

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
CURSOS ABIERTOS
INSTRUMENTACION ELECTRONICA DE PROCESOS INDUSTRIALES
DEL 14 AL 24 DE NOVIEMBRE DE 1994.
DIRECTORIO DE PROFESORES

ING. RICARDO GARIBAY JIMENEZ
JEFE DEPTO. DE ING. DE CONTROL
UNIV. NAL. AUT. DE MEXICO
CIUDAD UNIVERSITARIA
04510 MEXICO, D.F. ☎
TEL. 622 31 08

ING. ANTONIO SALVA CALLEJA
PROFESOR
UNAM
CIUDAD UNIVERSITARIA
04510 MEXICO, D.F.
TEL. 539 08 79

ING. RAFAEL RAMOS VILLEGAS
PROYECTOS DE INGENIERIA AMBIENTAL
CORPORACION RADIANT, S.A. DE C.V.
ARQUIMIDES 209 PISO 1
COL. POLANCO
11560 MEXICO, D.F.
TEL. 250 30 06 FAX 254 38 64

ING. ALEJANDRO GALVAN ESPINOSA
JEFE AREA DE CONTROL LOGICO
SIMEX, INTEGRACION DE SISTEMAS
AV. CUAUHEMOC 1230 PISO 2
COL. SANTA CRUZ ATOYAC
03310 MEXICO, D.F.
TEL. 604 47 43 605 45 00

ING. LUIS R. VEGA GONZALEZ
GERENTE DE VENTAS
LEED & NORTHRUP MEXICANA, S.A.
PASEO ANTIOQUIA 55 P.A.
COL. LOMAS ESTRELLAS
TEL. 576 80 33

ING. FRANCISCO RODRIGUEZ RAMIREZ

ING. CESAR A. CARBAJAL PEÑA

ING. VIRGILIO RAMIREZ HERNANDEZ

FACULTAD DE INGENIERÍA

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

CURSOS ABIERTOS

INSTRUMENTACION ELECTRONICA DE PROCESOS INDUSTRIALES

28 de noviembre al 9 de diciembre 1994.

FECHA:	HORARIO:	TEMA:	PROFESOR:
28/11/94	17 a 18 h.	PRESENTACION DEL CURSO.	ING. RICARDO GARIBAY JIMENEZ.
	18 a 21 h.	INSTRUMENTACION DE CONTROL Y AUTOMATIZACION. Panorama actual de la instrumentación aplicada al control y automatización de procesos industriales. Principales esquemas.	ING. RICARDO GARIBAY JIMENEZ.
29/11/94	17 a 21 h.	MICROPROCESADORES. Aplicación de los microprocesadores al control. Esquema mínimo de un sistema basado en microprocesador.	ING. ANTONIO SALVA CALLEJA.
30/11/94	17 a 21 h.	SISTEMA MINIMO DE MICROPROCESADOR Y APLICACIONES.	ING. ANTONIO SALVA CALLEJA.
1 /12/94	17 a 21 h.	CONTROLADORES LOGICOS PROGRAMABLES (PLC's). Definición y configuración básica.	ING. FRANCISCO RODRIGUEZ RAMIR
2/12/94	17 a 21 h.	APLICACION Y DEMOSTRACIONES.	ING. CESAR A. CARBAJAL PEÑA.
5/12/94	17 a 21 h.	CONTROL DIGITAL: CONCEPTO Y APLICACION. Concepto de Control Digital. Algoritmos digitales de las acciones de control. Realización de un controlador digital.	ING. RICARDO GARIBAY JIMENEZ.
6/12/94	17 a 21 h.	CONTROL DISTRIBUIDO. Concepto y características principales.	ING. ROBERTO VEGA GONZALEZ.

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

CURSOS ABIERTOS

INSTRUMENTACION ELECTRONICA DE PROCESOS INDUSTRIALES.

28 de noviembre al 9 de diciembre 1994.

ECHA:	HORARIO:	TEMA:	PROFESOR:
7/12/94	17 a 21 h.	CONTROL DISTRIBUIDO. Sistema de control de centrales termoeléctricas.	ING. ALEJANDRO GALVAN ESPINOSA
8/12/94	17 a 19 h.	CONTROL DISTRIBUIDO: APLICACIONES Y ESQUEMAS.	ING. VIRGILIO RAMIREZ HERNANDEZ.
	19 a 21 h.	TRANSMISORES INTELIGENTES. Concepto y características principales. Operación y aplicaciones.	ING. RICARDO GARIBAY JIMENEZ.
9/12/94	17 a 21 h.	INSTRUMENTACION DE MONITOREO AMBIENTAL EN AIRE. Normatividad, analizadores y acondicionadores. Sistemas y aplicaciones.	M. EN I. RAFAEL RAMOS VILLEGAS.

EVALUACION DEL PERSONAL DOCENTE

CURSO: INSTRUMENTACION ELECTRONICA DE PROCESOS INDUSTRIALES

ECHA: 28 de noviembre al 9 de diciembre de 1994

CONFERENCISTA	DOMINIO DEL TEMA	USO DE AYUDAS AUDIOVISUALES	COMUNICACION CON EL ASISTENTE	PUNTUALIDAD
ING. RICARDO GARIBAY JIMENEZ				
ING. ANTONIO SALVA CALLEJA				
ING. FRANCISCO RODRIGUEZ RAMIR				
ING. CESAR A. CARBAJAL PEÑA				
ING. ROBERTO VEGA GONZALEZ				
ING. ALEJANDRO GALVAN ESPINOSA				
ING. VIGILIO RAMIREZ HERNANDEZ				
ING. RAFAEL RAMOS VILLEGAS				

EVALUACION DE LA ENSEÑANZA

ORGANIZACION Y DESARROLLO DEL CURSO	
GRADO DE PROFUNDIDAD LOGRADO EN EL CURSO	
ACTUALIZACION DEL CURSO	
APLICACION PRACTICA DEL CURSO	

EVALUACION DEL CURSO

CONCEPTO	CALIF.
CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DEL CURSO	
CONTINUIDAD EN LOS TEMAS	
CALIDAD DEL MATERIAL DIDACTICO UTILIZADO	

ESCALA DE EVALUACION: 1 A 10

1.- ¿LE AGRADO SU ESTANCIA EN LA DIVISION DE EDUCACION CONTINUA?

SI	NO
----	----

SI INDICA QUE "NO" DIGA PORQUE.

2.- MEDIO A TRAVÉS DEL CUAL SE ENTERO DEL CURSO:

PERIODICO EXCELSOR		FOLLETO INFORM		CACETA FINAM		OTRO MEDIO	
PERIODICO EL UNIVERSAL		FOLLETO DEL CURSO		REVISTAS TECNICAS			

3.- ¿QUE CAMBIOS SUGERIRIA AL CURSO PARA MEJORARLO?

4.- ¿RECOMENDARIA EL CURSO A OTRA(S) PERSONA(S)?

SI		NO	
----	--	----	--

5.- ¿QUE CURSOS LE SERVIRIA QUE PROGRAMARA LA DIVISION DE EDUCACION CONTINUA.

6.- OTRAS SUGERENCIAS:



FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

CURSOS ABIERTOS

INSTRUMENTACION ELECTRONICA DE PROCESOS INDUSTRIALES.

1.- INTRODUCCION.

EXPOSITOR: ING. RICARDO GARIBAY JIMENEZ.

NOVIEMBRE DE 1994.

LA INSTRUMENTACION ELECTRONICA Y SU
PERSPECTIVA EN SISTEMAS AUTOMATICOS.

M en I. CAUPOLICAN MUÑOZ GAMBOA

RESUMEN:

DESDE LOS ASPECTOS BASICOS DE MEDICION, DETECCION Y ADQUISICION DE DATOS, LA INSTRUMENTACION ELECTRONICA JUEGA UN IMPORTANTE PAPEL EN EL DESARROLLO DE LOS MODERNOS SISTEMAS AUTOMATICOS, POR LO QUE COMPRENDER SUS POSIBILIDADES Y ALCANCES ES VITAL PARA IMAGINAR LA FORMA EN QUE DETERMINARA EL AVANCE DE ELLOS EN EL FUTURO.

EN ESTE TRABAJO SE PLANTEAN LAS CUESTIONES BASICAS DE LA INSTRUMENTACION ELECTRONICA Y SE ANALIZAN LAS CONEXIONES QUE TIENEN CON LOS SISTEMAS AUTOMATICOS, HACIENDO ESPECIAL ENFASIS EN LA INFLUENCIA QUE EJERCEN EN EL ACTUAL DESARROLLO DE LA ROBOTICA.

SE DEDICA ATENCION, ADEMAS, A LOS ASPECTOS DE SOFTWARE QUE SE RELACIONAN CON ESTA PROBLEMÁTICA Y QUE GRAVITAN CADA VEZ CON MAYOR FUERZA TANTO EN INSTRUMENTACION, COMO EN ROBOTICA.

INTRODUCCION.

EL DESARROLLO DE LOS SISTEMAS AUTOMATICOS MODERNOS TIENE, ENTRE SUS PRINCIPALES CARACTERISTICAS, LA CAPACIDAD DE REUNIR CON UNA META COMUN A UNA SERIE DE DISCIPLINAS QUE PRESTAN IMPORTANTES CONTRIBUCIONES AL LOGRO DE SUS OBJETIVOS. ENTRE ESTAS DISCIPLINAS SE ENCUENTRA LA INSTRUMENTACION ELECTRONICA, QUE TIENE LA RESPONSABILIDAD DE ENCARGARSE DE LOS ASPECTOS BASICOS DE MEDICION, ADQUISICION DE DATOS Y PROCESAMIENTO DE DATOS, CON LO QUE PERMITE QUE LOS SISTEMAS EFECTUEN UNA CUANTIFICACION DE LAS VARIABLES FISICAS QUE DEBEN MANEJAR, LO QUE LE CONFIERE PRECISION A SUS OPERACIONES.

EN ESTE SENTIDO CABE DESTACAR QUE ES LA INSTRUMENTACION, ENTENDIDA COMO UNA ACTIVIDAD DE MEDICION O CUANTIFICACION DEL MUNDO FISICO, LA QUE CONFIERE A LA CIENCIA SU CARACTER DE TAL (1). POR ELLO, LA INSTRUMENTACION REQUIERE AVANZAR A LA VANGUARDIA DEL DESARROLLO TECNOLOGICO Y CIENTIFICO, YA QUE PARALELAMENTE AL DESCUBRIMIENTO DEBE DESARROLLARSE EL MECANISMO DE EVALUACION O MEDICION.

ENTRE LAS DEMAS DISCIPLINAS QUE SE REUNEN EN LOS SISTEMAS AUTOMATICOS, SE TIENE A LA MECANICA, EL CONTROL AUTOMATICO, LAS COMUNICACIONES, LA PROGRAMACION Y DIVERSOS ASPECTOS DE LA FISICA O DE LA INGENIERIA, DEPENDIENDO DEL OBJETIVO DEL SISTEMA AUTOMATICO. AUNQUE ESTAS CUESTIONES TAMBIEN SE MENCIONARAN EN EL PRESENTE TRABAJO, SE HARA MAYOR ENFASIS EN LA INFLUENCIA QUE TIENE PRINCIPALMENTE LA INSTRUMENTACION ELECTRONICA, EN LOS SISTEMAS AUTOMATICOS, SIN DESCONOCER LA IMPORTANCIA DE LAS DEMAS DISCIPLINAS.

UNA DE LAS CUESTIONES MAS SIGNIFICATIVAS DE LA INSTRUMENTACION ELECTRONICA ES QUE POR SU CARACTER DEBE ADAPTARSE A MUY DIVERSOS OBJETIVOS, POR ELLO ES QUE LA INFLUENCIA DE LA INSTRUMENTACION ELECTRONICA Y LA MEDICINA, POR EJEMPLO, DAN ORIGEN A LA INSTRUMENTACION MEDICA, LA UNION CON LAS CIENCIAS DE LA TIERRA, DA LUGAR A LA INSTRUMENTACION GEOLOGICA, GEOFISICA, ETC.. EN EL CASO DE LOS SISTEMAS AUTOMATICOS, LA INSTRUMENTACION ELECTRONICA TIENE LA RESPONSABILIDAD DE CONECTAR EL MUNDO FISICO DE UN PROCESO CON LOS DISPOSITIVOS O APARATOS RESPONSABLES DE CONTROLAR, TOMAR DECISIONES O EFECTUAR ACCIONES PARA MODIFICAR, CORREGIR O CONDUCIR EL PROCESO BAJO CONTROL. POR ELLO ES QUE EL OBJETIVO DEL PRESENTE TRABAJO ES PLANTEAR LAS CUESTIONES BASICAS DE LA INSTRUMENTACION ELECTRONICA Y DE LOS SISTEMAS AUTOMATICOS PARA SENTAR LAS BASES DEL ANALISIS DE LAS CONEXIONES QUE TIENEN ENTRE SI Y DE COMO SE EJERCEN SUS INFLUENCIAS.

LA INSTRUMENTACION ELECTRONICA

AL INICIAR EL ANALISIS, ES CONVENIENTE PRECISAR LO QUE SE ENTIENDE POR INSTRUMENTACION ELECTRONICA, EN QUE CONTEXTO SE ENCUENTRA Y CUALES SON LAS FORMAS QUE ADOPTA.

EN UN LUGAR COMUN MUY DIFUNDIDO QUE DEBE ENTENDERSE POR INSTRUMENTACION PRACTICAMENTE TODA ACTIVIDAD EN LA CUAL SE PRECISA DE INSTRUMENTOS, SIN EMBARGO, AUNQUE ESTO PUEDE SER VERDAD EN EL LENGUAJE COMUN, NO PUEDE APLICARSE COMPLETAMENTE LA INGENIERIA. POR ELLO SE LE CONSIDERA COMO EL AREA QUE SE RELACIONA CON LA MEDICION, EVALUACION O ANALISIS DE VARIABLES FISICAS, ASI COMO CON LOS MECANISMOS, METODOS E INSTRUMENTOS ENCARGADOS DE REALIZAR EFECTIVAMENTE ESTAS OPERACIONES.

EN EL CASO ESPECIFICO DE LA INSTRUMENTACION ELECTRONICA ESTA CONCEPCION SE RESTRINGE A LOS MECANISMOS, METODOS E INSTRUMENTOS ELECTRONICOS, AUNQUE LAS VARIABLES NO TIENEN POR QUE SER UNICAMENTE ELECTRICAS. EN ESTE CONTEXTO, LA INSTRUMENTACION ELECTRONICA PASA A SER UNA PARTE MUY IMPORTANTE DE LA ELECTRONICA, COMO SE OBSERVA EN LA FIGURA 1, EN DONDE SE CONSIDERAN COMO LAS BASES DE ELLOS A LOS ELEMENTOS O COMPONENTES Y A LA TEORIA. LAS COMUNICACIONES, LA INSTRUMENTACION Y LA COMPUTACION CONSTITUYEN, ENTONCES, PRODUCTOS

LA INSTRUMENTACION ELECTRONICA FORMA PARTE DE LOS SISTEMAS ELECTRONICOS

SISTEMAS
ELECTRONICOS

COMUNICACION

INSTRUMENTACION

COMPUTACION

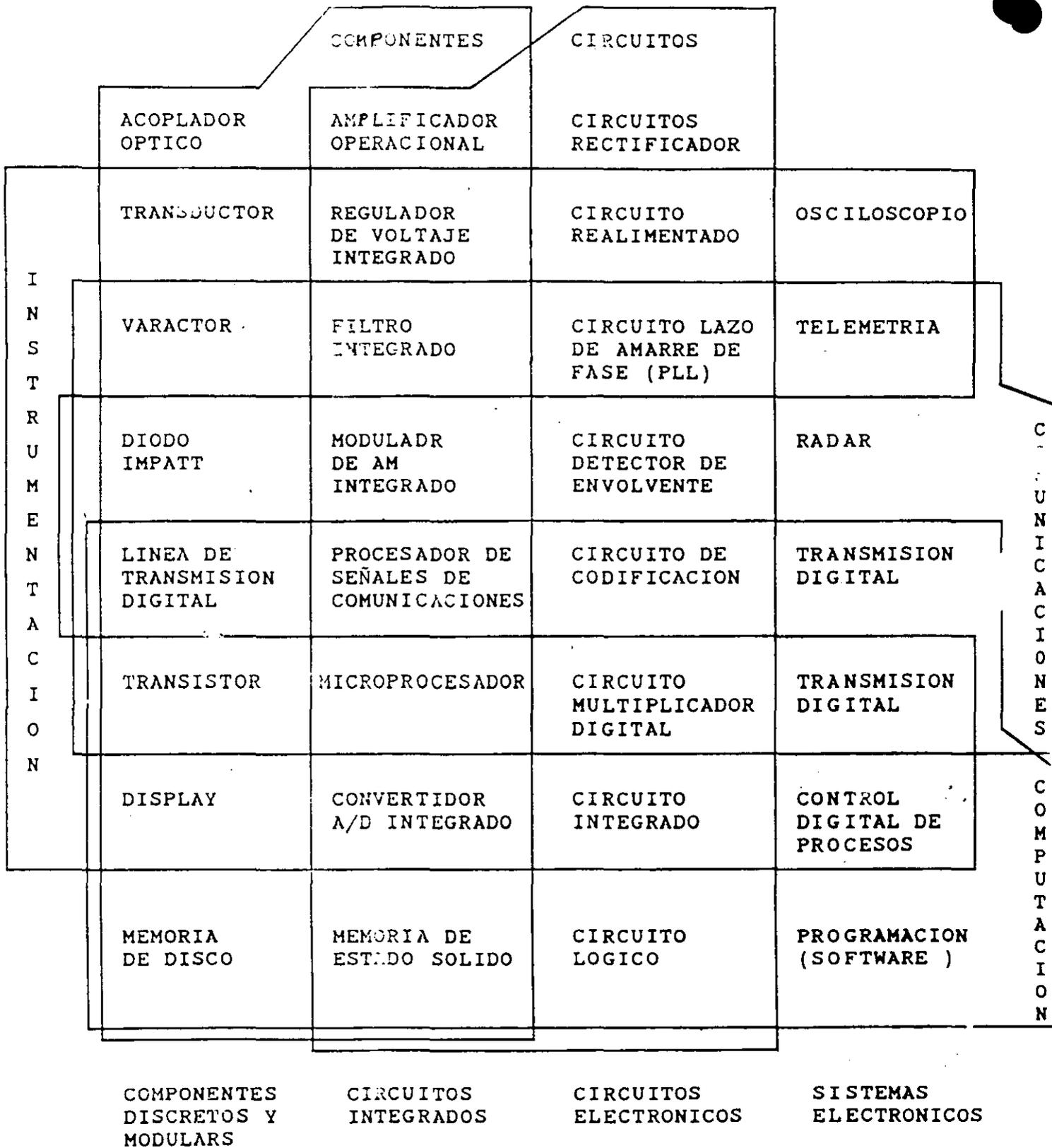
ELEMENTOS Y TEORIA

COMPONENTES

CIRCUITOS

FIGURA 1. INSTRUMENTACION ELECTRONICA
ELABORADOS A PARTIR DE ESTAS BASES Y QUE TIENEN MULTIPLES INTERACCIONES ENTRE SI, LAS QUE SE DESTACAN EN LA FIGURA 2.

AREAS ELECTRONICAS, COMPONENTES Y SISTEMAS



C
O
M
U
N
I
C
A
C
I
O
N
E
S

C
O
M
P
U
T
A
C
I
O
N

FIGURA 2

PUESTO QUE ESTE PLANTEAMIENTO PUDIERA SER UN POCO ARBITRARIO, SE ACLARARA LO QUE SE ENTIENDE POR CADA UNA DE ESTAS AREAS. ES EVIDENTE QUE LOS COMPONENTES ELECTRONICOS SON FACILMENTE RECONOCIBLES COMO TALES, ESPECIALMENTE PORQUE SE BASAN EN LOS FENOMENOS ELECTRICOS QUE OCURREN EN LOS GASES, EL VACIO Y PRINCIPALMENTE EN LOS SEMICONDUCTORES. DEBE DESTACARSE, SIN EMBARGO, QUE MUCHOS COMPONENTES NO SON DE ESTE TIPO (COMO INDUCTORES, CAPACITORES, ETC.) Y ALGUNOS NO SON NI SIQUIERA ELECTRICOS (SON MECANICOS O MAGNETICOS), PERO ESTA CLARO QUE NO SON LOS MAS IMPORTANTES, SINO QUE SON UNICAMENTE DE APOYO Y ESTAN HECHOS EN FORMA ESPECIAL PARA USO ELECTRONICO.

POR OTRA PARTE, LA TEORIA DE CIRCUITOS NO SOLO ES UTIL EN ELECTRONICA SINO QUE TAMBIEN EN INGENIERIA ELECTRICA, PERO YA SE SABE QUE LOS CIRCUITOS QUE SE EMPLEAN EN ELECTRONICA SON MUCHOS MAS, MAS ESPECIFICOS Y BASTANTE MAS INTERESANTES. HECHA LA SALVEDAD, QUEDA CLARO QUE LOS COMPONENTES Y LOS CIRCUITOS SON LAS BASES FISICAS Y TEORICAS DE LOS SISTEMAS QUE SE DESARROLLAN A PARTIR DE ELLOS, LOS QUE SE INDICAN EN LA FIGURA 1 COMO COMUNICACIONES, INSTRUMENTACION Y COMPUTACION.

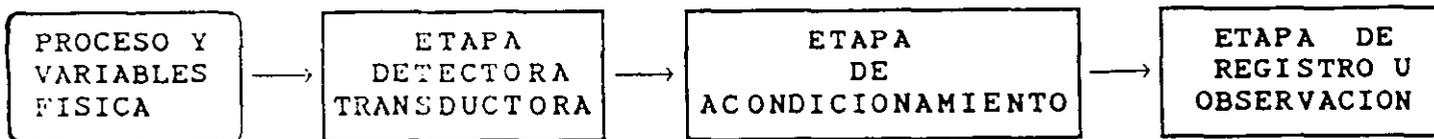
LAS COMUNICACIONES SON, EN SINTESIS, EL AREA QUE TRATA DE LA APLICACION DE TECNICAS Y ELEMENTOS AL ANALISIS, PROCESAMIENTO, TRANSMISION Y POSTERIOR RECUPERACION, PROCESAMIENTO Y APLICACION DE INFORMACION, POR LO QUE CONSTITUYE UN AREA BASTANTE ESPECIFICA.

LA COMPUTACION, POR OTRO LADO, ES EL AREA VINCULADA AL DESARROLLO Y APLICACION DE LAS COMPUTADORAS, SIN CONSIDERAR, POR SUPUESTO, LO QUE ACTUALMENTE SE CONOCE COMO CIENCIA DE LA COMPUTACION QUE HA ADQUIRIDO FUERZA E INDEPENDENCIA.

AL HACER ESTAS DISTINCIONES, QUEDA CLARO QUE LA DEFINICION DE INSTRUMENTACION ELECTRONICA NO LIMITA LA INTERACCION ENTRE LAS DIFERENTES AREAS, YA QUE TANTO EN COMUNICACIONES COMO EN COMPUTACION SERAN NECESARIOS LOS INSTRUMENTOS DE ANALISIS, MEDICION Y PRUEBA. TAMBIEN EN TODOS LOS SISTEMAS SE TENDRA LA INFLUENCIA O APLICACION DE TECNICAS DE COMUNICACIONES O DE COMPUTACION AL PROCESARSE O TRANSMITIRSE SEÑALES O DATOS DENTRO DE UN SISTEMA O EN UNA RED DE ELLOS.

PUESTO QUE LA DEFINICION PLANTEADA ES MUY ORIGINAL, ES CONVENIENTE ESPECIFICAR CON MAYOR CLARIDAD LAS FORMAS QUE ADOPTA LA INSTRUMENTACION ELECTRONICA LAS PARTES EN QUE SE LE PUEDE DIVIDIR. PARA ESTE EFECTO SE CONSIDERARAN LOS SISTEMAS DE MEDICION, LOS SISTEMAS DE ADQUISICION DE DATOS, LOS SISTEMAS DE ADQUISICION Y PROCESAMIENTO DE DATOS Y LOS SISTEMAS AUTOMATICOS.

EN LA FIGURA 3 SE MUESTRA UN DIAGRAMA ESQUEMATICO DE UN SISTEMA DE MEDICION GENERALIZADO, QUE PERMITIRA RECONCER QUE CUALQUIER INSTRUMENTO DE MEDICION ES UN BUEN EJEMPLO DE UN SM. SE TIENE UNA ETAPA DETECTORA TRANSDUCTORA, QUE TRANSFORMA A LAS VARIABLES A MEDIR A SU FORMA ELECTRICA, UNA ETAPA DE



-TRANSFORMACION DE LA VARIABLE EN OBSERVACION DESDE EL DOMINIO FISICO AL DOMINIO OBSERVABLE.

FIGURA 3. DIAGRAMA ESQUEMATICO GENERALIZADO DE UN SISTEMA DE MEDICION (SM)

ACONDICIONAMIENTO, RESPONSABLE DE EFECTUAR ALGUNAS MODIFICACIONES A LAS SEÑALES CON EL OBJETO DE ADECUARLAS AL PROCEDIMIENTO MISMO DE MEDICION, O DEL PROCESAMIENTO NECESARIO PARA DETERMINAR EL VALOR QUE SE DESEA MEDIR. LA ETAPA FINAL TIENE POR OBJETO, COMO PUEDE SUPONERSE, REGISTRAR EL VALOR OBTENIDO O PERMITIR QUE SEA OBSERVADO POR EL USUARIO.

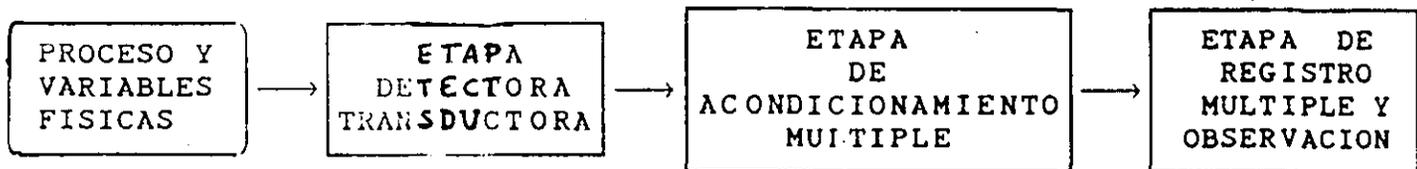
EN ESTA FORMA SIMPLE IMPLICA UNICAMENTE UNA TRANSFORMACION DE LA VARIABLE EN OBSERVACION DESDE EL DOMINIO DEL MUNDO FISICO A UN DOMINIO OBSERVABLE. ESTA TRANSFORMACION ES LA ESENCIA DE TODO PROCESO DE MEDICION Y POR ENDE DE LA INSTRUMENTACION. POR ELLO CADA VEZ QUE SE TENGA QUE REALIZAR ESTE PROCESO, SE TENDRA ALGUN TIPO DE SM, AUNQUE ESTA TRANSFORMACION NO ES EXCLUSIVA DE ELLOS, SINO QUE ES COMPARTIDA POR LOS DEMAS SISTEMAS QUE SE ANALIZARAN.

OTRA FORMA, UN POCO MAS COMPLEJA, QUE ADOPTAN LOS SM INCLUYE EL USO DE LA COMPARACION CON REFERENCIAS INTERNAS PARA OBTENER LA DIFERENCIA ENTRE EL VALOR MEDIDO Y UN VALOR QUE DEBIO SER, LA REALIMENTACION Y USO DE ESTA DIFERENCIA O ERROR Y, POR ULTIMO, EL CONTROL DEL VALOR OBTENIDO. EN ESTA FORMA, EL SM ADQUIERE ADEMAS CARACTERISTICAS DE CONTROLADOR, AUNQUE TODO EL PROCESO SE BASA EN LA DETERMINACION DE LOS VALORES DE LA VARIABLE, ES DECIR, EN LA MEDICION.

LOS SISTEMAS DE ADQUISICION DE DATOS (SAD).

EN EL CASO ANTERIOR SE TRATABA DE OBTENER (Y A VECES MANIPULAR) EL VALOR DE UNA SOLA VARIABLE (O DE ALGUNAS VARIABLES, AUNQUE NUNCA EN FORMA SIMULTANEA), LO QUE PRODUCIA INSTRUMENTOS SENCILLOS Y DE APLICACION MUY LOCAL. EN OCASIONES, SIN EMBARGO, SE REQUIERE LA OBTENCION Y EL TRATAMIENTO DE LOS VALORES DE MUCHAS VARIABLES, FUNCION QUE EJECUTAN LOS SISTEMAS DE ADQUISICION DE DATOS. EN LA FIGURA 4 SE OBSERVA UN DIAGRAMA ESQUEMATICO QUE REPRESENTA A LOS SAD, EL QUE NO DIFIERE ESENCIALMENTE DE LOS SM, EXCEPTO PORQUE AHORA EXISTE UNA OBTENCION Y UN TRATAMIENTO MULTIPLE DE LAS VARIABLES EN OBSERVACION.

LOS SISTEMAS DE ADQUISICION DE DATOS (SAD)



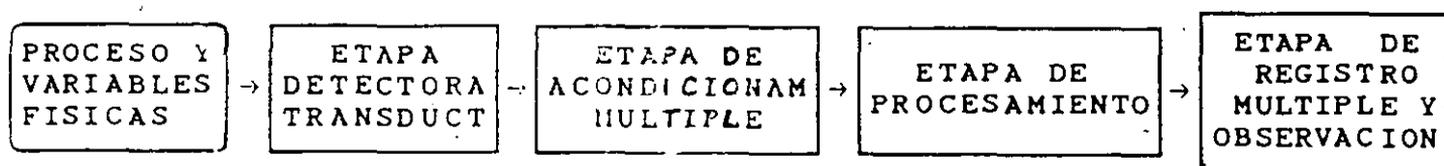
LA DIFERENCIA, SIN EMBARGO, TIENE MUCHAS FACETAS QUE NO SON EVIDENTES EN EL DIAGRAMA, PERO QUE SON IMPORTANTES, COMO SON LOS PROCEDIMIENTOS (PRINCIPALMENTE DE ACONDICIONAMIENTO Y DE REGISTRO) QUE SE APLICAN A LOS DATOS QUE SE OBTIENEN. AL MISMO TIEMPO, EL OBJETIVO EN ESTE CASO ES, PRINCIPALMENTE, OBTENER NO UN VALOR (O UN CONJUNTO DE ELLOS), SINO MAS BIEN UNA VISION ESPECIFICA DEL PROCESO EN OBSERVACION. ESTO SE CONOCE COMO ESTADO DE PROCESO Y TIENE POR LO GENERAL LA INTENCION DE CARACTERIZARLO O CONTROLARLO.

EN ESTA FORMA ES COMO SURGE EN FORMA NATURAL LA IDEA DE CONTROLAR EL PROCESO CON UN LAZO DE REALIMENTACION, SIMILAR AL DE LOS SM REALIMENTADOS. ESTA VEZ, SIN EMBARGO, NO SE TRATA DE UN SOLO LAZO QUE SE CIERRA, SINO DE UN SISTEMA COMPLEJO DE INTERACCIONES ENTRE LOS VALORES OBTENIDOS DEL PROCESO EN CADA MOMENTO, LOS QUE SE DESEAN OBTENER, EL ERROR QUE RESULTA ENTRE AMBOS CONJUNTOS Y DE LOS MULTIPLES MECANISMOS QUE PUEDE HABER PARA CONTROLAR O DIRIGIR EL PROCESO. EN CUALQUIER CASO, ES PRECISO SEÑALAR QUE EL VOLUMEN DE LA INFORMACION QUE SE MANEJA OBLIGA AL EMPLEO DE MECANISMOS DE REGISTRO O ALMACENAMIENTO, POR LO QUE LA ETAPA FINAL VA PERDIENDO SU CARACTERISTICA DE SER DE OBSERVACION Y SE VA CONVIRTIENDO CADA VEZ MAS EN UNA ETAPA PARA USO DEL SISTEMA, ES DECIR, DONDE EL SAD PUEDE ENCONTRAR LA INFORMACION UTIL PARA SU OPERACION.

LOS SISTEMAS DE ADQUISICION Y PROCESAMIENTO DE DATOS (SAPD).

TAL COMO SE MENCIONO EN EL CASO ANTERIOR, EL VOLUMEN DE LA INFORMACION RECOLECTADA POR UN SAD VA OBLIGANDO A COSIDERAR COMO UNA ACTIVIDAD IMPORTANTE EL PROCESAMIENTO DE ELLOS, LO QUE CONDUCE DIRECTAMENTE A LOS SAPD.

LOS SISTEMAS DE ADQUISICION Y PROCESAMIENTO DE DATOS (SAPD)



EN LA FIGURA 5 SE MUESTRA UN DIAGRAMA ESQUEMATICO DE ESTOS SISTEMAS DONDE SE OBSERVA QUE SE HA AGREGADO, UNA ETAPA DE PROCESAMIENTO POSTERIOR AL ACONDICIONAMIENTO MULTIPLE. ESTA NUEVA ETAPA ES LA MAS IMPORTANTE DEL SAPD, PORQUE ES LA RESPONSABLE DE OBTENER, A PARTIR DE TODA LA INFORMACION RECOGIDA, LOS ELEMENTOS DE JUICIO NECESARIOS Y RESUMIDOS PARA EVALUAR, CORREGIR, CONDUCIR O CONTROLAR EL PROCESO EN CUESTION.

LOS ELEMENTOS DE JUICIO A QUE SE HACE REFERENCIA SON CURVAS, CIFRAS DE MERITO (COMO MEDIAS, DISPERSIONES, ETC.), DIAGRAMAS, RELACIONES Y TODO TIPO DE INFORMACION CONDENSADA QUE PERMITIRA EVALUAR LA EVOLUCION DEL PROCESO EN OBSERVACION Y EVENTUALMENTE TOMAR DECISIONES EN FORMA AUTOMATICA PARA CONTROLARLO.

DE ACUERDO A LO QUE SE HA PLANTEADO QUEDA LA IDEA DE QUE EN ESTOS SISTEMAS LO MAS IMPORTANTE NO ES LA DETECCION, EL ACONDICIONAMIENTO O LA MEDICION DE LOS VALORES, SINO QUE POR EL CONTRARIO, EL PROCESAMIENTO DE LOS DATOS OBTENIDOS. EN ESTE SENTIDO CABE DESTACAR QUE, AUNQUE LA ETAPA DETECTORA TRANSDUCTORA SEA SOLO UNA ESPECIE DE CANAL DE COMUNICACIONES ENTRE LAS VARIABLES FISICAS Y LOS DATOS, SE REQUIERE QUE ESTA TRABAJE EFICIENTEMENTE COMO SM INDEPENDIENTES, DE CUYA EXACTITUD DEPENDERAN LAS DECISIONES TOMADAS O LOS RESULTADOS OBTENIDOS POR EL PROCESAMIENTO: Y PUESTO QUE SE HACE ENFASIS EN EL PROCESAMIENTO DE LOS DATOS, LA SINTESIS, Y NO SOLO EL ANALISIS, FORMA PARTE DE EL. UN EJEMPLO SERIAN LOS SINTETIZADORES DE SEÑALES.

POR OTRA, PARTE DEBE NOTARSE QUE SE HA HECHO A PROPOSITO LA DISTINCION ENTRE ACONDICINAMIENTO Y PROCESAMIENTO, YA QUE EN EL PRIMER CASO NO HAY UNA TRANSFORMACION REAL DE LA INFORMACION, EN TANTO QUE EN EL SEGUNDO, SI LA HAY. EN LA ETAPA DE ACONDICINAMIENTO, POR EJEMPLO, SE REALIZAN LAS SIGUIENTES OPERACIONES TIPICAS:

1. MUESTREO Y RETENCION.
2. CONVERSION ANALOGICA DIGITAL.
3. FILTRADO, AMPLIFICACION O ATENUACION.
4. SINCRONIA ENTRE LAS DISTINTAS VARIABLES.
5. MEDICION.

TODAS ESTAS OPERACIONES ESTAN ENCAMINADAS PRINCIPALMENTE A OBTENER VALORES CONFIABLES DE LA MEDICION. EN LA ETAPA DE PROCESAMIENTO, POR EL CONTRARIO, EL OBJETIVO DE LAS OPERACIONES ES MUY DIVERSO, COMO SE DESTACA AL MENCIONAR ALGUNAS DE LAS MAS SIMPLES DE ELLAS:

FUNCIONES DE PROCESAMIENTO.

1. CALCULO DE ESTIMACIONES DE PROBABILIDAD.
2. SOLUCION DE INTEGRALES Y DIFERENCIALES.
3. CORRELACION Y CONVOLUCION.
4. CALCULO Y MANEJO DE ERRORES.
5. ANALISIS ESPECTRAL.

LA MAS IMPORTANTE DIFERENCIA, ENTONCES, QUE PUEDE OBSERVARSE ENTRE LOS SAD (INCLUYENDO A LOS SM), ES QUE LOS PRIMEROS LOGRAN CONDENSAR LA INFORMACION OBTENIDA, ADEMAS DE OBTENERLA, POR LO QUE SU UTILIDAD SE INCREMENTA NOTABLEMENTE, DANDO ORIGEN A LOS SISTEMAS AUTOMATICOS AL EMPLEAR LOS RECURSOS DE LA PROGRAMACION, DE LOS SISTEMAS DE COMPUTO Y DE LA REALIMENTACION A TRAVES DE ACUTADORES QUE INFLUYEN EN EL PROCESO.

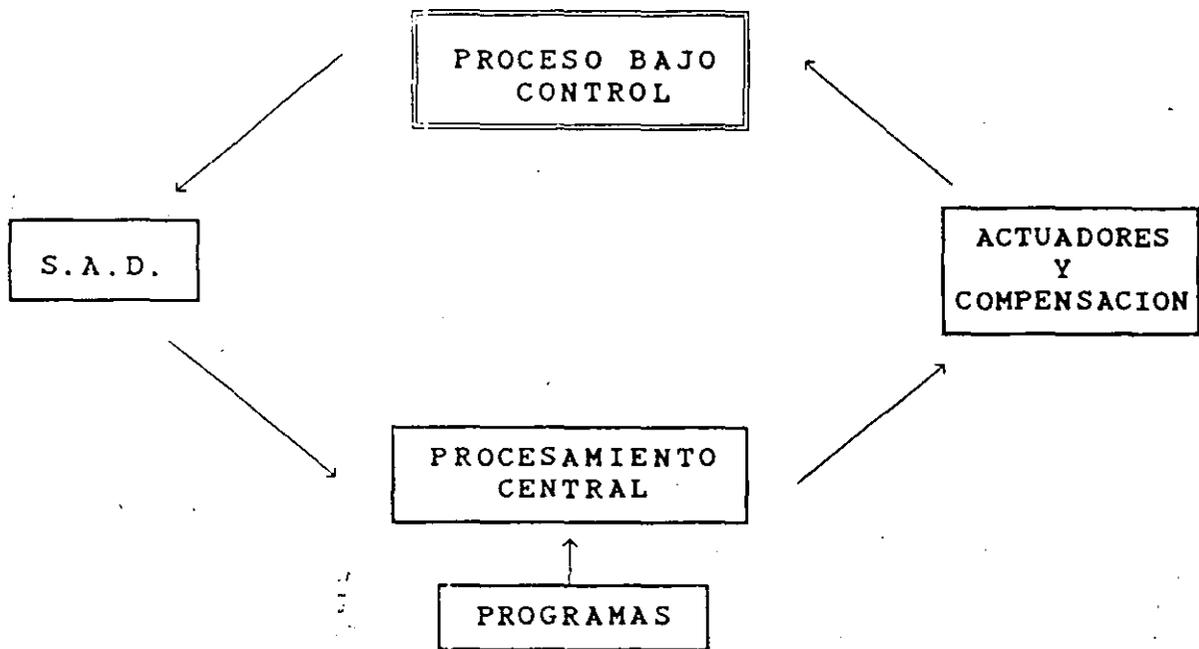
LOS SISTEMAS AUTOMATICOS (SA).

EN LA FIGURA 6 SE OBSERVA UN DIAGRAMA ESQUEMATICO DE UN SA OBTENIDO EN FORMA NATURA Y POR EVOLUCION DESDE EL **SM**. SE HA QUERIDO DESTACAR AL PROCESAMIENTO COMO EL PUNTO MAS IMPORTANTE DEL SISTEMA, POR QUE SE LE HA DIVIDIDO EN UN **SAD**, LA UNIDAD DE PROCESAMIENTO CENTRAL, LA CORRESPONDIENTE PROGRAMACION Y LOS ACTUADORES O ETAPA DE SALIDA.

ADEMAS DE LA REALIMENTACION, PARECIERA NO HABER MAYOR DIFERENCIA ENTRE EL **SA** Y LOS **SAPD**, PERO PUEDEN HACERSE NOTABLES DISTINCIONES ENTRE LA FORMA DE OPERACION DE AMBOS SISTEMAS Y ENTRE SUS OBJETIVOS.

LOS **SAPD** SON POR LO GENERAL DEDICADOS Y DE PROGRAMACION MAS RIGIDA, EN TANTO QUE LOS **SA** SON MAS FLEXIBLES, DEPENDEN EN GRAN MEDIDA DE LOS RECURSOS DE PROGRAMACION TIENEN A SU CARGO NORMALMENTE VARIOS PROCESOS Y, LO QUE ES MAS IMPORTANTE, NO DEPENDEN DEL USUARIO DURANTE LA OPERACION NI ESTAN DISEÑADOS PARA CONSIDERAR COMO SU FUNCION MAS IMPORTANTE LA OBSERVACION O REGISTRO DE DATOS (**SALVO, TAL VEZ, EN LA INFORMACION A TRAVES DE MONITOREO**). PARA LOS **SAPD** ES MAS IMPORTANTE EL PROCESAMIENTO DE LOS DATOS OBTENIDOS (**EVALUACION DEL PROCESO**), MIENTRAS QUE PARA LOS **SA** SON VITALES LAS DECISIONES A TOMAR SOBRE LAS ACCIONES FUTURAS (**CONTROL DEL PROCESO**).

LA ROBOTICA ES EJEMPLO MUY ACTUAL E INTERESANTE DE LOS **SA**, YA QUE HA PASADO A SER UN IMPORTANTE INGREDIENTE DE LA INDUSTRIA MODERNA, LLEGANDOSE A OBSERVAR DESDE YA SUS INFLUENCIAS ECONOMICAS, SOCIALES Y POLITICAS. EN EL SIGUIENTE CAPITULO SE ANALIZARAN CON MAYOR DETALLE LOS **SA** Y LA ROBOTICA.



CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LOS SA:

- EXISTE UNA RUTA DE REALIMENTACION
- EXISTEN ACTUADORES PARA INFLUIR SOBRE EL PROCESO
- LAS FUNCIONES DE PROCESAMIENTO SON CARACTERISTICAS Y DE MAYOR IMPORTANCIA EN ESTE TIPO DE SISTEMAS

DIFERENCIAS ENTRE EL PROCESAMIENTO DE UN SAPD Y UN SA.

- SAPD: *PROGRAMACION RIGIDA
 - *OPERACIONES IMPORTANTES: OBSERVACION, REGISTRO Y PROCESAMIENTO DE DATOS
- SA: *PROGRAMACION FLEXIBLE
 - *OPERACIONES IMPORTANTES: DECISIONES Y ACCIONES PARA LA FUTURA OPERACION DEL PROCESO

FIGURA 6. DIAGRAMA ESQUEMATICO GENERALIZADO DE UN SISTEMA AUTOMATICO (SA)

LOS SISTEMAS AUTOMATICOS Y LA ROBOTICA.

CONSIDERANDO AL SA COMO UN SISTEMA CAPAZ DE OBTENER DATOS DEL MUNDO FISICO, DE PROCESARLOS APROPIADAMENTE PARA TOMAR DECISIONES BASADAS EN ELLOS Y, POSTERIORMENTE, EJECUTAR ACCIONES PRECISAS Y DEFINIDAS CON EL FIN DE LOGRAR CIERTOS OBJETIVOS, SE TIENE UN SISTEMA DE ALTA COMPLEJIDAD, DEL QUE PUEDE MENCIONARSE ALGUNOS EJEMPLOS RELEVANTES COMO LOS SISTEMAS DE CONTROL DE PLANTAS INDUSTRIALES, LOS VEHICULOS Y SONDAS AUTOMATICAS EMPLEADAS EN LA EXPLORACION ESPACIAL Y LOS ROBOTS INDUSTRIALES. ESTOS ULTIMOS HAN GENERADO SUS PROPIAS BASES DE ANALISIS Y DESARROLLO DENTRO DE LO QUE SE CONOCE ACTUALMENTE COMO ROBOTICA.

LOS ROBOTS DESTACAN ENTRE LOS EJEMPLOS ANTERIORES FUNDAMENTALMENTE PORQUE TIENEN LA CAPACIDAD POTENCIAL DE SUSTITUIR AL SER HUMANO EN LABORES RUTINARIAS, REPETITIVAS O PELIGROSAS, CARACTERISTICA QUE NO ES COMPARTIDA POR LA TOTALIDAD DE LOS DEMAS SA QUE ESTAN PRINCIPALMENTE ORIENTADOS A EJECUTAR ACCIONES QUE POR SU VELOCIDAD O DIFICULTAD NO SON HUMANAMENTE POSIBLES, TAL VEZ POR ESTA RAZON, LA ROBOTICA SE HA DESARROLLADO MAS RAPIDAMENTE EN LOS PAISES INDUSTRIALIZADOS DONDE LA MANO DE OBRA ES CARA O ESCASA, EN DONDE IMPORTA BAJAR LOS COSTOS DE PRODUCCION POR LA COMPETENCIA INTERNACIONAL, O EN LA INDUSTRIA MAS AVANZADA, A CAUSA DE LA COMPLEJIDAD O DIFICULTAD QUE PRESENTE EL CONTROL DE SUS PROCESOS.

EN ESTE SENTIDO LA ROBOTICA PLANTEA UN DESAFIO SIMILAR A LA INTRODUCCION DE LA MAQUINA, QUE CONDUJO A LA REVOLUCION INDUSTRIAL, POR QUE ES DE ESPERARSE QUE MUY PRONTO SEA NECESARIO ADAPTARSE A NUEVAS Y MUY DISTINTAS CONDICIONES DE OPERACION DE LA INDUSTRIA.

EN LA ACTUALIDAD SE HA TENIDO UN DESARROLLO ACELERADO DE LA ROBOTICA QUE PUEDE CARACTERIZARSE EN LOS SIGUIENTES PUNTOS [2]:

1. LENTO AVANCE DEL CONTROL DINAMICO Y DEL DISEÑO MECANICO EN COMPARACION CON LOS OTROS ASPECTOS DE LA TECNOLOGIA.
2. FACTIBILIDAD DE LAS REALIZACIONES COMO CONSECUENCIAS DEL AVANCE DE LA MICROELECTRONICA.
3. ES UN CAMPO DE AMPLIAS APLICACIONES Y DE INVESTIGACION A LARGO PLAZO.

4. FUERTE IMPULSO DEL DESARROLLO MOTIVADO POR LA COMPETENCIA INDUSTRIAL INTERNACIONAL Y POR LAS IMPLICACIONES MILITARES Y GUBERNAMENTALES.

5. ES UN CAMPO QUE EXIGE LA COORDINACION O NIVELES NACIONALES DE LA INVESTIGACION, PARA IMPULSAR EN FORMA DIRIGIDA Y EFICIENTE LA TECNOLOGIA

LOS SISTEMAS AUTOMATICOS (Y DE ROBOTICA EN PARTICULAR) CONSIDERAN ASPECTOS DE DIFERENTES CAMPOS Y LOS INTEGRAN EN UN SOLO BLOQUE DE CONOCIMIENTOS. LOS PRINCIPALES ASPECTOS QUE SE CONSIDERARAN AQUI SON MECANICOS, DE DETECCION, DE ADQUISICION DE DATOS, DE RECONOCIMIENTO, DE CONTROL, DE COMUNICACIONES Y DE PROGRAMACION. TODOS ESTOS ASPECTOS SON VITALES Y MUCHOS DE ELLOS PRESENTAN PROBLEMAS EN VIAS DE SOLUCION E INCLUSO, AUN NO RESUELTOS, POR LO QUE SE ANALIZARN POR SEPARADO.

ASPECTOS MECANICOS.

ORIENTADOS BASICAMENTE A LA TRACCION Y AL MOVIMIENTO, LOS ASPECTOS MECANICOS TIENEN LA RESPONSABILIDAD FINAL DE LA MANIPULACION (ROBOTS MANIPULAODRES) [3] O DE DESPLAZAMIENTO (VEHICULOS EXPLORADORES). POR ESTA RAZON SE ENFRENTAN PRINCIPALMENTE A DOS CUESTIONES: LA IMITACION DE LOS MOVIMIENTOS HECHOS POR BRAZOS HUMANOS (O A SU SUSTITUCION POR OTROS DIFERENTES) EN LO QUE SE REFIERE A LA UBICACION EN EL ESPACIO Y LIBERTAD DE POSICION, Y LA SOLUCION DEL PROBLEMA DE DESPLAZAMIENTO Y TRANSPORTE DE TODO EL SISTEMA EN UN TERRENO NO APTO PARA LOS MECANISMOS TRADICIONALES DE TRACCION.

EN ESTE ULTIMO CASO (LOS VEHICULOS EXPLORADORES), LA SOLUCION NO SE PARECE EN NADA A LA HUMANA, ES DECIR, LOS SISTEMAS NO IMITAN UNA CAMINATA, SINO QUE SE DESPLAZAN APOYADOS EN RUEDAS U ORUGAS MUY ADAPTABLES AL TERRENO EN QUE SE POSAN. TAL VES POR ESO LA MANIPULACION ES MAS ATRACTIVA, YA QUE SE OBSERVA EN LOS ROBOTS MANIPULAODRES UNA GROTESCA IMITACION DEL MOVIMIENTO DE LOS BRAZOS HUMANOS. NO DEBE OLVIDARSE, TAMPOCO, QUE ESTOS ROBOTS SUSTITUYEN UNA ACTIVIDAD HUMANA MAS PRODUCTIVA QUE EL DESPLAZAMIENTO.

ASPECTOS DE DETECCION Y ADQUISICION.

EN SU FORMA MAS SIMPLER, LA DETECCION Y ADQUISICION DE DATOS SE RELACIONAN ESTRECHAMENTE CON LOS **SM Y SAD**, AUNQUE CUANDO SE TRATA DE **SA** O DE ROBOTS, EL PROBLEMA NO CONSISTE SIMPLEMENTE EN DETECTAR Y OBENER UN CONJUNTO DE DATOS. CON MUCHA FRECUENCIA SE TRATA DE SELECCIONAR DE ENTRE UN GRUPO DE VARIABLES LA MAS SIGNIFICATIVA, PARA DETERMINAR EN MEJOR FORMA LOS ELEMENTOS NECESARIOS QUE SERVIRAN PARA LOGRAR EL OBJETIVO DESEADO. POR ESTA RAZON, AUNQUE LA DETECCION DE CONTACTO, DE PROXIMIDAD, DE FORMAS, DE DISTRIBUCIONES, DE VOZ HUAMANA, ETC. SEAN PROBLEMAS RESUELTOS EN PRINCIPIO, ES MAS IMPORTANTE EL RECONOCIMIENTO O ANALISIS DE LO DETECTADO. LA DETECCION O ADQUISICION DE DATOS EN SI NO CONSTITUYE REALMENTE UN OBSTACULO SERIO, AUNQUE LOS MECANISMOS DE DETECCION HAN PROGRESADO NOTABLEMENTE (POR EJEMPLO, CON LOS ARREGLOS DE SENSORES) [4] Y SE HAN DESARROLLADO NUEVAS TECNICAS DIGITALES DE ADQUISICION DE DATOS.

ASPECTOS DE CONTROL.

ES INDISCUTIBLE QUE LA REALIZACION DE ACCIONES POR PARTE DEL ROBOT TRAE COMO CONSECUENCIA LA NECESIDAD DE CONTROLAR SU OPERACION. LOS SISTEMAS FISICOS, EN GENERAL, Y LOS MECANICOS EN PARTICULAR PRESENTAN CARACTERISTICAS TALES QUE OBLIGAN A CONSIDERAR ASPECTOS DE LA TEORIA DEL CONTROL DIGITAL [5].

POR OTRA PARTE, LA ACCION DE LOS **SA** (Y DE LOS ROBOTS) ESTA DIRIGIDO NO SOLO A CONTROLAR A SI MISMOS, SINO QUE TAMBIEN A CONTROLAR LOS PROCESOS EN COSIDERACION Y POR SUPUESTO QUE ES LOGICO QUE LOS MECANISMOS DE DETECCION, ADQUISICION, PROCESAMIENTO Y REALIMENTACION DEL SISTEMA REQUIERAN SER CONTROLADOS.

EL EMPLEO GENERALIZADO DE TECNICAS DIGITALES, ASI COMO DE VARIABLES MUESTREADAS OBLIGA TAMBIEN A CONSIDERAR LOS SISTEMAS DESDE PUNTOS DE VISTA MAS GENERALES Y MODERNOS.

ASPECTOS DE COMUNICACION.

ENTENDIENDO LAS COMUNICACIONES COMO LOS PROCESOS DE TRANSFERENCIA DE INFORMACION ENTRE DOS PUNTOS, EL MANEJO INTERNO DE LOS DATOS REQUIERE EL USO DE TECNICAS DIGITALES DE ANALISIS DE SEÑALES Y DE COMUNICACIONES [6]. TAMBIEN ES IMPORTANTE CONSIDERAR QUE LAS SEÑALES SE TRANSPORTAN EN FORMA ANALOGICA DESDE LOS

DETECTORES A LA ETAPA DE ACONDICIONAMIENTO, QUE EN ESTE PUNTO SE UTILIZAN MUCHAS TECNICAS DE TRATAMIENTO TIPICAS DE COMUNICACIONES, COMO SON EL FILTRADO, LA MODULACION, ETC., QUE EN OCASIONES SERA NECESARIO LA TRANSMISION DE DATOS O INSTRUCCIONES DE CONTROL EN SITUACIONES DE COMANDOS A DISTANCIA, Y QUE DEPENDIENDO DEL MEDIO EN QUE SE REALICEN LAS TRANSMISIONES PUEDE SER NECESARIO EL EMPLEO DE TECNICAS DE PROTECCION DE LA INFORMACION RESPECTO AL RUIDO POR MEDIO DE CODIGOS.

* POR OTRA PARTE, LOS ROBOTS EMPLEAN PROFUSAMENTE EN SUS DETECTORES TECNICAS DE COMUNICACIONES PARA LA LOCALIZACION DEL ENTORNO EN QUE SE DESENVUELVEN, LOS QUE VAN DESDE SIMPLES DETECTORES DE PROXIMIDAD HASTA SISTEMAS CERRADOS EN TV.

ASPECTOS DE RECONOCIMIENTO.

ENTRE LAS FUNCIONES CARACTERISTICAS QUE DEBEN DESEMPEÑAR LOS ROBOTS ESTA SU RELACION CON EL CONTORNO, POR LO QUE LA ETAPA DE DETECCION Y ADQUISICION DE DATOS DEBE SER LO SUFICIENTEMENTE COMPLEJA COMO PARA LLEGAR A DESEMPEÑAR SUS FUNCIONES AUNQUE SE PRESENTAN CAMBIOS EN EL MEDIO. ESTO HACE QUE LAS FORMAS DE DETECCION SEAN SIMILARES A LAS HUMANAS, DEBIENDO SER CAPACES DE RECONOCER SONIDOS, PATRONES, FIGURAS, ETC., SIN EMBARGO, LA PRINCIPAL DIFICULTAD NO ESTA EN LA ADQUISICION DE LOS DATOS, SINO EN LOS PROCEDIMIENTOS NECESARIOS DE PROCESAMIENTO PARA RECONOCER LO QUE SE DESEA.

EL TRATAMIENTO A QUE ES SOMETIDA LA INFORMACION ADQUIRIDA LLEGA A SER EL PUNTO CLAVE DEL PROCESO. LAS SEÑALES SE PROCESAN POR MEDIO DE APROPIADAS TRANSFORMACIONES QUE FACILITAN LA TAREA DEL RECONOCIMIENTO. LA PROBLEMATICA GENERAL SE RELACIONA ESTRECHAMENTE CON LOS MODELOS EMPLEADOS PARA LA REPRESENTACION DE LO QUE SE DESEA RECONOCER Y CON LAS HERRAMIENTAS MATEMATICAS SOBRE LAS QUE SE BASAN LOS MODELOS.

ASPECTOS DE PROGRAMACION (SOFTWARE).

AL DESCRIBIRSE EL DIAGRAMA GENERAL DE UN SA DE DESTACO QUE UNA DE LAS PARTES VITALES DEL SISTEMA CORRESPONDE AL PROCESAMIENTO CENTRAL, INDIVIDUALIZADO POR UNA COMPUTADORA, POR LO CUAL LA PROGRAMACION SE CONVIERTE EN UNA HERRAMIENTA INDISPENSABLE PARA LA OPERACION DE LOS SA. EN EL CASO DE LOS ROBOTS, LA PROGRAMACION ADQUIERE CARACTERISTICAS ESPECIALES, YA QUE SE HACE PRECISO EL EMPLEO DE LENGUAJES ORIENTADOS AL DESEMPEÑO DE LA MAQUINAS [7].

LA PROGRAMACION DE LOS ROBOTS CUMPLE ENTONCES, ENTRE OTRAS FUNCIONES, LAS SIGUIENTES:

1. VISULIZAR EL MEDIO AMBIENTE A TRAVES DEL TRATAMIENTO APROPIADO DE LAS SEÑALES O DATOS ADQUIRIDOS POR EL SISTEMA.
2. ADECUARSE A UN DETERMINADO MEDIO PARA REALIZAR DETERMINADAS FUNCIONES, FRENTE A CAMBIOS QUE SE PRODUZCAN.
3. CONTROLAR LA EJECUCION DE DETERMINADAS ACCIONES, DE ACUERDO A LOS REQUERIMIENTOS DE SUS ETAPAS DE SALIDA O DE LOS PROCESOS QUE SE REQUIERE CONTROLAR.
4. SUPERVISAR LA REALIZACION DE UNA SECUENCIA DE ACTIVIDADES DE ACUERDO A LA FUNCION QUE REALIZA.
5. ADMINISTRAR OPTIMAMENTE LOS RECURSOS DE CALCULO AL DESARROLLAR LAS DISTINTAS OPERACIONES, PUESTO QUE TODAS DEBEN LLEVARSE A CABO EN TIEMPO REAL.
6. COORDINAR LAS DIFERENTES ACTIVIDADES ENTRE SI, PARA QUE VAYAN CULMINANDO EN UNA SECUENCIA DEPENDIENTE DE LA OPERACION QUE SE REALIZA Y DE ACUERDO A LO QUE EL MEDIO AMBIENTE VAYA REQUIRIENDO.
7. AUTOCOMPROBAR LA OPERATIVIDAD DE SUS DIFERENTES PARTES Y DIAGNOSTICA LAS FALLAS O MAL FUNCIONAMIENTO QUE SE PRODUZCA.

COMO HABRA PODIDO NOTARSE, LA COMPLEJIDAD DE LAS FUNCIONES QUE DEBE DESEMPEÑAR LA PROGRAMACION TRANSFORMAN AL PROCESAMIENTO CENTRAL EN LA PIEZA CLAVE DE TODO EL SISTEMA. PRACTICAMENTE NO HAY POSIBILIDADES DE DESARROLLAR FUNCIONES DE NINGUN TIPO SI LA PROGRAMACION NO ES ADECUADA O ES INEXISTENTE.

LAS FUNCIONES MAS SIMPLE DE CONTROL RESIDEN EN ESTA PARTE, ASI COMO LA RESPONSABILIDAD DEL RECONOCIMIENTO, O DEL PROCESO DE LOS DATOS SE CAEN EN ELLOS.

DE ALLI QUE ES DE VITAL IMPORTANCIA RECONOCER QUE EL DESARROLLO DE LOS ROBOTS (Y EN GENERAL DE LOS SA) DEPENDE EN GRAN MEDIDA DEL AVANCE DE ESTAS TECNICAS Y, POR SUPUESTO, DE LO QUE SE APOYEN EN LAS CUESTIONES BASICAS DEL RECONOCIMIENTO Y DEL CONTROL.

CONCLUSIONES.

SE HA PLANTEADO UNA ESTRUCTURA GENERAL DE LA INSTRUMENTACION ELECTRONICA, EN LA QUE LOS SA CONSTITUYEN EL INGREDIENTE MAS ELABORADO. AL MISMO TIEMPO, SE HAN DESTACADO LAS DIFERENCIAS ENTRE LAS PARTES CONSTITUTIVAS Y SE INCLUYE A LA ROBOTICA DENTRO DE LOS SA. ESTA VISION DE CONJUNTO IMPLICA TAMBIEN RECONOCER QUE LOS SA (Y LA ROBOTICA, EN PARTICULAR) HAN COMENZADO A INDEPENDIZARSE COMO DISCIPLINAS Y QUE REUNEN EN SU SENO A UNA SERIE DE CONOCIMIENTOS PROVENIENTES DE DISTINTAS AREAS.

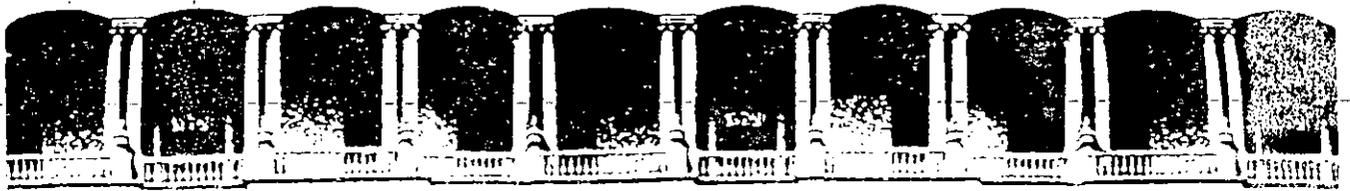
EN LA FIGURA 6 SE MENCIONA COMO ELEMENTO CONSTITUTIVOS DE UN SA GENERALIZADO: UN SAD, UN SISTEMA DE PROCESAMIENTO CENTRAL, LOS ACTUADORES Y LA COMPENSACION, LA PROGRAMACION, Y LOS LAZOS DE REALIMENTACION RESPECTIVOS DE LA ARQUITECTURA DEL SA, LO QUE TEMBIEN ES APLICABLE A LOS ROBOTS. DEBE RECONOCERSE QUE TODOS ESTOS ELEMENTOS SON IMPORTANTES Y QUE EN CADA UNO DE ELLOS SE PRESENTAN LOS ASPECTOS QUE SE HAN ANALIZADO.

LOS ASPECTOS MECANICOS SON TIPICOS DE LOS ACTUADORES Y DE LA COMPENSACION, LOS ASPECTOS DE DETECCION, DE ADQUISICION, ASI COMO ALGUNOS DE RECONOCIMIENTO SE REFIEREN AL SAD, LOS ASPECTOS DE COMUNICACIONES Y CONTROL ESTAN RELACIONADOS CON LA TOTALIDAD DEL SA, LOS ASPECTOS DE RECONOCIMIENTO, PROGRAMACION, CONTROL Y ALGUNOS DE COMUNICACIONES ESTAN VINCULADOS CON EL SISTEMA DE PROCESAMIENTO CENTRAL Y CON LA PROGRAMACION. ESTA PERSPECTIVA PONE DE MANIFIESTO QUE SOBRE ESTAS DOS PARTES RECAE LA MAYOR PARTE DE LA RESPONSABILIDAD DE LA OPERACION DEL SISTEMA, LO QUE LAS TRANSFORMA EN LAS MAS IMPORTANTES.

ESTA SITUACION TENDERA A AGUDIZARSE A CAUSA DE QUE EN EL FUTURO LOS SISTEMAS DE CONTROL COMPUTARIZADO TENDRAN A SER REDUNDANTES Y DE MULTIPLES GRADOS DE LIBERTAD, SE MEJORARAN LA CONFIABILIDAD CON EL PROCESAMIENTO DISTRIBUIDO, SE OBTENDRAN MEJORES MODELOS DINAMICOS Y CINEMATICOS PARA EL CONTROL EN TIEMPO REAL, SE DESARROLLARAN LENGUAJES ORIENTADOS Y DE ALTA ESPECIALIZACION, Y SE ESPERA UN FUERTE AVANCE EN LOS SISTEMAS DE RECONOCIMIENTO.

REFERENCIAS.

1. BERNARD M. OLIVER Y JOHN M. CAGE (EDS.), 'ELECTRONIC MEASUREMENTS AND INSTRUMENTATION', MC GRAW HILL, 1971.
2. D.TESAR, CONCLUSIONS FOR THE NSF ROBOTICS. WORKSHOP 'PROCCEDINS OF THE NATIONAL SCIENCE FOUNDATION', FEBRERO 1978. FLORIDA.
3. J. ANGELES, 'ASPECTOS TEORICOS DE LA ROBOTICA', REVISTA INGENIERIA, VOL. III NO. 4, DICIEMBRE 1982.
4. J.M. KATES, 'A GENERALIZED APPROACH TO HIGH-RESOLUTION ARRAY PROCESSING'. INTERNATIONAL CONFERENCE ON ACOUSTICS, SPEECH, AND PROCESSING, ICASSP 83, BOSTON MA.
5. ROBERT B. MCGHEE, 'DYNAMIC AND CONTROL OF MANIPULATORS AND ROBOTICS SYSTEMS', PROCEEDINGS OF THE NATIONAL SCIENCE FOUNDATION, FEBRERO 1978.
6. C. RICHMOND Y V. K. JAIN, 'SYSTEMS MODELING BY DIGITAL SIGNAL PROCESSING AND LABORATORY VERIFICATION', INTERNACIONAL CONFERENCE ON ACOUSTICS, SPEECH, AND SIGNAL PROCESSING, ICASSP 83, BOSTON MA.
7. W.T. PARK, 'ROBOTICS RESEARCH TRENDS, PROCEEDINGS OF THE NATIONAL SCIENCE FONUNDATION', FEBRERO 1978.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

INSTUMENTACION ELECTRONICA DE PROCESOS INDUSTRIALES

MICROPROCESADORES

SISTEMA MINIMO DE MICROPROCESADOR

ING. ANTONIO SALVA CALLEJA

AUTORES: ING. ANTONIO SALVA CALLEJA.

ING. VICTOR MANUEL SANCHEZ ESQUIVEL .

FACULTAD DE INGENIERIA .

DIVISION DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA .

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO .

CIUDAD UNIVERSITARIA, C. P. 04510 .

R E S U M E N

Este trabajo presenta un sistema mínimo de microprocesador constituido por los siguientes elementos:

- 1.- CPU .
- 2.- Memoria RAM .
- 3.- Memoria EPROM .
- 4.- Tres puertos paralelos (Dos de salida y uno de entrada) .
- 5.- Un puerto serie .
- 6.- Ocho puertos de entrada analógicos .
- 7.- Dos puertos de salida analógicos .

El sistema es manejado por una microcomputadora a través del puerto serie - de la misma, pudiéndose editar, guardar en disco o leer de disco programas - en lenguaje de máquina del CPU empleado en el sistema mediante la microcom - putadora, de esta manera se puede tener un medio de almacenamiento permanen - te y versátil para dichos programas, ya sea en disco flexible o duro, depen - diendo de la microcomputadora empleada, facilitándose así el desarrollo del software para el sistema que fuere necesario en una aplicación específica - del mismo .

INTRODUCCION

En la figura 1 se muestra un diagrama de bloques simplificado del sistema mínimo de microprocesador que de aquí en adelante se denominará SIMMP-1; -- puede apreciarse que el CPU empleado es el Z-80 de ZILOG que si bien es un microprocesador que apareció hace varios años en el mercado sigue siendo a la fecha sumamente versátil para las aplicaciones hacia las cuales esta --- orientado el SIMMP-1, además de que su costo es actualmente el más bajo en el mercado, siendo además los periféricos comunmente asociados con este microprocesador fácilmente asequibles en el país .

Para establecer la comunicación entre la microcomputadora y el SIMMP-1 se emplea el chip 8251 que es un trasmisor-receptor universal síncrono y asíncrono (USART) fabricado por Intel. Al inicializarse el sistema el puerto serie, queda habilitado para transmitir y recibir información a 300 bauds, pudiéndose mediante un comando enviado por la microcomputadora cambiarlo a 1200 bauds.

En la EPROM 2716 existe un programa que toma una cadena de bytes procedentes de la microcomputadora localizándolos en una zona específica de la memoria RAM 2016 autoejecutándose el programa correspondiente en el SIMMP-1 .

A continuación se describen algunos aspectos relevantes del software y del hardware relacionados con el SIMMP-1 y la microcomputadora empleada para comandarlo; así como también un ejemplo de aplicación del sistema .

PAGINACION DE MEMORIA DEL SIMMP-1

En la figura 2 se muestra el mapa de memoria del SIMMP-1 .

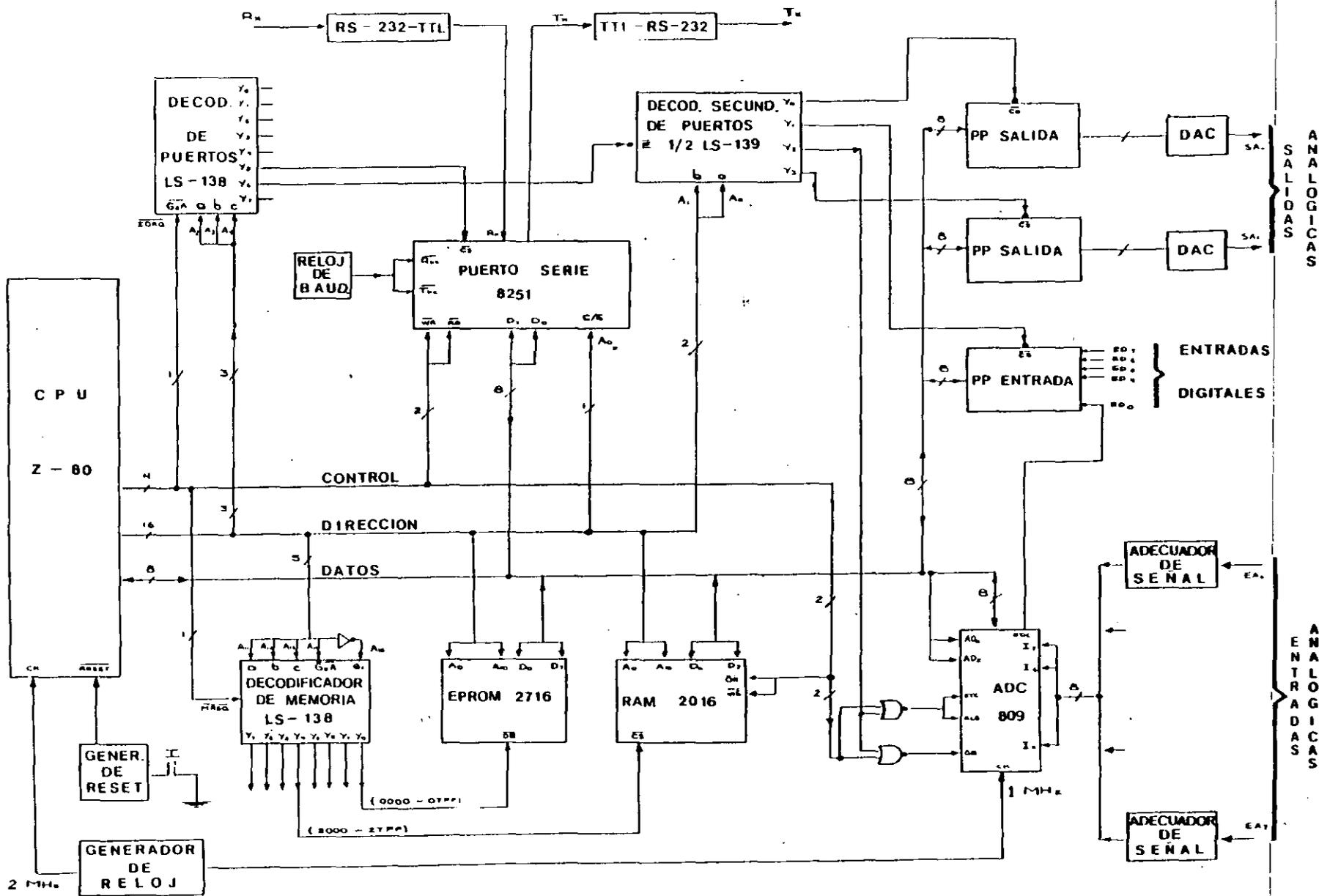


FIGURA 1: DIAGRAMA DE BLOQUES SIMPLIFICADO DEL SISTEMA

MINIMO DE MICROPROCESADOR SIMP-1

0 0 0 0
 0 7 F F
 0 8 0 0
 0 F F F
 1 0 0 0

 1 7 F F
 1 8 0 0

 1 F F F
 2 0 0 0

 2 7 F F
 2 8 0 0

 2 F F F
 3 0 0 0

 3 7 F F
 3 8 0 0

 3 F F F

E P R O M	2 7 1 6
E X P A N S I O N	F U T U R A
E X P A N S I O N	F U T U R A
E X P A N S I O N	F U T U R A
R A M	
E X P A N S I O N	F U T U R A
E X P A N S I O N	F U T U R A
E X P A N S I O N	F U T U R A

FIGURA 2 **MAPA DE MEMORIA**
DEL SIMMP - I

Puede apreciarse que la paginación está hecha en bloques de 2K bytes pudiéndose decodificar hasta 16K bytes, esto es de la dirección 0000 a la dirección 3FFF. En la versión inicial del sistema únicamente se ocupan 4K bytes de memoria; 2K bytes de RAM situados de la dirección 2000 a la dirección -- 27FF y 2K bytes de EPROM situados de la dirección 0000 a la dirección 07FF; quedando disponibles 12K bytes de memoria para expansión futura .

Físicamente la paginación de memoria se realiza mediante el circuito integrado 74LS138 como puede apreciarse en la Fig. 1.

En la Fig. 3 se muestra el mapa de puertos del SIMMP-1 .

O O	EXPANSION	FUTURA
O 3	EXPANSION	FUTURA
O 4	EXPANSION	FUTURA
O 7	EXPANSION	FUTURA
O 8	EXPANSION	FUTURA
O B	EXPANSION	FUTURA
O C	EXPANSION	FUTURA
O F	EXPANSION	FUTURA
1 O	EXPANSION	FUTURA
1 3	EXPANSION	FUTURA
1 4	DATOS	PUERTO SERIE
1 5	CONTROL	PUERTO SERIE
1 8	PUERTO PARALELO DE	SALIDA
1 9	PUERTO PARALELO DE	ENTRADA
1 A	CONVERTIDOR	A/D
1 B	PUERTO PARALELO DE	SALIDA
1 C	EXPANSION	FUTURA
1 F	EXPANSION	FUTURA

FIGURA 3

MAPA DE PUERTOS
DEL **SIMMP - I**

Se observa que se dispone de un máximo de 32 direcciones asociadas con puertos de las cuales, la 14 y 15 están vinculadas con las direcciones de control y datos del puerto serie. Otras cuatro direcciones de la 18 a la 1B se usan para los 3 puertos paralelos y el convertidor analógico digital. Cabe señalar que los dos puertos paralelos de salida están vinculados con sendos converti

tidores digital analógico; las 26 direcciones restantes pueden usarse en expansiones futuras del SIMMP-1 .

La decodificación de puertos se lleva a cabo mediante dos circuitos integrados un 74LS138 y un 74LS139, como se observa en la Fig. 1, la porción no empleada del 74LS139 puede ser usada para decodificar otras cuatro direcciones de puertos; de esta manera sin necesidad de añadir más chips - decodificadores el sistema mínimo puede contar hasta con ocho puertos .

R E L O J

El SIMMP-1 trabaja con un reloj de 2MHz, el circuito empleado para generar la señal correspondiente se muestra en la Fig. 4.

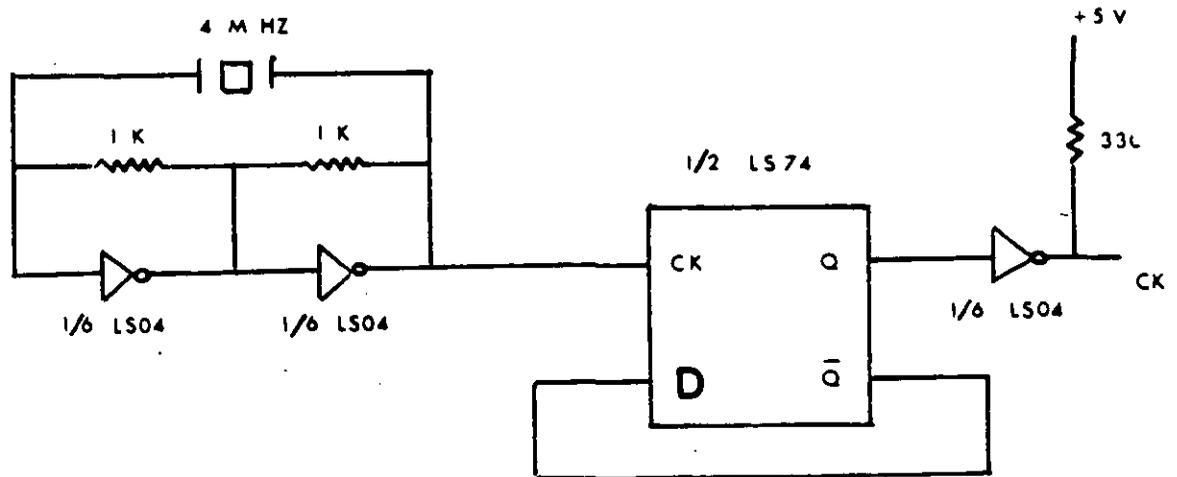


FIGURA 4 C I R C U I T O E M P L E A D O P A R A G E N E R A R L A S E Ñ A L D E R E L O J D E L S I M M P - I

Para generar la señal correspondiente al reloj de baudaje se emplearon circuitos digitales convencionales que dividen la señal de reloj original 2MHz entre 104 generandose así una señal de 19230 Hz, la cual hace posible

que el puerto serie pueda ser programado por software para poder trabajar ya sea a 300 bauds ó a 1200 bauds.

CIRCUITO DE RESTABLECIMIENTO (RESET)

El circuito para generar la señal de restablecimiento (Reset) en el SIMMP-1 se ilustra en la Fig. 5.

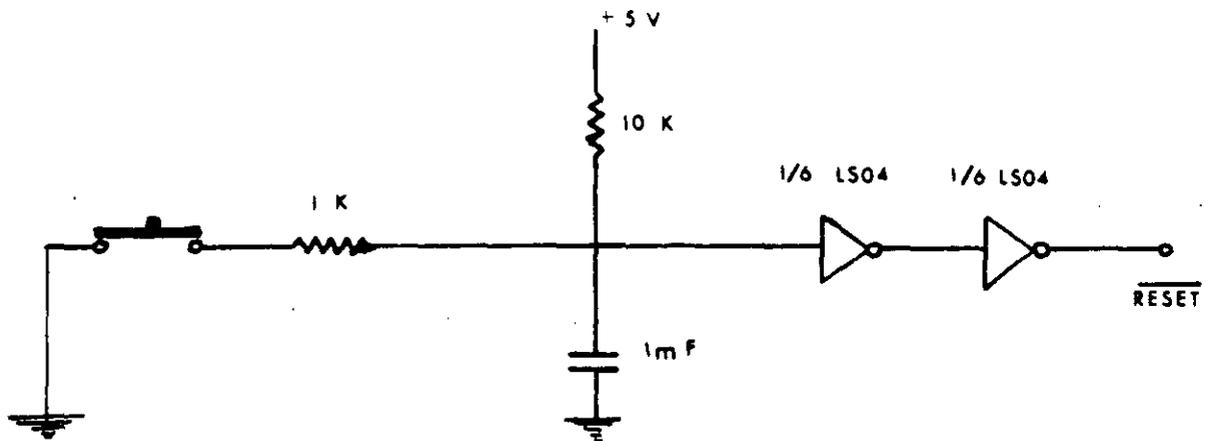


FIGURA 5 CIRCUITO DE RESTABLECIMIENTO

PUERTOS PARALELO DE ENTRADA Y SALIDA

Debido a que los puertos paralelo del SIMMP-1 están ya prefijados como puertos de salida o entrada, para su realización se empleó el circuito integrado 74LS373 resultando así el costo de los puertos más económico comparado con el que se tendría si se hubiera empleado para el mismo fin un circuito integrado de alta escala de integración como el 8255 fabricado por Intel.

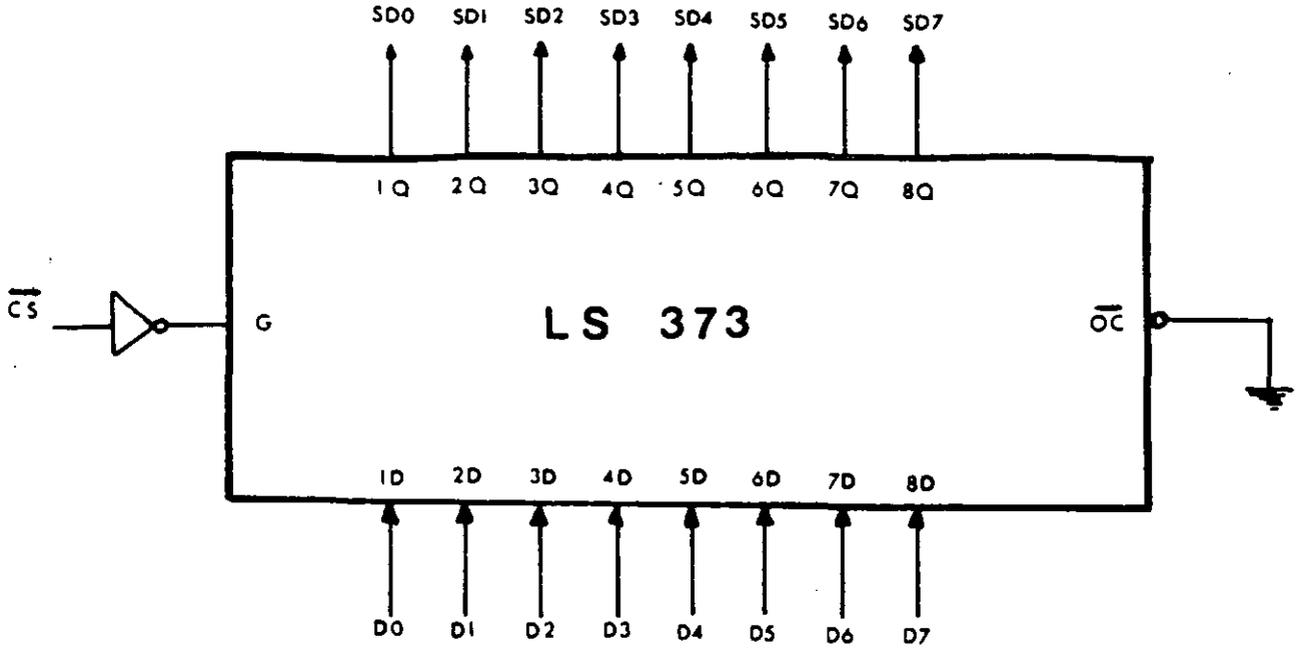


FIGURA 6 PUERTO PARALELO DE SALIDA

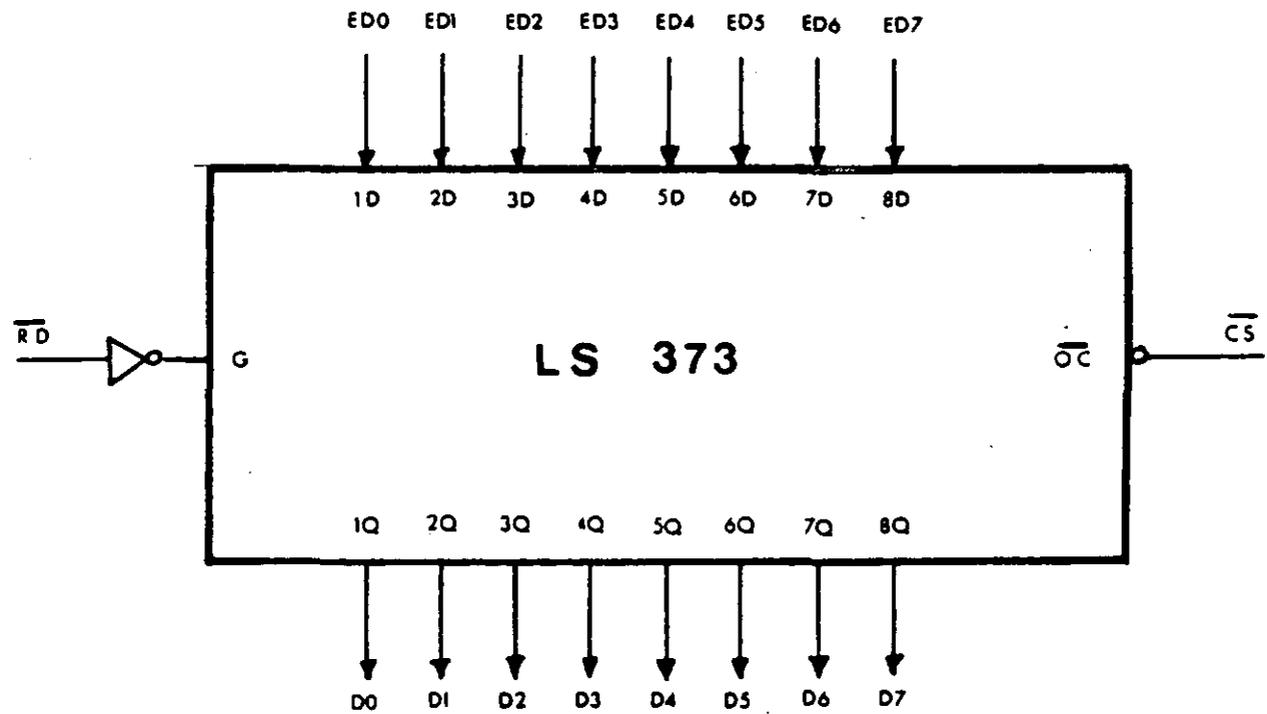


FIGURA 7 PUERTO PARALELO DE ENTRADA

En la Fig. 6 se ilustra el circuito correspondiente para realizar un puerto paralelo de salida; en la Fig. 7 el correspondiente a un puerto de entrada.

CIRCUITO ADECUADOR DE SEÑAL

Debido a que el rango de la señal de entrada para el convertidor analógico digital va de 0 a 5 volts, para poder registrar señales bipolares hay que hacer un acondicionamiento de las mismas. En el SIMMP-1 esto se hizo mediante un circuito analógico que transforma un rango que va de -10 volts a +10 volts en un rango que va de 0 volts a +5 volts. En la Fig. 8 se muestra el circuito correspondiente. En caso de que se deseara que el rango de las señales de entrada sea diferente se pueden emplear circuitos de atenuación o amplificación antes del adecuador de señal correspondiente.

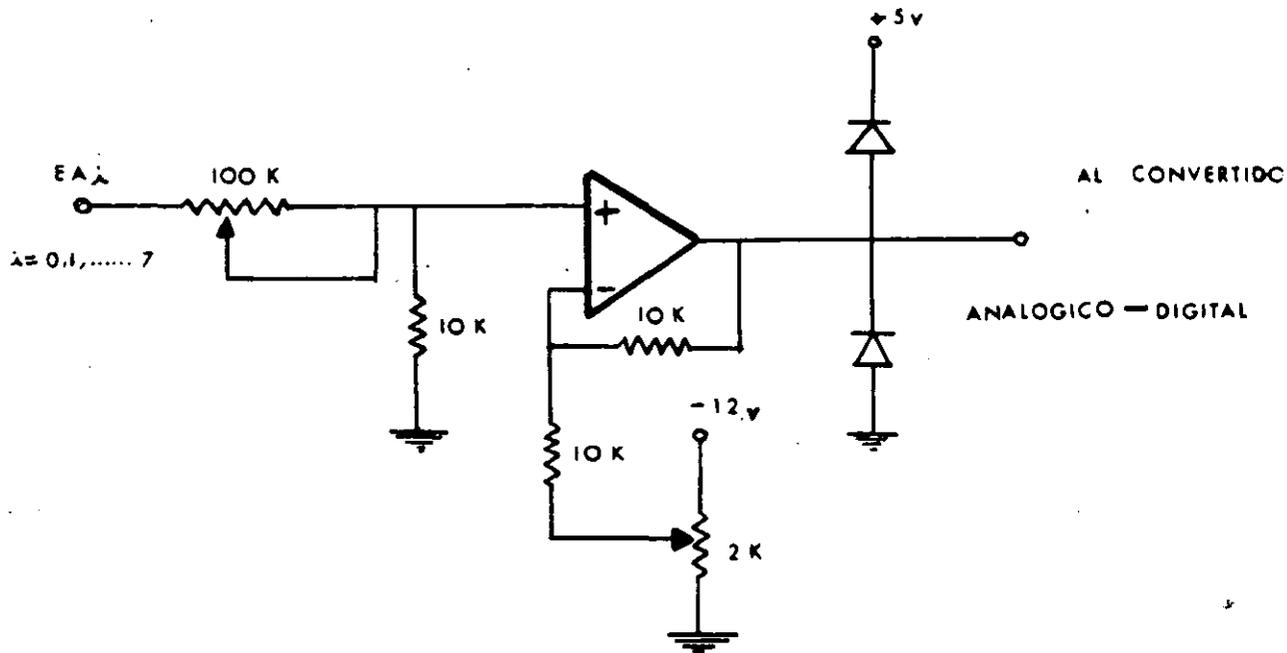


FIGURA 8

CIRCUITO ADECUADOR DE SEÑAL
DE ENTRADA ANALOGICA

CONVERSION ANALOGICA DIGITAL

El convertidor analógico digital que se utilizó en el SIMMP-1 es el circuito integrado ADC0809 fabricado por National. Trabajando con un reloj de 1MHz, que se deriva del reloj del sistema, el tiempo de conversión es del orden de 70 microsegundos. En la Fig.1 se puede apreciar la conexión correspondiente .

SOFTWARE BASICO EN EL SIMMP-1

Como se menciona en la introducción la esencia del SIMMP-1 se encuentra en un programa grabado en la EPROM, dicho programa recibe de la microcomputadora una cadena de bytes que integran un programa en lenguaje de máquina del Z-80, autoejecutandose el mismo una vez que se ha terminado de bajar. En la Fig.9 se muestra un diagrama de flujo de dicho programa, -- que se ejecuta automaticamente al restablecer el sistema o bien al energizarse el mismo.

Al bajar al SIMMP-1 un programa, la secuencia que envía la microcomputadora es la siguiente:

- 1.- Envía un caracter de identificación que indica al SIMMP-1 que los caracteres que siguen representan a un programa para el microprocesador Z-80.
- 2.- Trasmite 4 bytes con información referente a la dirección inicial y la dirección final del programa a bajar .
- 3.- Trasmite la cadena de bytes correspondiente al programa que se este bajando .

Cabe señalar que en esta primera versión del SIMMP-1 no se manejan interrupciones, sin embargo el programa básico en la EPROM esta localizado en una zona de memoria que deja libre las localidades correspondientes que pudieran requerirse programar a futuro al trabajar con interrupciones .

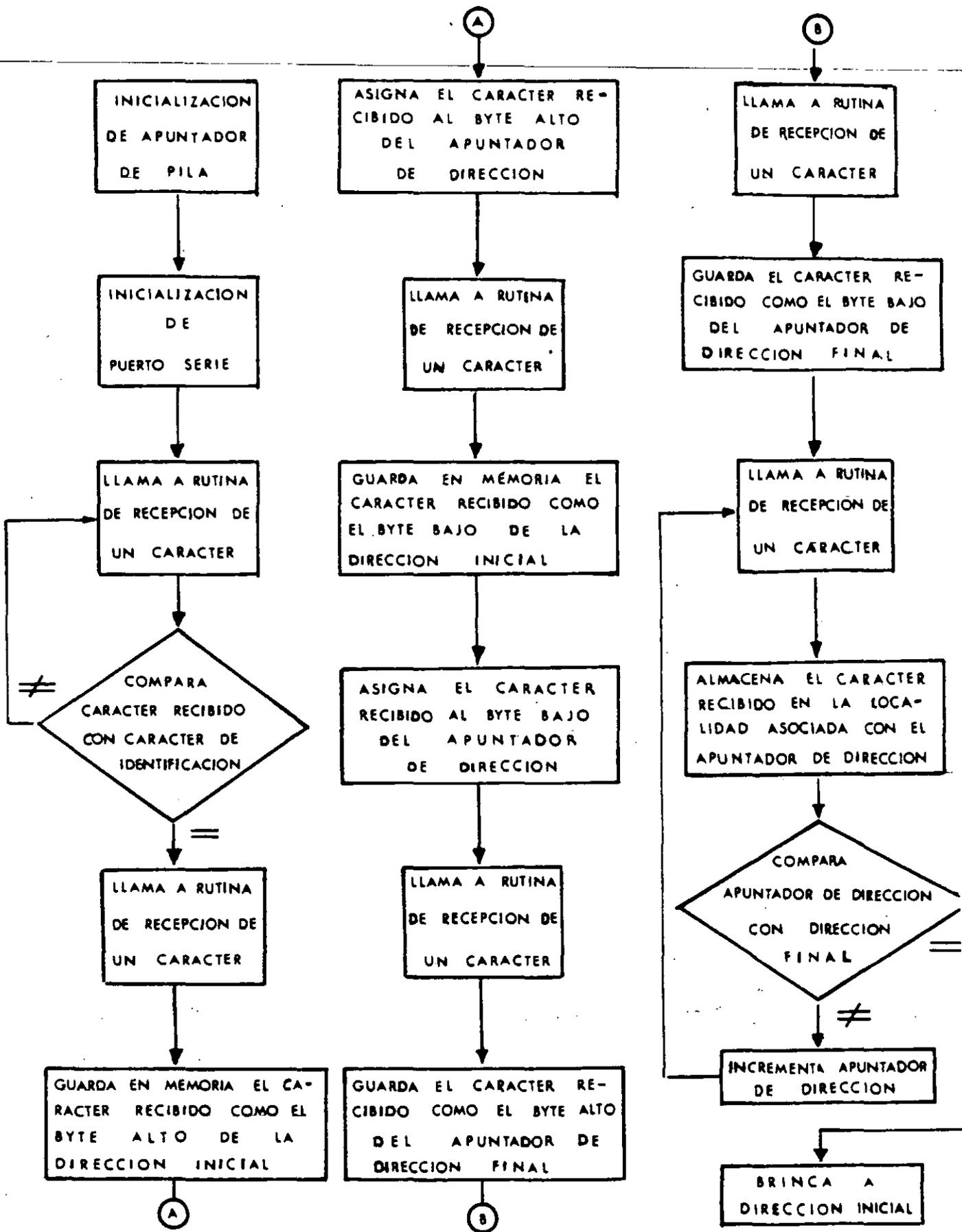


FIGURA 9

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA DE VACIADO Y
AUTOEJECUCION DE PROGRAMAS A TRAVES DE UNA MI-
CROCOMPUTADORA EN EL **SIMP-I**

SOFTWARE EN LA MICROCOMPUTADORA

En lo que toca al software del lado de la microcomputadora el lenguaje utilizado fue el BASIC ya que para los requerimientos de velocidad de las aplicaciones hacia las cuales esta orientado el SIMMP-1, dicho lenguaje es adecuado. En el programa básico se manejan dos menús uno de comando y otro de edición. El menú de comando es el siguiente:

- 1.- Cargar un programa en lenguaje de máquina Z-80.
- 2.- Cargar de disco un programa para Z-80.
- 3.- Cargar en disco un programa para Z-80.
- 4.- Bajar a SIMMP-1 programa que se autoejecute.
- 5.- Editar programa.
- 6.- Definir baudaje .
- 7.- Terminar la sesión .

A continuación se describe brevemente lo que acontece al seleccionar cada una de las opciones del menú de comandos .

OPCION UNO

Al hacer esta selección el programa pide las direcciones inicial y final - así como también el nombre del programa que se va a cargar. Una vez efectuado lo anterior el programa despliega en la pantalla de la microcomputadora las direcciones en forma sucesiva debiendo el usuario introducir cada vez el valor del byte correspondiente en notación hexadecimal. El programa asigna a cada dirección una variable de tipo cadena (String) que representa lo que ha de almacenarse en las locaciones de memoria correspondientes del SIMMP-1, de esta manera la cadena de bytes que representa al programa queda contenida en un arreglo cuyo tamaño es igual al número de bytes que integran el programa.

OPCION DOS

Cuando se escoge esta opción la microcomputadora requiere del usuario el nombre del programa a tomar de disco y la unidad correspondiente. Una vez

que se ha ejecutado esta opción la cadena de bytes correspondiente al programa que se ha tomado de disco queda en un arreglo similar al resultante al de la opción uno.

OPCION TRES

Mediante esta opción el arreglo correspondiente a un programa determinado se guarda en un archivo de disco junto con las direcciones inicial y final correspondientes .

OPCION CUATRO

Esta opción permite bajar al SIMMP-1 las direcciones inicial y final de un programa para Z-80, así como también la cadena que lo constituyen. - Una vez que el programa es bajado se autoejecuta .

OPCION CINCO

Al seleccionar esta opción se pasa al menú de edición que se describe -- más adelante.

OPCION SEIS

Si se desea cambiar el valor de baudaje, esto se puede hacer mediante esta opción; los baudajes posibles en esta primera versión del SIMMP-1 son 300 y 1200 .

OPCION SIETE

Escogiendo esta opción el usuario regresa al sistema operativo de la microcomputadora .

El menú de edición consta de cinco alternativas a saber:

- 1.- Insertar bytes.
- 2.- Borrar bytes .
- 3.- Listar .
- 4.- Cambiar bytes .
- 5.- Continuar .

A continuación se describe brevemente el accionamiento de cada alternativa.

ALTERNATIVA UNO

Esta alternativa, permite insertar instrucciones en lenguaje de máquina en un programa en el cual este trabajando el usuario .

ALTERNATIVA DOS

Mediante esta alternativa el usuario puede borrar instrucciones del programa en lenguaje de máquina del Z-80 que se este depurando .

ALTERNATIVA TRES

Para poder listar todo un programa en lenguaje de máquina para Z-80 ó una parte del mismo se emplea esta alternativa.

ALTERNATIVA CUATRO

Esta alternativa permite cambiar una o varias instrucciones de un programa para Z-80 con el cual se este trabajando .

ALTERNATIVA CINCO

Al seleccionar esta alternativa el sistema pasa a un submenú que comprende las siguientes acciones:

- 1.- Editar .
- 2.- Retornar a menú principal .

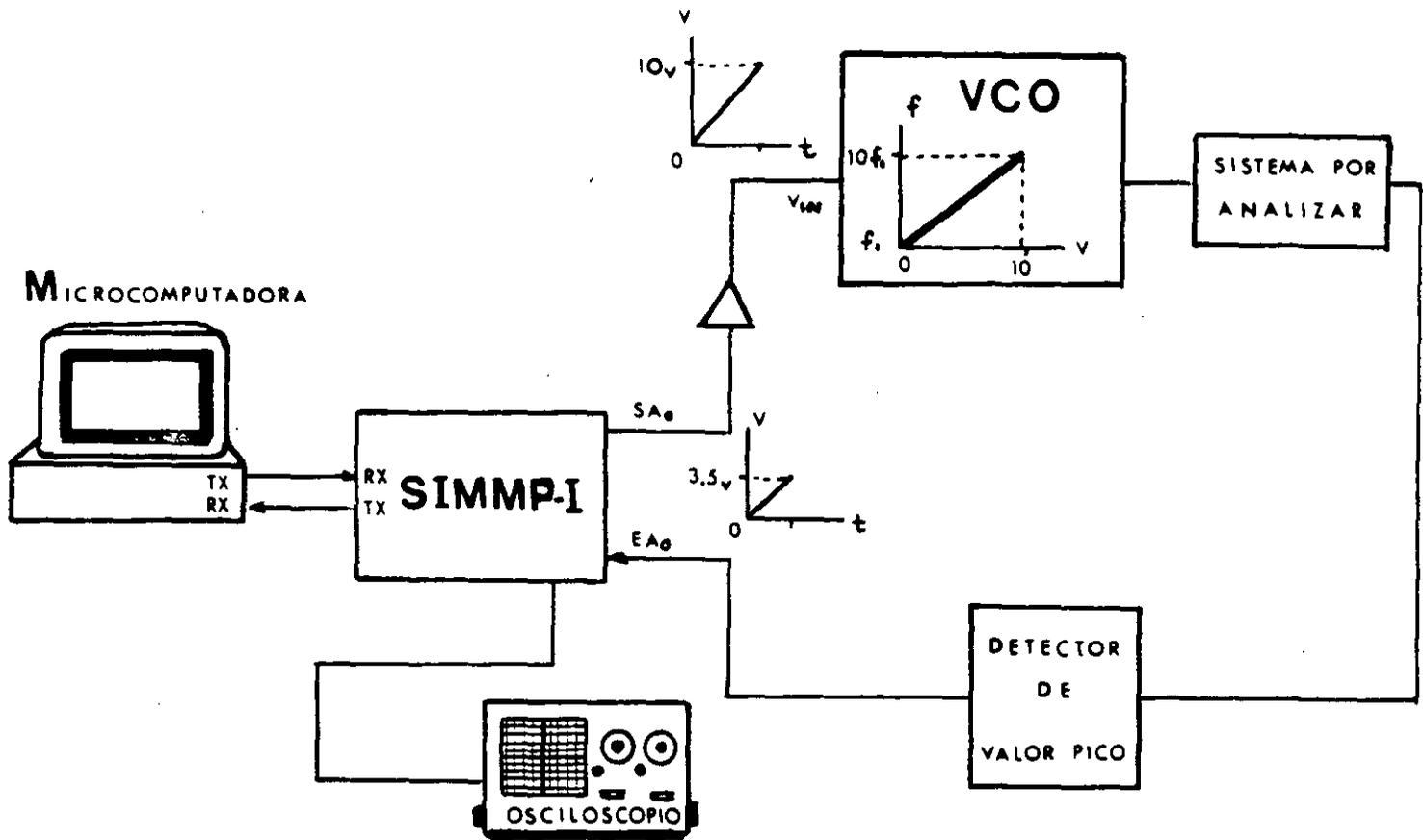
Si se toma la acción 1 el usuario retorna al menú de edición, si se toma la acción 2 el usuario retorna al menú principal ó de comandos. Cabe señalar que una vez que se ha ejecutado cualquiera de las opciones 1 a 6 del menú de comandos, el submenú descrito en este párrafo aparece nuevamente .

Para cada uno de los comandos del menú principal existe una subrutina que ejecuta la opción correspondiente, de esta manera si el SIMMP-1 se emplea como hardware auxiliar de un programa en la microcomputadora, para poder comandarlo desde la misma basta que dentro del programa en la microcomputadora se genere el arreglo que contiene la cadena de bytes correspondiente .

~~un programa en lenguaje de máquina para Z-80 que realice en el SIMMP-1~~
el accionamiento requerido por el programa en la microcomputadora, para lo cual se requerirá que el programa en la microcomputadora cuente con la subrutina correspondiente a la opción cuatro del menú de comandos .

EJEMPLO DE APLICACION

Los posibles ejemplos de aplicación del SIMMP-1 son muchos y muy variados, para este trabajo se eligió un caso en el cual el SIMMP-1 es operado como hardware auxiliar de un programa en la microcomputadora . Mediante dicho programa y el SIMMP-1 se puede obtener la respuesta en -- frecuencia en magnitud de un sistema en el rango de una década. La -- respuesta en frecuencia correspondiente es desplegada en la pantalla - de la microcomputadora y en la pantalla de un osciloscopio auxiliar. - En la Fig. 10 se muestra un diagrama de bloques del sistema mencionado que de aquí en adelante se denominará Bodímetro de una década (BUD) . Como se aprecia en la figura, el VCO empleado barre un rango de frecuencia de una década cuando el voltaje de control al mismo varia de 0 a 10 volts. Dado que la salida analógica del SIMMP-1 varia en el rango de 0 a 3.5 volts, se requiere un amplificador de ganancia 2.857 para poder lograr el rango de barrido requerido por el VCO. Es conveniente señalar que tanto el VCO como el amplificador de rango requerido se encuentran en un solo aparato comercial fabricado por la compañía BWD ELECTRONICS denominado MINI-LAB; el instrumento mencionado permite al usuario seleccionar la frecuencia inicial de la década de barrido que se desee.



SISTEMA BUD

FIGURA 10

DIAGRAMA DE BLOQUES PARA OBTENER LA RESPUESTA EN FRECUENCIA DE UN SISTEMA, CON REGISTRO EN EL OSCILOSCOPIO Y PANTALLA DE MICROCOMP. EMPLEANDO EL **SIMMP-I**

El programa correspondiente en el SIMMP-1 que se ha llamado CV01 efectúa las siguientes acciones:

- a) Carga en registros internos del CPU las direcciones inicial y final de una tabla de 256 bytes donde han de almacenarse los valores de -

la magnitud de la respuesta en frecuencia del sistema que se esté analizando.

- b) El programa pasa a un lazo del cual no sale a menos que el bit 1 -- del puerto paralelo de entrada del SIMMP-1 cambie de 0 a 1. De esta manera puede iniciarse el barrido de frecuencia en el momento en que el usuario efectue físicamente el cambio mencionado .
- c) Si se sale del lazo mencionado en el paso b), se inicia el barrido de frecuencia, para lo cual el SIMMP-1 pone sucesivamente en un puerto paralelo de salida una cuenta que va de 00 a FF, de esta manera en el puerto analógico de salida correspondiente (SA₀) aparecerá la rampa de barrido requerida por el amplificador de rango. Para cada paso en la cuenta el SIMMP-1 lee el valor pico de la respuesta en frecuencia y lo coloca en una locación de la tabla asignada para tal fin, una vez hecho lo anterior el programa va a una subrutina de retraso de 20 milisegundos e incrementa la cuenta, de esta manera una vez que se ha colocado la cuenta FF se ha concluido con el llenado de la tabla que contiene 256 puntos de la magnitud de la -- respuesta en frecuencia del sistema analizado.
- d) Concluida la acción anterior el SIMMP-1 sube a la microcomputadora la tabla que contiene los datos de la respuesta en frecuencia requerida. Una vez terminada la transferencia, la microcomputadora despliega una gráfica ilustrando dicha respuesta .
- e) La tabla de respuesta en frecuencia es reciclada en el puerto analógico de salida SA₁, con lo cual es posible desplegar tal respuesta en un osciloscopio.

Del lado de la microcomputadora se ejecuta un programa que como primera acción del mismo baja al SIMMP-1 el programa CVC01 descrito a grandes -- razgos anteriormente; el programa en la microcomputadora contiene además las rutinas necesarias para interaccionar con el programa CVC01 ---

que se ejecuta con el SIMMP-1 .

En la Fig. 11 se muestra la gráfica desplegada en la computadora correspondiente a la respuesta en frecuencia del circuito mostrado en la Fig. 12 .

Dicho circuito puede emplearse como una de las bandas elementales de un ecualizador gráfico de audio.

Mediante análisis convencional de redes puede demostrarse que dicho circuito puede presentar una atenuación o amplificación de 12.5 decibeles a una frecuencia de 5.486KHz. La máxima amplificación se logra cuando $K=0$. Para obtener mediante el sistema de la Fig. 10 la magnitud de la respuesta en frecuencia del circuito mostrado en la Fig.12 se procedió de la siguiente manera:

- a) Se calibró el VCO de modo que la frecuencia inicial de barrido fuera 1000 Hz .
- b) Se ajustó la amplitud de la salida del VCO a 1 volt de pico .
- c) Se pusieron en operación el sistema SIMMP-1 y la microcomputadora .
- d) Se ejecuta el programa en la microcomputadora que usa el sistema --- SIMMP-1 como auxiliar en la obtención de la respuesta en frecuencia .
- e) Una vez ejecutado el programa correspondiente en la microcomputadora, se obtuvo la gráfica mostrada en la Fig. 11.

Como puede apreciarse, los valores experimentales obtenidos para la ganancia máxima y la frecuencia a la cual esta ocurre difieren de los valores teóricos mencionados. Esto puede deberse a que el circuito analizado fue construido con elementos que presentan una cierta tolerancia en sus valores nominales.

En la Fig. 13 se muestra la curva de respuesta en frecuencia teórica del circuito de la Fig. 12

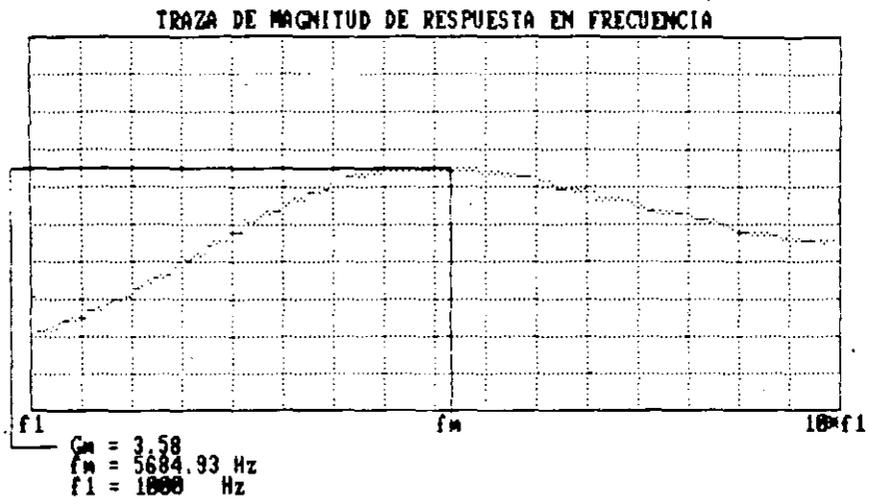


Figura 11: Respuesta en frecuencia del circuito de la figura 12 obtenida mediante el sistema de la figura 18

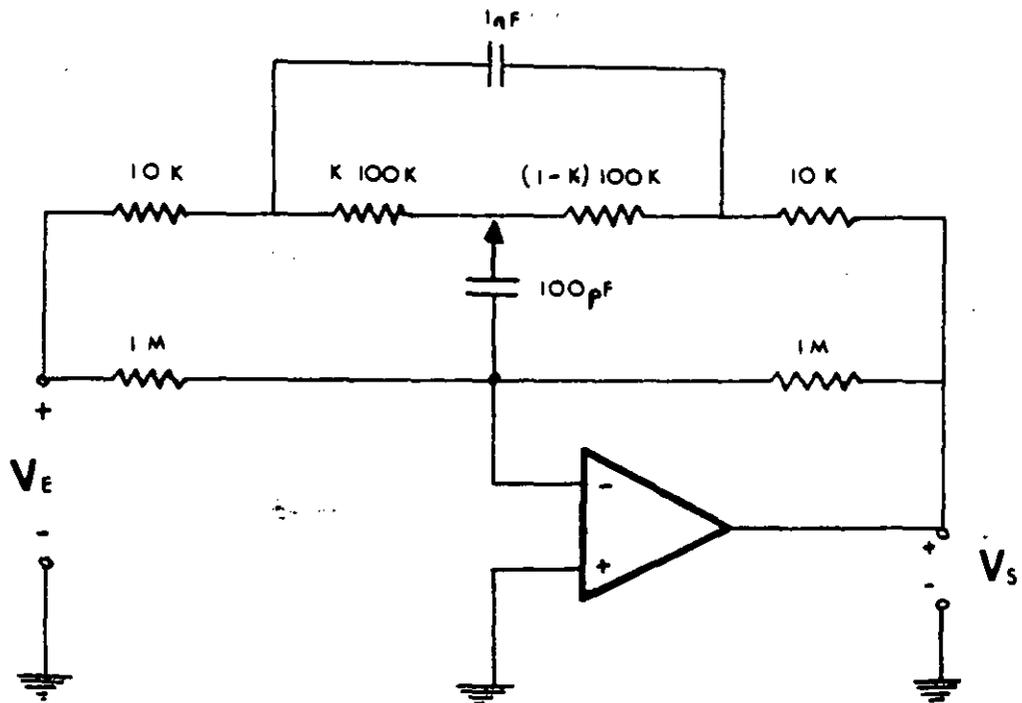


FIGURA 12

CIRCUITO ANALIZADO EN FRECUENCIA
POR EL BUD

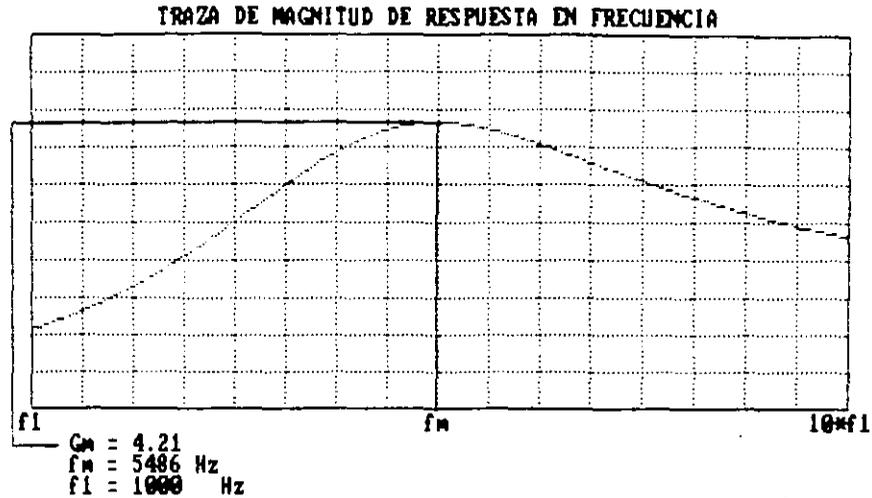


Figura 13: Respuesta en frecuencia teorica del circuito de la figura 12

Cabe señalar que el sistema BUD descrito anteriormente se alambro exprofeso para mostrar un ejemplo de aplicacion del SIMMP-1, que pudiera construirse en un tiempo breve, por esa razon se utilizo un VCO que se controla analógicamente con los naturales problemas que esto implica .

Actualmente los autores trabajan en el desarrollo de un sistema que analice respuesta en frecuencia empleando un generador de funciones monolítico al cual se le pueda agregar la circuiteria analógica y digital necesaria para que el SIMMP-1 pueda controlarlo digitalmente .

CONCLUSIONES

Como se ha apreciado en el presente trabajo las posibles aplicaciones del SIMMP-1 son muy diversas entre otras estas podrian ser :

- a) Adquisidor de datos de baja velocidad, que pudieran ser procesados fuera de linea en una microcomputadora empleando un lenguaje de alto nivel.
- b) Procesamiento en tiempo real de señales de muy baja frecuencia .

- c) Control lógico de secuencias .
- d) Enseñanza de la teoría y práctica de los microprocesadores .
- e) Instrumentación electrónica empleando microcomputadoras y microprocesadores .

Si bien se trabajó en este desarrollo alrededor de un microprocesador de 8 bits es claro que la misma idea básica puede realizarse empleando microprocesadores más evolucionados tales como el 8086 de Intel y el 68000 de Motorola. Los autores planean a futuro desarrollar una nueva versión del SIMMP-1 basada en alguno de los microprocesadores mencionados anteriormente .

REFERENCIAS

The Engineering Staff of Texas Instruments Incorporated Semiconductor - Group .

" The TTL Data Book for Design Engineers " .

Texas Instruments Incorporated, 1976 .

Garland H.

" Introduction to microprocessor system design "

McGraw Hill, 1979 .

Hayes J.P.

" Diseño de sistemas digitales y microprocesadores "

McGraw Hill, 1986.

National Semiconductor

" Linear databook "

National Semiconductor Corporation, 1986 .

Hall D.V.

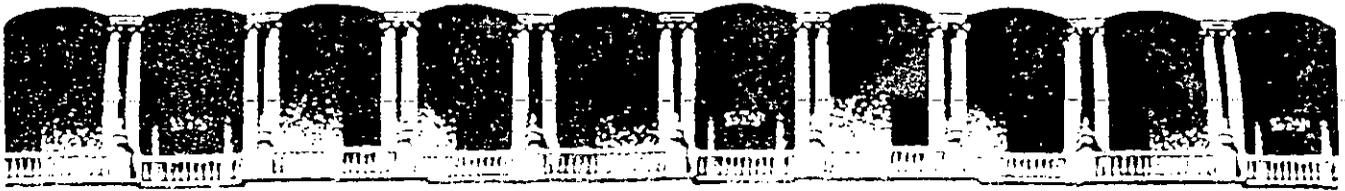
"Microprocessors and interfacing. Programming and hardware"

McGraw Hill, 1986 .

Hall D.V.

"Microprocessors and digital systems"

McGraw Hill, 1983 .



FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

INSTUMENTACION ELECTRONICA DE PROCESOS INDUSTRIALES

MICROPROCEADORES

UNA DECADA DE CAMBIOS

EXPOSITOR: ING ANTONIO SALVA CALLEJA

A Decade of Change:

The Microprocessor

Today, microprocessors are used in everything from microwave ovens to automobiles to home computers. They've come a long way in a few short years.

ROBERT GROSSBLATT, CIRCUITS EDITOR

NAMES LIKE UNIVAC AND ENIAC HAVE MYSTICAL connotations for some of us. Visions of huge rooms filled with glowing tubes and punched cards dance before our eyes, and our ears fill with the all-pervading murmur of massive air-conditioning systems. We remember staring awestruck as those giant computers flexed their electronic muscles to produce printed portraits of George Washington. (Wow!—*Editor*)

Those machines aren't really part of microcomputer history—they're part of its pre-history. Microcomputer history really began one day in the early 1960's when Jack Kilby of Texas Instruments made the first integrated circuit. After it was shown that an entire circuit could be fabricated from a single solid chunk of semi-conductor material, the stage was set for the development of the microprocessor. But things didn't really take off until the early 1970's.

Several important events occurred in 1970:

- The development of Large Scale Integration (LSI) techniques made it possible to fabricate a complete circuit on a single piece of silicon.
- Memory technology matured to the point that standard products became widely available.
- A huge market opened up for hand-held calculators.

A year later Intel introduced a general-purpose IC that did just about everything necessary needed to support calculator-type operations. Intel called that IC the 4004; it had a four-bit data path, and it was the first microprocessor.

First generation microprocessors were designed for specific applications. The 4004 was designed to handle calculator logic, and the eight-bit 8008, introduced a year later, was designed to control an intelligent terminal.

Intel's IC's were designed at a time when memory was very expensive. Consequently, from the beginning, their microprocessors relied heavily on internal registers to store and transfer data. As shown in Fig. 1, the 8008's six storage registers are eight bits wide, and the program counter is fourteen bits wide. That limited the 8008 to 16K of directly addressable memory. Further, the internal stack is only seven words deep. That's fine for a controller, but it really limits use of the 8008 as a computer.

The microcomputer industry really came into its own with the second generation of microprocessors: Intel's 8080 and Motorola's 6800. Although both are microprocessors, their design philosophies are radically different.

Intel increased power in the 8080 by moving the stack itself to external memory, and by giving it a sixteen-bit stack pointer. As shown in Fig. 2, the 8080 also

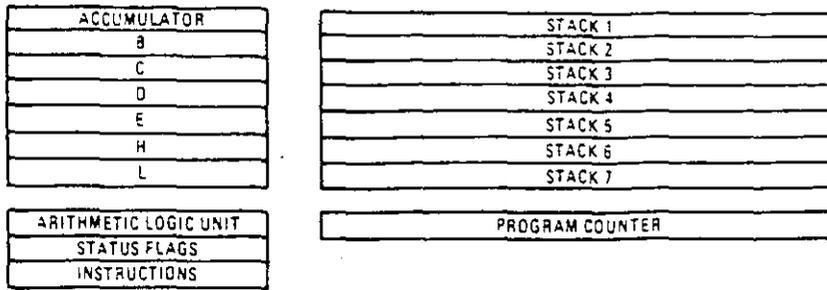


FIG. 1—THE FIRST 8-BIT MICROPROCESSOR, Intel's 8008, had an internal seven-byte stack, and it was limited to 16K bytes of memory.

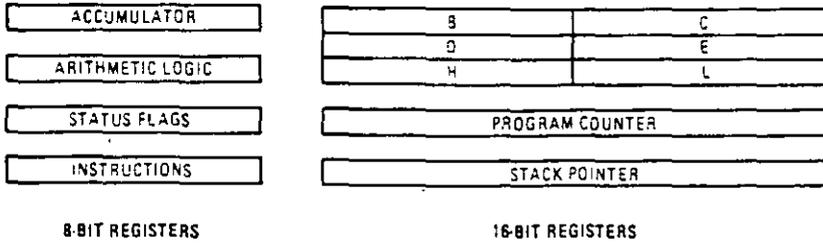


FIG. 2—THE FIRST GENERAL-PURPOSE MICROPROCESSOR, Intel's 8080, features an eight-bit accumulator and three general-purpose sixteen-bit registers.

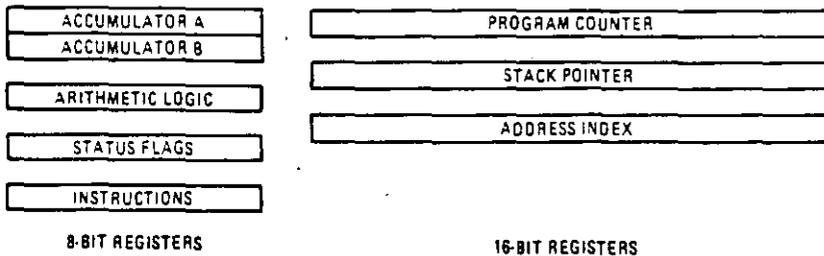


FIG. 3—MOTOROLA'S 6800 emphasizes quick memory access at the expense of few internal registers.

has three sixteen-bit registers in addition to the program counter, which was itself increased to sixteen bits. That gave the 8080 the capability of addressing the now-familiar 64K of external memory.

Motorola's 6800 was designed along different lines altogether. Instead of emphasizing internal registers, temporary data storage occurs in external memory, and the microprocessor has only enough registers to keep track of where things are. Other than the primary and secondary accumulators, the only "data" register in the 6800 is an index register that is used as a counter, and to do indexed memory addressing. The 6800's internal structure is shown in Fig. 3.

There are advantages and disadvantages to both design philosophies. For example, the 6800 must access memory much more often than the 8080, but it can do that much more rapidly than the 8080 can. But by far the most important consequence of the difference in those IC's is in overall memory organization.

To the 8080, all addresses are the same—it takes the same amount of time to access any location in its 64K range.

Also, the processor goes to location 0000 for its first instruction after power up and after reset.

The 6800, on the other hand, has a special set of two-byte "zero page" addressing instructions that allow page zero—the first 256 bytes of memory—to be accessed rapidly. All other address instructions are three bytes long. That makes zero-page real estate valuable—the microprocessor can address page zero locations in two-thirds the time it can address locations in other pages. Since zero-page addresses are, in a sense, the 6800's substitute for registers, the operating system is put at the top of memory. When a 6800 is first powered up, it goes to address FFFE for its first instruction.

The Motorola and Intel design philosophies have shaped the architectures of just about all microprocessors that have followed, down to the latest sixteen- and thirty-two bit microprocessors.

CP/M

In 1973 the microcomputer industry was rather limited. First-generation micros like the Altair and the Imsai stored

data on paper tape or cassettes. Floppy disk drives had just begun to appear when Gary Kildall, a consultant working for Intel, developed CP/M, a Disk Operating System (DOS) for Intel's 8080. When Imsai licensed CP/M and began distributing it, the home computer market exploded. Since CP/M was just about the only DOS available, the 8080 became the microprocessor of choice for most home computers.

Because of the popularity of CP/M, any heir to the 8080's throne would have to have an instruction set compatible with that microprocessor. Since most of the software available for home computers was coded in the 8080's native tongue, microprocessor manufacturers realized that it was a matter of simple economic survival to make sure that such software would run on any new microprocessor.

By the time that the second generation of microprocessors began winding down, the home-computer market was an economic reality. CP/M gave birth to a variety of sophisticated systems-programming languages, and user-oriented application programs began to fill the market. That caused more CP/M computers to be sold and more programs to be written for them. Then, when major manufacturers like IBM and Xerox began adopting CP/M for use in their products, the stage was set for the birth of the third generation of microprocessors.

Intel introduced the 8085, an improved version of its 8080, and then upgraded that with the 8085A. The old 8080 required *three* voltages to operate: +12, +5 and -5. The 8085A required only +5 volts, and a much simpler clock circuit now sufficed. In addition, a series of new interrupt and I/O signals were tied to various pins on the IC—in an attempt, perhaps, to simplify the complex I/O set-up of the 8080.

Unfortunately, Intel paid a high price for that increased flexibility. Because they dedicated so many pins to I/O, and because they remained locked to a standard forty-pin package, the data bus had to be multiplexed with the lower eight bits of the address bus. And that meant that the 8085 would always need external latching. A big gripe with the 8080 was that it needed extra support IC's (an 8224 Clock Generator and an 8228 System Controller); and since the 8085 also needed at least an eight-bit latch and some decoding, the 8085 never became as popular as Intel had hoped. However, a CMOS version became available relatively early; Tandy used it in their portable computers, and that prevented it from becoming totally obscure. But perhaps the real reason for its lukewarm reception was that it was introduced three years after the Z80.

Zilog's Z80

From the moment it appeared, the Z80

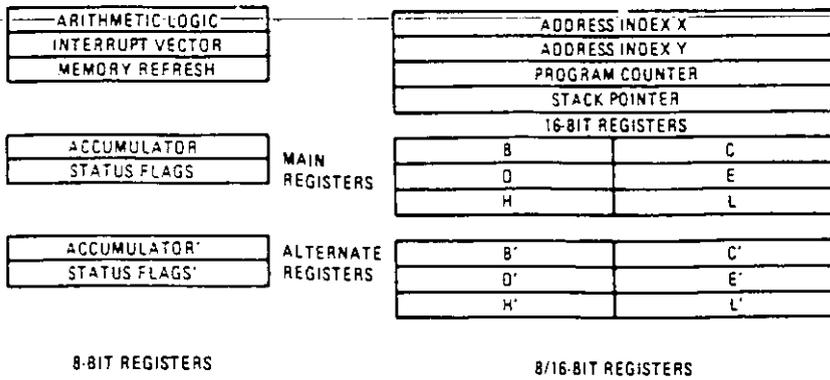


FIG. 4—ZILOG'S Z80 has the same registers as the 8080, but it provides a duplicate register set for quick response to interrupts.

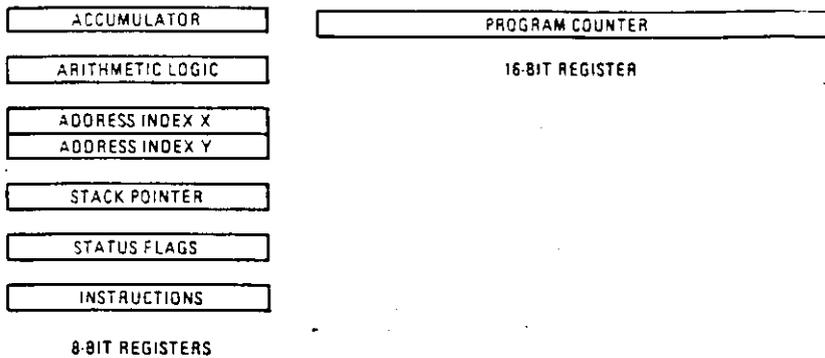


FIG. 5—MOS TECHNOLOGY'S 6502 has no general-purpose 16-bit registers, but it has the most flexible addressing schemes of all the early eight-bit processors.

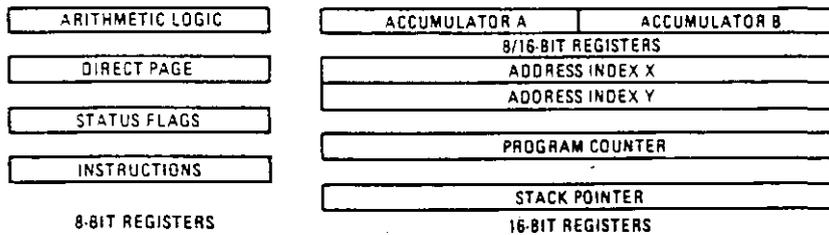


FIG. 6—MOTOROLA'S 6809 was intended to bridge the 8/16-bit gap; but it never really caught on, in spite of its having some really powerful features.

was a winner. It incorporated all the 8080 instructions as a subset of its own greatly-expanded instruction set. And that allowed it to run all the existing 8080-based software. In terms of hardware, the Z80 was designed according to the Intel philosophy. Zilog maintained the register structure of the 8080, but also added a set of alternate registers that duplicated the main set, as shown in Fig. 4. The alternate registers allow an increase in processing speed because, during an interrupt, the main registers can be swapped with the alternates by using a fast one-byte instruction.

Combined with the other advantages it had over the 8080—a single supply-voltage and a simple clock—the Z80 became the upgrade for the 8080. It had built-in features that required extra IC's in an 8080-based system. The Z80, for exam-

ple, can refresh dynamic RAM IC's automatically.

One interesting point about the Z80 is that, when it was first introduced, Zilog believed that the huge new instruction set would be responsible for most sales of the IC. As it turned out, 8080 code had become the standard, and the Z80's extra instructions were, for the most part, ignored. Intel, on the other hand, showed awareness of that need for compatibility, because the 8085 added only two instructions to the 8080's repertoire.

The 6502

In 1975 MOS Technology introduced the 6502. Just as the Z80 is a high-performance version of the 8080, the 6502 is a souped up 6800—but with differences. You can run 8080 code on a Z80, but 6800 code is gibberish to a 6502. What the

How fast a program runs on your computer depends on more than just its clock speed. The clock frequency determines microprocessor speed, but the instruction set, as well as the way a program is written, determine how fast a program runs.

Most of a microprocessor's time is spent accessing locations in your computer's memory, and the instruction that tells the microprocessor to do that can be two, four or even more bytes long. The overall speed of your computer is a function of how many cycles of the system clock it takes to complete a particular instruction.

A computer running at 8 Mhz will complete a four-byte instruction in exactly the same length of time that it takes a 2-Mhz computer to complete a one-byte instruction. Overall program execution speed, therefore, depends on how much the microprocessor has to do and how quickly it can do it. The same program running on two computers with different microprocessors will undoubtedly run at two different speeds. Which runs faster depends on what the program is asking the microprocessor to do.

Some microprocessors have instruction sets that are quick at number crunching, while others are better at memory access. In general, microprocessors with internal registers, like the Z80, are better at number crunching because they have one-byte commands to manipulate register data. Microprocessors like the 6502, on the other hand, which do most things in memory, access that memory quicker than the register-oriented type of microprocessor.

R-E

6502 got from the 6800 was its design philosophy. The 6502 is a top-down processor; its strength is in powerful addressing modes, rather than a lot of internal registers. Among its advantages over the 6800 were: on-IC clock generator, an improved instruction set, new addressing modes, faster access to the stack, and built-in BCD arithmetic.

At first glance, the 6502's architecture might look like a step backward. As shown in Fig. 5, the sixteen-bit index register of the 6800 was split into two eight-bit registers, and the stack pointer is only eight bits wide. That limits the stack to 256 bytes, but the designers of the 6502 decided that a 256-byte stack is more than adequate for most applications. By limiting its length, it could be placed in a dedicated area of memory (100 to 1FF). And that allowed the stack to be accessed very quickly, which increased overall execution speed. Splitting the index register allows both halves to be used independently for some very powerful indexed addressing modes.

What saved the 6502 from obscurity was being chosen as the microprocessor for the Apple, Atari, and Pet computers. The huge successes enjoyed by those ma-

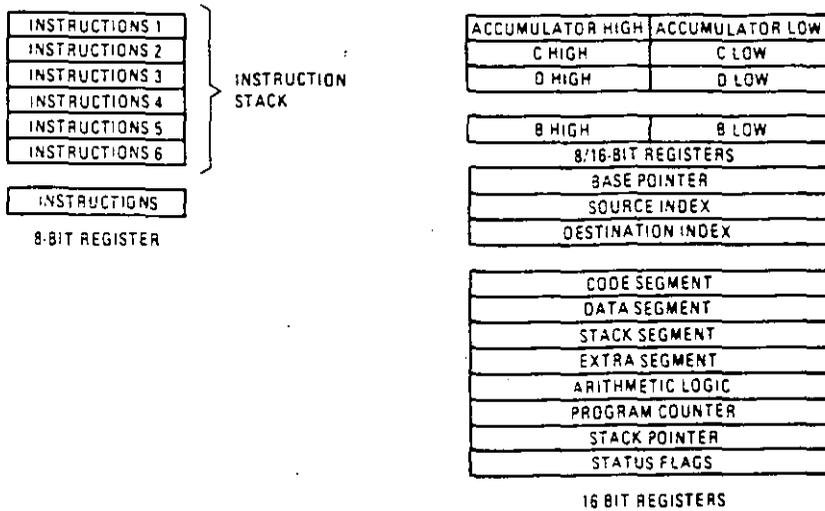


FIG. 7—INTEL'S 8088 86, workhorse of the IBM PC, provides one-megabyte memory addressing through the use of segment registers.

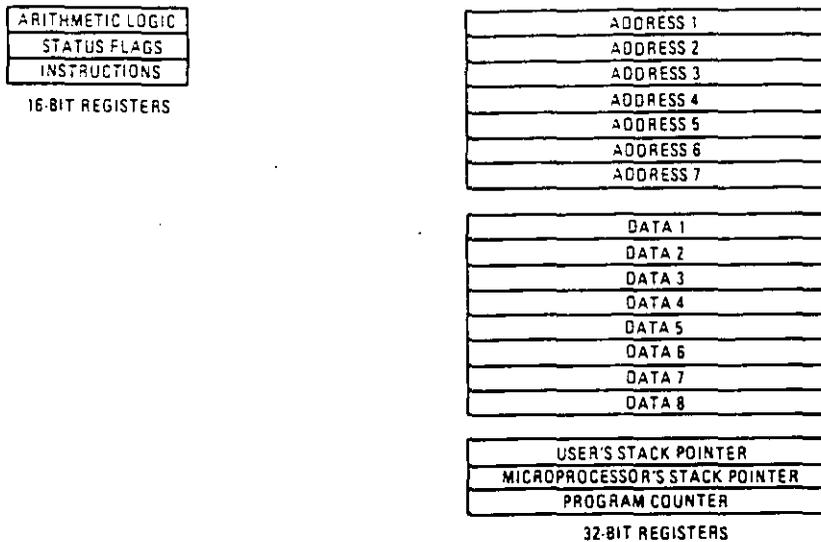


FIG. 8—MOTOROLA'S 68000, heart of Apple's Macintosh, is probably the most powerful sixteen-bit microprocessor on the market.

chines transformed the 6502 into one of the few silicon superstars.

The fourth generation of microprocessors began to emerge around 1980. The home-computer market was a mammoth economic reality by that time, and IC manufacturers were selling microprocessors as fast as they could make them. The third generation's last gasp was Motorola's 6809. It included advanced addressing and a multiply instruction. That instruction was innovative, unique, and it allowed a substantial increase in program execution speed. The 6809's structure is shown in Fig. 6.

Unfortunately for Motorola, the 6809 came late in the history of microcomputing, so few machines were designed around that IC. (Radio Shack's *Color Computer* is a notable exception.—Editor) One interesting footnote to computer history is that Apple was so impressed

with the 6809 that they used it in early *Macintosh* designs.

Fourth-generation microprocessors came about through refinements in IC technology. The advent of Very Large Scale Integration (VLSI) vastly increased on-IC component density. Results include sixteen-bit microprocessors, 64K (and larger) dynamic RAM's, as well as performance upgrades for the previous generation of microprocessors.

Sixteen bit microprocessors weren't really new. For example, TI's TMS9900, was a second-generation, top-down, sixteen-bit microprocessor with two sixteen-bit registers: a stack pointer and a program counter. All other data storage occurred in external memory. The TMS9900 has separate address and data buses because it comes in a 64-pin package. The TMS9900 is a powerful microprocessor, and the way it was marketed is a perfect

example of how *not* to do it. TI used the IC in its home computer, the *T199*, but TI did nothing to support outside developers. When the computer failed to catch on, Texas Instruments let it die, and the TMS9900, essentially an IC ahead of its time, died with it.

The second-generation design philosophies of the 8080 family and the 6800 family showed up in third generation sixteen-bit IC's. Intel released the 8086 and 8088; they're direct descendents of the original 8080, so they emphasize the use of internal registers for storing and manipulating data. Zilog's Z8000 is a more-powerful, sixteen-bit version of the well-established Z80. Motorola's 68000, a muscular, sixteen-bit version of the neglected 6809, is more powerful than either Intel's or Zilog's microprocessors. We'll look at each in turn.

The 8086 family

As we mentioned earlier, it takes more than good design to make a silicon superstar. Intel struck it rich when IBM jumped into the home-computer market with a machine based on the 8088. Intel was a bit surprised, as well. The 8088 is a watered-down version of Intel's more powerful 8086. As shown in Fig. 7, the 8086 has a number of 16-bit registers, but the 8088 has an eight-bit-wide data bus, and that means that sixteen-bit data must be loaded into the microprocessor eight bit at a time. That's why it's called an 8-bit microprocessor. The 8086, on the other hand, is a true sixteen-bit microprocessor.

IBM's choice of the 8088 was a serious miscalculation of both their marketing ability, and the viability of the market. One of the forgotten oddities of the IBM PC is that it originally showed up in the market with only 16K of RAM. The incredible popularity of the PC led to the development of huge amounts of applications software, and much mainstream eight-bit software was rewritten to operate on the 8088. Once again, Intel had produced the microprocessor that became the industry standard.

Several new features showed up in the new sixteen-bit series that had no counterpart in their eight-bit predecessors. A multiply instruction was added (as Motorola had done with the 6809), but it could be used effectively only in the 8086. The 8088 had a tough time handling thirty-two bit results, so most IBM-PC programmers do multiplication with the traditional shift and add approach, and that slows the PC down drastically.

Although the 8086 and 8088 are stand-alone microprocessors, Intel has some support IC's that can speed things up. The 8087 Math Co-Processor, for example, does high-speed number crunching and substantially increases the computing speed of the 8086. Note that the eight-bit data bus of the IBM PC restricts the

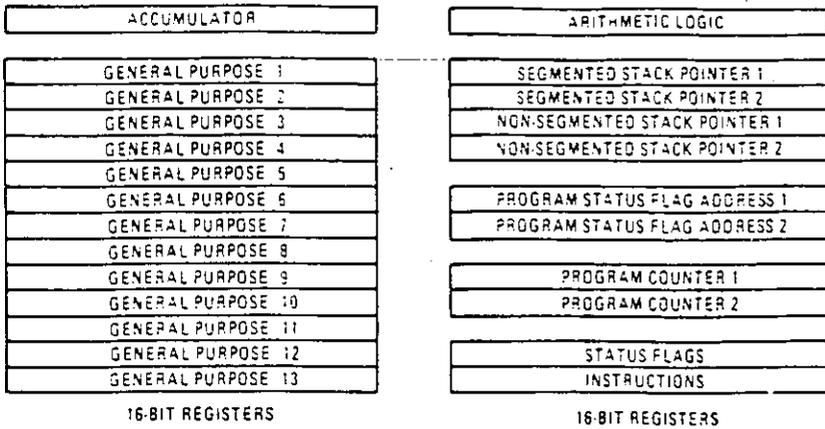


FIG. 9—ZILOG'S Z8000 has not been very popular, in spite of powerful register and memory-addressing structures.

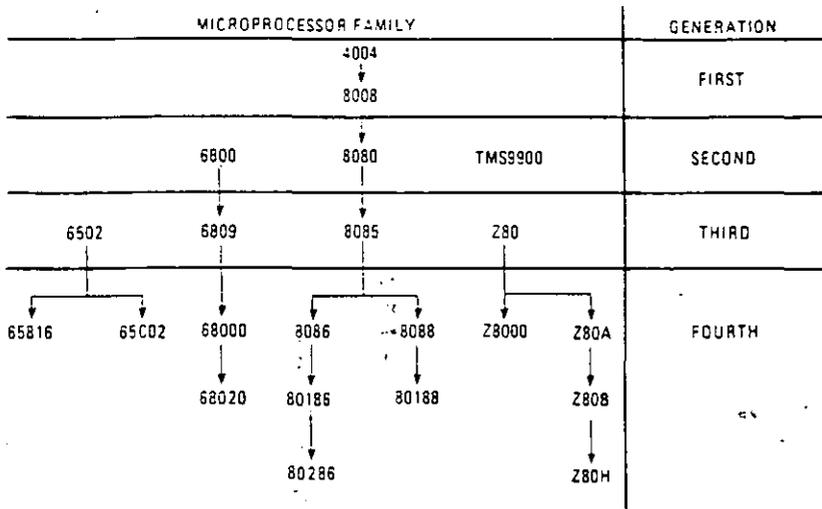


FIG. 10—THE GENEALOGY OF THE FIRST FOUR GENERATIONS OF MICROPROCESSORS is indicated here. What will be next? Stay tuned . . .

usefulness of the 8087 in that computer.

The 80186 and 80188 were introduced by Intel in 1983 as upgrades of the 8086 and the 8088, respectively. Those two IC's took advantage of new VLSI techniques, but didn't really represent any advance in performance. However, they include a lot of the support circuitry for timing and bus control that had to be done externally with the earlier IC's.

Intel's 80286, which IBM uses in its *PC AT*, is a major enhancement of the 8086. Besides having an on-IC memory-management system, it has a "virtual memory" mode in which the internal registers can generate 24-bit addresses. In practical terms, this means that the 80286 can directly address as much as sixteen megabytes of memory. By contrast, the 8086 can generate only 20-bit addresses, and that allows it to address "only" one megabyte of memory directly.

The 68000

Motorola's 68000 is probably the most-powerful sixteen-bit microprocessor to show up on the market: Apple chose to use it for the ill-fated Lisa and for the

MacIntosh. Because its design is similar to that of the 6800, it has a variety of powerful addressing modes. Motorola learned a few things from Intel, apparently, because they added sixteen thirty-two-bit registers, as well as two stack pointers—one for the user and one for internal housekeeping. Unlike most other microprocessors, the 68000 doesn't have a dedicated accumulator. Rather, any of the data registers can be used as an accumulator. The 68000's organization is shown in Fig. 8.

Motorola designed the instruction set so that there could be as many as 64,000 instructions. The Intel IC's, by way of comparison, continued the 8080's practice of limiting the IC to a maximum of 256 instructions. In fact, the 68000 has only 56 basic instructions, but the IC's addressing flexibility makes it easy for programmers to access the full power of the IC without having to remember separate instructions for each special case.

One strength of the 68000 is the width of its registers. If the 8088 is an 8/16 bit microprocessor, then the 68000 should be called a 16/32 bit microprocessor. It has,

like the 80286, a "virtual memory" scheme, but its wider registers allow some versions of the 68000 to manage more than 4 gigabytes of memory.

The Z8000

The Z8000 from Zilog is a sixteen-bit version of the Z80. It is a well-designed, true sixteen-bit microprocessor with thirteen general-purpose sixteen-bit registers, several stack pointers, and the ability to address as much as sixteen megabytes of memory. The Z8000's organization is shown in Fig. 9.

In spite of its potential, however, the Z8000 has not enjoyed the popularity of its eight-bit predecessor. When the Z80 hit the market, it was successful because it was compatible with the 8080. Unfortunately, the 8086 and the Z8000 are totally incompatible.

Other improvements

The last major advance of the fourth generation had to do with IC technology. Faster versions of popular eight- and sixteen-bit microprocessors began to appear. The Z80, whose original operating speed was a mere 2.5 MHz, became available in 4- and 6-MHz versions (the Z80A, and Z80B, respectively). The original 6502 ran at 1 MHz; its upgrade, the 6502C, runs at 4 MHz. Rockwell, NCR, and GTE each came out with CMOS versions of the 6502, the 65C02, that uses less power, runs faster, and has a larger instruction set than the original.

The 65816

New microprocessors like Western Design Center's 65816 aim at higher speeds, better memory handling, and increased compatibility. The 65816 has a software-selectable mode in which it can emulate a 6502, and it's the first sixteen-bit microprocessor to use the mainframe technique of "cache memory," which is similar to the virtual memory modes we've already mentioned. In a cache system, intermediate data and program information are stored in high-speed memory, and less-important data is stored in a slower memory system such as a disk.

Conclusions

The overall genealogy of the important microprocessor families is outlined in Fig. 10. As you can see, the trend in new products is toward wider buses, higher speeds, and more flexibility. True 32-bit microprocessors are now showing up.

When the 8080 first appeared, it cost over \$250. Today you can buy one for less than three dollars. And when you hold one of those twelve-year-old IC's in your hand, keep in mind that you're looking at more computing power and speed than was ever dreamed of in the pre-historic days of the Univac—all of twenty-five years ago.

R-E

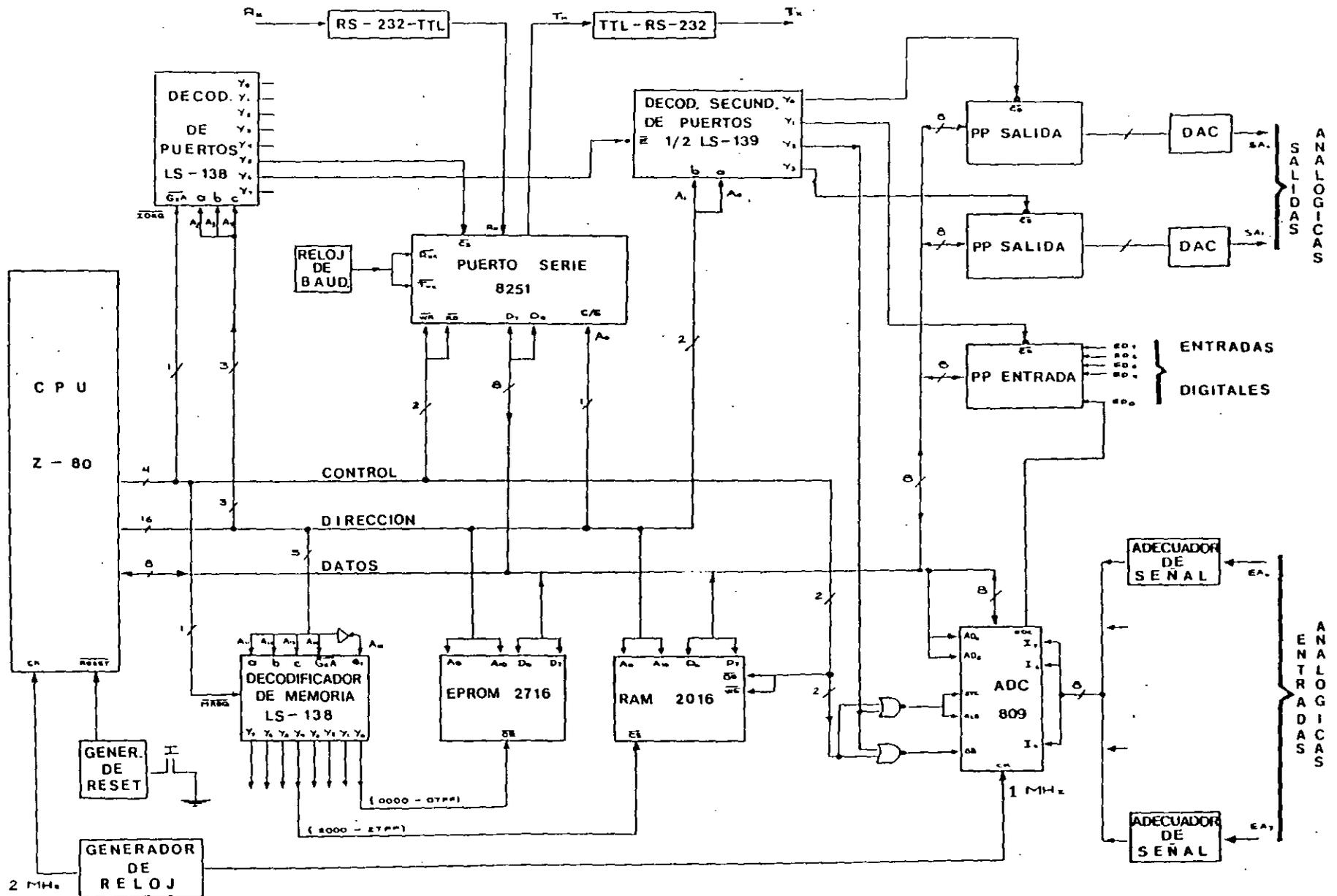


FIGURA 1: DIAGRAMA DE BLOQUES SIMPLIFICADO DEL SISTEMA

MINIMO DE MICROPROCESADOR SIMMP - I



FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

INSTRUMENTACION ELECTRONICA DE PROCESOS INDUSTRIALES

CONTROL DIGITAL

ING RICARDO GARIBAY JIMENEZ

CONTROL DIGITAL DE PROCESOS

I N D I C E

1. INTRODUCCION.
 - 1.1 Antecedentes.
 - 1.2 Controlador Digital de Procesos.
 - 1.3 Controlador Digital: características principales.

2. CONCEPTOS BASICOS Y ESQUEMA DE CONTROL DIGITAL.
 - 2.1 Conceptos y Esquema Básicos.
 - 2.2 Algoritmos PID de Control Digital.
 - 2.2.1 Controlador P. Ecuación en diferencias.
 - 2.2.2 Controlador PI. Ecuación en diferencias.
 - 2.2.3 Controlador PID. Ecuación en diferencias.

3. SOFTWARE DE CONTROL POR COMPUTADORA: PAQUETE PCDIGITAL.
 - 3.1 Implementación de un paquete de control por computadora: PCDIGITAL.
 - 3.2 Descripción del paquete en diagramas de flujo.

4. APLICACIONES DEL CONTROLADOR DIGITAL DE PROCESOS.
 - 4.1 Objetivo de la demostración.
 - 4.2 Procedimiento.
 - 4.3 Comentarios.

5. BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS.

4.1.- INTRODUCCION.

En la actualidad la computadora se ha convertido en un instrumento indispensable en la realización de las actividades humanas, su capacidad para almacenar grandes cantidades de información, su velocidad y precisión en cálculos numéricos, su bajo costo y su versatilidad, la han convertido en un producto de gran éxito (algunas de las compañías constructoras de computadoras figuran entre las más destacadas del mundo). Su injerencia en todos los ámbitos del quehacer del hombre, es tal, que resulta difícil mencionar alguno que no haya sido modificado con su incorporación.

Este es el caso de la rama de la ingeniería que se especializa en el estudio del control automático de procesos, la cual, si bien tiene sus orígenes en la antigüedad, solo en recientes fechas ha incorporado con notables beneficios a la computadora digital.

En el campo de control automático la gran versatilidad de la computadora ha permitido desarrollar una amplia variedad de tareas, como adquirir datos del proceso para efectuar balances de materia y energía, calcular eficiencias y rendimientos y elaborar reportes con la información procesada. Ha permitido, asimismo, a través de diversos esquemas de aplicación, incorporarse a las tareas de control de los procesos de la planta de producción, lo cual redundo en una mayor flexibilidad en el manejo de la misma, debido a que introduce técnicas de control que no podían ser aplicadas anteriormente con instrumentación analógica. Algunas de esas técnicas son: compensación por 'tiempo muerto', desacoplamiento de procesos multivariables, algoritmos de control digital y control adaptable.

Adicionalmente, si consideramos la capacidad de la computadora de simular modelos de los procesos, asumiendo

condiciones que no pueden ser aplicadas físicamente, se explica también su aplicación en la investigación del área.

4.1.1. ANTECEDENTES.

La idea de utilizar computadoras digitales como componentes de control surgió alrededor de 1950 (Åström y Wittenmark), en aplicaciones de control de misiles y dispositivos aeroespaciales; sin embargo, como las computadoras de ese tiempo eran demasiado grandes y consumían mucha potencia, la idea fue abandonada y se optó por desarrollar computadoras de propósito específico llamadas 'Analizadores Diferenciales Digitales' (DDA), las cuales, se enfocaban exclusivamente a resolver los problemas particulares de la navegación espacial.

La aplicación específica de la computadora digital en el control de procesos industriales, se inició a mediados de la década de los cincuentas, desde entonces, la gran mayoría de los adelantos en el control por computadora provienen de esfuerzo puesto en superar las dificultades que surgen al controlar los procesos industriales.

El primer trabajo se remonta al año de 1956 cuando la Cia. TEXACO solicitó a la Cia. Aeroespacial Thomson Ramo Woolridge (TRW) un estudio de factibilidad para instalar una unidad de polimerización controlada por computadora en la refinería de Port Arthur, Texas. Este proyecto entró en operación en marzo de 1959, la arquitectura de diseño se basó en la computadora RW-300, la cual controlaba 26 flujos, 72 temperaturas, 3 presiones y 3 composiciones.

El proyecto de la Texaco inició la primera etapa en la historia del control por computadora. Durante esta primera etapa la computadora actuaba solamente como un supervisor del

comportamiento de la planta, su principal función consistía en encontrar el punto óptimo de operación y adicionalmente planear la producción y generar reportes sobre la misma (cantidad de materiales utilizados, cantidad de materiales fabricados, etc.). Es característico de esta etapa la implementación de dos modos supervisorios de operación: 'guía del operador' y 'control de referencia'. En el modo 'guía del operador' la computadora imprimía mensajes al operador indicándole las acciones a tomar, por otra parte, en el modo 'control de referencia', la computadora ajustaba los puntos de operación de los reguladores analógicos.

A partir de la fecha en que exitosamente se concluyó el proyecto Texaco, los fabricantes de computadoras, las instituciones de investigación y la industria en general, dieron un fuerte impulso al desarrollo de estos sistemas, varios estudios de factibilidad fueron iniciados y para 1962 el número de computadoras aplicadas al control de procesos había aumentado y llegaba a ser de 100.

Ya se ha mencionado que los primeros sistemas realizaban dos funciones de un mismo modo de operación llamado 'modo supervisorio'; sin embargo, en ambas funciones se empleaban instrumentos analógicos para el control. En la figura 1.1 se muestra un esquema del modo de control supervisorio. De cualquier manera, en esta etapa 'pionera' se adquirió la experiencia necesaria para impulsar otras formas de aplicación y como resultado de esto, se realizó en Inglaterra un proyecto que revolucionó la forma de aplicar las computadoras al control.

En el año de 1962, la compañía Imperial Chemical Industries (ICI) cambió todos sus instrumentos de control analógicos por una computadora digital Ferranti Argus para efectuar las funciones de la instrumentación reemplazada:

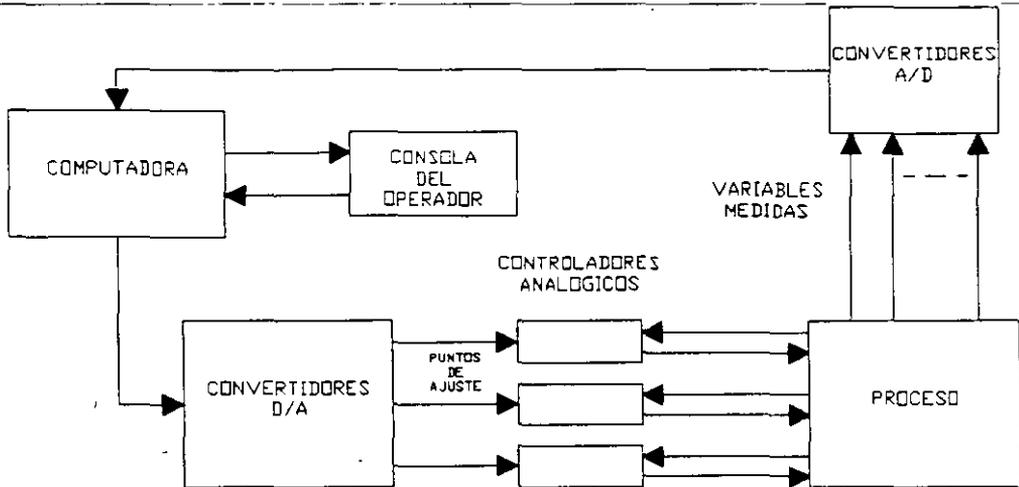


Figura 1.1 Esquema de Control Supervisorio

medir 224 variables y controlar 129 válvulas. Lo más impactante de este proyecto fue el hecho de que la medición y el control se hacían directamente con la computadora, la cual, pasó a formar parte del lazo de control. Este cambio no tuvo precedente y fue el inicio de la segunda etapa del desarrollo del control por computadora, la del 'control digital directo' (DDC), la figura 1.2 ilustra este esquema.

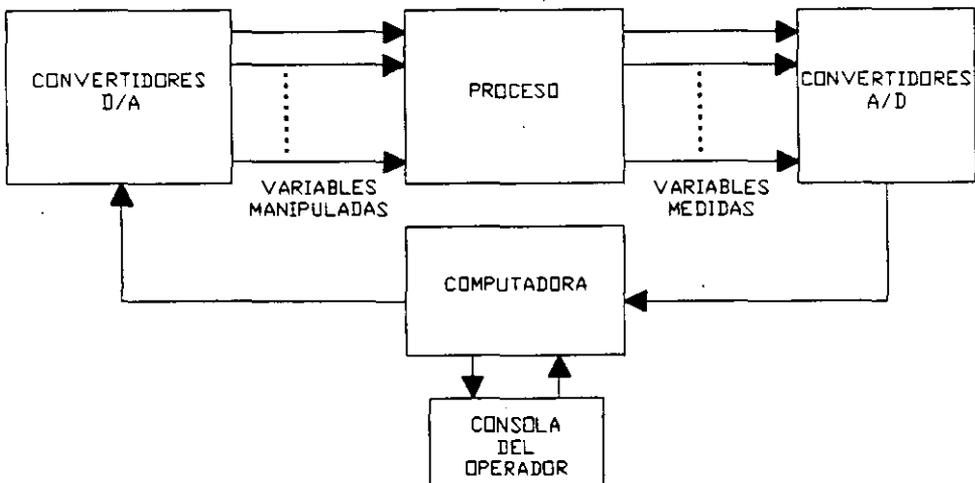


Figura 1.2 Esquema de Control Digital Directo

Las ventajas más importantes que introdujo la sustitución de la tecnología analógica por digital fueron en relación con el costo y la flexibilidad. En la tecnología analógica el costo depende del número de lazos de control, mientras que con los sistemas DDC el costo por lazos de control adicionales es mínimo: no obstante que normalmente la inversión inicial es más fuerte, finalmente resultan de menor costo. Por lo que corresponde a la flexibilidad, ésta es mayor en los sistemas DDC, ya que los cambios en los lazos de control analógico se hacían realambrando, mientras que en los sistemas digitales los cambios se efectúan programando. El surgimiento de los sistemas DDC ha sido el avance más importante en la historia del control por computadora, ya que con base en la creciente confiabilidad y velocidad de las máquinas, ha sido posible asignarles la total responsabilidad del control de las plantas.

Posteriormente, dos acontecimientos relativos al desarrollo de la tecnología digital han influido determinantemente en el avance del control por computadora. El primero de éstos ocurrió a mediados de los años 60's con la aparición de las 'minicomputadoras', las cuales, por su potencia y reducidas dimensiones eran adecuadas para dar solución a problemas de control de mediana magnitud y por su menor costo eran accesibles aún para proyectos de bajo presupuesto. La microcomputadora fue el segundo de los acontecimientos mencionados, ya que su aparición en 1972 significó otro gran impulso en esta disciplina: si bien las minicomputadoras eran pequeñas, no lo eran suficientemente para la mayoría de los pequeños problemas de control, los cuales, demandaban soluciones de más bajo costo y dimensiones en el equipo empleado. Con el nacimiento de las microcomputadoras un gran número de estos problemas tuvieron solución, incluso aquellos que únicamente consistían de un sencillo lazo de control.

La importancia de estos últimos sucesos en la historia del control por computadora es mayúscula, si consideramos que en 1965 a 3 años del advenimiento de los sistemas DDC, el número de computadoras empleadas en el control de procesos era alrededor de 1000 y para 1975, después de la aparición de las mini y microcomputadoras el número aumentó a 100,000.

En la actualidad el perfeccionamiento de la técnica de integración de circuitos a muy grande escala (VLSI) ha permitido la fabricación de microprocesadores muy baratos y poderosos, con ésto, las microcomputadoras están al alcance de cualquier proyecto de control siendo posible además realizar algoritmos más elaborados. Es común la sustitución de equipo analógico por sistemas DDC basados en microprocesador. También se ha ensayado el control de plantas con un gran número de variables por medio de las llamadas 'redes de control distribuido', las cuales, emplean una minicomputadora para coordinar un conjunto de microcomputadoras que efectúan el control directo de la planta y que para dicho efecto se encuentran distribuidas a lo largo de ella.

Finalmente, como referencia, se pueden enunciar algunas de las ventajas que presenta el control por computadora:

1. La tecnología digital tiene un bajo costo.
2. El consumo de potencia es bajo.
3. El uso de señales digitales codificadas presentan las ventajas de que pueden ser almacenadas por un tiempo indefinido además de que pueden ser transmitidas con mayor confiabilidad mediante el uso de códigos de protección.
4. Con el uso del control digital se logra un mejor funcionamiento que con la tecnología analógica.
5. En telemetría se requiere un solo canal de comunicación para varios sistemas de control multiplexando señales.
6. Pueden realizarse simulaciones con modelos matemáticos que en la tecnología analógica no son posibles.

TABLA I
 CONTROL DE PROCESOS POR COMPUTADORA
 BOSQUEJO HISTORICO

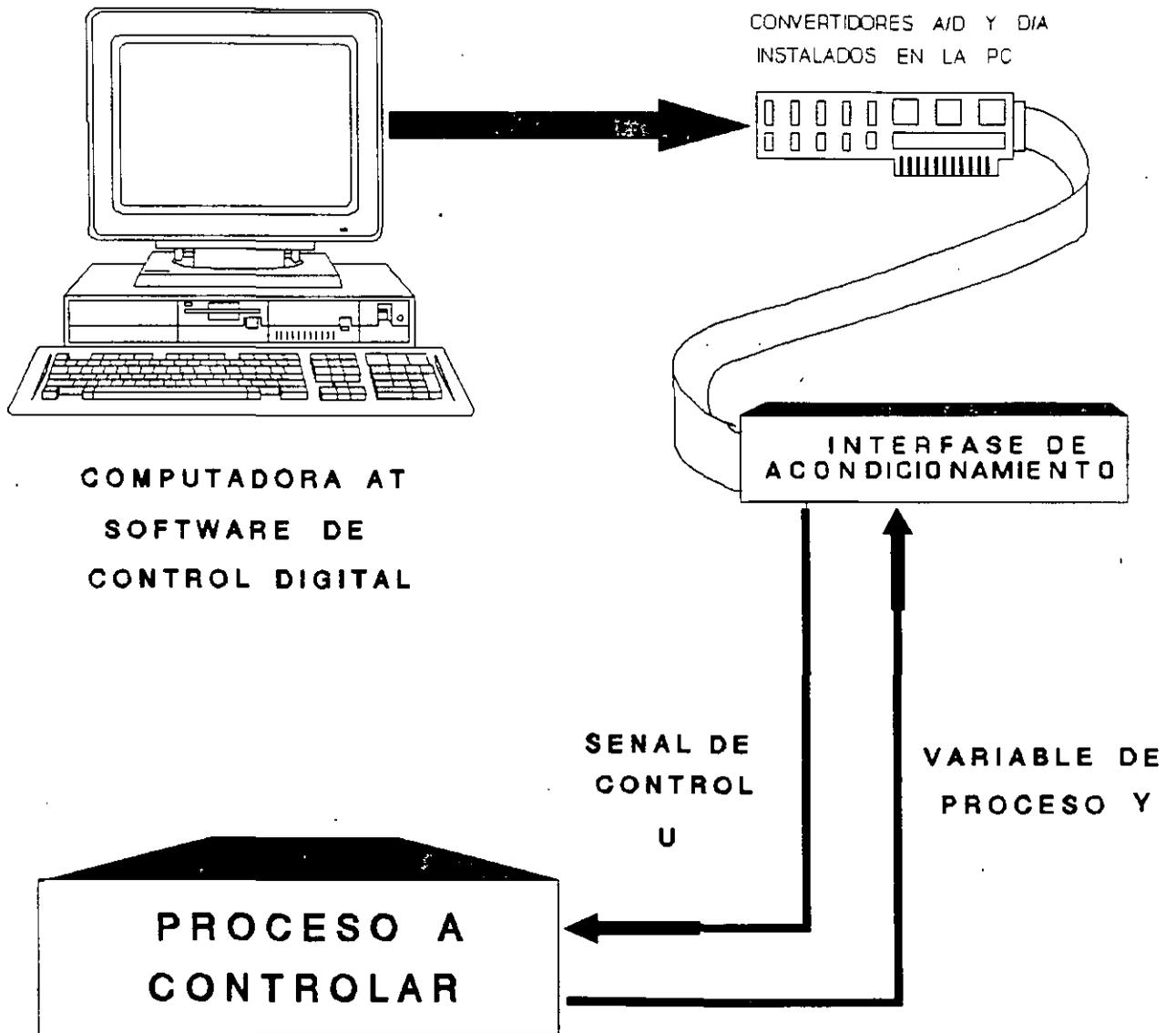
1950	PRIMERA APLICACION: CONTROL DE MISILES Y DISPOSITIVOS AEROSPAZIALES. ANALIZADORES DIFERENCIALES DIGITALES (DDA) COMPUTADORAS DE CARACTER ESPECIFICO APLICADAS A NAVEGACION ESPACIAL.
1956-1959	PRIMERA APLICACION EN CONTROL DE PROCESOS: CONTROL DE UNA UNIDAD DE POLIMERIZACION EN LA REFINERIA DE PORT ARTHUR, TEXAS.
1959	INICIO DE LA PRIMERA ETAPA DEL CONTROL POR COMPUTADORA: ESQUEMA DE CONTROL SUPERVISORIO.
1962	NUMERO DE COMPUTADORAS APLICADAS AL CONTROL: 100 APROXIMADAMENTE.
1962	SUSTITUCION DE TODOS LOS CONTROLADORES Y DISPOSITIVOS ANALOGICOS POR UNA COMPUTADORA DIGITAL: CONTROL REALIZADO DIRECTAMENTE POR LA COMPUTADORA (CONTROL DIGITAL DIRECTO DDC).
1965	NUMERO DE COMPUTADORAS APLICADAS AL CONTROL DE PROCESOS: 1000 APROX.
MEDIADOS DE 60's	APARICION DE LAS MINICOMPUTADORAS: SOLUCION DE PROBLEMAS DE CONTROL DE MEDIANA MAGNITUD Y COSTO.
1972	APARICION DE LAS MICROCOMPUTADORAS: SOLUCION A LOS PEQUENOS PROBLEMAS DE CONTROL: CONTROL DIGITAL DE UN SOLO LAZO.
1975	NUMERO DE COMPUTADORAS APLICADAS AL CONTROL: 100,000 APROXIMADAMENTE.
ACTUAL	APLICACION DE LOS MICROPROCESADORES AL CONTROL. CONTROL DE PLANTAS COMPLEJAS POR MEDIO DE REDES DE CONTROL DISTRIBUIDO.

4.2. CONTROLADOR DIGITAL DE PROCESOS.

El trabajo presentado muestra la realización de un Controlador Digital basado en una microcomputadora y en un paquete de programación (software) que se puede aplicar satisfactoriamente en el control de procesos industriales. La figura 1.3 muestra el esquema general del sistema con sus componentes principales.

El paquete de programación incluye los algoritmos de las acciones de control industrial más comunes: proporcional, proporcional-integral y proporcional-integral-derivativa. Dentro del mismo, la función de interfase con el operador es esencial, dado que permite comandar la operación, seleccionando las acciones de control a través de menues, y desplegar el desempeño a través de gráficas de tendencia y de barras de las variables principales. Las funciones de interacción operador-proceso incluyen también la asignación del punto de operación deseado (set point), la de frecuencia de muestreo y la de los parámetros de sintonía del controlador. En suma, se trata de un sistema que efectúa su operación con base en un dispositivo digital programable, empleando los conceptos, procedimientos y algoritmos propios de control digital directo (DDC) y habilitando un medio de interacción con el usuario completamente amigable, que le facilita atender exclusivamente la operación del proceso, sin tener que ocuparse de otras tareas, como: programación, selección o identificación de información.

Cabe mencionar que originalmente el controlador digital fue realizado con las acciones PID convencionales; sin embargo, en la actualidad, dispone de otros algoritmos más avanzados propios del control digital, como el de 'Asignación de Polos'. Este algoritmo puede ser aplicado y demostrado fácilmente durante la exposición.



CONTROLADOR DIGITAL DE PROCESOS

Figura 1.3

4.2.1 CONTROLADOR DIGITAL: CARACTERISTICAS PRINCIPALES.

El sistema de control que se presenta está constituido por un ensamble de elementos físicos (hardware) y de programación (software). El hardware empleado en la realización es:

Una computadora personal AT compatible, con las siguientes características:

- Memoria principal de 640 KB.
- Una unidad de disco flexible de 360 KB.
- Reloj de 12 MHz.
- Monitor cromático con capacidad de gráficos.

Con esta configuración, la computadora satisface las necesidades del procesamiento, con memoria suficiente para la ejecución del programa y calidad de gráficos en el monitor para dar una mejor presentación de la información al usuario.

Por otra parte, para la interfase entre la computadora y el proceso se emplea un tarjeta de conversión A/D y D/A PCL-812, de la marca PCLABCARD, la cual tiene las siguientes características:

- 2 convertidores digital/analógico.
- 16 canales de conversión analógico/digital.

La tarjeta además tiene velocidad de conversión suficientemente rápida para satisfacer los requerimientos del sistema (frecuencia de conversión de hasta 30 KHz).

En cuanto al software, el sistema se programó empleando un lenguaje que cumplía con los requerimientos indicados a continuación:

- Capacidad de lectura y escritura en puertos de la computadora, para comunicarla con la tarjeta PCLABCARD.

-Capacidad de ser compilable, ésto es, que pueda generar código ejecutable, para reducir el tiempo de ejecución y conseguir, por lo tanto, frecuencias de muestreo mayores.

Por lo anterior, el sistema se ha desarrollado empleando el lenguaje Turbo Pascal (BOREALAND) para la tarea de la programación, ya que por tratarse de un lenguaje estructurado, permite las funciones de graficación, comunicación (lectura y escritura de puertos) y su ejecución es rápida.

4.3.- CONCEPTOS BASICOS Y ESQUEMA DE CONTROL DIGITAL.

4.3.1 Conceptos y Esquema Básicos.

El planteamiento básico de control digital es abordado a partir de los conocimientos previos, clásicos, que los participantes del curso tienen sobre el control de lazo cerrado. Es necesario retomar las ideas y mecanismos que los participantes han tenido y practicado durante muchos años en sus respectivos campos de acción, en relación con el control de procesos.

En instrumentación y control de procesos, se conoce a fondo la función de los controladores y su relación con el resto de los elementos que constituyen el lazo de control: elemento primario de medición, transmisor, actuador, elemento final y sobre todo con la planta o proceso que se desea controlar. Asimismo, tradicionalmente se ha recurrido a la acción PID como forma de control fundamental: se conocen variantes de la misma y se aplican diversos métodos de sintonización, que por los general son satisfactorios en la práctica. Los operadores se han acostumbrado a aplicar los controladores PID y conocen suficientemente la manera de

sintonizarlos. A partir de esta base el control digital ha formulado sus conceptos elementales y desarrollado sus aplicaciones primarias.

El esquema más sencillo de aplicación de la computadora digital al control consiste en la traslación directa de las funciones analógicas al dominio discreto: el controlador PID (proporcional-integral-derivativo) analógico convencional es remplazado por un equivalente digital, lo que hace necesario conocer y aplicar los métodos que convierten o aproximan un sistema analógico en digital sin alterar sus propiedades. Dicha aproximación resulta adecuada si la discretización se realiza empleando un intervalo de muestreo suficientemente pequeño, tal que el sistema discreto obtenido sea muy aproximado al continuo original.

En notas posteriores se enuncian brevemente los métodos de aproximación la forma en que se obtienen las ecuaciones que definen al algoritmo de control; sin embargo, previamente es necesario exponer los conceptos, consideraciones generales y el esquema requeridos para dicho desarrollo.

En la figura 2.1 se muestran los componentes de un sistema de control digital. Como puede observarse, se forma un lazo de control simple en el que la computadora forma parte de la trayectoria directa del lazo, actuando sobre la planta y con realimentación unitaria. Con respecto a este esquema se establecen las siguientes definiciones:

- | | |
|----------|---|
| $G_p(s)$ | es la función de transferencia continua de la planta o proceso. |
| $G_c(z)$ | es la función de transferencia discreta del controlador. |
| $r(kT)$ | es la secuencia de referencia. |
| $e(kT)$ | es la secuencia de error. |

$u(kT)$ es la secuencia de control.
 $y(t)$ es la salida de la planta.
 T es el periodo de muestreo.
 k es elemento de los enteros no negativos.

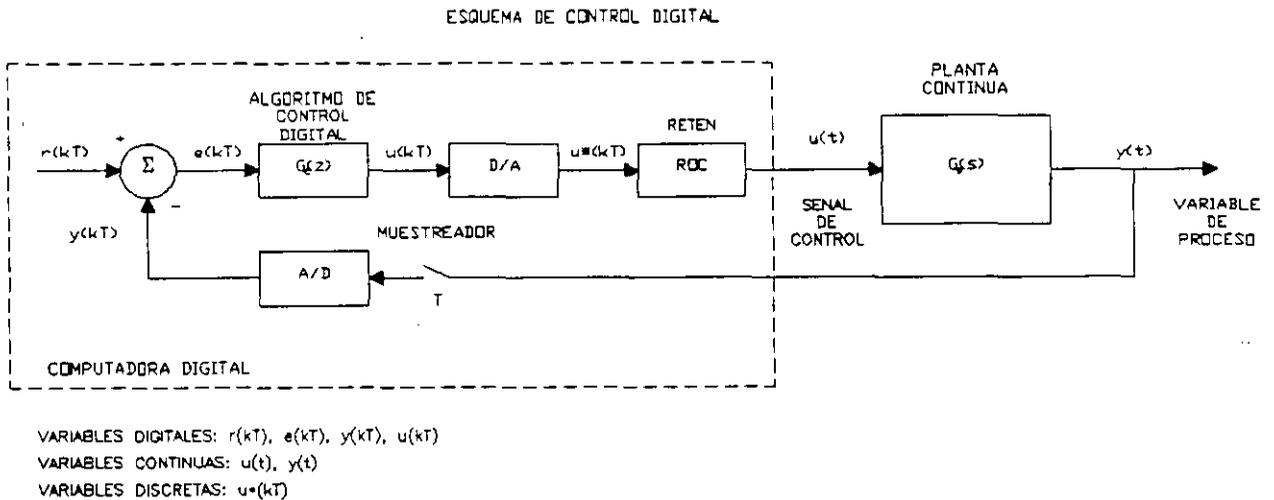


Figura 2.1 Esquema de Control Digital

En el análisis y diseño de un controlador digital generalmente se efectúa el siguiente procedimiento:

1. Obtención de un sistema equivalente discreto $G_p(z)$ para la planta continua $G_p(s)$. Este equivalente discreto se calcula por la siguiente expresión:

$$G_p(z) = (1 - z^{-1}) Z [G_p(s)/s]$$

2. Dada una estructura y parámetros de un controlador analógico $G_c(s, \theta')$, donde θ' son los parámetros de diseño, obtener mediante aproximación un controlador discreto $G_c(z, \theta)$ donde $\theta = f(\theta', T)$. Esta aproximación discreta del controlador analógico puede realizarse mediante diferentes métodos, los cuales, en general, son simples reemplazos de s por una expresión de z .

3. Una vez obtenida la estructura del controlador discreto $G_c(z, \theta)$, se procede a expresarla como una ecuación en diferencias, a fin de editarla como un programa de computadora, en el lenguaje que corresponda y posteriormente ejecutarla y aplicarla al proceso en cuestión.

Es importante resaltar que el paso 2 no es estrictamente necesario ya que a partir de la descripción discreta de la planta, es posible determinar directamente la estructura del controlador discreto, mediante la especificación de un objetivo de control adecuado.

4.3.2 Algoritmos PID de Control Digital.

La teoría de control considera tres acciones básicas de control: la acción proporcional, la acción integral y la acción derivativa. Estas acciones pueden aplicarse de manera combinada dando lugar a los controladores más populares: el controlador proporcional (P), el proporcional-integral (PI) y el proporcional-integral-derivativo (PID). Su importancia se debe no solamente a que son tradicionalmente estudiados en los primeros cursos de control automático sino porque dan solución satisfactoria a innumerables aplicaciones en la industria.

4.3.2.1 Controlador Proporcional P. Ecuación en diferencias.

Es el más simple de los algoritmos de control, tanto por la obtención de la ecuación en diferencias que lo define, como por la implantación de ésta en la computadora. La función de transferencia de un controlador proporcional continuo está dada por la ecuación (A).

$$G_c(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = K \quad (A)$$

donde:

- s es la variable de Laplace
- U(s) transformada de Laplace de la señal de control
- E(s) transformada de Laplace de la señal de error
- K ganancia del controlador

Al no existir términos en 's' la discretización es simple, resultando:

$$G_c(z) = \frac{U(z)}{E(z)} = K \quad (B)$$

Despejando la variable U(z) de la función de transferencia anterior y antitransformando se obtiene la ecuación en diferencias de la acción de control proporcional, misma que se enuncia por medio de la ecuación (C).

ECUACION EN DIFERENCIAS DE LA ACCION P

$$u(kT) = K e(kT) \quad (C)$$

La ecuación de este algoritmo es muy simple debido a que el controlador proporcional es un amplificador de la señal e(kT).

En general, la aplicación de la acción proporcional aislada, no es suficiente para solucionar la mayoría de los problemas de control, ya que, si bien, un controlador proporcional puede mejorar la respuesta transitoria del sistema, no sucede así con la respuesta permanente, la cual llega a presentar una desviación u 'offset', por lo que es necesario, la aplicación de algoritmos mas elaborados.

4.3.2.2 Controlador PI. Ecuación en diferencias.

Un algoritmo ligeramente más complejo que el anterior, pero que ofrece mayores ventajas, es el algoritmo del control proporcional-integral. En efecto, la introducción de un controlador PI en un lazo de control, tiene como ventaja principal, la eliminación del error de estado estacionario para cambios en la referencia y eventuales perturbaciones aditivas constantes. En contraste con lo anterior, debe considerarse, además, que la introducción del término integral produce disminución en los márgenes de estabilidad.

El controlador PI analógico en el dominio de la variable de Laplace, se define comunmente por medio de la función de transferencia que se enuncia a continuación:

$$G_c(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = K \left(1 + \frac{1}{T_i s} \right) \quad (D)$$

donde, además de los términos enunciados respecto a la ecuación (A), se tiene el parámetro T_i , el cual se define como constante de tiempo de integración (tiempo de 'reset').

En la función de transferencia anterior es posible identificar claramente a las componentes que corresponden a la acción proporcional (K) y a la acción integral ($\frac{1}{T_i s}$).

La aproximación discreta de estos términos se efectúa por medio del método de 'diferenciación hacia adelante', de donde resultan las expresiones discretas (E) y (F). La suma de ambos términos conducen a la función de transferencia discreta de la acción PI. Ecuación (G).

acción proporcional: K (E)

$$\text{acción integral: } \frac{KT}{T_i} \frac{z^{-1}}{(1 - z^{-1})} \quad (F)$$

$$G_c(z) = \frac{U(z)}{E(z)} = \frac{KT_i(1 - z^{-1}) + KTz^{-1}}{T_i(1 - z^{-1})} \quad (G)$$

Despejando $U(z)$ de la ecuación anterior y antitransformando se obtiene la ecuación en diferencias de la acción proporcional-integral, misma que se enuncia por medio de la expresión siguiente:

ECUACION EN DIFERENCIAS DE LA ACCION PI

$$u(kT) = u(kT-T) + K e(kT) + K \left(\frac{T}{T_i} - 1 \right) e(kT-T)$$

4.3.2.3 Controlador PID. Ecuación en diferencias.

El algoritmo de control que conjunta las tres acciones de control mencionadas, es conocido como controlador proporcional-integral-derivativo. Este es el que se emplea más frecuentemente debido a que utiliza acciones de control que son complementarias entre sí, por lo que presenta ventajas sobre los algoritmos anteriores mejorando la precisión y la estabilidad del sistema en malla cerrada.

La expresión (J) enunciada a continuación describe al controlador PID de estructura estandar en su forma continua, en términos de 's', (el controlador PID tradicional). Consiste en la superposición de los operadores elementales cuyos efectos en conjunto deben aportar las ventajas particulares de cada uno de ellos.

$$G_c(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = K \left(1 + \frac{1}{T_i s} + \frac{T_d s}{1 + (T_d/N) s} \right) \quad (J)$$

donde, además de los términos enunciados con respecto a las ecuaciones (A) y (D) se tiene un nuevo parámetro: la constante de tiempo derivativa T_d .

En la función de transferencia anterior es posible identificar los términos que corresponden a la acción proporcional (K), a la acción integral ($\frac{1}{T_i s}$) y a la acción derivativa ($T_d s$). Sin embargo, es necesario destacar que en la parte derivativa se tiene un filtro paso bajas de primer orden con una constante de tiempo T_d/N (frecuencia de corte N/T_d), el cual es necesario para la implementación física de esta acción.

La aproximación discreta de la acción PID se efectúa empleando el método de 'diferenciación hacia adelante' para la acción integrativa y la 'diferenciación hacia atrás' para la acción derivativa y el filtro, resultando las equivalencias siguientes:

	FORMA CONTINUA	FORMA DISCRETA
acción proporcional:	K	K
acción integral:	$\frac{K}{T_i s}$	$\frac{\alpha z^{-1}}{(1 - z^{-1})}$
acción derivativa:	$K T_d s$	$\frac{1}{\beta} (1 - z^{-1})$
filtro:	$\frac{1}{1 + (T_d/N) s}$	$\frac{1}{\gamma - (\gamma - 1) z^{-1}}$

Los parámetros ' α ', ' β ' y ' γ ' se definen por las expresiones:

$$\alpha = \frac{K T}{T_i} ; \quad \frac{1}{\beta} = \frac{K T_d}{T} ; \quad \gamma = \frac{T_d}{N T} + 1$$

La ecuación en diferencias total que define al algoritmo PID se obtiene adicionando las componentes enunciadas; sin embargo, en la práctica, es necesario realizar el agrupamiento de acuerdo con algunas estructuras algebraicas particulares que permitan formas de operación confiables. Las estructuras más frecuentemente empleadas se muestran en la figura 2.2 en forma de diagramas de bloques.

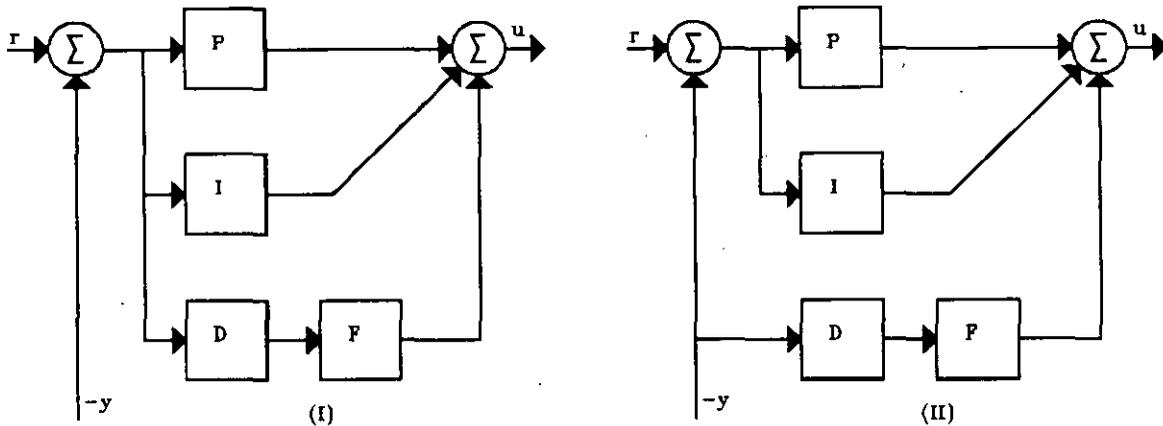


Figura 2.2 Estructuras de acción PID

La estructura (I) corresponde a la simple adición de los algoritmos elementales; sin embargo, presenta la gran desventaja de que la operación derivativa se aplica sobre el error. Esto es inconveniente, debido a que eventuales cambios intempestivos de esta variable, ocasionan la presencia de 'picos' en la señal de control. Esta situación es muy factible si se piensa que los cambios de referencia se introducen frecuentemente como señales de tipo escalón.

La estructura (II) es mejor debido a que la derivativa se aplica sobre la variable de proceso directamente, la cual es una variable lenta normalmente, evitando así, posibles picos en la señal de control. También se dice que con esta estructura el efecto 'anticipatorio' se aplica efectivamente sobre la variable que lo requiere, es decir, las variaciones del proceso.

Cada una de las estructuras mostradas dan origen a diferentes ecuaciones en diferencias, las cuales pueden representarse por una ecuación general de la forma:

$$U(z) = \frac{T(z)}{S(z)} R(z) - \frac{Q(z)}{S(z)} Y(z)$$

donde:

$$S(z) = s_0 + s_1 z^{-1} + s_2 z^{-2} = \gamma + (1 - 2\gamma)z^{-1} + (\gamma - 1)z^{-2}$$

$$Q(z) = q_0 + q_1 z^{-1} + q_2 z^{-2}$$

$$T(z) = t_0 + t_1 z^{-1} + t_2 z^{-2}$$

ESTRUCTURA I. Para ésta resulta que: $T(z) = Q(z)$, por lo que los coeficientes de estos polinomios son :

$$q_0 = t_0 = K\gamma + 1/\beta$$

$$q_1 = t_1 = K(1 - 2\gamma) + \alpha\gamma - 2/\beta$$

$$q_2 = t_2 = (K - \alpha)(\gamma - 1) + 1/\beta$$

Sustituyendo $S(z)$, $T(z)$ y $Q(z)$, despejando y antitransformando se obtiene la ecuación en diferencias que corresponde a esta estructura PID, la cual se enuncia a continuación.

ECUACION EN DIFERENCIAS DE LA ACCION PID I

$$s_0 u(kT) = -s_2 u(kT-2T) - s_1 u(kT-T) + q_2 [r(kT-2T) - y(kT-2T)] + q_1 [r(kT-T) - y(kT-T)] + q_0 [r(kT) - y(kT)]$$

ESTRUCTURA II. Para ésta el polinomio $Q(z)$ es igual al definido para la estructura (I) anterior; sin embargo, el polinomio $T(z)$ se define como:

$$t_0 = K\gamma$$

$$t_1 = K(1 - 2\gamma) + \alpha\gamma$$

$$t_2 = (K - \alpha)(\gamma - 1)$$

Sustituyendo $S(z)$, $T(z)$ y $Q(z)$, despejando y antitransformando se obtiene la ecuación en diferencias para la estructura PID II enunciada abajo.

ECUACION EN DIFERENCIAS DE LA ACCION PID II

$$s_0 u(kT) = -s_2 u(kT-2T) - s_1 u(kT-T) + t_2 r(kT-2T) + t_1 r(kT-T) + t_0 r(kT) - q_2 y(kT-2T) - q_1 y(kT-T) - q_0 y(kT)$$

4.4.- APLICACIONES DEL CONTROLADOR DIGITAL DE PROCESOS.

4.4.1 OBJETIVO DE LA DEMOSTRACION.

El objetivo de la demostración consiste en aplicar los algoritmos de control que se han enunciado. Para tal efecto, se dispone de una microcomputadora con el programa de control digital PCDIGITAL, el cual tiene las formas de control manual, proporcional P, proporcional-integral PI y PID, en las dos estructuras mencionadas: PID I y PID II. El acceso a cada una de las formas de control se obtiene haciendo la selección de opciones desplegadas en la pantalla de la computadora. Dichas selecciones son sencillas debido a que los textos y menues son directos y conducen a la configuración y operación del sistema en forma clara y lógica.

La demostración se realiza con un enfoque meramente operativo, con objeto de verificar cualitativamente el efecto de las acciones de control en un proceso dinámico continuo; en este caso el controlador digital opera como un controlador analógico tradicional para realizar las funciones de regulación del proceso dentro de márgenes de estabilidad y precisión establecidos. Se considera que los efectos obtenidos en los experimentos son iguales o similares a los observados cuando el controlador es de tipo continuo.

Considerando que un sistema de control digital o de datos muestreados puede comportarse como un sistema de tiempo continuo si el período de muestreo es suficientemente pequeño, se tiene que, en primera instancia, el diseño de controladores digitales se puede realizar simplemente trasladando los diseños analógicos tradicionales a la nueva tecnología. Por tanto, para diseñar un controlador es posible usar la teoría de control de tiempo continuo tradicional,

obtener una ley de control y aproximarla adecuadamente a una forma discreta o digital, resultando con bastante aproximación las mismas propiedades del sistema de tiempo continuo, en un sentido exclusivamente práctico.

Para la realización se requiere del equipo indicado en la lista, aplicado según el esquema de conexiones de la figura 4.1.

- Computadora personal con tarjetas de conversión A/D y D/A.
- Fuente de poder PS1/EV.
- Simulador de procesos
- Impresora de matriz.
- Osciloscopio de memoria y/o graficador X-t.

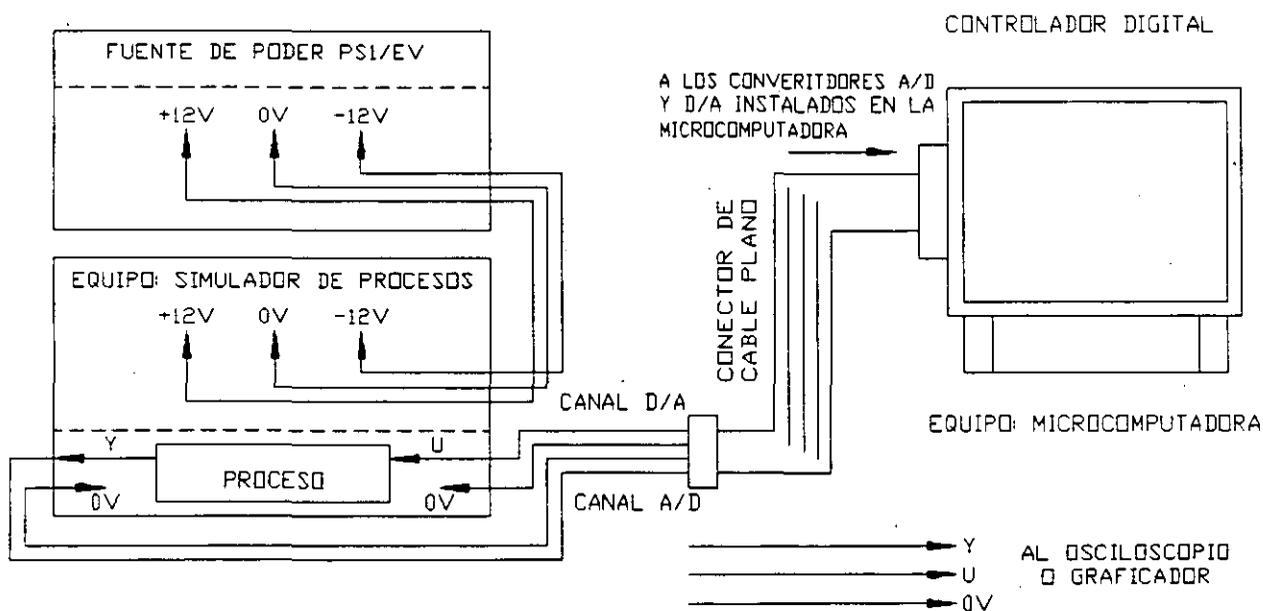


Figura 4.1 Equipo Y Diagrama de Conexiones

La planta continua que es controlada consiste en un equipo de tipo didáctico de simulación de procesos, el cual, es de manejo sencillo y directo, tomando como base algunas condiciones mínimas de operación: conexiones internas y posición de los interruptores involucrados en el funcionamiento deseado.

A continuación se enuncia el procedimiento de la demostración del sistema.

4.2.2 PROCEDIMIENTO.

1. Instalar e interconectar el equipo de la práctica de acuerdo con los diagramas de las figuras 1.3 y 4.1.

2. En el simulador de procesos asegurar que las conexiones internas, la polaridad de los cables de alimentación y la posición de los interruptores sean las correctas.

3. Encender la fuente de energía PS1/EV.

4. Conectar a la entrada del proceso, el voltaje variable de prueba desde la terminal 1. Al modificar el valor del voltaje de prueba con el potenciómetro asociado, la salida del proceso deberá reflejar el ajuste hecho, tanto en el indicador de 'leds' del simulador, como en el osciloscopio o graficador. Observar que la polaridad del voltaje de prueba sea la misma que la del de salida. Revisar las conexiones del simulador si lo anterior no ocurre.

5. Después de reconectar la señal de control 'U' a la entrada del proceso, encender la computadora e instalarse en el subdirectorio c:\pcdigital.

6. Cargar el programa PCDIGITAL.

7. Una vez que se ha cargado el paquete de controladores, en la pantalla de la PC se desplegará el menú principal del programa.

8. Es recomendable verificar la operación completa del

sistema, para lo cual se requiere acceder el modo de control manual y comandar el proceso desde el teclado de la PC. Las señales de control 'U' y de salida del proceso 'Y' aparecerán desplegadas en la pantalla, y deberá verificarse que sean de la misma polaridad y magnitud. Si estas condiciones no son observadas será necesario revisar las conexiones 'hardware' y la configuración 'software' de los canales de conversión.

9. Nota importante: independientemente del controlador que se esté trabajando, para evitar perturbaciones al proceso durante la realización de los experimentos, es necesario mantener las condiciones iniciales de las variables 'Y', 'E', 'R', 'U', etc., según corresponda, cada vez que se reconfigure la operación del controlador o cuando se cambie de uno a otro.

10.. Experimento 1. Controlador proporcional P.

-Instalar el controlador P. Asignar una frecuencia de muestreo de 10 Hz.

-Ajustar la ganancia del controlador: $K = 1$.

-Introducir un cambio de referencia de magnitud 4 (entrada escalón de valor 4) y graficar la respuesta del sistema. Asegurar que las acotaciones de tiempo y magnitud en la gráfica sean las correctas.

-Cambiar la ganancia: $K = 10$.

-Repetir el paso 1.3 anterior.

-Comparar las gráficas obtenidas y comentar los efectos que sobre la respuesta del sistema determinó el cambio de ganancia del controlador. Considerar las características de comportamiento del estado estable y del transitorio.

- Se presentó error de estado estable para ambos valores de K?. Explique por qué.

11. Experimento 2. Controlador proporcional-integral PI.

-Instalar el controlador PI. Asignar una frecuencia de muestreo de 10 Hz.

-Ajustar los parámetros del controlador: $K=2$ y $T_i=2$ seg.
-Introducir un cambio de referencia de magnitud 4 (entrada escalón de valor 4) y graficar la respuesta del sistema. Asegurar que las acotaciones de tiempo y magnitud en la gráfica sean las correctas.

-Cambiar el parámetro: $T_i = 0.5$ seg.

-Introducir un cambio de referencia de magnitud 4 (entrada escalón de valor 4) y graficar la respuesta del sistema.

-Comparar las gráficas obtenidas y comentar los efectos que sobre la respuesta del sistema determinó el cambio de la constante de tiempo de la acción integrativa del controlador. Considerar las características de comportamiento del estado estable y del transitorio.

- Se presentó error de estado estable para alguno de los valores de T_i ? Explique por qué.

12. Experimento 3. Controlador PID II.

-Instalar el controlador PID II. Asignar una frecuencia de muestreo de 10 Hz.

-Ajustar los parámetros del controlador: $K=2$, $T_i=0.5$ seg y $T_d=0.5$ seg.

-Introducir un cambio de referencia de magnitud 4 (entrada escalón de valor 4) y graficar la respuesta del sistema. Asegurar que las acotaciones de tiempo y magnitud en la gráfica sean las correctas.

-Cambiar el parámetro: $T_d = 1$ seg.

-Introducir un cambio de referencia de magnitud 4 (entrada escalón de valor 4) y graficar la respuesta del sistema.

-Comparar las gráficas obtenidas y comentar los efectos que sobre la respuesta del sistema determinó el cambio de la constante de tiempo de la acción derivativa del controlador. Considerar las características de comportamiento del estado estable y del transitorio.

- Se presentó error de estado estable para alguno de los valores de T_d ?. Explique por qué.

- Las observaciones experimentales obtenidas son congruentes con sus conocimientos previos sobre el comportamiento de controladores en procesos continuos?.

4.5 COMENTARIOS.

Del desarrollo de los experimentos podría erróneamente concluirse que no se requiere una teoría para los sistemas muestreados. Esto es incorrecto, ya que, los sistemas de control digital pueden desempeñarse mejor que sus equivalentes continuos, no solamente en las tareas y aplicaciones propias de estos últimos, sino en muchas otras técnicas novedosas, lo que hace razonable disponer de una teoría de control de sistemas muestreados.

El sistema que se implementó permite llevar a cabo experimentos y análisis del sistema de control, más completos, en el dominio discreto, con el propósito de introducir el manejo analítico de los algoritmos de control digital, los cuales, posteriormente, pueden dar lugar a desarrollos de mayor complejidad. El análisis, puede ser de tipo clásico, con base en el lugar geométrico de las raíces, o empleando métodos de la teoría moderna de control. De cualquier manera, una vez que se ha decidido abordar el análisis y diseño desde el dominio discreto o digital, es necesario discretizar el modelo de la planta por medio de la aproximación ROC. Para estas tareas se requieren elementos matemáticos adicionales que conviene conocer para profundizar en las técnicas de control digital.

BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS.

1. Franklin, G. F., y Powell, J. D., 'Digital Control of Dynamic Systems'. Addison-Wesley Publishing Co., New York, 1980.
2. Aström, K. J., y Wittenmark, B., 'Computer Controlled Systems'. Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, N. J., 1984.
3. Pinet Botello J. F., y Pinet Ojeda, L. M., Tesis de licenciatura 'Diseño e implementación de un paquete de controladores digitales en una microcomputadora'. Facultad de Ingeniería, UNAM, 1989.
4. Garibay Jiménez, R. y Rodríguez Ramírez, F., 'Notas sobre control analógico de procesos'. Facultad de Ingeniería, UNAM, 1990.

3. SOFTWARE DE CONTROL POR COMPUTADORA: PAQUETE PCDIGITAL.

3.1 Implementación de un paquete de control por computadora.

Con base en el desarrollo teórico que se expuso en el tema 2, cuyos elementos concluyentes fueron las cuatro ecuaciones en diferencias de las acciones de control PID, se desarrolló el paquete de programación de control llamado PCDIGITAL, orientado al control de procesos monovariantes.

Este paquete de programación no solamente incluye la ejecución de las ecuaciones en diferencias y su aplicación a un proceso, sino que incorpora muchas otras funciones requeridas por su propia estructura de realización. Entre éstas, genéricamente, se pueden destacar las siguientes:

Configuración de los canales de adquisición y conversión.

Validación de las señales y valores obtenidos.

Interfase con el usuario con base en el despliegue de pantallas dinámicas interactivas.

Interfase con el usuario respecto a la adquisición de comandos y valores desde el teclado.

Selección, configuración y asignación de parámetros de los algoritmos de control.

Generación de valores como resultado de la ejecución de los algoritmos y ajuste de los mismos de acuerdo a rangos especificados de conversión.

3.2 Descripción del paquete en diagramas de flujo.

Al ejecutarse el paquete de control PCDIGITAL en una microcomputadora, se realiza el control de un proceso físico a través de un dispositivo de interfase que adquiere y convierte la variable analógica medida en el proceso, la procesa de acuerdo con el algoritmo de control seleccionado y convierte la señal digital de control generada. Una descripción global del software y de los subprogramas principales se presenta en los siguientes párrafos.

El desarrollo del paquete de control digital se realizó en varios subprogramas en lenguaje Turbo Pascal de BORELAND. Se incluyeron los controladores siguientes: manual, proporcional, proporcional-integral y finalmente proporcional-integral-derivativo.

Los subprogramas principales son:

- PCDIGITAL.
- OBVALCANAL.
- PANTALLAS.
- CNTRLS.
- MANUAL.
- OBVALMANUAL.
- P.
- OBVALP.
- PI.
- OBVALPI.
- PID.
- OBVALPID.

Al compilarse el programa PCDIGITAL ensambla todos los subprogramas generándose un solo ejecutable. La razón de generar un solo programa objeto, es que al ejecutarse no sean requeridas continuas lecturas en disco y sea mas rápido, manejándose todo en la memoria principal.

Se describen en las siguientes hojas algunos programas de PCDIGITAL, incluyendo el diagrama de flujo, conceptual, correspondiente .

NOMBRE: PCDIGITAL.

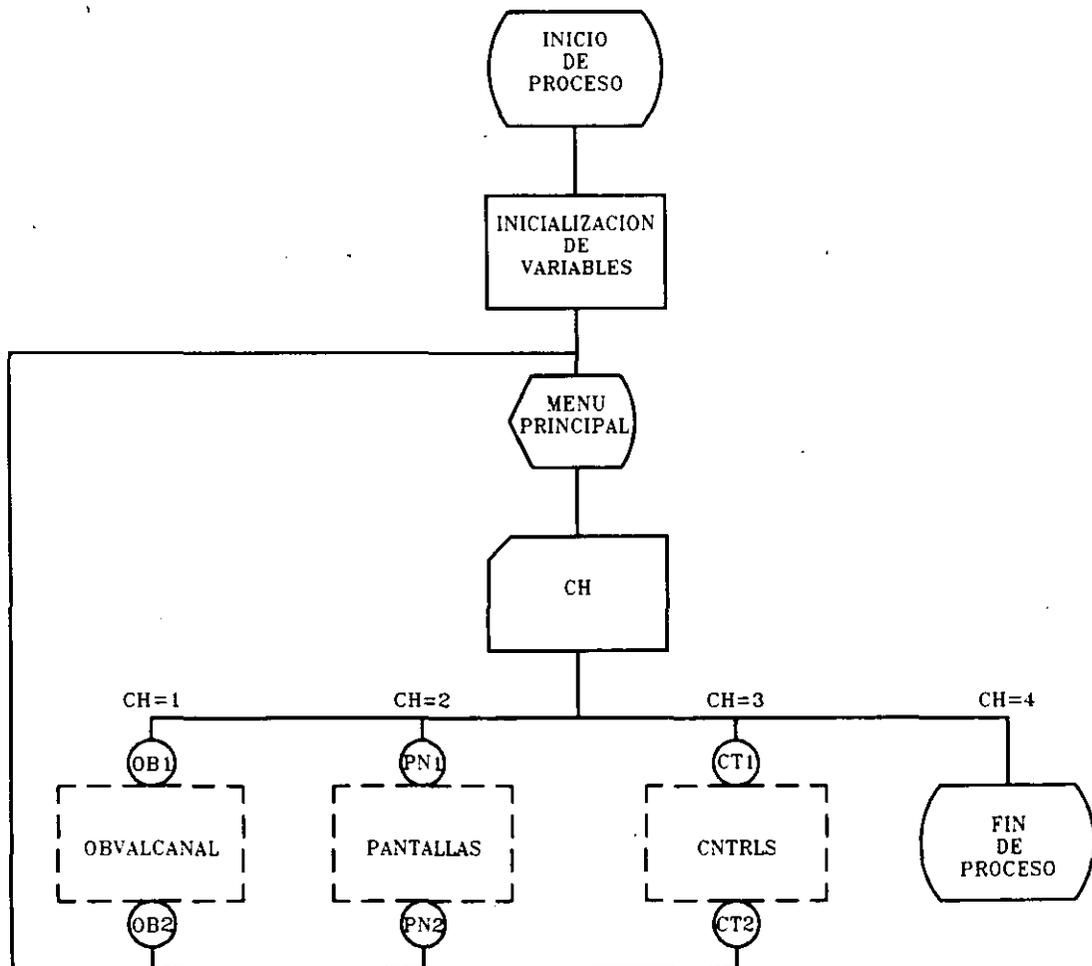
OBJETIVO: Ensambla todas las rutinas y controla la ejecución de éstas.

SALIDAS : Despliegue del menú principal en la pantalla.

ENTRADAS: Desde el teclado, la selección de las opciones del menú principal.

PROCESO : Asignación de la opción seleccionada a la variable 'CH' y ejecución de la rutina correspondiente.

DIAGRAMA DE FLUJO:



NOMBRE : OBVALCANAL.

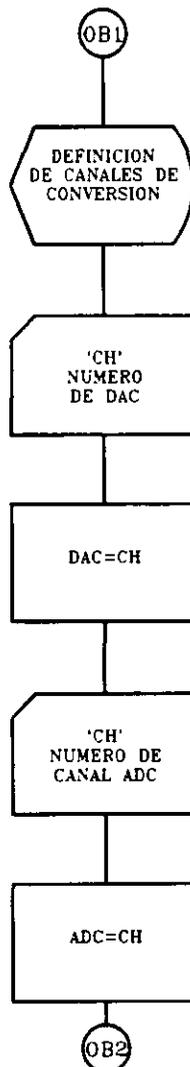
OBJETIVO: Definir los canales de conversión A/D y D/A.

SALIDAS : Despliega en pantalla las formas para seleccionar los canales de conversión.

ENTRADAS: Desde el teclado el número de los canales seleccionados.

PROCESO : Asignación de los canales seleccionados a las variables 'ADC' y 'DAC'.

DIAGRAMA FLUJO:



NOMBRE : PANTALLAS.

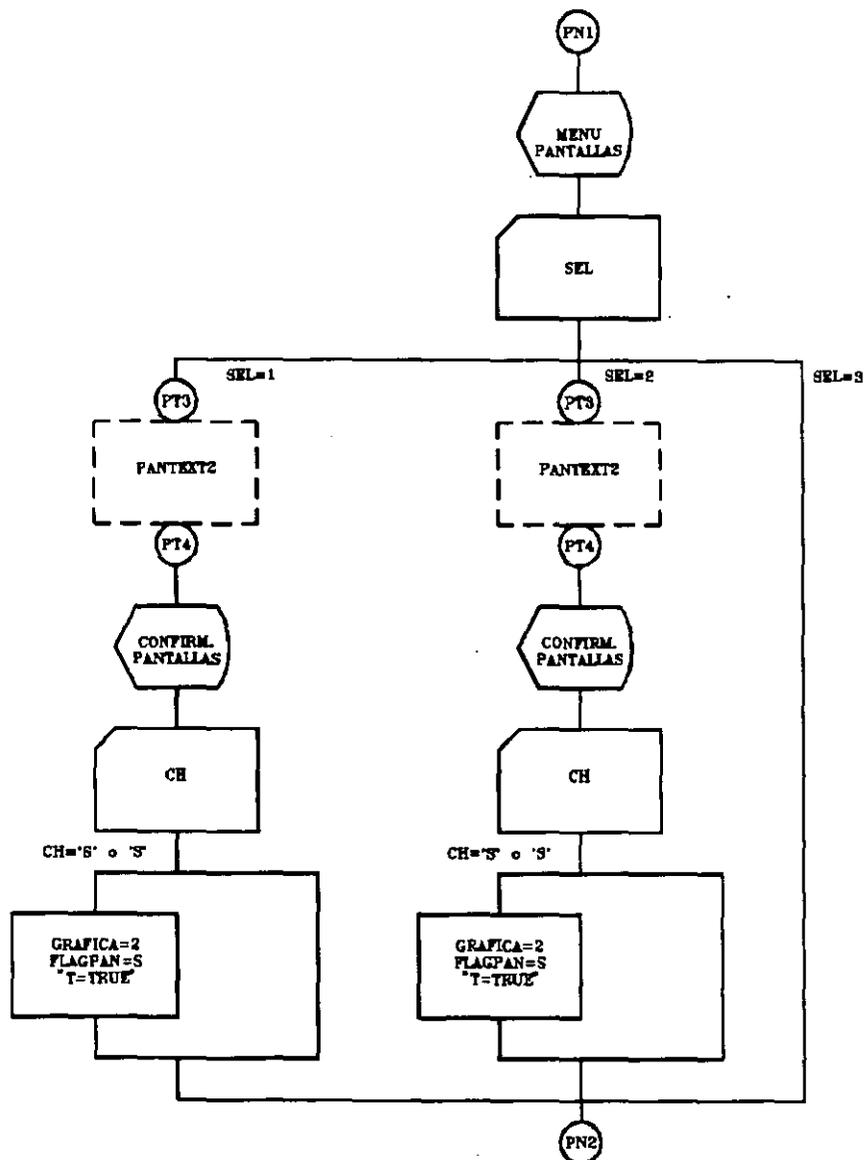
OBJETIVO: Desplegar las gráficas de seguimiento de las variables continuas del sistema de control.

SALIDAS : Despliega el menú de pantallas y la selección del tipo de pantalla deseada.

ENTRADAS: Desde el teclado la opción del tipo de pantalla y asignación a la variable 'SEL'.

PROCESO : De acuerdo con la opción seleccionada despliega en pantalla el tipo de gráfica correspondiente y regresa al menú principal en PCDIGITAL.

DIAGRAMA DE FLUJO:



NOMBRE : CNTRLS.

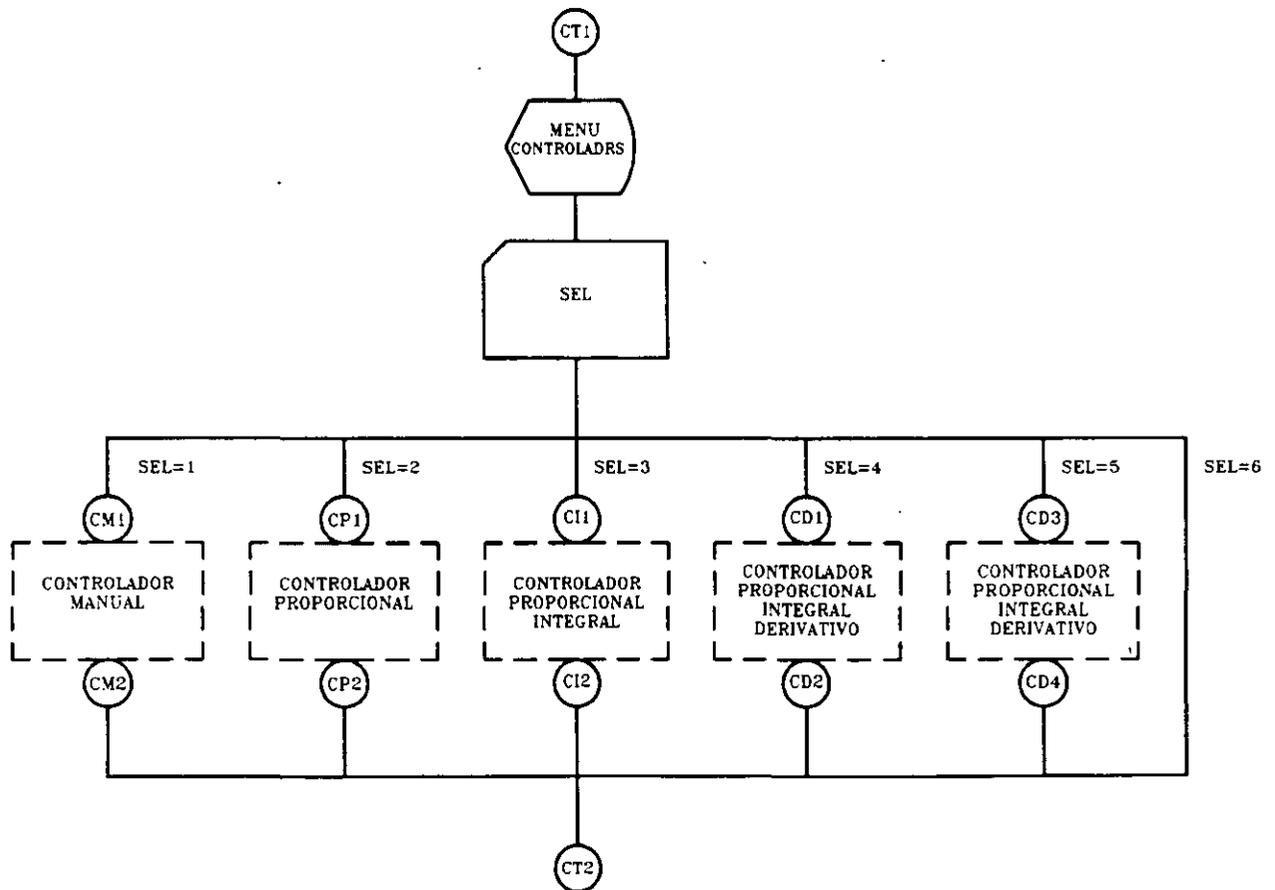
OBJETIVO: Seleccionar el algoritmo de control.

SALIDAS : Despliega el menú de controladores.

ENTRADAS: Desde el teclado la opción del controlador seleccionado y la almacena en la variable 'SEL'.

PROCESO : Valida que la opción del controlador seleccionado y ejecuta la rutina correspondiente a dicha opción.

DIAGRAMA DE FLUJO:



NOMBRE : MANUAL.
Procedimientos DESPMENUMANUAL y LEETECLADOMANUAL.

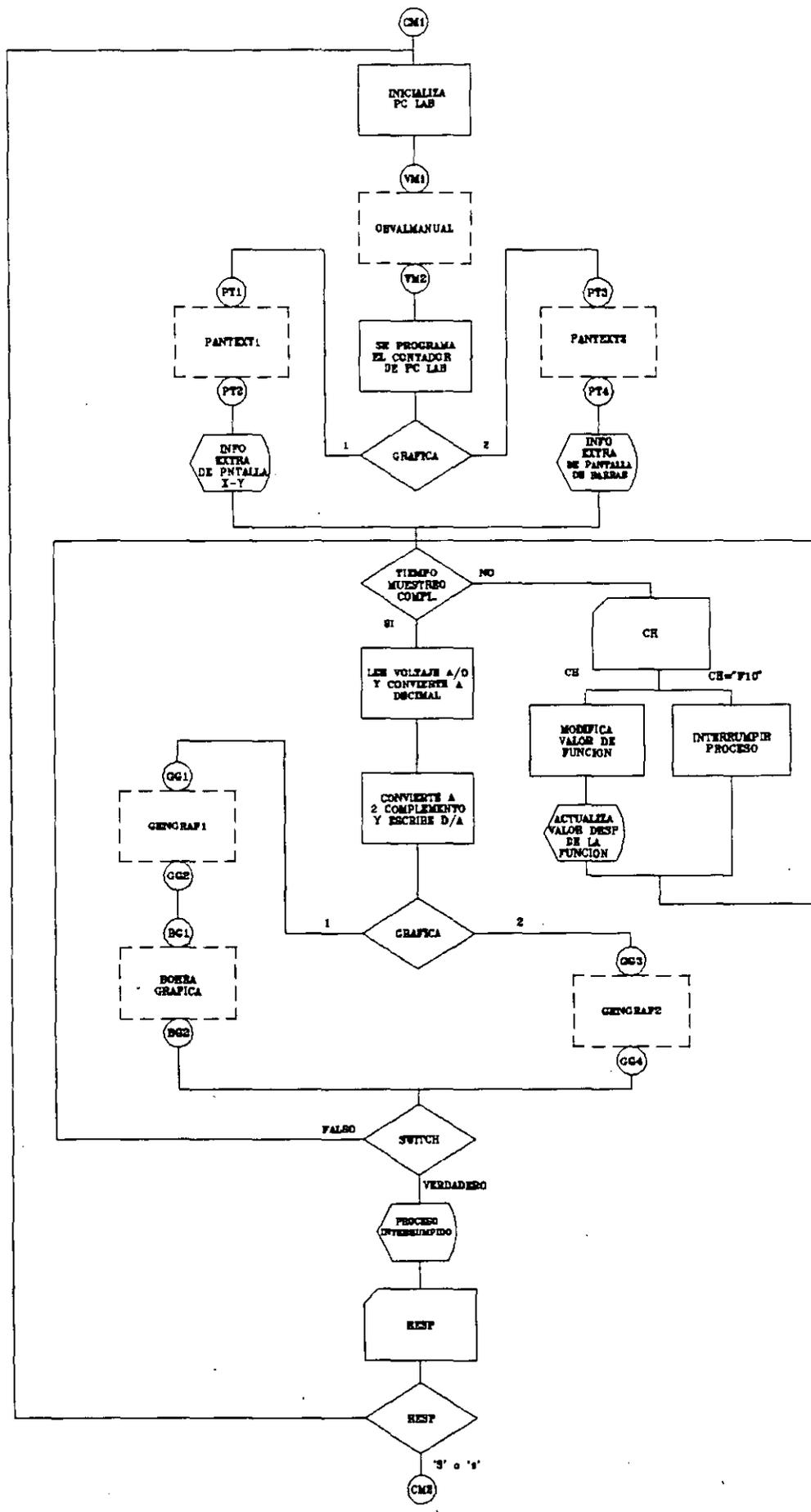
OBJETIVO: Generar manualmente la señal de control.

SALIDAS : Inicialmente, de los procedimientos DESPMENUMANUAL y PANTEXT1 o PANTEXT2 despliega las gráficas de seguimiento de las variables continuas y un bloque de definición de teclas de funciones.
En el cuerpo principal del procedimiento se despliegan los valores de la señal de control y de la variable de proceso. Además, se envían comandos e información a los puertos para inicializar la tarjeta 'PCLAB' y para generar en ella la señal de control en forma continua.

ENTRADAS: En el procedimiento LEETECLADOMANUAL lee las teclas de funciones. En el cuerpo principal del procedimiento lee los puertos para obtener el voltaje correspondiente a la variable de proceso.

PROCESO : Inicializa 'PCLAB' y ejecuta OBVALMANUAL, mediante el cual, el usuario define los parámetros del controlador manual. Luego, programa el temporizador para controlar el período de muestreo y despliega la gráfica de seguimiento de las variables continuas. A continuación ejecuta el bloque de control propiamente dicho, el cual consiste en:

- Espera a que el temporizador indique el fin del período de muestreo anterior y simultáneamente barre el teclado por si se oprime alguna tecla. En este caso, efectúa la operación solicitada, actualizando valores desplegados.
- Lee el voltaje de la variable de proceso a través del canal del convertidor A/D seleccionado y lo convierte a decimal.
- Convierte el valor de la señal de control a formato 2-complemento y genera la señal continua por medio del convertidor D/A.
- Grafica en pantalla la variable de proceso y la señal de control.
- Repite el bloque de control si la tecla F10 no ha sido oprimida, en cuyo caso despliega el mensaje 'Proceso Interrumpido' y da la opción de salir o redefinir los parámetros iniciales del controlador. Si se redefinen los parámetros, retoma el bloque de control; si no, termina.



NOMBRE : PID.

Procedimientos DESPMENUPID y LEETECLADOPID.

OBJETIVO: controlar el proceso por medio de un algoritmo de control proporcional-integral-derivativo.

SALIDAS : Inicialmente, de los procedimientos DESPMENUPID y PANTEXT1 o PANTEXT2 despliega las gráficas de seguimiento de las variables continuas y un bloque de definición de teclas de funciones. En el cuerpo principal se grafican los valores de la señal de control y de la variable de proceso. Además, se envían comandos e información a los puertos para inicializar la tarjeta 'PCLAB' y para generar en ella la señal de control en forma continua.

ENTRADAS: En el procedimiento LEETECLADOPID lee las teclas de funciones. En el cuerpo principal del procedimiento lee los puertos para obtener el voltaje correspondiente a la variable de proceso.

PROCESO : Inicializa 'PCLAB' y ejecuta OBVALPID, mediante el cual, el usuario define los parámetros del controlador. Luego programa el temporizador para controlar el período de muestreo y despliega la gráfica de seguimiento de las variables continuas. A continuación ejecuta el bloque de control propiamente dicho, el cual consiste en:

-Espera a que el temporizador indique el fin del período de muestreo anterior y simultáneamente barre el teclado por si se oprime alguna tecla. En este caso, efectúa la operación solicitada, actualizando valores desplegados.

-Lee el voltaje de la variable de proceso a través del canal del convertidor A/D seleccionado y lo convierte a decimal.

-Calcula el valor de la señal de control aplicando el algoritmo de control PID I o PID II, de acuerdo con la selección previa. El programa de cálculo incluye los siguientes enunciados fundamentales:

SI PID I : $NUM2 = Q0 * R + Q1 * R[-1] + Q2 * R[-2]$

SI PID II: $NUM2 = T0 * R + T1 * R[-1] + T2 * R[-2]$

$NUM1 = Q0 * VOLTE + Q1 * Y[-1] + Q2 * Y[-2]$

$VOLTC = (NUM2 - NUM1 - (GAMMA - 1) * U[-2] - (1 - 2 * GAMMA) * U[-1]) / GAMMA.$

donde:

VOLTC : voltaje de señal de control.

VOLTE : voltaje de planta a controlar.

Q0, Q1, Q2: parámetros calculados controlador

T0, T1, T2: parámetros calculados controlador

ALFA, GAMMA: parámetros calculados controlador.

BETA

R : referencia de entrada teclado.

U : voltaje de salida en el tiempo.

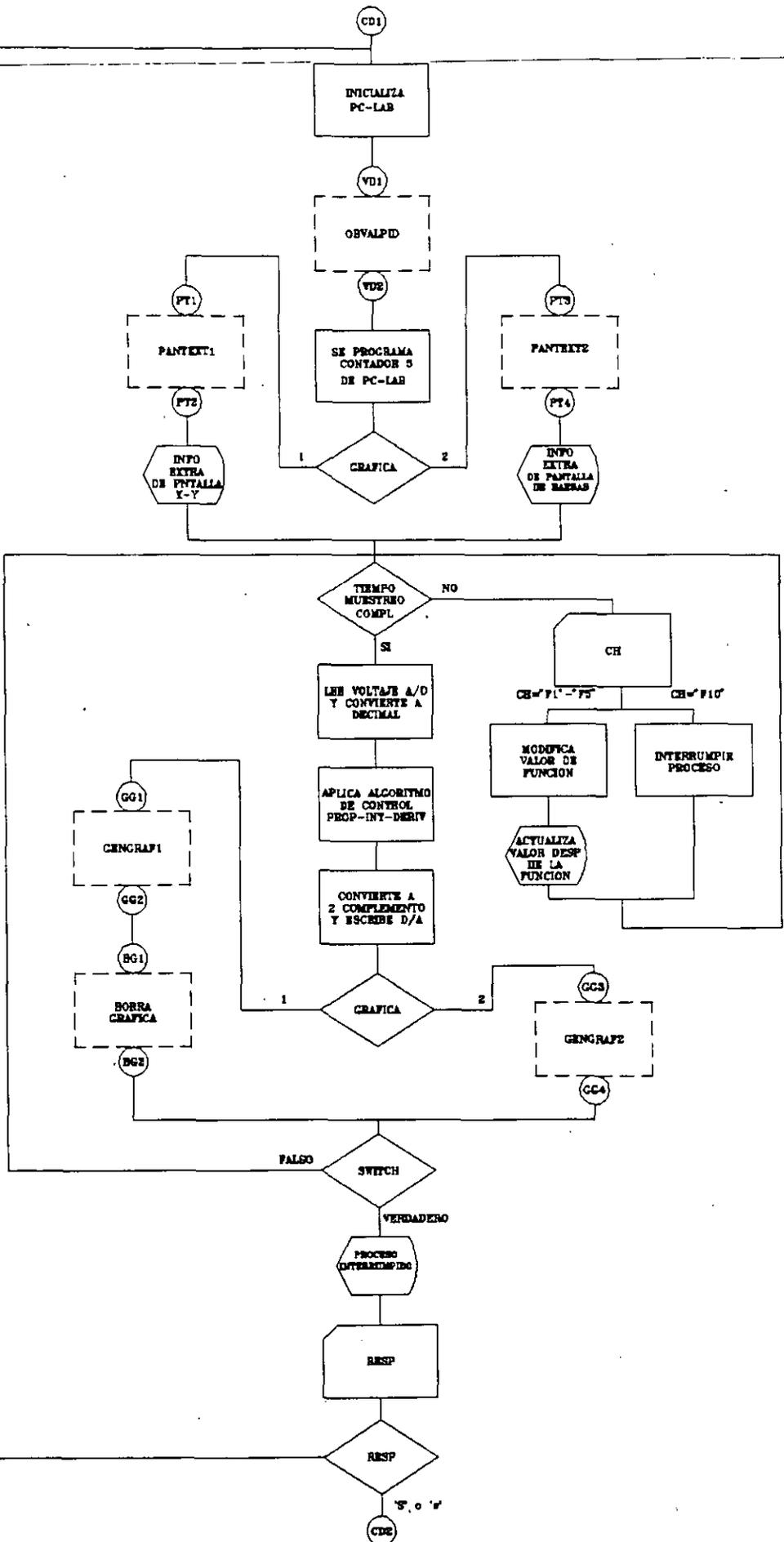
Y : voltaje de planta en el tiempo.

(para más información sobre el algoritmo de control ver la sección 2).

-Convierte el valor de la señal de control a formato 2-complemento y genera la señal continua por medio del convertidor D/A.

-Grafica en pantalla la variable de proceso y la señal de control.

-Repite el bloque de control si la tecla F10 no ha sido oprimida, en cuyo caso despliega el mensaje 'Proceso Interrumpido' y da la opción de salir o redefinir los parámetros iniciales del controlador. Si se redefinen los parámetros, retoma el bloque de control; si no, termina.





**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

INSTRUMENTACION ELECTRONICA DE PROCESOS INDUSTRIALES

SISTEMAS DE CONTROL DISTRIBUIDO

ING. LUIS ROBERTO VEGA GONZALEZ

" SISTEMAS DE CONTROL DISTRIBUIDO "

I.- Antecedentes, concepto y elementos de un S. de C. D. 1
II.- Ejemplos de S.C.D. 47
III.- Evolución de S.C.D. (estudio de caso) 53
IV.- Conclusiones 59

Ing. Luis Roberto Vega Gonzalez

SISTEMAS DE CONTROL DISTRIBUIDO

7.1 INTRODUCCION. ANTECEDENTES, CONCEPTO Y ELEMENTOS DE UN S. DE C.D.

Hasta fines de los años 50's, los controles neumáticos se usaban en la mayoría de las plantas. Posteriormente se introdujeron los sistemas de control basados en electrónica analógica, los cuales ganaron terreno para posteriormente, a mediados de los sesentas, dar paso a los controladores con electrónica de estado sólido llamada de arquitectura dividida.

Los últimos 20 años han permitido el mejoramiento de los sistemas de control analógico y el desarrollo de la computadora digital como una herramienta.

Actualmente con el advenimiento del microprocesador, contamos con sistemas de control avanzados de tipo distribuido.

El hecho de implementar controles cada vez mejores y más avanzados, se basa en la necesidad de optimizar recursos. Especialmente en México, sabemos que vivimos en una economía sensitiva a los costos de energía. Adicionalmente, el manejo de la planta requiere maximizar la disponibilidad del equipo y la confiabilidad en la operación del control.

También existe la necesidad de reducir los costos de instalación del sistema a través de diseños que minimicen los costos de mano de obra en campo.

Los sistemas actuales deben ser flexibles, cualquier cambio debe requerir el mínimo de alambrados, y practicamente muy poca programación.

Además, la comunicación debe ser simple y de bajo costo, entre los sistemas de la planta. Debido a que la misma base de datos se usa por más de un sistema, es posible tener entradas de proceso alambradas en un sistema y disponibles a otros sistemas.

7.1.1 ANTECEDENTES DE CONTROL DIGITAL DIRECTO (C.D.D.)

El C.D.D. se hizo necesario debido a que cada vez más el operador requería monitorear más variables de proceso que antes.

El monitoreo y almacenamiento de muchas variables de proceso, es ideal para ser realizado por medio de computadoras digitales.

A principios de los 60's, las primeras computadoras se instalaron en plantas de proceso. Algunos sistemas de control analógicos se retuvieron para realizar el control de ciertas secciones estratégicas del proceso. Esto se debía principalmente a que las computadoras de aquel entonces tenían memorias pequeñas y muy lentas, además de carecer de periféricos.

Por otra parte, la aplicación de los computadores al control, se hacía cada vez más obligada, pues se trataba de mejorar algunos problemas subsistentes en los sistemas de control analógicos-electrónicos, como los siguientes:

- 1.- Los ajustes tienden a perderse. Hay bastantes componentes que se requiere mantener bajo calibración.
- 2.- Prácticamente no existe autodiagnóstico de fallas.
- 3.- Existen algunas fallas que pueden modificar la posición del elemento final de control, sin que en el sistema se hayan tomado medidas de seguridad.
- 4.- La única forma de manejar relaciones no lineales (Por ejemplo PH) es a través de aproximaciones. Esto se dificulta aún más cuando el proceso es dinámico.
- 5.- La única forma de comunicación entre lazos de control, es a través de alambrado duro, y esto es muy caro.
- 6.- Muchas veces se requiere de dispositivos de indicación auxiliar, los cuales requieren una salida dedicada del sistema.
- 7.- El cambio de la estrategia de control requiere cambio de alambrado.

A fines de los 60's y/o principios de los 70's, se inició la implementa-

ción de CDD, usando un procesador central o minicomputadora. Para entonces ya existían algunos periféricos como los tubos de rayos catódicos (pantallas) conversacionales, que permitían acceso a las funciones de la computadora.

El C.D.D. resuelve muchos problemas asociados con los sistemas analógicos.

- La naturaleza discontinua de la computación digital, resuelve el problema de la pérdida de ajustes que ocurre en algunos circuitos operacionales.
- Se puede obtener una exactitud muy alta (digital) aún con funciones no lineales.
- Se pueden desplegar las variables de proceso en pantalla.
- Se cuentan con autodiagnósticos.

Inicialmente el CDD, sólo se aplicaba a unos cuantos lazos, la función primaria del computador, todavía era monitoreo del proceso. Posteriormente se aplicó a plantas enteras.

En este último caso se requería de un respaldo, ya que una falla del CPU, o de los equipos de entradas/salidas podría forzar el sistema a control manual.

Por otra parte, en los sistemas analógicos, una falla afecta solamente el lazo donde se encuentra el controlador, dado que los mismos tienen un procesamiento de señales continuo y no de tiempo compartido.

El respaldo en los sistemas CDD, puede ser un sistema analógico u otro computador, con alguna forma de transferencia automática.

Las figuras #1 y 2, muestran algunos sistemas de control analógicos neumáticos y electrónicos en tableros convencionales.

Las figuras #3 y 4, son ejemplo de un sistema CDD típico.

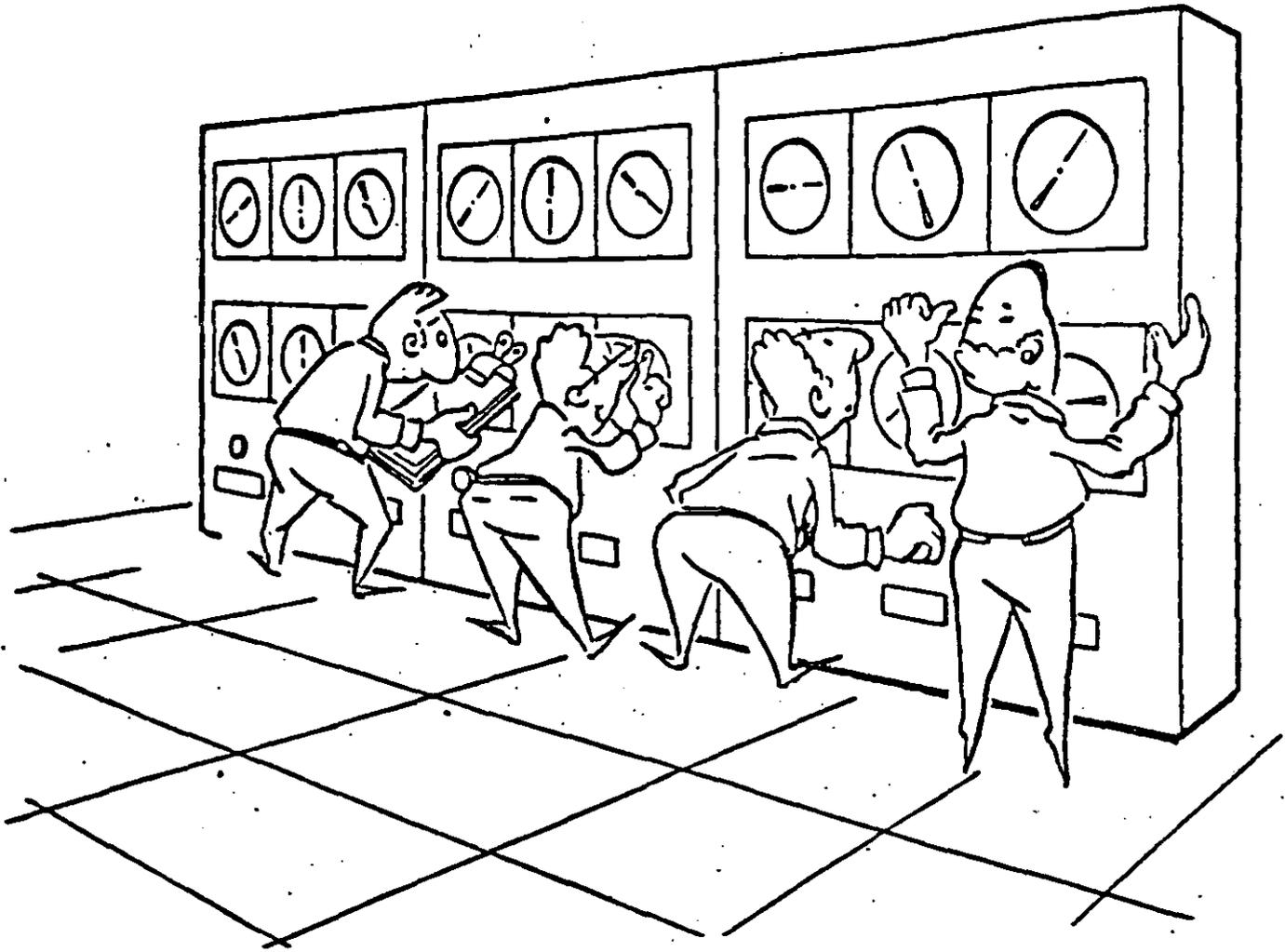


Fig. #1

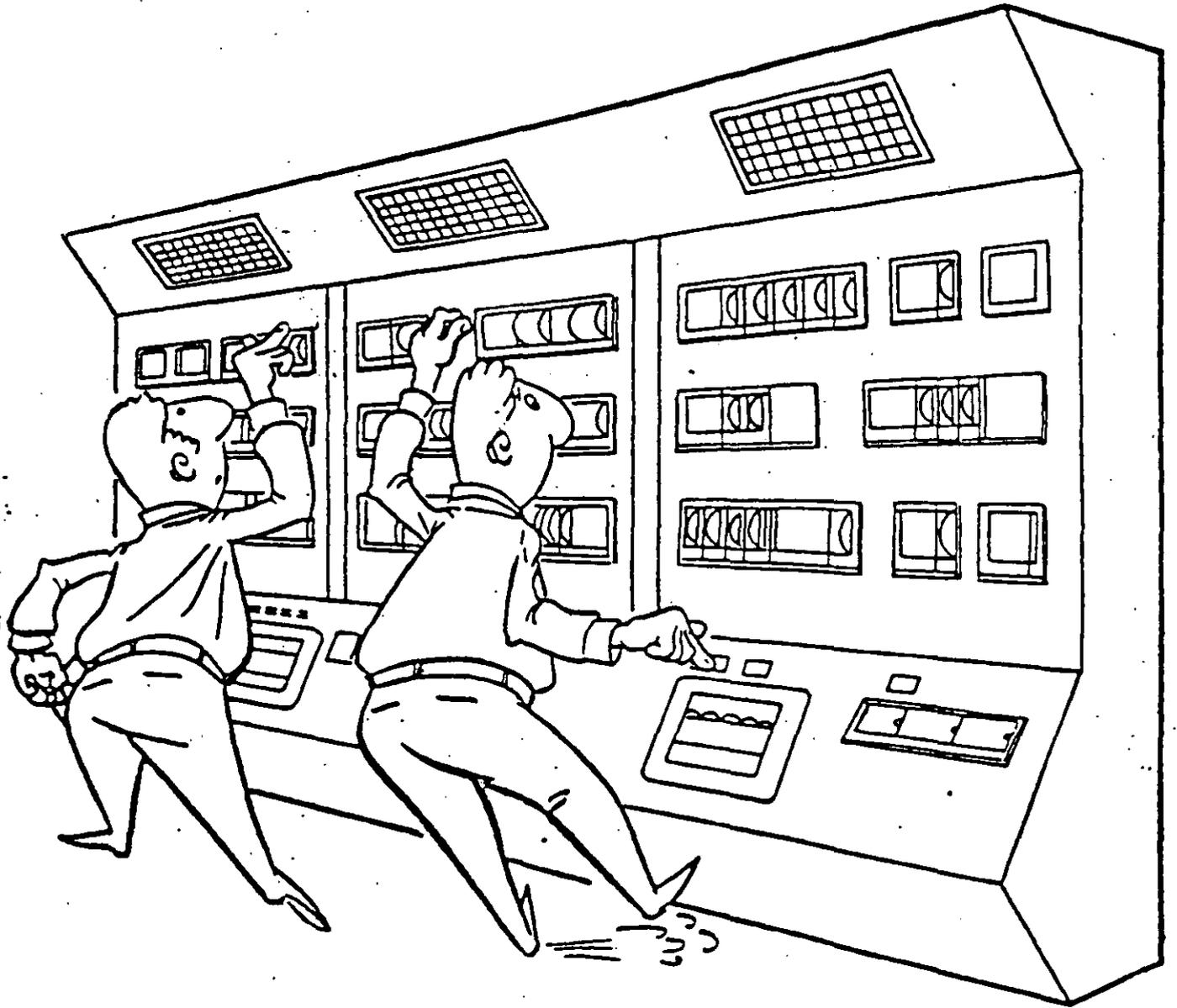
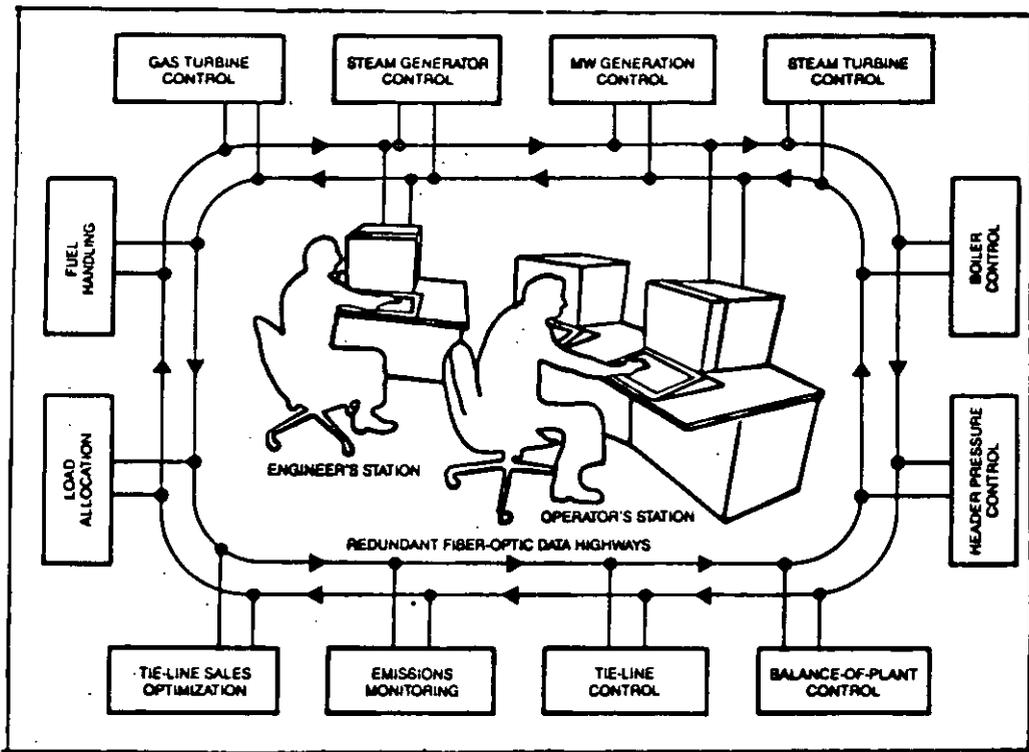
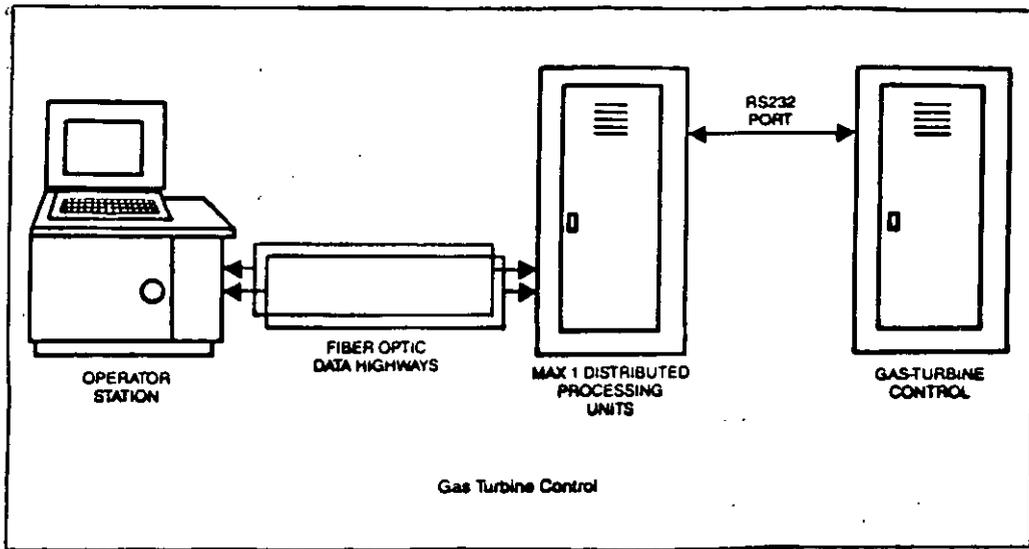


Fig. # 2



FIGURAS 3 Y 4

7.1.2 ALGUNOS INCONVENIENTES DEL CDD.

Los sistemas CDD funcionan en forma secuencial con un tiempo específico; sin embargo, la rutina de procesamiento normal, puede ser alterada en cualquier momento, por programas prioritarios, dando como resultados disturbios en la computación de control, debido a que si se inserta otro programa en la computación normal, existen retardos.

El Software de los primeros sistemas CDD con frecuencia era complejo y no se escribía en lenguajes de alto nivel. Los cambios en la estrategia de control, se hacían modificando o agregando programas. Los ingenieros de control de las plantas, generalmente no son programadores, lo cual dificultaba la operación.

Sistemas posteriores CDD ya permitían hacer cambios en línea, usando lenguajes de alto nivel como el Fortran.

Los sistemas CDD no tuvieron una gran aceptación, tal vez las siguientes sean razones principales:

- Una falla sencilla podía forzar el sistema total a manual
- Los programas prioritarios retrazaban las rutinas normales de procesamiento, incluyendo las funciones de control y actualización de pliegos.
- La complejidad del software incrementaba el tiempo de arranque, y muy difícil el realizar cambios.

El sistema de control Supervisor (SCS) es similar al CDD, con la diferencia que existen controladores o equipo analógico de tablero cuyos puntos de ajuste son calculados y provistos por la computadora. Este tipo de sistema tiene el inconveniente adicional del costo del computador, el equipo electrónico, y los problemas de alambrado.

A partir de este momento, aparentemente el desarrollo de los sistemas de control, sugería utilizar la capacidad de una computadora digital y la seguridad

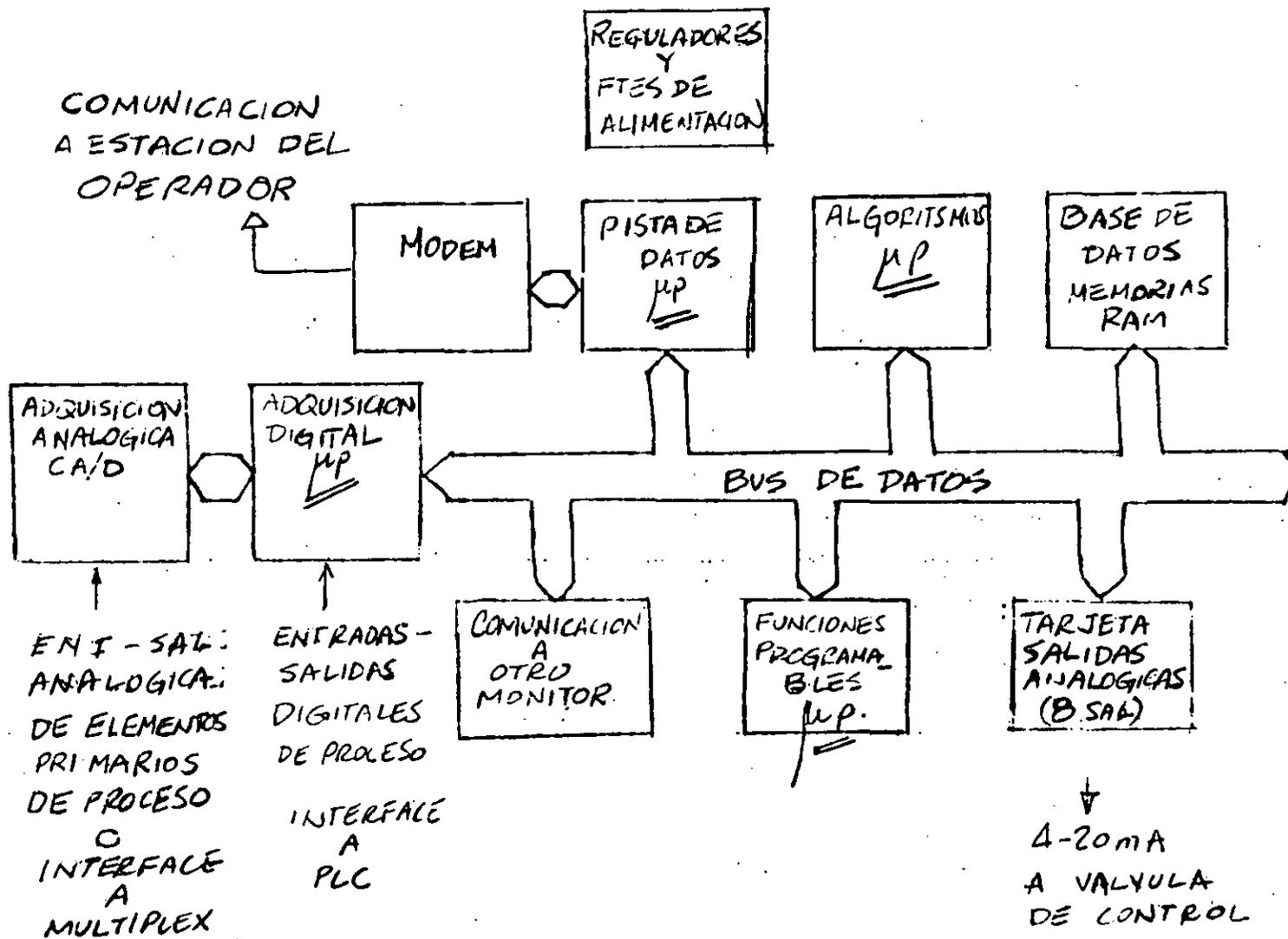


Fig #5

funcional de un sistema analógico, involucrando a su vez, el factor costo.

Esto fue posible a través del uso del microprocesador.

7.2 CONTROL DIGITAL DISTRIBUIDO.

En este tipo de sistemas de control, las funciones básicas se distribuyen entre varios microprocesadores, en lugar de estar centralizadas en un minicomputador. Los procesadores operan independientemente, de modo de una falla en alguno no afecta otras funciones. Ver la fig. # 6

7.2.1 ARQUITECTURA DE UN S.C.D.

Existen tres elementos básicos. Los controladores, la estación del operador, y la pista de datos de comunicaciones.

La figura # 6 muestra un sistema completo. Los tarjeteros de controladores están localizados estratégicamente a través de la planta, minimizando costos de instalación y alambrado.

7.2.1.1 CONTROLADOR: Fig. # 7

Uno de los beneficios de C.D., es el hecho de que los controladores de la planta pueden ser distribuidos en localidades estratégicas, inclusive esto puede hacerse designando áreas de control particular dentro de la planta: calentadores, hornos, reactores, etc.

Todas las entradas de proceso y salidas de control del área en particular estarán conectadas directamente a la estación del controlador distribuido.

La estación de control asignada a una área, consiste de los gabinetes ne-

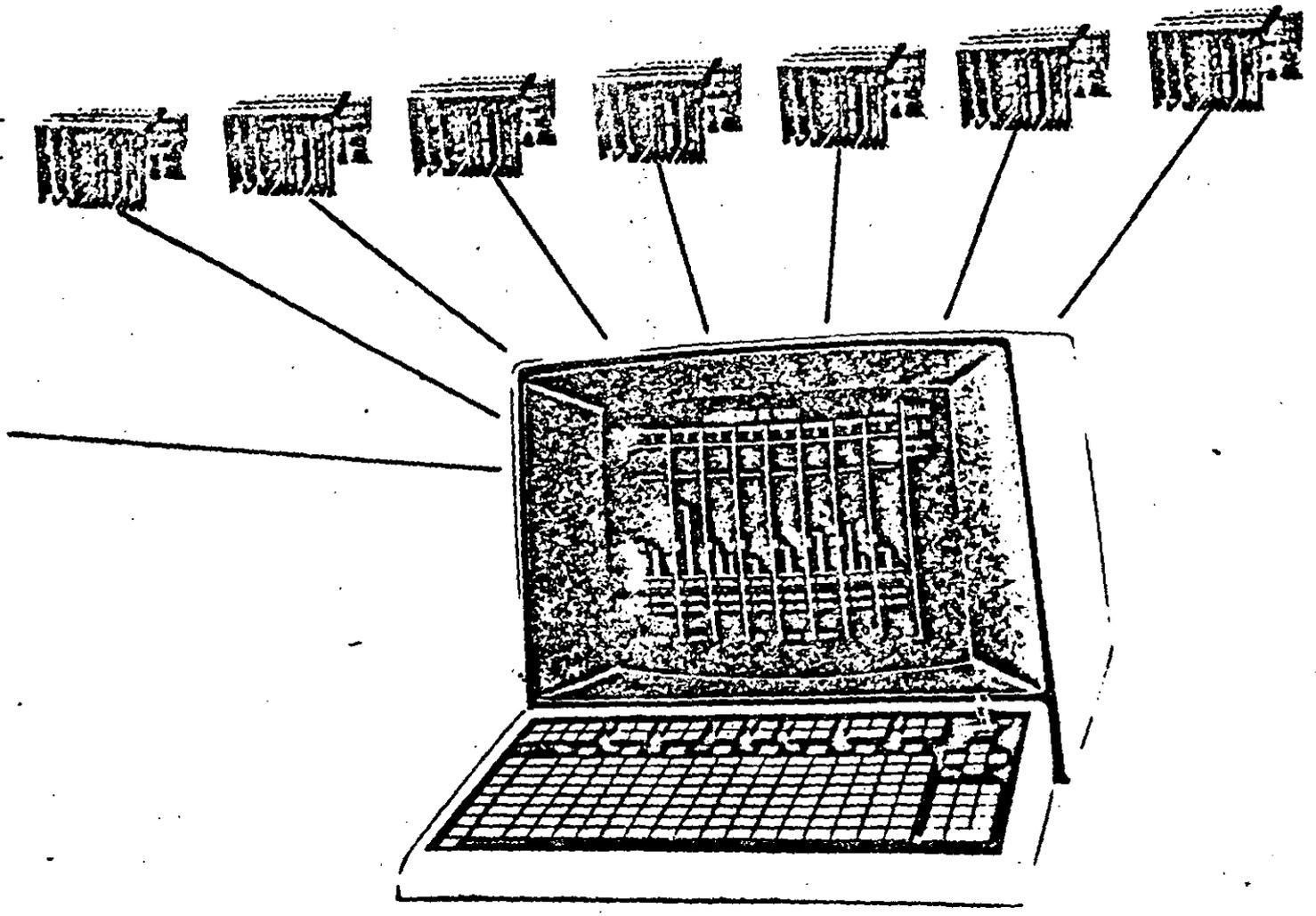
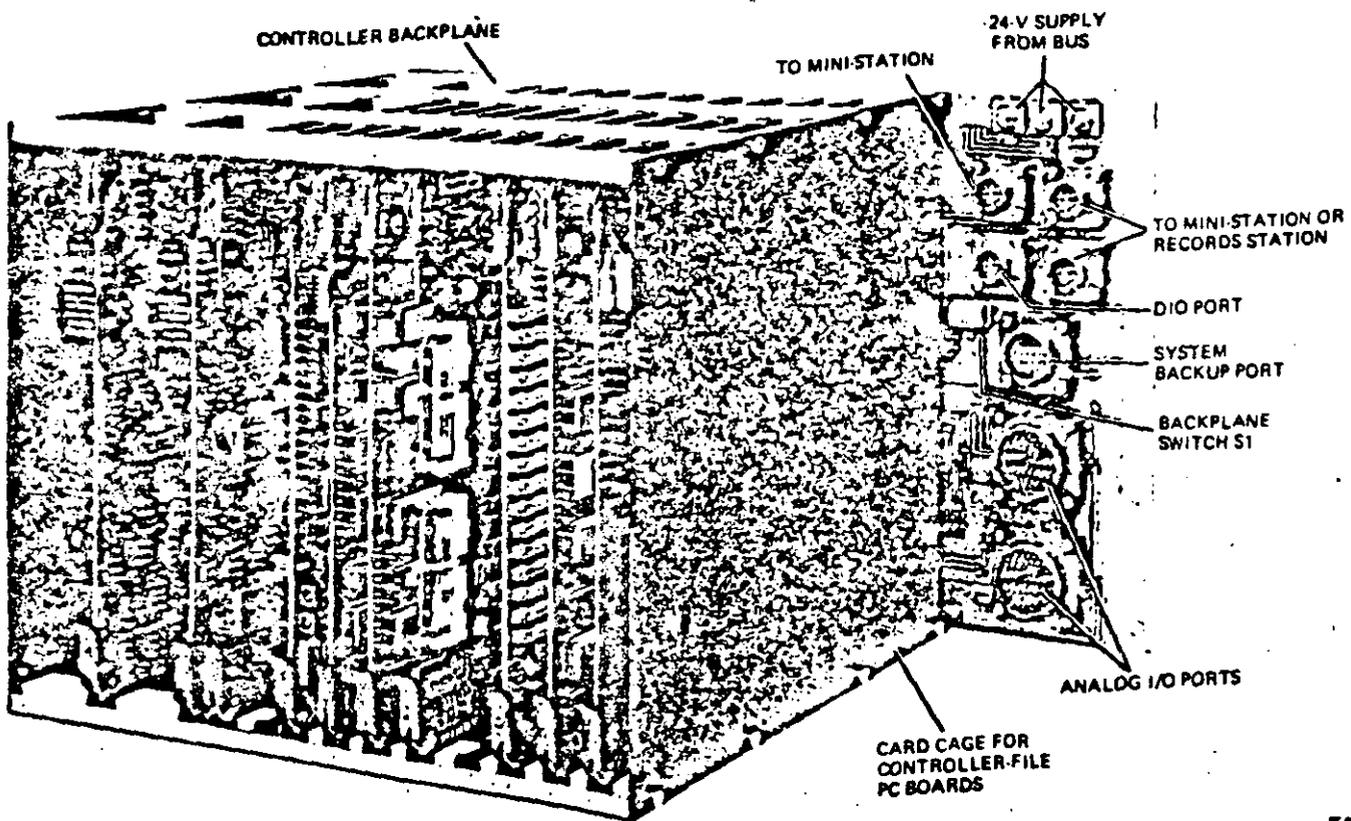


fig #6



E8916

— Controller File's Card Cage with Backplane Switch S1.

Fig# 7

cesarios, fuentes de alimentación, tabllas terminales, así como el número requerido de tarjeteros controladores, de acuerdo con los requerimientos de operación de la planta.

Los controladores distribuidos, son módulos multi-lazo, basados en micro-procesador.

Este módulo se compone de un juego de tarjetas de circuito impreso, diseñada para realizar una tarea específica.

La fig. # 8 muestra las distintas tarjetas, cada una con una función específica, que se comunican para realizar las funciones de control.

El controlador opera en una base de tiempo repetitiva. Sus tareas se realizan lógicamente, de acuerdo con su diseño interno estructural.

Existen controladores capaces de manejar 8 ó 16 lazos de control adicionalmente con una capacidad de manejo de 256 entradas/salidas digitales las cuales se dividen en base a 16 entradas, 16 salidas a 8 entradas y 8 salidas. Existe interfase para conexión directa a controladores lógicos programables.

EJECUCION DE ALGORITSMOS.

Un algoritmo es un procedimiento paso por paso para resolver un problema y obtener un resultado deseado. Podríamos recordar momentaneamente cómo funciona una calculadora de mano.

La calculadora contiene algoritmos que realizan en forma repetitiva funciones "pre-programadas", tales como sumar, restar, multiplicar, sacar raíz cuadrada, funciones logarítmicas, etc.

En un controlador distribuido existe una tarjeta de algoritmos, que con-

8# Bif

#1 PWR. SUPPLY REGULATOR: 5VDC (PS1) *

#2 PWR. SUPPLY REGULATOR: 5VDC (PS2)

MODEM

#2 DATA BASE CARD (DB2)

#1 DATA BASE CARD (DB1)

DATA HIGHWAY PROCESSOR (DHW)

COMMUNICATIONS CARD (COMM)

ALGORITHM CARD (ALG)

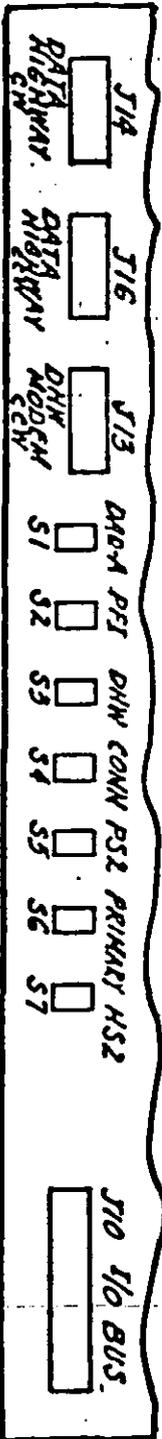
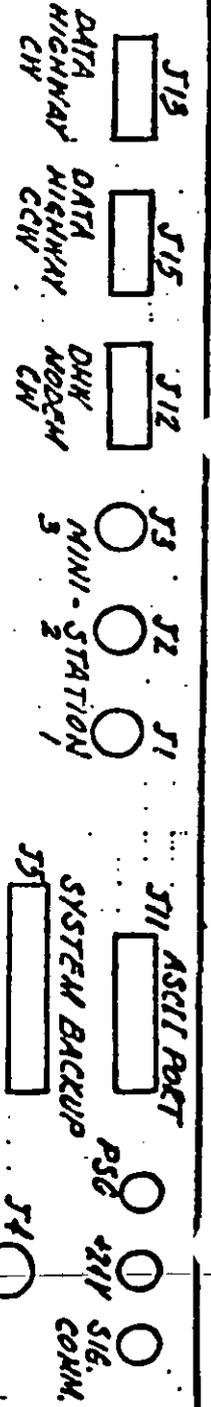
PROGRAM FUNCTIONS INTERPRETER (PFI)

DATA ACQUISITION DIGITAL (DAQ-D)

#2 HOLD STATION (HS2)

#1 HOLD STATION (HS1)

DATA ACQUISITION ANALOG (DAQ-A)



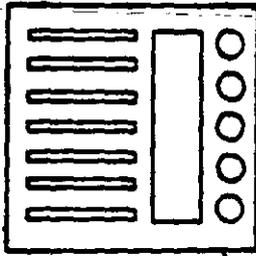
MAX 1 FUNCTIONAL CIRCUIT CARDS

ABBREVIATION	NAME OF CARD	FUNCTION
ALG	Algorithm	<ul style="list-style-type: none"> a. Executes control algorithms. b. Determines output of controller time-slot. c. Provides serial link for controller back-up.
DB	Data Base	<ul style="list-style-type: none"> a. Stores information that must be accessible to more than one processor card (Battery back-up RAM) b. Resolves contention on the data bus. c. Self-correcting circuitry in 32-slot versions prevents loss of data even if a RAM chip fails.
DAQA	Data Acquisition Analog	Converts 30 analog inputs to digital form (DAQA is controlled by DAQD)
DAQD	Data Acquisition Digital	<ul style="list-style-type: none"> a. Collects appropriate data from terminals. b. Selects the input to be converted by DAQA, then linearizes the result. c. Communicates with Operator's Mini-Station.
DHW	Data Highway	Formats data for communication between the controller and the data highway. Two cards are used: one is the Processor, the other the Modem.
HS	Hold Station	Receives control output from ALG, provides an analog output and holds it until next control cycle.
MOP	Mini-Station Port	<ul style="list-style-type: none"> a. Communicates with second and third Mini-Stations. b. Communicates with Records Station.
PS	Power Supply Regulator	Converts 24 V d-c to a regulated 5 V d-c.
MODEM	Modem	Modulates and demodulates signals transmitted on the data highway.

fig #8

RV/tag'

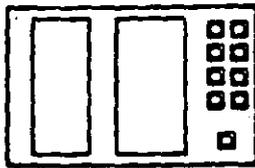
**CAT 560
ANALOG BOARD**



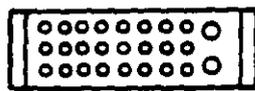
**CAT 561
DIO**



**CAT 562
PAT OUTPUT**



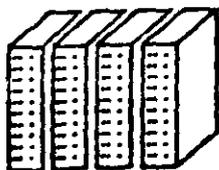
**CAT 568
MAN. STA. JN. PNL.**



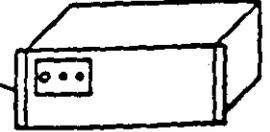
**CAT 567
MANUAL
STATION**



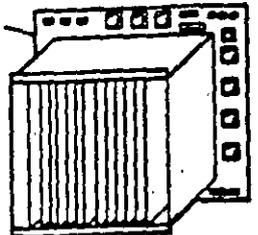
**CAT 564
I/O SYSTEM**



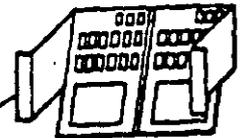
**CAT 594
POWER SUPPLY**



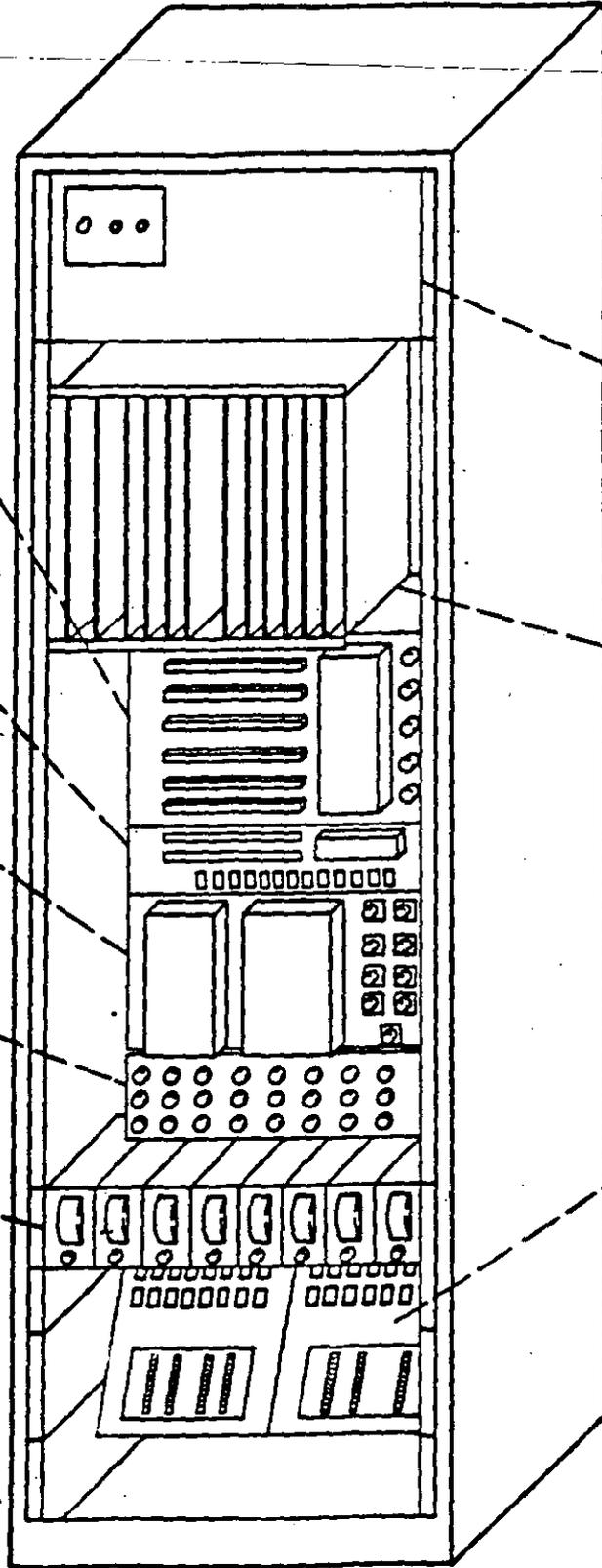
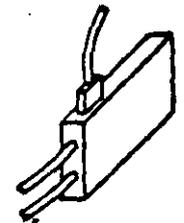
**CAT 552
CONTROLLER**



**CAT 563
LOW LEVEL
MPX.**



**CAT 578
OPTICAL INTERFAC**



tiene funciones como las que hemos descrito, más muchas otras diseñadas en forma específica para realizar control de procesos.

Los algoritmos son como "instrumentos" por si mismos, desde el punto de vista de hardware, tales como controladores analógicos, computadores de flujo másico, procesadores de alarmas, estaciones de relación, etc. Un juego de algoritmos básico para el control de procesos puede ser de 40 algoritmos, llegando tal vez a 60 para el caso de algoritmos avanzados con aplicaciones específicas.

Ver anexo, hoja de datos SA-00 de L&N, mostrando un juego de algoritmos básicos.

Los controladores distribuidos se dividen en "Ranuras de Tiempo" funcionales. Pueden existir 8, 16 ó 32 ranuras por controlador, se especifican como primarias y auxiliares.

Las ranuras primarias se usan para desarrollar salidas de control (4-20 mA analógicas), o salidas de triac para actuadores de válvulas eléctricas.

Las ranuras auxiliares se usan para problemas computacionales, cascadas y desarrollo de salidas digitales externas.

Los microprocesadores internos, rastrean secuencialmente las ranuras, cada 1/2 segundo, y realizan cualquier operación que es requeridas en los datos, por la configuración específica de la ranura.

En síntesis un sistema de control multilazo se puede realizar enlazando ranuras. El enlace de las ranuras sería algo así como generar un programa en un calculador de mano (por ejemplo sumar dos números, multiplicar por una constante, y luego agregar un tercer valor)

El programa es un cálculo en cadena repetitivo. Cada vez que entra un

nuevo valor, una nueva respuesta es procesada, sin embargo, la misma ecuación se utiliza.

El rastero entre ranuras es similar.

En la Fig. #9 se encuentra una distribución funcional del tarjetero controlador.

7.2.1.2 ESTACION DEL OPERADOR.

El propósito de la estación del operador (Fig. #10), es proveer un medio confortable para que el operador controle la planta. Debe proveer las herramientas para desarrollar configuraciones de control, despliegues en pantalla, así como cargar y descargar varias versiones de la estrategia de control.

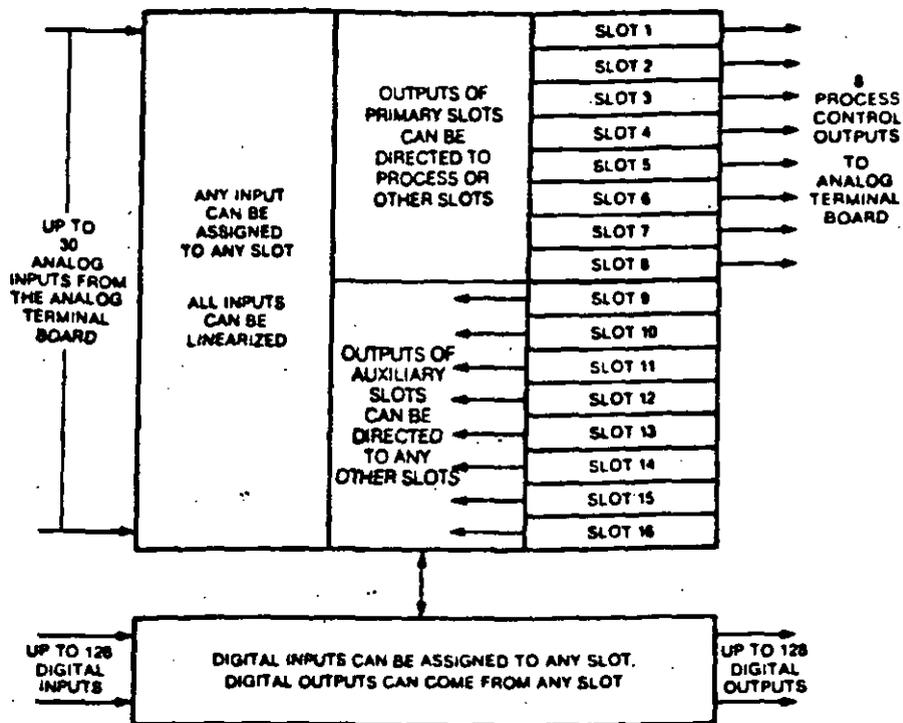
También debe contener un nivel razonable de rutinas de diagnóstico que auxilie en el soporte del sistema.

Para realizar sus tareas, la estación del operador contiene los paquetes con la electrónica necesaria para las conexiones de base de datos y pista de datos (Fig. #11), fuentes de alimentación, teclado, despliegues a color en Tubo de Rayos Catódicos, impulsores de disco flexible para soportar o modificar las estrategias de control. Algunas veces se usan cassettes.

Se pueden adaptar discos Winchester en otros dispositivos de almacenamiento.

Los teclados son de tipo funcional, para tener un acceso rápido y fácil al sistema (Fig. #12). Ir de un despliegue a otro debe hacerse con uno o dos toques del teclado. Además, en caso de teclear alguna función incorrecta, no debe de aceptar dicha entrada, invalidando el intento.

Se pueden ejecutar gráficas de desviación o gráficas interactivas. Vis-



MAX 1 Controller File. Each of the time slots is analogous to a separate piece of conventional instrumentation. A 32-slot version is available where more capacity is required.

fig# 9

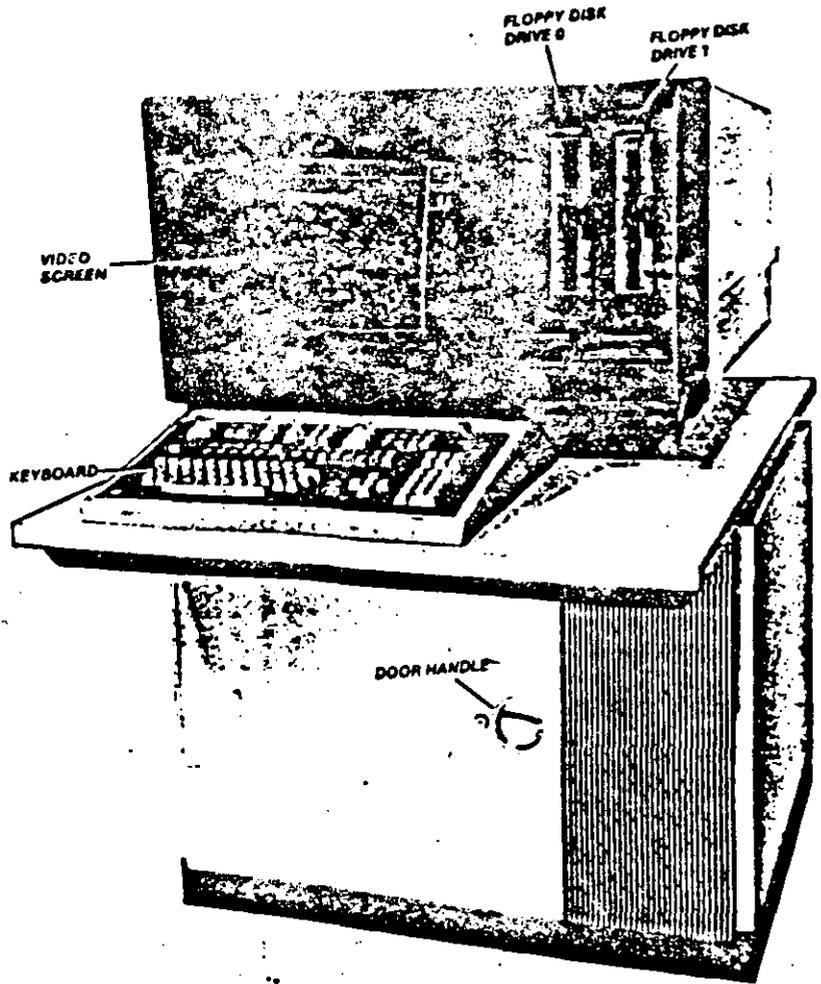
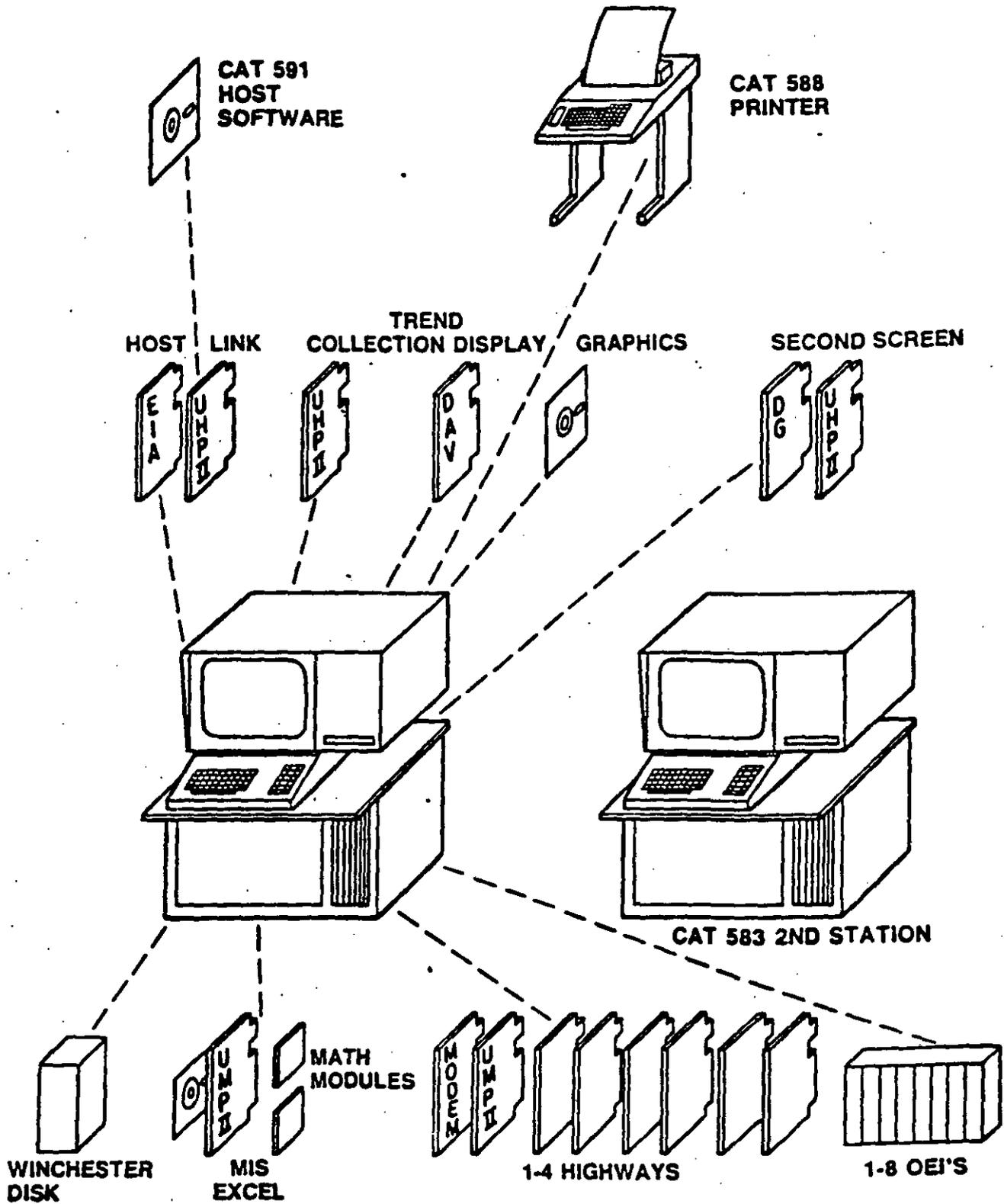


fig #10



fig# 11

tas de planta, vistas de grupo, vistas de detalle a ranuras individuales. Los despliegues se actualizan en dos segundos.

Usando el teclado de la estación del operador, se puede tener acceso a las ranuras del controlador y encadenarlas por medio de "alambrado suave" o por programación. A esto se le llama configuración. De esta forma, partiendo de las tablillas terminales, se recogen los datos del proceso y se regresa la información necesaria para ejecutar el control requerido para el proceso. La información de salida es el resultado de resolver la ecuación para control tal como se estableció en la configuración.

MEMORIAS.

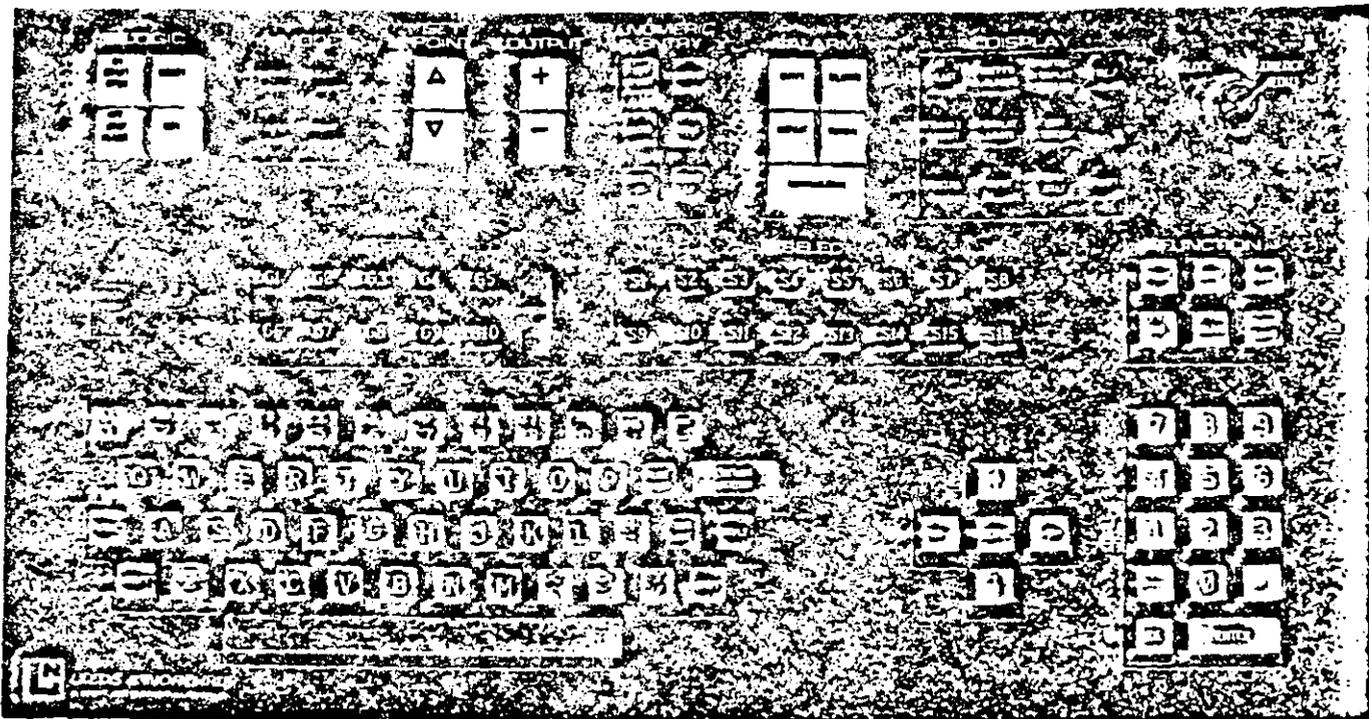
La biblioteca de algoritmos, en la mayoría de los casos se localiza en memoria ROM no volátil. La configuración de el sistema, los resultados de cálculo, y la base de datos se mantienen en la memoria principal, la cual puede o no ser volátil. Se están usando memorias volátiles de estado sólido, debido a su alta velocidad de procesamiento. Se respaldan con baterías para mantener la base de datos y la configuración, en caso de pérdida de energía.

También se recomienda mantener la configuración en memoria no volátil, tal como cintas magnética o disco flexible. Si se tienen varias copias de la configuración del sistema, es fácil hacer cambios a la misma, o reinstalarla después de alguna falla.

7.2.1.3 PISTA DE DATOS

La pista de datos permite comunicar controladores, transmitiendo y recibiendo datos de la estación del operador. Originalmente se trataba de un par de alambres, los cuales se usaban en forma redundante, para una comunicación más segura de la información.

RV/tag'



Data Input Keyboard

fig #12

Hace pocos años, se introdujeron las pistas de datos ópticas (Fig. #13)
Se usa el mismo cable óptico que el usado por las compañías telefónicas.

Las pistas ópticas no son susceptibles a problemas de circuitos de tierra, interferencia eléctrica, o de radio, cortos eléctricos debido a herrumbre, u otros problemas encontrados en ambientes industriales.

En este sistema no se requiere un manejador de comunicaciones.

Todas las estaciones son el maestro de la pista en su turno, cualquier estación puede interrogar cualquier otra y recibir respuesta en su turno de muestra. Esto les sucede a los controladores por lo menos dos veces en un segundo.

SEGURIDAD

Un sistema de control distribuido debe ser seguro debido a que la producción, los equipos o la seguridad del personal pueden depender del SCD.

Se recomiendan fuentes de alimentación así como reguladores redundantes. Las baterías para soportar la información volátil deben ser redundantes.

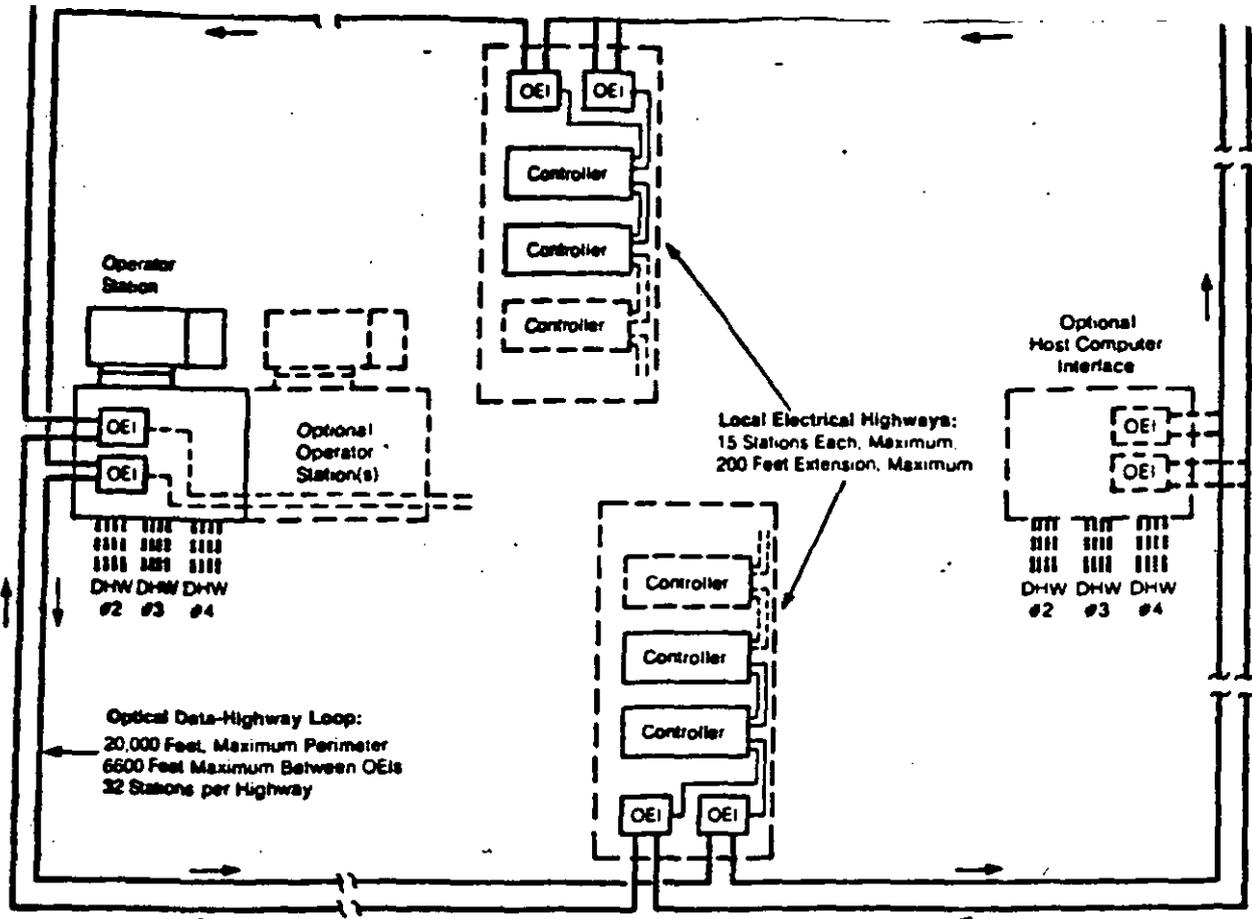
Continuamente se corren programas de diagnóstico:

De arranque, en línea, fuera de línea, con la finalidad de detectar fallas.

Los programas de diagnóstico residen en ROM y no requieren configuración o recarga durante el arranque de los sistemas.

En cuanto a la comunicación, se debe contar con pistas de datos redundantes.

En el máximo nivel, cada controlador puede tener otro controlador que realice respaldo parcial o dedicado a uno a uno. Aún con la pérdida de toda la capa-



MAX 1 DATA HIGHWAY SYSTEM

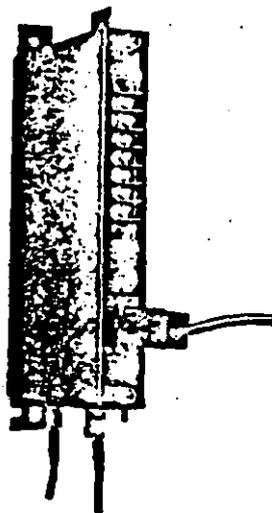


fig #13

cidad de los microprocesadores, las salidas de los controladores deben al menos mantenerse en su último valor, o dirigirse a valores predeterminados, hasta que el operador tome el control de los lazos con estaciones de respaldo manual.

Finalmente, en las siguientes doce hojas se hace un resumen de las características de operación y especificaciones de un sistema de control distribuido que se usa actualmente en el mercado.

LEEDS & NORTHRUP

SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO

M A X -I-

Highway System Overview

Data Highway.

Filosoffa de Direccionamiento.

Estación del Operador

Descripción del UMP

Medio ambiente.

Tarjetas, Descripción y Hardware

Capacidad.

=====

1.- CARACTERISTICAS DE UN SISTEMA CON PISTA DE DATOS

En un sistema de C.D. con pista de Datos como el que se muestra en la figura, resaltan las siguientes características:

- Pista de Datos en Fibra Optica, la cual puede correr hasta 20,000 pies a través de la planta, inmune a interferencias eléctrica o magnética.
- Estación del operador versatil.
Con interfase para hasta 4 pistas de datos por separado, para supervisión y control de hasta 1600 lazos analógicos, incluyendo gráficas interactivas y tendencias.
- Capacidad de Interfase con una Computadora Anfitriona.
Para extender la jerarquía de control, o implementar un sistema de manejo de información en tiempo real.
Un sistema con 4 pistas de datos puede soportar hasta 128 estaciones, las cuales pueden ser, un controlador multilazo, una estación del operador o una Interfase para computadora. Si cada controlador, típicamente tiene una capacidad de 16 lazos, este sistema puede soportar hasta 1600 lazos analógicos, y más de 30,000 entradas-salidas digitales.
La velocidad de comunicación es de 500 Kbaud.
Los computadores anfitriones no son esenciales en el sistema, dado que la configuración de los controladores puede "cargarse" a través de la estación del operador, sin programación especial.

PISTAS DATOS.- Es una combinación optica-eléctrica dual o redundante, las interfases optoeléctricas (OEI), conectan la pista eléctrica con la pista óptica. La pista, eléctrica puede proveer conexiones en cadena para varias estaciones.

La malla óptica es inmune a interferencia eléctrica, intrínsecamente segura en áreas peligrosas y acepta un total de 32 estaciones, en cadena a la pista de datos eléctrica.

El perímetro máximo es de 20,000 pies.

Cada cadena de pista eléctrica, puede manejar hasta 15 estaciones, y se puede extender en 200 pies, es redundante y puede operar como una pista de datos autónoma con una estación del operador, donde no sea esencial la pista de datos óptica.

No se requiere director de tráfico, el control maestro o "master ship" (acceso a la pista de datos por cualquier estación) se determina por una rutina "hablar-pasando", "Tokenpassing", con reajuste automático del T.P. si ocurre alguna falla. La velocidad de los datos es de 500 K baud, usando FSK (modulación por "llaveo" de frecuencia).

Los datos se transfieren como bloques entre los controladores y la estación del operador, la transacción entre estaciones, toma milisegundos.

El "Token" rota entre todas las estaciones del operador, interfaces de computadora en una pista de datos aproximadamente 100 veces por segundo. Todas las estaciones en una pista de datos pueden comunicarse entre sí controladores con controladores, estaciones del operador con estaciones del operador.

Existe redundancia total, ambos cables ópticos están activos todo el tiempo, transmitiendo datos simultáneamente en direcciones opuestas alrededor del lazo, así una falla en un cable o un OEI, no interrumpe la transmisión, además de que es reportada en la estación del operador, como una alarma en el sistema.

Ambos cables ópticos pueden fallar o romperse en un punto específico, y aún se mantendrá comunicación global completa en el sistema, a través de los elementos intactos en el lazo.

CONTROLADOR

El controlador multilazo maneja hasta 16 salidas de control, (4-20 mA o triac), ranuras de tiempo para funciones adicionales, 30 entradas analógicas (linearizadas según se requieran), hasta 256 entradas-salidas digitales. Actualmente pueden manejar hasta 248 entradas de bajo nivel, así como interfase para controladores programables.

Una computadora "personal" residente, se puede agregar dentro de cualquier tarjetero de controlador, sin necesidad de interfase, equivalente a 12K (4000 elementos) de funciones programables, para cálculos, optimizaciones y reportes.

El controlador puede equiparse con una tarjeta Modem y un procesador de pista de datos, para comunicación a la pista de datos eléctrica y/o óptica. El controlador se puede comunicar con otros controladores sobre la pista de datos, transmitiendo o recibiendo información, con un tiempo de acceso a la pista de datos de 1/2 segundo garantizado.

ESTACION DEL OPERADOR

Generalmente, consta de un Tubo de rayos catódicos de 19", basado en microprocesador. El despliegue es 8 colores para foreground y 8 colores back ground.

Contiene puertos de comunicación para hasta 4 pistas de datos, adicionalmente a 1.7 Mbytes de memoria RAM.

Cada estación tiene impulsores duales de discos flexibles de 8", para carga o copia de la base de datos o recetas.

Se tiene opción para Disco Winchester de 8 y 32 Megabyte, cuando se requiere almacenamiento masivo de información.

A través del teclado se puede operar en 8 modos distintos:

En línea; operación (o modo normal de corrida), Tendencias Gráficas, Sistemas de Manejo de Información (MIS), y carga/vaciado (Dump/Reload).

Fuera de línea; configuración, utilidad y funciones programables.

En operación, la estación puede proveer de hasta 40 vistas panorámicas (overview), cada una con hasta 192 puntos, 16 puntos de cada 12 grupos; hasta 245 grupos, cada uno manejando 16 puntos en formato analógico de barras (o mensajes para lógica); y despliegues de detalle para cada función de Control del Sistema.

En detalle, cada función de control PID, tiene tendencias en tiempo real, con ajuste del eje del tiempo de 45 minutos, 90 minutos, 24 horas ó 90 segundos; para un máximo de 115 puntos.

Hasta 34 puntos en alarma, se pueden desplegar continuamente, en la columna de la derecha de la pantalla, presentadas dependiendo de su orden de severidad.

Oprimiendo sólo un botón, el operador puede obtener, vistas de detalle, grupo o panorámicas (overview), relacionadas con el despliegue seleccionado, el operador puede modificar o cambiar cualquier parámetro del proceso, no restringido en la configuración inicial.

Modo de Tendencia/impresiones (TREND/LOG)

Cuando una estación tiene la opción de disco Winchester, se puede contar con tendencias históricas y generación de reportes.

Los despliegues pueden generar tendencia de 4 variables analógicas y 4 variables digitales simultáneamente, con bases de tiempo de 5 ó 10 min. 1, 10, 30 ó 178 horas.

Cada despliegue muestra 300 valores de cada variable sobre el eje x (esto es, intervalos de 1 segundo para 5 minutos, 6 minutos para escala de 30 horas).

Es posible con el auxilio del cursor regresar en el tiempo, para examinar lo ocurrido una semana antes, o bien se pueden guardar registros en el disco flexible.

Cualquier estación del operador puede desplegar tendencias residentes en cualquier otra estación del operador.

Gráficas: con esta opción el operador puede manipular variables control con un despliegue gráfico en pantalla, en la misma forma que con un despliegue de grupo.

Al seleccionar un punto en pantalla, este cambia de color, o bien, se encuentra en alarma, adquiere color rojo. En el disco Winchester se pueden almacenar unas 100 gráficas.

Sistema de información Gerencial (MIS)

Al igual que en cada controlador, es posible, incluir una computadora "personal", para cálculos, optimización y reportes.

Para la programación se utiliza un lenguaje similar al Basic. MODO DE CONFIGURACION: en este modo, el ingeniero instrumentista "diseña" originalmente el sistema de control, fuera de la línea, creando completamente la base de datos de una o más estaciones del operador; y por cada controlador. A través del Teclado, se hace la asignación de los algoritmos y parámetros asociados, los puntos son etiquetados, y los elementos son alambrados por ^{pro}gramación "softwiring".

MODO DUMP RELOAD:

Después de que la interconexión en el sistema ha sido verificado en los despliegues, el modo "D/R" permite cargar los datos apropiados en las memorias de los microprocesadores de la estación del operador, y en cada controlador.

Este modo también permite "subir" datos a un disco flexible.

MODO DE UTILIDAD:

Este modo permite realizar operaciones fuera de línea que no se realizan convenientemente en otros modos, tal como diagnósticos fuera de línea, copia de discos, despliegues de convergencia, ajuste de la estación.

REDUNDANCIA:

La redundancia y respaldo es esencial en un sistema de control distribuido. Por ejemplo en una pista de datos debe hacer al menos dos estaciones del operador, para que una tome el respaldo de la otra o viceversa, los controladores pueden ser respaldados totalmente en parte, por otros controladores en la pista de datos. Finalmente para máxima seguridad, existen las estaciones de control-automático-manual que pueden tomar el control de lazos críticos.

LOOP OPTICO:

La pista óptica es inmune a interferencia eléctrica, loops de tierra (aterrizamientos), intrínsecamente segura en áreas peligrosas y aceptando a través de conexiones a pista de datos eléctrica, hasta 32 estaciones. Puede tener un perímetro máximo de 6,100 mts.

Esta comprendido de dos cables de fibra óptica consistentes de núcleo de 100 micrones y protegido con aislamiento protector, la cubierta es retardante de flama y trabaja sobre un rango de - 20 a 85° C.

Los datos viajan en forma de pulsos luminosos, en direcciones opuestas (con las manecillas del reloj y contra las manecillas del reloj), entre pares secuenciales de acopladores (OEI's).

La máxima longitud entre acopladores es de 2010 mts., aproximadamente.

El acoplador se puede considerar como un nodo, ya que es el punto al cual se conectan las estaciones, ya sean del operador o controladores. Ver la figura anexa.

CIRCUITO ELECTRICO MULTICAIDA:

Los acopladores amplifican la señal óptica, pero además funcionan como convertidores, trasladando pulsos de datos digitales de señales ópticas a eléctricas viceversa.

En cualquier punto en el que una estación del operador, una interfase a computador, un controlador, se conectan a la pista de datos, se requiere un par de OEI's, o bien enlace en cadena (tipo margarita) o conexión serie. Se pueden enlazar hasta 15 estaciones en 61 mts.; sin embargo, la falla de una estación no afecta la transmisión de datos de las otras estaciones de la cadena.

COMUNICACION:

Cada estación del circuito local eléctrico, tiene una tarjeta de microprocesador, y un modem, para acceso a la pista de datos. Los datos se transmiten a una velocidad de 500 Kbaud, para modular se usa FSK (Frequency Shift Keying) a tres frecuencias 2 Mhz para el preámbulo, 1 Mhz para el "cero lógico" y 0.5 Mhz para el "1" lógico, para indicar el fin

de mensaje, al fin de los pulsos, se usan tres pulsos de 0.5 microsegundos, seguidos de 1.5' microsegundos de tiempo fuera. El modem selecciona los trenes de pulsos de información recibidos correctamente.

En la figura anexa puede verse la redundancia, en la pista de datos, aún cuando ambos cables se rompieran entre dos OEI'S consecutivas, se mantiene la comunicación en el sistema.

En la hoja siguiente se presentan las especificaciones del sistema global de comunicación óptica.

DIRECCIONAMIENTO DE ESTACIONES:

En la pista de datos, las estaciones hacen preguntas y las responden a otras estaciones, como sea requerido. Cada estación tiene una oportunidad de hacer preguntas y se convierte en "maestra" (master, en ese momento todas las otras estaciones pueden responder potencialmente.

Cuando una estación es maestra, tiene un intervalo de tiempo fijo, para hacer preguntas y recibir respuestas. Cuando la estación ha terminado transacciones o se ha terminado su tiempo, el mastership se pasa a otra estación en una secuencia predeterminada lógica. Esto continua hasta que todas las estaciones tienen acceso a la pista de datos. El intercambio del "mastership" es llamado "token-passing", y consiste en una serie de mensajes entre dos estaciones. El Token es un símbolo conceptual de mastership. Con este concepto, se tiene un uso eficiente de la pista de datos, aún en condiciones de alto tráfico de datos, en un gran sistema.

La pista de datos se divide lógicamente en tres espacios o direcciones: Un "loop" de alto tráfico y dos loops de bajo tráfico. Al alto tráfico se asignan los monitores, estaciones del operador y las interfases a computadoras, dado que estas estaciones generalmente requieren grandes cantidades de datos. El rango de direcciones es de 1 a 31.

Los controladores generalmente no manejan grandes cantidades de datos, pero requieren acceso a la pista de datos cada medio segundo, debido a que

sus algoritmos operan a una velocidad de 1/2 segundo (actualización). Aquí se asignan direcciones en uno de los loops de bajo tráfico, para balancear la carga de tráfico. Las direcciones del Loop A son 32 a 47 y en Loop B de 48 a 63.

La comunicación se inicia a través del sistema monitor, con la más pequeña de las direcciones en las estaciones. Esta tiene le "master". Cuando el master completa todas sus transacciones, o termina su tiempo pasa el mastership a la siguiente estación en línea, es decir, a la estación que tenga la siguiente dirección. Si la estación no está presente por alguna causa, la estación maestra trata las direcciones sucesivas en su loop, hasta que recibe respuesta y pasa el Token. Cambiando el "master" el Token rota de estación a estación en el loop de alto tráfico, hasta que ha transcurrido 1/4 de segundo. Entonces pasa a la estación presente con la mínima dirección, en alguno de los 2 loops de bajo tráfico, en secuencia de direcciones. La última estación en el loop de bajo tráfico, regresa el Token al loop alto a la siguiente estación (según el número de dirección), después de la que cedió el Token al loop bajo.

El Token continúa rotando en el loop alto por 1/4 de segundo y después pasa a la estación con el mínimo número de dirección en el otro loop de bajo tráfico.

En cada estación el Token se mantiene mientras tiene transacciones, si no tiene nada que responder, el Token pasa inmediatamente a la siguiente estación presente en línea.

Está garantizado que cada estación en el loop de bajo tráfico, tiene acceso al token cada 1/2 segundo.

Es conveniente hacer un balanceo de carga entre los dos loops de tráfico bajo, para hacer más eficiente la comunicación, es decir, asignar la mitad de controladores en el loop A a las direcciones 32 a 47 y el resto en el Loop B con direcciones 48 a 63.

ESTACION DEL OPERADOR:

A) Hardware. Ver figura anexa

Los blocks funcionales son los siguientes:

Paquete MULTIBUS & MODERM: Es el archivo de la lógica central, todos los procesadores están contenidos en este paquete.

MONITOR CRT: Contiene el CRT y la circuitería analógica asociada además de las fuentes de poder.

TECLADO: Contiene el ensamble con interruptores de tecla y lógica decodificadora.

ALMACENAMIENTO MASIVO: Dos impulsores de disco flexible, con programas y datos, opcionalmente disco Winchester.

SUBSISTEMA DE POTENCIA: Generación de todos los voltajes DC, para el sistema, excepto CRT.

OEI'S: Interfases acopladoras para conectar la pista de datos optica.

El Multibus es el enlace de comunicación en el sistema, entre las tarjetas lógicas tales como los multiprocesadores, los generadores de despliegue, y el controlador de discos.

Las tarjetas multiprocesadoras están divididas en dos categorías, maestras y esclavas, controlan el bus del sistema y mantienen el comando de las líneas de direccionamiento.

La tarjeta generadora de despliegues es esclava, sólo puede ser direccionada por una tarjeta maestra.

El esquema de contención en el Bus es a través de prioridad paralela, con arbitrio determinado por el reloj del bus generado por la Tarjeta Ama de llaves (Housekeeping).

El Bus del sistema incluye las siguientes señales:

21 líneas de dirección, 16 líneas de datos bidireccionales, 8 líneas de

interrupción, líneas de comando del bus, líneas de requisición y prioridades. Se describen las tarjetas del multibus brevemente a continuación.

- Ama de Llave (Housekeeping): contiene el circuito de prioridad rotatoria paralela, el reloj de tiempo real, sensado de estado.
- Controlador de Disco: es el acceso a los impulsores de disco, es una tarjeta basada en microprocesador, esclava, recibe instrucciones para acceso a discos de cualquier maestra. Pasa datos entre los impulsores de discos y cualquier memoria residente en el multibus.
- Display I, tarjeta que acepta teclados para construir despliegues en la primer pantalla CRT.
- Alarm UMP: procesamiento de alarmas en el sistema y maneja el impresor de alarmas y contactos de alarma.
- HHUMP1, una de 4 tarjetas usadas para comunicación de hasta 4 pistas de datos y memoria común.
- Generador de Despliegues 1: maneja el primer CRT, contiene el refresco de memoria de la pantalla y la lógica y señales de tiempo al monitor.
- Videotrend de Direccionamiento por Puntos: provee la dirección por puntos de la memoria del primer CRT.

La tarjeta es esclava al primer generador de despliegues.

Los datos en su memoria se combinan con los datos del generador de despliegues para crear despliegues combinados de caracteres e imágenes con direccionamiento por puntos.

- Trend/Log (UMP): colecta datos de tendencia y los almacena en el disco Winchester.
- Modem de la Pista de Datos: permite a la tarjeta HH tener acceso a su pista de datos eléctrica (puede haber hasta 4 Modems en la estación)

- Display 2: (UMP) para construir despliegues en la 2a. CRT.
- Generador de Despliegues 2: maneja el 2o. monitor CRT.
- MIS (UMP). Un intérprete de lenguaje de alto nivel para programas de usuario.
- EIA: Interfase para computadora anfitriona con saludo (handshaking) para RS-232, RS-499.

RV/tag'

Algorithms

Functional Description



Introduction

A key to the versatility of MAX 1 Distributed Control is the wide range of functions available. In addition to the conventional analog-control functions, a complete set of motor-control and logic-control functions can be provided for programmable logic control operations normally associated with batching and safety interlocking. Functions specifically designed for data acquisition, and for use on the data highway, are also included. (All algorithms can be operated in a DDC mode from a host computer over the data highway.)

A summary of the algorithm selections is tabulated at right.

Algorithm Selection

Loop Control

PID
 PID Supervisory
 PID Ratio
 PID Gap
 Auto/Manual Bias
 Adaptive Tuning
 Participation

(Choice of Current Output or Triac Switching)

Loop Auxiliary

Summer
 Multiplier
 Divider
 Calculator
 Mass Flow
 Integrator
 Lead/Lag
 Real Alarm
 Override
 Select

Logic Control

Logic Function Sequencer
 Digital Status and Alarm
 Time Delay
 Valve Controller
 Motor Controller
 Positioner
 Ramp Generator
 Event Counter
 Bit Receive

Dedicated Backup (Any Function)

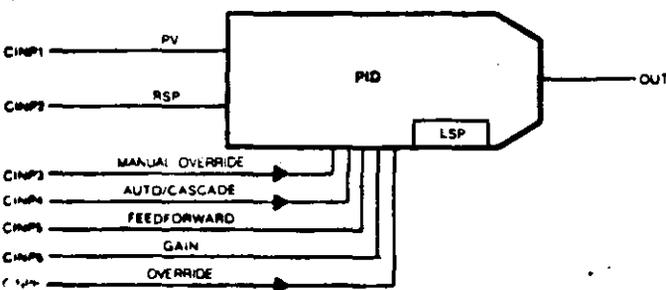
Control Algorithms

01 PID CONTROLLER

The PID Controller algorithm executes basic PID control (proportional, integral, derivative), with adjustable proportional, reset or rate values in any combination. The controller can provide bumpless transfer into and out of cascade mode (initialization capability). PV tracking, direct- and reverse-acting output, direct- and reverse-acting display, and set-point ramping (for smooth set-point change) can be specified.

By proper configuration, the PID Controller can be made to execute a weighted error-squared algorithm. The controller also has built-in process-variable and deviation-alarm capability, as well as output limiting.

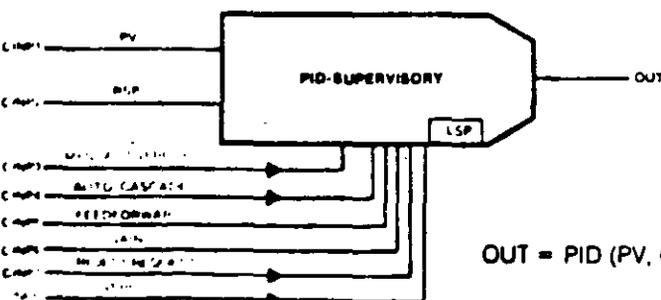
Manual override (automatic transfer relaying), set-point clamping, and automatic mode-switching on the basis of logic conditions within the MAX 1 Controller, plus feed forward capability, are also provided.



$$\text{OUT} = \text{PID}(\text{PV}, \text{SP}) + \text{Feedforward}$$

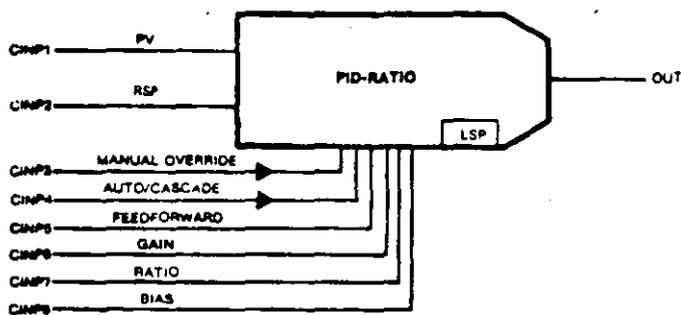
05 PID SUPERVISORY CONTROLLER

The PID Supervisory Controller algorithm provides all the basic capabilities of the PID Controller, except that its computer-mode operation uses the computer transfer word as a working set point, rather than an output value.



$$\text{OUT} = \text{PID}(\text{PV}, \text{Computer Set Point}) + \text{Feedforward}$$

02, 03, 04 PID RATIO CONTROLLER



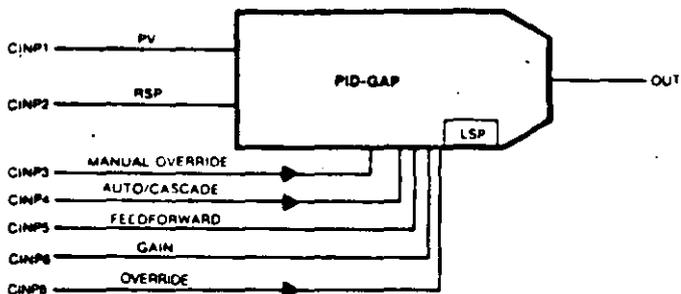
$$OUT = PID (PV, RSP \times Ratio + Bias) + Feedforward$$

The PID Ratio Controller algorithm executes basic PID control but, in the "cascade" mode, uses a working set point formed from the ratio times the remote set-point input (RSP), plus a bias term.

To provide automatic balancing of ratio loops, three initialization forms are provided. While in automatic mode (not using the remote set point) or manual mode the process-variable input can be back-calculated to provide bumpless transfer into, or out of, ratio control (02). Alternatively, either the ratio term (03) or the bias term (04) used to compute the working set point can be made to "float", so that the process-variable input, when executed through the ratio expression, equals the local set point currently used.

Each of these forms of initialization provides a different characteristic, but all lead to bumpless transfer to ratio control. In addition, the working set point can be biased from an external signal.

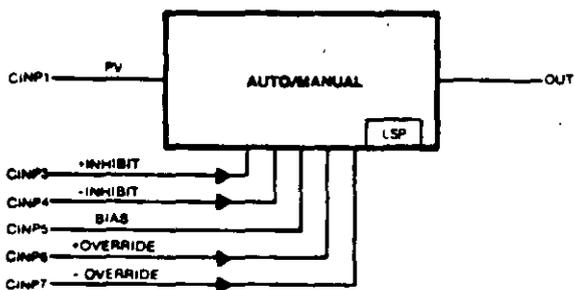
The Ratio Controller has all the optional capabilities of the basic PID controller.



$$OUT = PID (\text{Modified Deviation}) + Feedforward$$

06 PID GAP CONTROLLER

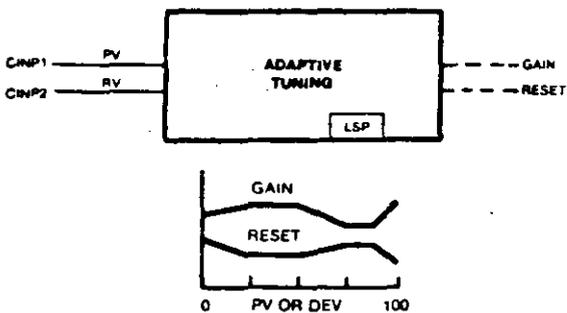
The PID Gap Controller algorithm provides the basic capabilities of the PID Controller, with the addition of a second gain (at an adjustable preset value) within a deviation zone around zero. This second gain can be set at zero value, if desired.



$$OUT = PV + Bias + \text{External Bias}$$

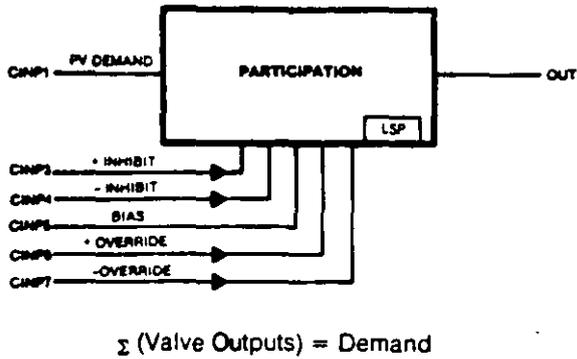
11 AUTO/MANUAL/BIAS

The Auto/Manual algorithm permits biasing the input signal in the automatic mode; in the manual mode, the output is under direct control of the operator. Explicit raise/lower inhibits and overrides are provided, to permit sophisticated interlocking control strategies.



31 ADAPTIVE TUNING

The Adaptive Tuning algorithm is a special form of function generator which—rather than producing an output—dynamically adjusts the tuning parameters of a specified PID controller algorithm. The two tuning parameters—gain and reset—are adjusted on the basis of piece-wise linearization, depending upon the value of the PV input, or its deviation from a target, to the Adaptive Tuning algorithm.

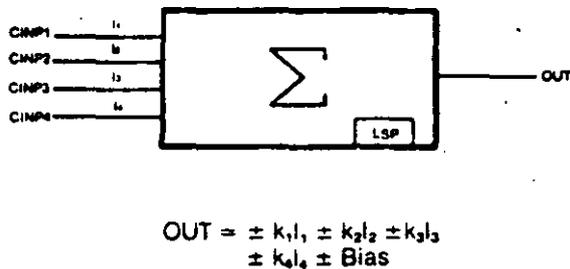


12 PARTICIPATION

The Participation algorithm permits the output of a single controller to operate up to eight valves, in a participation strategy, to maintain total demand. The outputs of the valves are maintained in a specified ratio and bias, until one valve reaches its hard end-point limit.

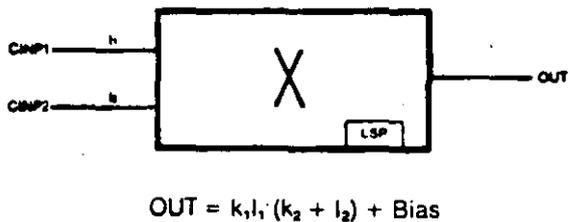
The Participation algorithm can be specified to maintain ratios and reduce demand at this point, or to maintain demand by failing to observe the strict ratio of the output channels. In addition, the Participation algorithm provides feedback to the primary controller (its input source) to prevent windup should all valves reach their limits.

Loop Auxiliary Algorithms



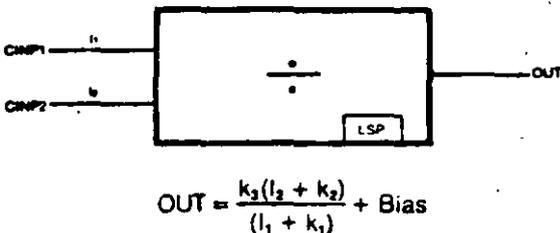
13 SUMMER

The Summer algorithm provides a conventional four-input weighted sum, with bias. It can also provide a non-conventional relative sum, in which the output represents a percent (the value of the sum divided by a specified limit). If initialization is specified, the Summer will back-calculate its input 1 to maintain proper bumpless transfer.



14 MULTIPLIER

The Multiplier algorithm forms the product of its two inputs, i_1 and biased i_2 , and adds a bias. If initialization is specified, Input 1 is back-calculated to maintain bumpless transfer.



15 DIVIDER

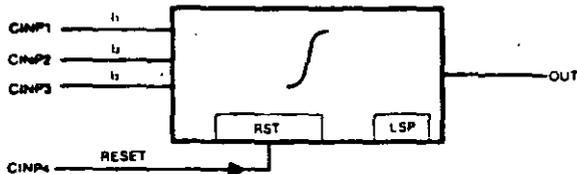
The Divider algorithm provides division of Input 2 by Input 1 and adds a bias. If initialization is specified, Input 1 will be back-calculated to maintain bumpless transfer of upstream controller algorithms.



$$OUT = k_1 \sqrt{\frac{I_1(I_2 + k_2)}{(I_3 + k_3)}}$$

16 MASS FLOW

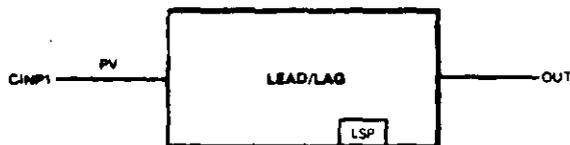
The Mass Flow algorithm computes the mass flow of a compressible fluid, using an expression based on the Ga Laws Compensation for absolute temperature and pressure are included in the computation. Low-flow cutoff is available on Input 1.



$$OUT = \int_0^t (k_1 I_1 + k_2 I_2 + k_3 I_3) dt$$

17 INTEGRATOR

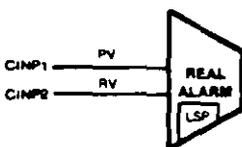
The Integrator algorithm provides the weighted time integration of up to three inputs, and maintains the integrated value in a special holding register which can be read out at the CRT. In addition to the three analog inputs, it accepts a digital input which can reset the output to a preset value.



$$OUT(S) = \frac{(1 + T_{Lo}S)}{(1 + T_{Lg}S)} I(S)$$

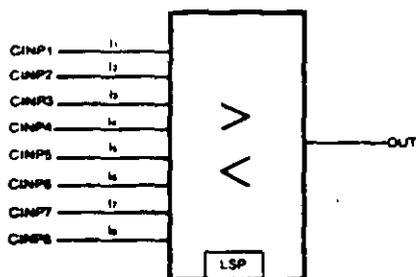
18 LEAD/LAG

The Lead/Lag algorithm provides conventional lead/lag action, with variable lead and lag time-constants.



20 REAL ALARM

The Real Alarm algorithm permits multiple-level alarm on process inputs or other variables. It provides not only high and low alarms, but also high-high, low-low and rate-of-change alarms. As with all algorithms, alarm-status condition bits can be channeled to the digital I/O drivers.

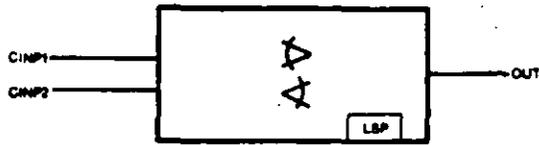


$$OUT_{Hi} = \text{Max Input}$$

$$OUT_{Lo} = \text{Min Input}$$

24, 25 OVERRIDE

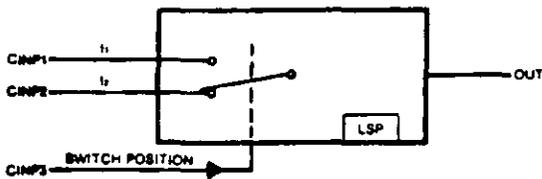
The Override algorithm selects the minimum (25) or maximum (24) of up to eight inputs as its output. Non-selective inputs can be prevented from deviating from the value of the output by more than the override limit (a constant specified by the user), to prevent windup of upstream controllers.



OUT_{Upper} = Max [I₁, I₂]
 OUT_{Lower} = Min [I₁, I₂]

21, SELECT
22

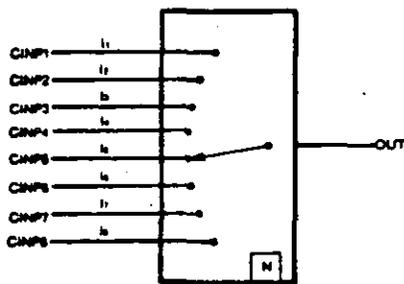
Like the Override, the Select algorithm selects maximum (21) or minimum (22) of its inputs, using weighted values of Input 1 and Input 2.



OUT = Selected Input

23 TWO-POSITION SWITCH

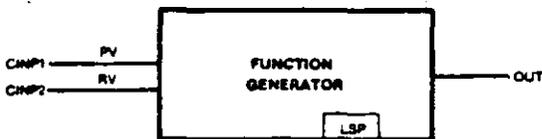
The Two-Position Switch algorithm selects as its output one of two weighted inputs, on the basis of the state of a digital input.



OUT = Selected Input

26 EIGHT-POSITION SWITCH

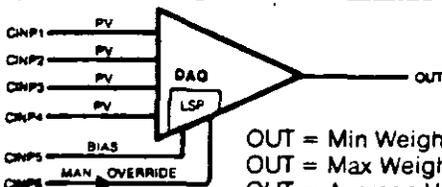
The Eight-Position Switch algorithm selects as its output one of up to eight inputs, on the basis of the Local Set Point, which must be an integer value of 1 through 8.



OUT = Fn(I₁, I₂)

07,
08, FUNCTION GENERATORS
09,
10

Four Function Generator Algorithms provide a variety of function characterizations on the PV input, or on the deviation of the PV from a target value. These include an S-curve function (07), a four-segment function (08), a polynomial function (09) and an exponential function (10).



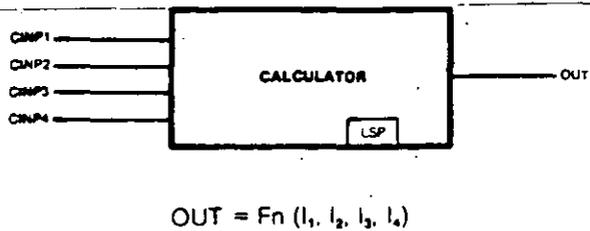
- OUT = Min Weighted Input
- OUT = Max Weighted Input
- OUT = Average Value of All Inputs Used
- OUT = Median Weighted Input

27 DATA ACQUISITION

The Data Acquisition algorithm provides the means for maintaining conversion data and current values of up to 4 analog inputs, for indication at the Operator Station or other control purposes. Optional manual output capability is provided. Four functions are available, with weighting factors on the inputs.

RV/tag'

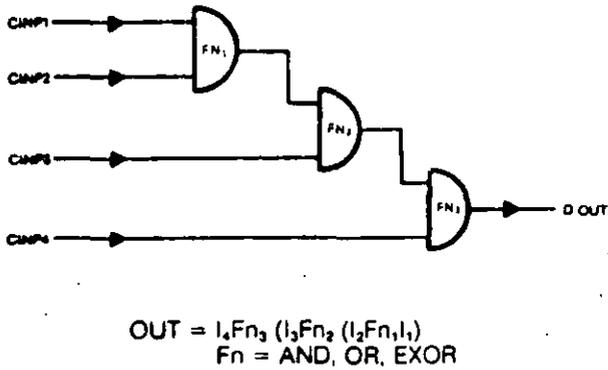
Batch Logic Control Algorithms



28 CALCULATOR FUNCTION

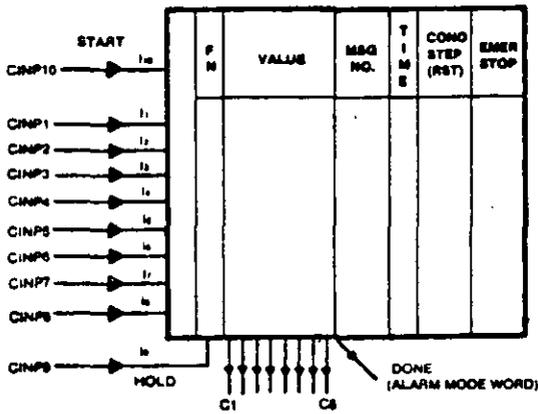
A variety of preselected functions involving a choice of constants which can be used for creation of specific signal manipulation. One such example is

$$OUT = \frac{k_1(I_1 + k_2)(k_3 + k_4I_2 + k_5I_3)}{(k_6 + I_4)}$$



34 LOGIC FUNCTION (4-Channel)

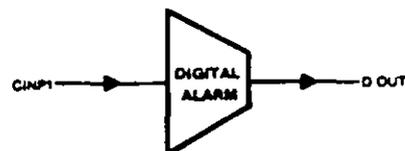
The Logic Function algorithm provides four independent, four-input, hierarchical logic functions. Relatively complex logical functions may be simulated in each of the four channels of this algorithm. Each of the three gates making up a channel can be programmed to perform an AND, OR or EXCLUSIVE OR function.



38 SEQUENCER

The Sequencer (Sequence Generator) algorithm essentially simulates a drum programmer, through the use of digital firmware. It consists of eight steps of sequence, controlling eight status outputs. For each sequence step, the condition of the eight outputs, a message, a step-sequence time, and reset or emergency-stop jump conditions can be specified. Eight digital inputs may also be specified to operate independently, or in conjunction with step time, to indicate when the Sequencer should advance to the next sequence condition.

Unlike drum programmers, this algorithm provides a "conditional jump". During execution of a sequence step, a specific logical condition is monitored; if the condition occurs, the conditional jump will be made, outside the normal sequence. Larger sequence packages can be created by linking together multiple time slots with sequencers.



OUT = INPUT (AUTO)
OUT = Manual Control (MAN)

32 DIGITAL STATUS/ALARM (8-Channel)

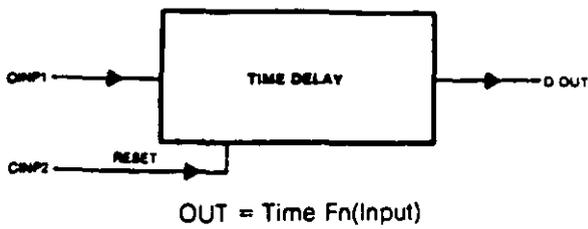
The Digital Status/Alarm algorithm provides eight independent channels of alarm, or status monitoring, of digital inputs.

Its three uses are:

To establish status messages on otherwise non-accessible digital signals, such as on/off conditions, or interlock conditions in a particular algorithm;

To establish alarm conditions on individual digital signals, including input signals from the Digital I/O Terminal Board; and

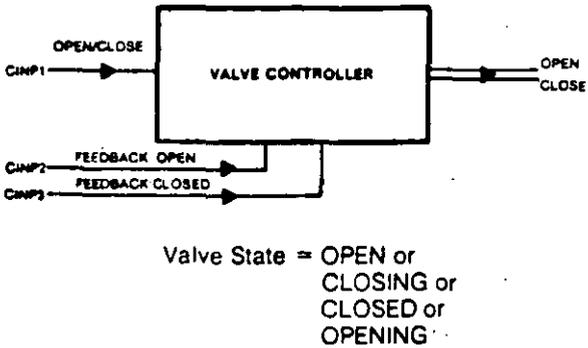
To create physical output signals at the Digital I/O Terminal Board.



33 TIME DELAY (4-Channel)

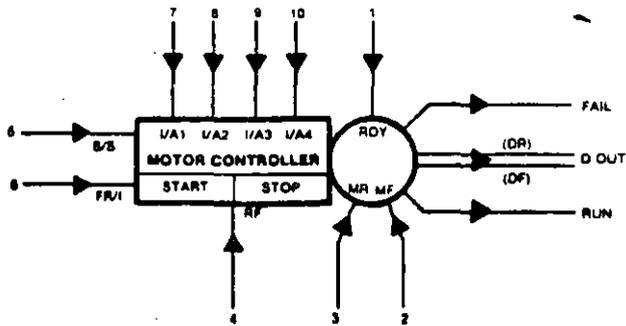
The Time Delay algorithm provides four essentially independent channels of time-delay-type functions on four digital inputs. Each of these delay functions may be specified as one of four types:

One-Shot, Retriggerable One-Shot, Condition Extend / Condition Delay.



35 VALVE CONTROLLER (4-Channel)

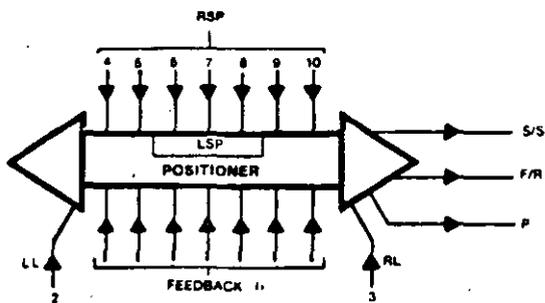
The Valve Controller algorithm provides four independent channels of valve control for solenoid-actuated (on/off) valves. Checks of position feedback and positioning time are made by the algorithm to detect failure conditions and initiate alarms.



36 MOTOR CONTROLLER (2-Channel)

The Motor Controller algorithm provides two independent channels, each representing a motor-control mechanism equivalent to approximately 25 relays in a relay ladder diagram. It consists of 10 inputs; typically, 2 are control input, 3 are feedback inputs from motor contactors or motor-speed detection devices, 4 are interlock and alarm inputs, and the last is a "ready" signal. The algorithm produces both forward- and reverse-status bit outputs, and a control-channel output to a Digital Input/Output Terminal Board to drive a motor through interposing relays.

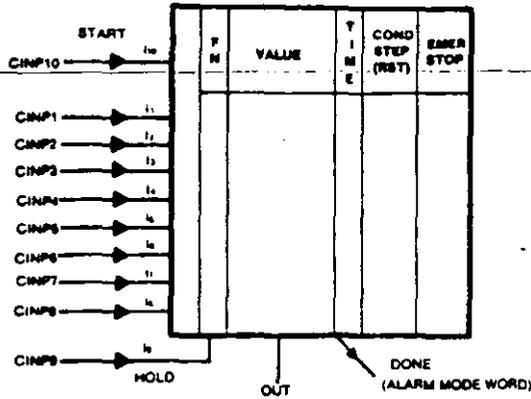
In manual mode, it responds only to "START/STOP REVERSE" from the Operator Station. In auto mode, it responds to the control signal inputs from within the loop or a motor-control device. In computer mode, it responds only to computer commands for start and stop.



37 POSITIONER (2-Channel)

The Positioner algorithm is most commonly used to produce the control signals for motor controllers. In addition to the hard right- and left-limit inputs, which cause the Positioner to stop operation of a connected device, it has feedback and remote set-point inputs which can be routed to the Positioner algorithm from Digital Input/Output Terminal Boards. In the automatic mode, it provides a position set point through the Local Set Point of the slot in which the Positioner algorithm is configured.

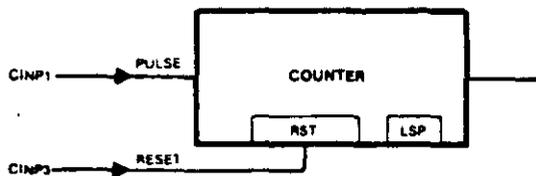
Output Position Feedback = Set-Point Position
RV/taq'



OUT = Ramp- and Soak Profile Function

39 RAMP GENERATOR

The Ramp-Generator algorithm, like the Sequence Generator, consists of eight sequential steps. In this algorithm, however, the output is a single analog value, which will frequently be used as the remote set point of a controller. For each step, the value of the "set point" can be specified as either a ramp value or a soak value. The conclusion of a sequence step can be a function of time and/or a function of a digital status input. The same conditional-step capability available in the Sequencer algorithm is provided, as are time specifications for each step. Larger programs can be created by linking together multiple time slots, each containing this algorithm.



$OUT = \sum(\text{Input Events})k_i$

41 EVENT COUNTER

The Event Counter algorithm uses a discrete input and counts the number of positive transitions.

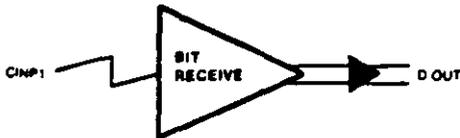
Communication Algorithms



OUT = Output of Remote Analog Point

19 ANALOG RECEIVE

The Analog Receive algorithm permits acquiring values from another controller or other station on the data highway. These may be input values, output values of primary or auxiliary slots, or local set points. The user specifies the station and point number and the particular item of data required. This function can also be achieved in any of the 248 "data points" of a controller, as well as in any time slot.



OUT = Output of Remote Digital Point

40 BIT RECEIVE

The Bit Receive algorithm provides the means to acquire 1 bits (digital input, digital output, or alarm word) from another controller via the data highway, in a technique similar to that used for the Analog Receive algorithm. This function can also be achieved in any of the 248 "data points" of a controller, as well as in any time slot.



RV/tag'

63 BACKUP

The Backup algorithm provides the means by which a controller can interrogate another controller data base to obtain dedicated backup of the entire controller file, or of selected slots.



LEEDS & NORTHRUP SYSTEMS Sumneytown Pike • North Wales, PA 19454
A UNIT OF GENERAL SIGNAL TELEPHONE: 215 643-2000 • CABLE ADDRESS "LEEDSNORTH"

We put you in control.

BIBLIOGRAFIA

Manual 277210 Rev D (PDS550)

Descripción Funcional Controlador Max 1 L&N

Manual 277254 Rev C (SL-06)

Descripción Funcional Sistema Pista de Datos Max 1 L&N

Manual 277253 Rev. C (PDS582)

Descripción Funcional Estación del Operador Max 1 L&N

Hoja de datos 277200 Rev F (SA-00)

Descripción Funcional Algoritmos Max 1 L&N.

Notas del Curso Introducción al Control de Procesos Industriales
FI UNAM. Centro de Educación Continua, 1985

DISTRIBUTED DIGITAL SYSTEMS APPLIED TO UTILITY BOILER CONTROL

Roger A. Leimbach. Steam. Nuclear Power Systems

Leeds & Northrup Co. March 1982.

DISTRIBUTED CONTROL "A STEP BY STEP APPROACH FOR MODERNIZING CEMENT PLANT
CONTROL SYSTEMS

D.M. Steelman

Leeds & Northrup Co. 1985

APLICACIONES DE LOS SISTEMAS DE CONTROL DISTRIBUIDO

B. Paredes

Industrial World. Diciembre 1985.

II.- Cuatro Ejemplos de Sistemas de Control Distribuido:

Como puede apreciarse en la siguiente secuencia de figuras, de los sistemas INFI 90 de Bailey, WDPFII de Westinghouse, los sistemas de C.D. en general están constituidos de los siguientes elementos básicos fundamentales:

- A) Estaciones de Control o de Procesamiento Distribuido Locales o Remotos
- B) Estaciones del operador ó Interfase Hombre-máquina.
- C) Medio de Comunicación.

Los elementos anteriores permanecen invariablemente en cada uno de los sistemas. Existen variaciones respecto a la complejidad de cada uno de los elementos. Dependiendo del mercado o la aplicación, los fabricantes asignan más o menos funciones a cada uno de los elementos del S.C.D.

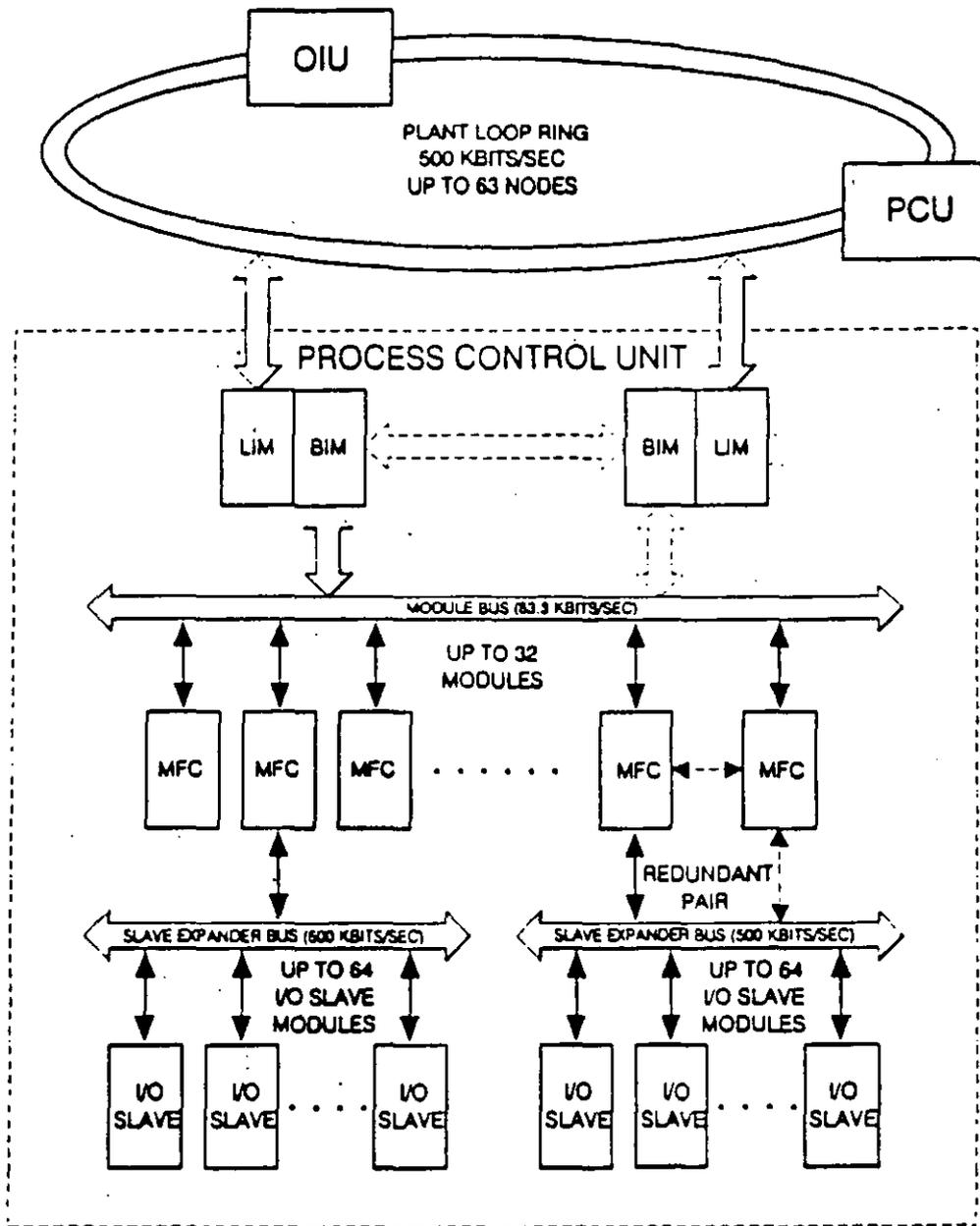
Así, puede decirse que los elementos del S.C.D. en los ejemplos anteriores pueden ser:

	<u>INFI 90</u>	<u>WESTINGHOUSE</u> <u>WDPF</u>	<u>HONEYWELL</u>	<u>L & N</u>
ESTACIONES DE CONTROL	Process Control Unit	Distributed Processing Unit	Basic Extended Multifunc.	Basic Extended Multifunc. DPU
MEDIO DE COMUNICACION	Central Ring Sub Ring	Westret II Datahighway	Datahighway	Optical & Electrical Datahighway
INTERFASE H/M	Management Command System Workstation	Historical Data Reportes Computer I/F Storage/Re Engineers Logger	Universal Station Workstation	Varios Niveles Similar a Westinghouse y a Honeywell

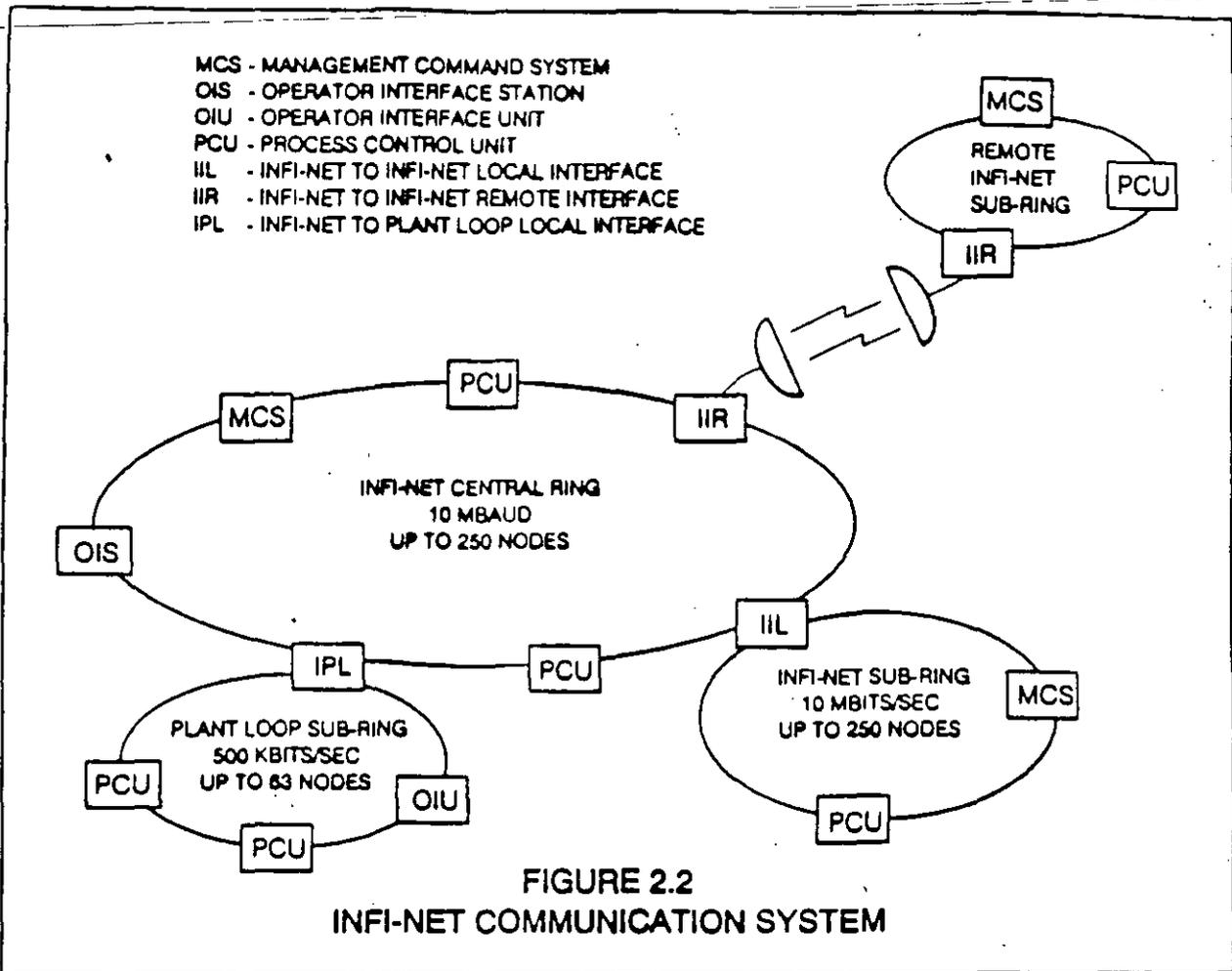
Varias cosas resaltan de la secuencia de figuras anteriores:

- (1) Los elementos básicos de un S.C.D. permanecen
- (2) Cada fabricante asigna su propia terminología a los elementos del S.C.D.
- (3) El nivel y la complejidad de las tareas asignadas en cada caso a cada elemento, origina que existan, distintos "niveles" de dispositivos para la solución de un problema particular, es decir, controladores bá-

OIU - OPERATOR INTERFACE UNIT
PCU - PROCESS CONTROL UNIT
LIM - LOOP INTERFACE MODULE
BIM - BUS INTERFACE MODULE
MFC - MULTI-FUNCTION CONTROLLER



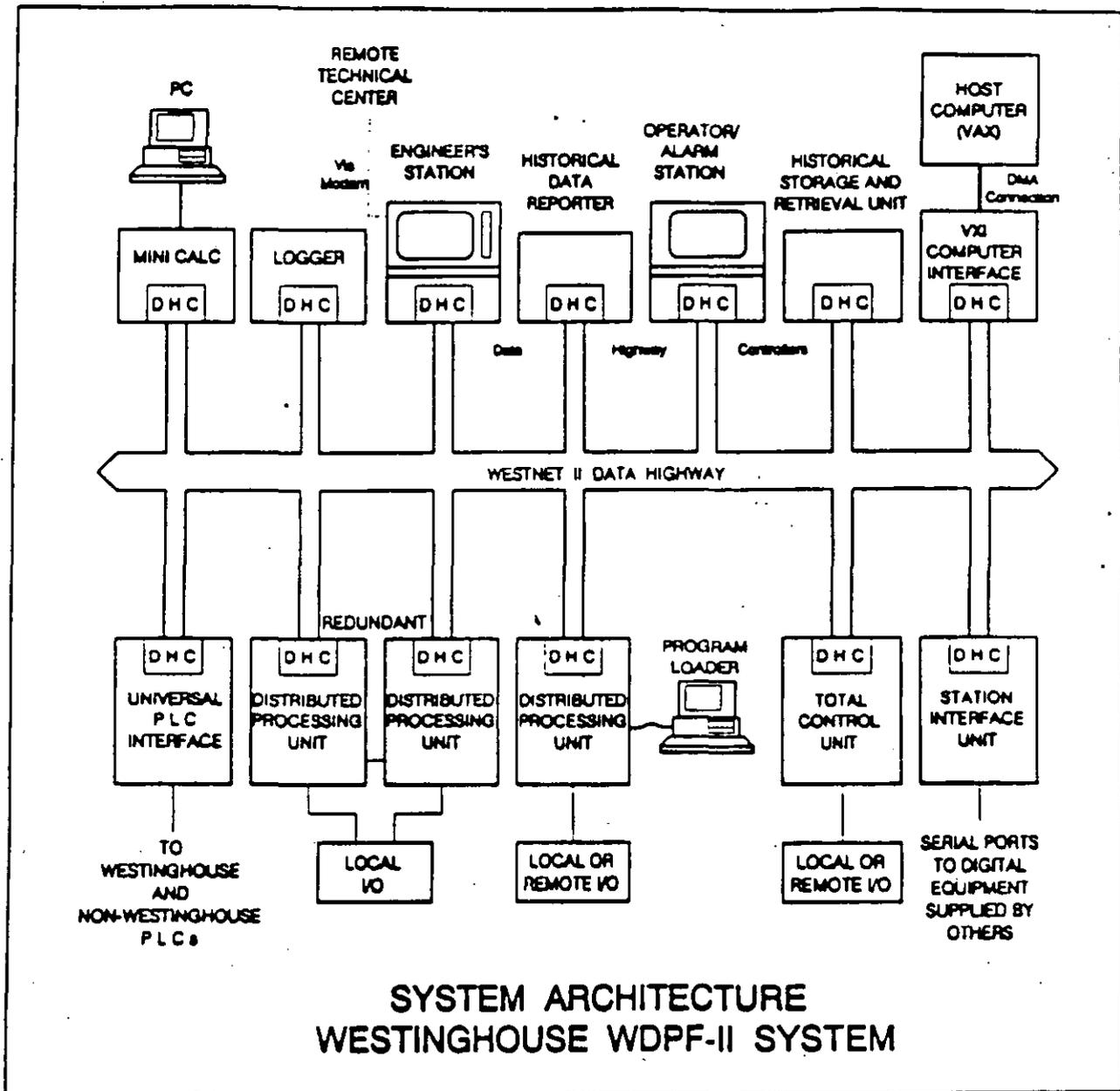
PLANT LOOP AND REDUNDANT PROCESS CONTROL UNIT ARCHITECTURE

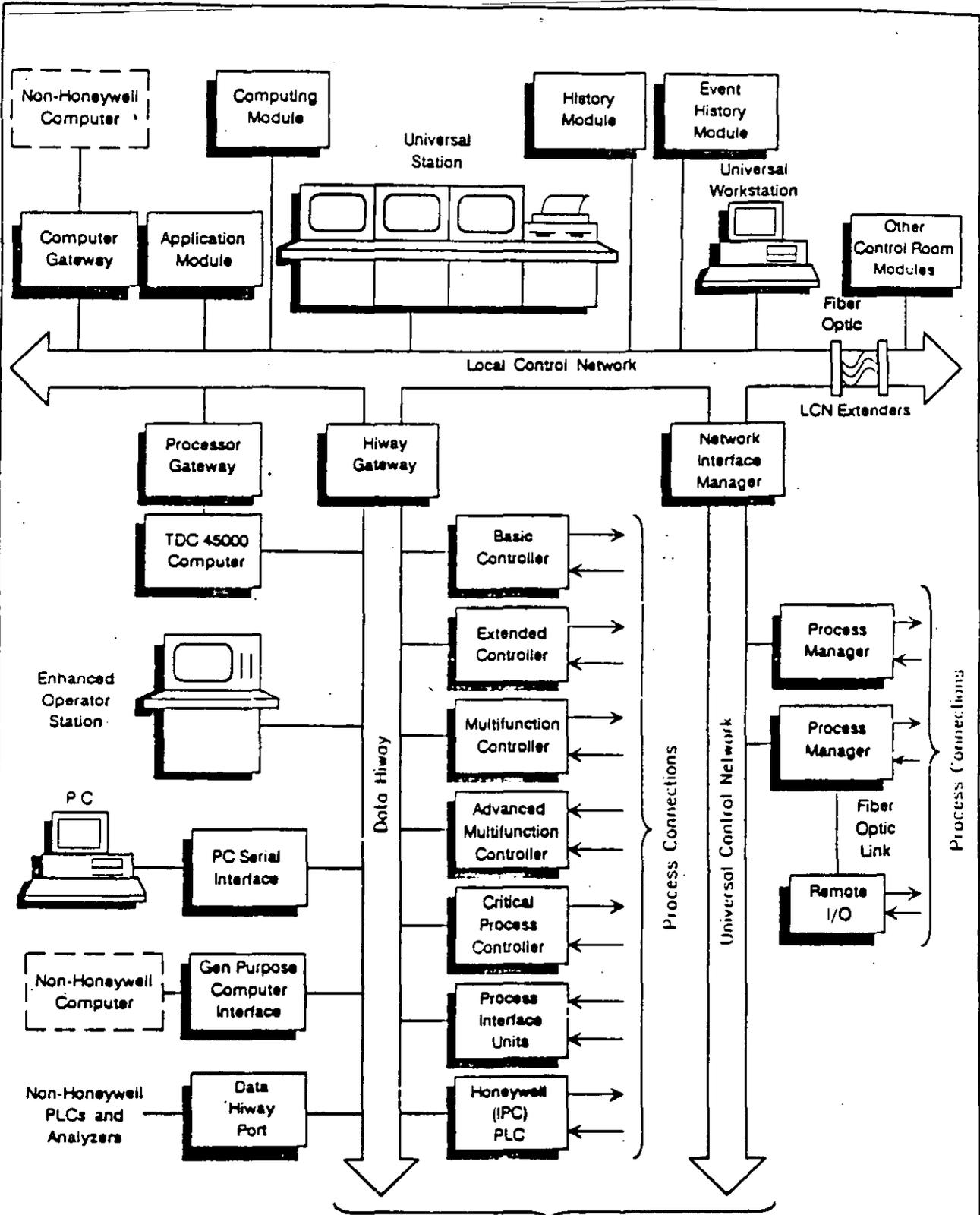


TERMINOLOGY CROSS-REFERENCE

Function	INFI 90		NETWORK 90	
	Name	Acronym	Name	Acronym
Communications	INFI-NET	---	Plant Loop	
Operator's Console*	Operator Interface Station	OIS	Operator Interface Unit	OIU
Communications Interface Module	Network Interface Slave	NIS	Loop Interface Module	LIM
Bus Interface Module	Network Processor Module	NPM	Bus Interface Module	BIM
PCU Bus	ControlWay	---	Module Bus	---
Controller	Multi-Function Processor	MFP	Multi-Function Controller	MFC
Controller I/O Bus	Slave Bus	---	Expander Bus	---
Computer Interface	Network Interface Unit	NIU	Computer Interface Unit	CIU

*In addition to the OIS and OIU, the Management Command System (MCS) is a large operator station which can be used by either INFI 90 or NETWORK 90.





Up to 20 Data Hiways or UCNs, any mix

TDC 3000 SYSTEM ARCHITECTURE

sicos, extendidos, multifunción, etc; o bien estaciones de trabajo universal, o bien separar las tareas de una estación de trabajo universal y tener una estación de gráficas, una estación de ingeniería, una estación de comunicaciones, etc.

(4) Casi en todos los casos se manejan NIVELES de redundancia diversos:

- Controlador a controlador
- Estación de trabajo a estación de trabajo
- Medio de comunicación redundante
- Fuentes de alimentación redundantes
- Interfases I/O redundantes
- Estaciones manuales

III.- Evolución de los S.C.D.

Una vez vistos someramente algunos ejemplos de S.C.D. y hecha la consideración de la permanencia de los elementos básicos, a continuación hecharemos un vistazo a la evolución de un caso particular de S.C.D.

AÑO	CARACTERISTICA SOBRESALIENTE
1980	* Primer controlador <u>con</u> algoritmos de lógica, control de lazo y secuencias tipo lote. Estación de Ingeniero local (mini estación).
1981	* Estación de registros para salvado de "recetas de control y conexión a otros registradores y computadoras (usado como I/F).
1982	* Primera pista de datos de fibra óptica. Estación del operador con gráficas interactivas.
1983	* Capacidad extendida para tendencias, archivado y registros.
1984	* Capacidad cuadruplicada del controlador en su manejo de lazos de control. Desarrollo de más algoritmos para una adquisición de datos expandida.
1985	* Interfase a computadores externos DEC tratando de abrir la arquitectura del sistema, interfaces a dispositivos externos, PLC's, cromatografos. Adquisición de datos para entradas de bajo nivel.
1986	* Computadora personal embebida con capacidad de manejo de "funciones programable". La misma capacidad al operador en las estaciones del operador.
1987	* Impulso al sistema de entrada-salidas paralelo, con incremento en la velocidad de rastreo (62.5 ms), capacidad de hasta 480 DI/O, indicación de canal, reemplazo en caliente. Interfase para IBM PC, para el uso de software existente en el mercado, lotus, etc.
1988	* Incremento de capacidad de entradas tipo pulso. Estaciones del operador con pantallas remotas y 25 pulgadas.

1992

* Estaciones de procesamiento distribuido DPU'S, micro procesadores de 32 bits 80386/486.

Discos duros de 440 MB.

Un sólo procesador para: rastreo de entradas-salidas, pista de datos, procesamiento de los datos y señal digital.

- Todos los lazos actualizados 8 veces/seg.
- Todas las funciones de adquisición de datos actualizada 2 veces/seg.
- Logica actualizada cada 10 ms.
- Procesamiento de entradas digitales cada 1 ms (usado como registrador de secuencia de eventos).

Configuración: por medio del uso de bibliotecas de "bloques de control", "bloques de datos", "bloques programables", "macrobloques".

* Estación de trabajo de operación y manejo de información.

- Ambiente de trabajo amigable windows 3.0

La siguiente secuencia de transparencias mostrará brevemente la evolución de:

- Controladores.
- Interfases Hombre/Máquina.
- Sistemas de entrada-salida.
- Algoritmos y tipos de configuración.
- Medio de comunicaciones.

Desde los sistemas originales hasta los actuales.

CONTROLADORES

<u>AÑO</u>	<u>MODELO</u>	<u>CARACTERISTICAS RELEVANTES</u>
1980	550	<p>CONTROLADOR <u>BASICO</u>: Microprocesador Z80</p> <p>CAPACIDAD: 8 Salidas de control</p> <ul style="list-style-type: none">16 Ranuras logicas para algoritmos30 Entradas analogicas 4-20 mA CD. Linearizadas120 Entradas digitales, 120 salidas digitales. <p>PERIODO DE EJECUCION: $\frac{1}{2}$ segundo.</p> <p>RASTREO DE SEÑALES ANALOGICAS: Una vez cada $\frac{1}{2}$ segundo.</p> <p>TARJETAS QUE CONFORMAN EL CONTROLADOR:</p> <ul style="list-style-type: none">(1) Regulador de 5V.(1) Regulador de 5V (respaldo).(1) Modem para pista de datos.(1) Procesador de pista de datos.(1) Puerto para miniestación.(1) Procesador de algoritmos.(1) Base de datos.(1) Tarjeta de 8 salidas: 4-20 mA.(1) Procesador de adquisición de datos digitales.(1) Tarjeta de adquisición de datos analogica.(2) Ranuras de expansion futura para modem y base de datos.
1984	552	<p>CONTROLADOR <u>EXPANDIDO</u>, MULTIPROCESADOR Z80</p> <p>CAPACIDAD: 16 Salidas de control</p> <ul style="list-style-type: none">32 Ranuras para algoritmos (Bloques tipo PID, logica, etc.)248 Bloques medianos para adquisición de datos, calculos, transformaciones. (Data Points)3000 Bloques pequeños programables por Excel, Parologica, Batch, etc.60 Entradas de alto nivel 4-20 mA.480 Entradas-Salidas digitales. Periodo de rastreo 62 - 5 ms.240 Entradas de bajo nivel (termopar, RTD) multiplexadas.Entradas digitales rastreadas 8 veces por segundo.

TARJETAS QUE CONFORMAN ESTE CONTROLADOR:

- (1) Convertidor analogico / digital
- (1) Procesador-Linearizador de entradas-salidas digitales.
- (1) Base de datos para configuración y Data Points.
- (1) Funciones programables
- (1) Procesador de algoritmos
- (1) Procesador de pista de datos
- (1) Modem
- (1) Procesador de funciones programables.
- (1) Procesador programable de comunicaciones para dispositivos externos (PLC'S, INTERFACES, etc.)
- (2) Tarjetas de 8 salidas c/u de 4-20 mA CD, Convertidor digital/analogico.

1990

DPU

SISTEMA MAX 1000

UNA SOLA TARJETA MULTIPROCESADORA.

PROCESADOR 32 BITS (386/486)

PROCESADOR DE 16 BITS Y 8 BITS

- * Entradas/salidas (8 Bits)
- * Pista de datos (16 Bits)
- * Procesador de señales digitales y algoritmos (32 Bits)
Lazos analógicos actualizados 8 veces/seg.
Funciones de adquisición de datos 2 veces/seg.
Logica actualizada cada 10 ms.
Entradas discretas: 1 ms. (secuencia de eventos)
- * Biblioteca con 48 algoritmos de control, para secuencia, control modulante en 32 funciones de control de tamaño "grande".
- * Biblioteca de 24 cálculos analógicos y digitales para hasta 248 bloques de tamaño medio.
- * Funciones programables con Excel en la misma tarjeta DPU, para implementar secuencias de control, lógica, optimización o comunicaciones según la necesidad del cliente.

CAPACIDAD:

- * Manejo de 25,000 puntos etiquetados de entradas/salidas.
- * Manejo de 10,000 elementos lógicos y 3800 lazos de control.

INTERFASES HOMBRE - MAQUINA

<u>AÑO</u>	<u>MODELO</u>	<u>CAPACIDADES RELEVANTES</u>
1980	MINIESTACION	<ul style="list-style-type: none"> * Manejo de 30 entradas analógicas. * Teclado tipo membrana con funciones fijas. * Pantallas "predefinidas" para vistas de "de talle" y grupo. * Liston de alarmas.
1982	SIN	Estación de gráfica 15 pulgadas graficas tipo barra limitadas.
1982	575	Estación de registro para discos flexibles de 8".
1983-84	580	Estación del operador. * Multiprocesador (6 Z80) * (2) Unidades de disco flexible de 8 pulgadas * (1) Disco duro 8 M. * (1) Puerto para impresora . * Manejo de 1300 puntos etiquetados para gráficas y tendencias. TARJETAS: (1) Controlador de disco (1) Procesador de alarmas (1) Procesador de Display (1) Generador de Display (1) Tarjeta analógica (1) Tarjeta (DAV) (Videodireccionable) (4) Tarjetas pista de datos (4) Modem.
1986	582	MULTIOPERADOR * Multiprocesador (10) Z80's * 1.7 Mbytes Ram. * 2 Impulsores disco flexible * Disco duro de 32 Mb. * (4) Puertos para impresora * Manejo de 4000 puntos etiquetados para gráficas y tendencias. * Dos pantallas. * Sistema de información gerencial usando Excell. * Interface a computador externo. HARDWARE: (1) Tarjeta HouseKeeping. (1) Controladora de disco

- (1) Tendencias
- (1) DAV (Dirección del Video)
- (2) Generador de Display
- (2) CPU del Display
- (1) Procesador de alarmas
- (4) Pista de datos
- (4) Modem
- (1) CPU de Sistema de Manejo Gerencial
- (1) Interface EIA para computador externo.

CAPACIDAD:

- 124 Controladores
- 4096 Puntos etiquetados
- 1200 Puntos de alarma
- 245 Vistas de grupo
- 40 Vistas panorámicas
- 105 Tendencias dedicadas.

1989 585

ESTACION DEL OPERADOR DATAPAC

- * Procesador de 32 bits.
- * 9 procesadores específicos
- * 25,000 puntos etiquetados

1989 586

PROCESADOR DE DATOS HISTORICOS

- * Manejo de 5000 alarmas y eventos
- * Hasta 45 000 puntos etiquetados
- * Reportes configurables por el usuario
- * Disco optico de 800 Mb.

1991 MAX 1000

ESTACION DE TRABAJO

CONFIGURACION: 2 pantallas como administradoras de operación: con sus procesadores gráficos.

1 pantalla como administrador de información: con su procesador de aplicaciones.

Procesador de tiempo real a 4 pistas de datos hacia el proceso.

Procesador de aplicaciones:

- * Procesador de 32 bits (80386 y superior)
- * Sistema operativo UNIX
- * 16 MB D Ram Residente
- * Cinta de respaldo de 150 MB.
- * Disco optico de 800 MB.

Manejo de * 25 puntos etiquetados
 * 5000 alarmas y eventos
 * 5000 Puntos históricos
 * 4 pistas de datos opticos

Procesador de gráficas:

- * Microprocesadro de 32 bits 80486
- * Ram de 16 MB
- * Disco duro de 440 MB
- * Graficos VGA

IV.- Conclusiones

La concepción original de los S.C.D., implicaba tanto una distribución "física" o "geográfica", como desde el punto de vista del procesamiento de los distintos algoritmos de control.

En un principio los S.C.D. se conceptualizaron como sistemas "autónomos" para realizar una aplicación específica, ya sea control tipo lote, analógico ó logico. Sin embargo, este tipo de sistemas no podía permanecer aislado de lo que sucedía en otras secciones de la planta. Algunas otras secciones del proceso o sistemas requerían de información del S.C.D. o bien, las secuencias de algoritmos, "recetas" o configuración, requerían información de otros sistemas en la planta.

Con frecuencia la capacidad del sistema quedaba corta con respecto a nuevas necesidades creadas con cambios en el proceso. Esto obligó a aumentar las capacidades de procesamiento así como a el desarrollo de interfaces de comunicación a otros computadores o dispositivos tales como PLC'S, etc.

Las estaciones del operador que originalmente pretendían manejar en un solo paquete tanto los datos, alarmas, etc., así como gráficos, tendencias, configuraciones, optimizaciones, etc., con el tiempo, evolucionaron a un esquema en el cual se utilizan procesadores y pantallas dedicadas para una función específica, ya sea manejo de gráficas, vistas de la planta, etc.

Por su parte los controladores aumentaron su capacidad pero también se incrementaba el número de tarjetas necesarias para realizar las nuevas funciones. Con el advenimiento de microprocesadores más veloces y poderosos, en la actualidad se utiliza un sólo dispositivo de control que realiza en una sola tarjeta todas las funciones: manejo de entradas-salidas, enlace con la pista de datos, procesamiento de la información (algoritmos).

Entonces puede pensarse que el concepto de Distribución o modularidad ha cambiado con el tiempo, y si bien en algunos casos como en las interfaces H/M, se han asignado tareas dedicadas, distribuyendo las funciones que hacia una sólo máquina, en el caso de los controladores, se ha regresado al concepto de un sólo elemento que hace todas las funciones en una sólo tarjeta.

Esto ha sucedido con el sistema del cual discutimos su evolución. No pretendemos que sea una verdad única y esta situación sea la misma para todos los fabricantes.

Para finalizar solamente podríamos sugerir que la tendencia en todos los equipos es realizar más funciones, más rápido y con un manejo de la información más adecuado desde el punto de vista gráfico, tabular, etc.

Sin embargo, como una opinión personal del realizador de estas notas, ¿Cuál será el límite?, el manejo de la información y la presentación de la misma, en cantidad y forma, tal vez nos ha apartado de la idea básica de los sistemas pioneros de control analógico individual, cuya función básica y primordial era controlar. La evolución continuará, y tal vez algún día regresemos al punto de partida.



FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

INSTRUMENTACION ELECTRONICA DE PROCESOS INDUSTRIALES

CONTROL DISTRIBUIDO APLICACIONES
CONTROL DE CENTRALES TERMoeLECTRICAS

ING. ALEJANDRO GALVAN ESPINOSA,

CONTENIDO

- I. CONTROL DE CENTRALES TERMoeLECTRICAS
 - 1. INTRODUCCION
 - 2. BREVE DESCRIPCION DEL PROCESO

- II. FILOSOFIA DE CONTROL
 - 1. FUNCIONES DEL SISTEMA DE CONTROL
 - 2. OBJETIVOS DEL SISTEMA DE CONTROL
 - 3. DISTRIBUCION FUNCIONAL
 - 4. ESTRUCTURA JERARQUICA

- III. DESCRIPCION DE UN SISTEMA DE CONTROL DISTRI-
BUIDO APLICADO A CENTRALES TERMoeLECTRICAS

I. CONTROL DE CENTRALES TERMOELECTRICAS

1. INTRODUCCION

EL CRECIMIENTO CONSTANTE EN LA DEMANDA DE ENERGIA ELECTRICA HA PROVOCADO QUE LA INDUSTRIA DE GENERACION AFRENTE LOS PROBLEMAS DERIVADOS DE ESTE CONSTRUYENDO CENTRALES CADA VEZ MAS GRANDES, LA TENDENCIA ACTUAL EN ESTE SENTIDO ES A CONSTRUIR CENTRALES TERMOELECTRICAS CON CARACTERISTICAS NORMALIZADAS Y QUE UTILIZEN TECNOLOGIA AVANZADA PARA CUMPLIR CON EXIGENCIAS DE DISPONIBILIDAD Y SEGURIDAD.

LO ANTERIOR HA OCASIONADO QUE LAS CARACTERISTICAS DE LOS SISTEMAS DE CONTROL PARA ESTAS CENTRALES SE ADECUEN A LAS NECESIDADES DE ESTA INNOVACION, REQUIRIENDOSE SISTEMAS MODERNOS, BASADOS EN MICROPROCESADORES Y DE GRAN ALCANCE.

LA OPERACION DE UNA CENTRAL TERMOELECTRICA ES COMPLEJA Y REQUIERE DE PERSONAL ALTAMENTE CAPACITADO, A PESAR DE DISPONERSE DE EL, LOS ERRORES HUMANOS SON INEVITABLES Y LA CAPACIDAD DE LOS OPERADORES ES FINITA, POR LO QUE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMATICO QUE AYUDE A RESOLVER ESTOS PROBLEMAS ES INDISPENSABLE, ADEMAS EL USO DE SISTEMAS DE CONTROL INTEGRALES FACILITA EL FUNCIONAMIENTO OPTIMO DE LA PLANTA, AJUSTANDO AUTOMATICAMENTE LOS PARAMETROS DE OPERACION IMPORTANTES Y PROPORCIONANDO INFORMACION ACERCA DEL ESTADO DE LOS EQUIPOS, HACIENDO MAS SIMPLE LA LOCALIZACION DE FALLAS Y DISMINUYENDO LOS TIEMPOS DE REARRANQUE .

EL GRAN DESARROLLO DE LA ELECTRONICA DIGITAL EN LOS ULTIMOS TIEMPOS HA DESEMBOCADO EN SU APLICACION INDUSTRIAL SIENDO LA DE MAYOR ALCANCE LOS SISTEMAS DE CONTROL DISTRIBUIDO, ESTOS INTEGRAN TODAS LAS CAPACIDADES NECESARIAS PARA REALIZAR EL CONTROL DE UNA CENTRAL TERMOELECTRICA Y SU USO EN LA ACTUALIDAD ES COMUN PARA ESTA APLICACION.

EN MEXICO EN LA ACTUALIDAD SE ENCUENTRAN EN LA FASE FINAL DE PROYECTO VARIAS CENTRALES AUTOMATIZADAS CON SISTEMAS DE CONTROL BASADOS EN MICROPROCESADORES Y LA TENDENCIA ES HA USAR ESTOS PARA PROYECTOS FUTUROS.

2. BREVE DESCRIPCION DEL PROCESO

UNA CENTRAL TERMoeLECTRICA MODERNA OPERA EN BASE AL CICLO RANKINE REGENERATIVO CON RECALENTAMIENTO, LO QUE IMPLICA LA OPERACION CONTINUA Y COORDINADA DE DOS EQUIPOS PRINCIPALES : UN GENERADOR DE VAPOR (CALDERA) Y UN TURBOGENERADOR (CONJUNTO DE TURBINA DE VAPOR Y GENERADOR ELECTRICO). LA COMPLEJIDAD Y EL TAMAÑO DE ESTOS SISTEMAS MECANICOS HACE NECESARIO EL USO DE MULTIPLES EQUIPOS AUXILIARES, INTERRELACIONADOS FUNCIONALMENTE Y DE MUY DIVERSOS TIPOS .

A GRANDES BASSOS EL PROCESO CONCISTE EN LLEVAR AGUA HASTA CONDICIONES DE VAPOR SOBRECALENTADO EN UNA CALDERA DE TUBOS DE AGUA, ESTE VAPOR SE HACE PASAR A TRAVEZ DE UNA TURBINA DE ALTA VELOCIDAD Y ACOPLADO AL EJE DE ESTA SE ENCUENTRA UN GENERADOR ELECTRICO. UNA VEZ QUE EL VAPOR EXHAUSTO A ESCAPADO DE LA TURBINA SE CONDENSA UTILIZANDO, EN UN INTERCAMBIADOR DE CALOR, AGUA DE ENFRIAMIENTO DE UN CIRCUITO ABIERTO.EL VAPOR CONDENSADO ES COLECTADO Y BOMBEADO A UN TANQUE DE DONDE SUCCIONAN LAS BOMBAS DE AGUA DE ALIMENTACION DE LA CALDERA, EN SU TRAYECTO ES CALENTADO UTILIZANDO VAPOR QUE SE EXTRAE DE PASOS INTERMEDIOS DE LA TURBINA.

PARA LA OPERACION DE LA CALDERA ADEMAS DEL AGUA DE ALIMENTACION SE REQUIERE DE GRANDES VOLUMENES DE AIRE QUE SE OBTIENE DE LA ATMOSFERA, UTILIZANDO UN GRUPO DE VENTILADORES PARA INTRODUCIRLO DENTRO DEL HOGAR, ADICIONALMENTE SE REQUIERE DE OTRO JUEGO DE VENTILADORES, EN LAS CALDERAS DE TIRO BALANCEADO, PARA EXTRAER LOS GASES PRODUCTO DE LA COMBUSTION Y CONDUCCIRLOS A LA CHIMENEA. POR OTRO LADO EL COMBUSTIBLE NECESARIO ES BOMBEADO Y CALENTADO DESDE DEPOSITOS DE ALMACENAMIENTO HASTA UN SISTEMA DE QUEMADORES AUTOMATICOS.

LOS DISEÑOS A DETALLE DE LAS CENTRALES PUEDEN TENER MUCHAS VARIACIONES, REFIRIENDOSE A UNA PLANTA TIPICA DE 350 MW QUE UTILIZE COMO COMBUSTIBLE "BUNKER C" O COMBUSTOLEO, LOS PRINCIPALES SISTEMAS SON:

A) SISTEMA DE CONDENSADO. ESTE SISTEMA FORMA PARTE DEL CICLO TERMODINAMICO QUE SE REALIZA EN EL PROCESO DE LA CENTRAL, Y COMPRENDE DESDE EL ESCAPE DE LA TURBINA HASTA EL DEPOSITO DE SUCCION DE LAS BOMBAS DE AGUA DE ALIMENTACION (DESGASIFICADOR). EN ESTE SISTEMA EL VAPOR DE ESCAPE DE LA TURBINA SE HACE PASAR A TRAVES DE UN CONDENSADOR EN DONDE SE LLEVA A CABO EL CAMBIO DE FASE, ESTE CONCISTE EN UN HAZ DE TUBOS POR DONDE SE ENCUENTRA CIRCULANDO AGUA

A TEMPERATURA AMBIENTE, EL VAPOR PASA A TRAVES DE ESTOS POR EL EXTERIOR SEDIENDO SU CALOR LATENTE Y CONDENSANDOSE, FLUYE HASTA LA PARTE INFERIOR QUE CONSTITUYE UN DEPOSITO DE ALMACENAMIENTO (POZO CALIENTE) Y QUE SIRVE DE TANQUE DE SUCCION DE LAS BOMBAS DE CONDENSADO, GENERALMENTE SE CUENTA CON DOS BOMBAS DE 100 % DE CAPACIDAD, UNA EN OPERACION NORMAL Y UNA DE RESPALDO, ESTAS CUENTAN CON UNA LINEA DE RECIRCULACION CONTROLADA HACIA EL POZO CALIENTE CON EL FIN DE SOPORTAR LAS VARIACIONES EN LA DEMANDA DE FLUJO HACIA EL DESGASIFICADOR, EL FLUJO PRINCIPAL DE DESCARGA DE ESTAS BOMBAS SE HACE PASAR A TRAVES DE UN JUEGO DE INTERCAMBIADORES DE CALOR CARCAZA-TUBOS, EL CONDENSADO CIRCULA EN ESTOS POR EL LADO TUBOS Y POR EL LADO CARCAZA VAPOR PROVENIENTE DE UNA EXTRACCION DE UN PASO INTERMEDIO DE LA TURBINA, ESTO CONSTITUYE LA PARTE REGENERATIVA DEL CICLO TERMODINAMICO.

B) SISTEMA DE AGUA DE ALIMENTACION. ESTE SISTEMA COMPRENDE DESDE EL DESGASIFICADOR HASTA LA ENTRADA DE AGUA A LA CALDERA. EL DESGASIFICADOR ES BASICAMENTE UN DEPOSITO ELEVADO CON PRESION CONTROLADA, SU FUNCION ES ELIMINAR LOS GASES DISUELTOS EN EL AGUA DISMINUYENDO LA PRESION Y AUMENTANDO LA TEMPERATURA, PARA ESTO UTILIZA VAPOR PROVENIENTE DE UNA EXTRACCION DE LA TURBINA, POSEE ADEMAS UN DEPOSITO QUE SIRVE DE SUCCION A LAS BOMBAS DE AGUA DE ALIMENTACION, SE CUENTA GENERALMENTE CON TRES DE ESTAS BOMBAS, DOS EN OPERACION NORMAL Y UNA DE RESPALDO, SON ACCIONADAS POR MOTOR ELECTRICO A VELOCIDAD CONSTANTE Y POSEEN VARIADORES DE VELOCIDAD HIDRAULICOS, CON EL FIN DE CONTROLAR LA CANTIDAD DE AGUA QUE SE SUMINISTRA A LA CALDERA, CUENTAN ADEMAS CON LINEAS DE RECIRCULACION CONTROLADA INDEPENDIENTES. EL AGUA DESCARGADA A ALTA PRESION POR ESTAS BOMBAS SE HACE PASAR A TRAVES DE UN SEGUNDO JUEGO DE INTERCAMBIADORES DE CALOR (CALENTADORES), SIMILARES A LOS DEL SISTEMA DE CONDENSADO, CON EL FIN DE INCREMENTAR SU TEMPERATURA Y FINALMENTE EL AGUA ES ENTREGADA A LA CALDERA.

C) SISTEMA DEL GENERADOR DE VAPOR LADO AIRE Y GASES. LAS CALDERAS UTILIZADAS EN NUESTRO PAIS PARA GENERACION TERMOELECTRICA SON NORMALMENTE DE PAREDES DE AGUA CON DOMO SUPERIOR Y UTILIZAN COMBUSTIBLES FOSILES (COMBUSTOLEO O CARBON PRINCIPALMENTE), PARA LLEVAR A CABO EL PROCESO DE COMBUSTION EN EL INTERIOR (HOOR) SE REQUIERE DE AIRE QUE ES IMPULSADO DESDE LA ATMOSFERA A POR UN JUEGO DE DOS VENTILADORES DE 50% DE CAPACIDAD CADA UNO, DENOMINADOS VENTILADORES DE TIRO FORZADO.

ANTES DE SU INGRESO AL HOGAR EL AIRE ES CALENTADO CON EL FIN DE INCREMENTAR LA EFICIENCIA DE LA COMBUSTION, ESTO SE LLEVA A CABO, EN UN PRIMER PASE, EN UN INTERCAMBIADOR DE CALOR QUE APROVECHA VAPOR DE UN PASE INTERMEDIO A LA SALIDA DE LA CALDERA (PRECALENTADORES), Y POSTERIORMENTE EN UN CALENTADOR REGENERATIVO DE AIRE QUE UTILIZA EL CALOR DE LOS GASES PRODUCTO DE LA COMBUSTION. ESTOS SON CONDUCCIONADOS HASTA LA CHIMENEA UTILIZANDO UN SEGUNDO JUEGO DE DOS VENTILADORES DE 50% DE CAPACIDAD CADA UNO, DENOMINADOS VENTILADORES DE TIRO INDUCIDO. NORMALMENTE EXISTE UN TERCER GRUPO DE DOS VENTILADORES DENOMINADOS DE RECIRCULACION DE GASES, ESTOS SUCCIONAN DE LA SALIDA DE GASES DEL HOGAR Y RECIRCULAN HACIA ESTE APROVECHANDO EL CALOR QUE TODAVIA POSEEN Y CON EL FIN DE CONTROLAR LA TEMPERATURA DEL VAPOR RECALENTADO QUE SALE DE LA CALDERA.

D) SISTEMA DE COMBUSTIBLE PARA EL GENERADOR DE VAPOR. ESTE SISTEMA COMPRENDE DESDE EL ALMACENAMIENTO DEL COMBUSTIBLE HASTA EL SISTEMA AUTOMATICO DE QUEMADORES. EL COMBUSTIBLE ES ALMACENADO EN GRANDES DEPOSITOS QUE CUENTAN CON SISTEMAS DE CALENTAMIENTO PARA EVITAR QUE SE SOLIDIFIQUE. DESDE ESTOS DEPOSITOS ES BOMBEADO HASTA UN TANQUE DE MENOR TAMAÑO (DENOMINADO TANQUE DE DIA) DE DONDE SUCCIONAN LAS BOMBAS DE ALIMENTACION A LA CALDERA, NORMALMENTE SE CUENTA CON TRES BOMBAS, DOS EN OPERACION NORMAL Y UNA DE RESERVA, ESTAS HACEN PASAR EL COMBUSTIBLE A TRAVES DE CALENTADORES, QUE UTILIZAN VAPOR SECUNDARIO DE LA CALDERA, PARA CONTROLAR SU TEMPERATURA Y ASI OBTENER UNA VISCOSIDAD ADECUADA PARA LOS QUEMADORES. LA COMPLEJIDAD DEL SISTEMA DE QUEMADORES DEPENDE DEL DISEÑO PARTICULAR DE LA CALDERA, SIN EMBARGO LOS MAS COMUNES CUENTAN CON UN ARREGLO DE ENTRE SEIS Y DOCE VALVULAS SOLENOIDES POR CADA QUEMADOR, CONSIDERANDO QUE UNA CALDERA DE 350 MW POSEE DOCE QUEMADORES Y QUE ESTOS DEBEN OPERAR EN UNA SECUENCIA PREESTABLECIDA Y CON LAS SEÑALES DE PROTECCION ADECUADAS, ESTE SISTEMA CONSTITUYE UNO DE LOS MAS GRANDES Y COMPLEJOS DE LA CENTRAL.

E) SISTEMA DEL GENERADOR DE VAPOR LADO AGUA Y VAPOR. ESTE SISTEMA COMPRENDE DESDE EL INGRESO DE AGUA A LA CALDERA HASTA LA SALIDA DE VAPOR SOBRECALENTADO Y RECALENTADO A LA TURBINA. LA FUNCION DE LA CALDERA ES CONVERTIR EL AGUA EN VAPOR A PRESION Y TEMPERATURA PREDETERMINADAS, PARA ELLO EL PROCESO SE INICIA CON EL INGRESO DE AGUA A LA CALDERA, LA TEMPERATURA DE ESTA ES ELEVADA EN UN BANCO DE TUBOS DENOMINADO ECONOMIZADOR, UTILIZANDO LOS GASES PRODUCTO DE LA COMBUSTION QUE ESCAPAN DEL

HOGAR DE LA CALDERA, POSTERIORMENTE ES INYECTADA EN EL DOMO DESDE DONDE DESCENDE A TRAVES DE LOS TUBOS BAJANTES AL CABEZAL INFERIOR, DE AHI EL AGUA ASCIENDE A TRAVES DE LOS TUBOS DE LAS PAREDES DE AGUA INCREMENTANDO SU TEMPERATURA A TRAVES DEL CALOR QUE PROPORCIONA LA COMBUSTION Y POSTERIORMENTE INGRESA EN EL DOMO DONDE SUCEDE EL CAMBIO DE FASE, EL VAPOR QUE SALE DEL DOMO SE HACE PASAR A TRAVES DE BANCOS DE TUBOS QUE SE ENCUENTRAN EN LA PARTE SUPERIOR DE LA CALDERA CON EL FIN DE OBTENER VAPOR SOBRECALENTADO QUE SE HACE INGRESAR A LA TURBINA, DESPUES QUE EL VAPOR A TRABAJADO EN LA TURBINA DE ALTA PRESION SE REGRESA A LA CALDERA PARA PASAR A TRAVES DE OTRO BANCO DE TUBOS (RECALENTADOR), PARA FINALMENTE INGRESAR EN LA TURBINA DE ALTA PRESION. EN TODO ESTE SISTEMA SE CUENTA CON DIVERSA INSTRUMENTACION COMO VALVULAS SOLENOIDES DE ALIVIO Y MULTIPLES MEDICIONES DE PRESION Y TEMPERATURA QUE SIRVEN PARA MONITOREAR LA OPERACION GENERAL DEL GENERADOR DE VAPOR.

F) SISTEMA DE EXTRACCIONES DE LA TURBINA, PARA LA OPERACION EFICIENTE DEL CICLO TERMODINAMICO SE EXTRAE VAPOR DE DIVERSOS PASOS DE LA TURBINA, CON EL FIN DE INCREMENTAR LA TEMPERATURA DEL AGUA DE ALIMENTACION, HACIENDO USO DE INTERCAMBIADORES DE CALOR QUE SE MENCIONAN EN LOS SISTEMAS DE CONDENSADO Y AGUA DE ALIMENTACION. CADA UNA DE ESTAS EXTRACCIONES CUENTA CON VALVULAS AUTOMATICAS PARA SU OPERACION Y SISTEMAS DE PROTECCION PARA EVITAR EL INGRESO DE AGUA A LA TURBINA.

G) SISTEMA DE LUBRICACION DE LA TURBINA, PARA PROPORCIONAR ADECUADA LUBRICACION A LAS CHUMACERAS DE LA TURBINA SE CUENTA CON UN JUEGO DE BOMBAS DE OPERACION AUTOMATICA, NORMALMENTE SON TRES Y CON UNA OPERACION QUE DEPENDE DEL DISEÑO DE LA TURBINA Y DE LAS CONDICIONES DE OPERACION DE LA MISMA, YA QUE GENERALMENTE CUENTA CON BOMBAS MECANICAS ACOPLADAS A SU EJE, Y ESTAS BOMBAS AUTOMATICAS OPERAN SOLO DURANTE EL PARO, EL ARRANQUE Y EN SITUACIONES DE EMERGENCIA.

H) SISTEMA DE FLUIDO DE CONTROL DE LA TURBINA. LAS VALVULAS QUE REGULAN EL INGRESO DE VAPOR A LA TURBINA OPERAN GENERALMENTE CON UN SISTEMA DE CONTROL HIDRAULICO INDEPENDIENTE, SIN EMBARGO SE REQUIERE DE UN CONTROL AUTOMATICO PARA LAS BOMBAS DE ESTE SISTEMA YA QUE SE CUENTA CON DOS BOMBAS, UNA EN OPERACION NORMAL Y UNA DE RESPALDO.

I) SISTEMA DE AGUA DE CIRCULACION, COMO SE DESCRIBIO EN EL SISTEMA DE CONDENSADO EL VAPOR DE ESCAPE DE LA TURBINA SE CONDENSA UTILIZANDO AGUA A TEMPERATURA AMBIENTE QUE SE TOMA DE UN CIRCUITO INDEPENDIENTE AL DEL CICLO TERMODINAMICO, EXISTEN DOS

DISEÑOS DIFERENTES PARA ESTE SISTEMA, DEPENDIENDO DE LA UBICACION GEOGRAFICA DE LA CENTRAL, SI ESTA SE ENCUENTRA EN LA COSTA EL AGUA NECESARIA PARA LA CONDENSACION SE TOMA DEL MAR A TRAVES DE GRANDES BOMBAS (USUALMENTE DOS DE 50 % DE CAPACIDAD CADA UNA) Y UN SISTEMA ESPECIAL DE FILTRADO, SI LA PLANTA SE UBICA TIERRA ADENTRO EL AGUA SE TOMA DE UN SISTEMA DE POZOS PROFUNDOS Y CONSTITUYE UN CICLO CERRADO EXISTIENDO UNA TORRE DE ENFRIAMIENTO PARA OBTENER UNA TEMPERATURA ADECUADA.

LOS SISTEMAS ANTES DESCRITOS CONSTITUYEN LOS PRINCIPALES PARA LA OPERACION DEL CICLO TERMODINAMICO Y SON LOS MAS COMPLICADOS DE LA CENTRAL, SIN EMBARGO EXISTEN MULTIPLES SISTEMAS AUXILIARES PARA HEGER POSIBLE LA OPERACION DE LA CENTRAL, ALGUNOS DE ESTOS SON:

- + SISTEMA DE AGUA DE REPUESTO.
- + SISTEMA DE PULIDORES DE CONDENSADO.
- + SISTEMA DE AGUA DE ENFRIAMIENTO.
- + SISTEMA DE AGUA DE SERVICIOS.
- + SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO.
- + SISTEMA DE DOSIFICACION DE QUIMICOS.
- + SISTEMA DE ANALISIS Y MUESTREO.
- + SISTEMA DE VAPOR DE SELLOS.
- + SISTEMA DE VAPOR AUXILIAR.
- + SISTEMA DE AIRE DE SELLOS.

TODOS ESTOS SISTEMAS CUENTAN CON EQUIPO ESPECIAL Y MUCHOS DE ELLOS SON BASTANTE COMPLEJOS.

A PESAR DE NO MENCIONARSE, EN TODOS LOS SISTEMAS ANTES DESCRITOS EXISTEN MULTITUD DE CIRCUITOS DE CONTROL ANALOGICO QUE VAN DESDE LAZOS SIMPLES COMO PUEDE SER LA TEMPERATURA DEL COMBUSTOLEO QUE SE ALIMENTA A LA CALDERA, HASTA CIRCUITOS COMPLEJOS Y QUE INVOLUCREN VARIABLES DEL CICLO TERMODINAMICO COMO SON LA TEMPERATURA DE VAPOR RECALENTADO O EL CONTROL DE COMBUSTION DE LA CALDERA; ADEMÁS DE CIRCUITOS DE CONTROL BINARIO COMO EL CONTROL AUTOMATICO DE QUEMADORES O LOS SISTEMAS DE TRANSFERENCIA A EQUIPOS DE RESPALDO. PARA DAR UNA IDEA DEL TAMAÑO Y COMPLEJIDAD QUE TIENE UN SISTEMA DE CONTROL PARA ESTAS PLANTAS A CONTINUACION SE PROPORCIONAN ALGUNAS CIFRAS:

- + 500 EQUIPOS QUE CUENTAN CON CONTROL BINARIO
- + 40 LAZOS ANALOGICOS PRINCIPALES CON ELEMENTOS FINALES DE CONTROL.
- + 10 LAZOS ANALOGICOS QUE INVOLUCREN MULTIPLES VARIABLES Y QUE REALIZEN COORDINACION ENTRE LAZOS MAS SENCILLOS.
- + DURANTE UNA OPERACION DE ARRANQUE DE LA CENTRAL EXISTEN MOMENTOS EN QUE SE REQUIEREN HASTA MAS DE 50 COMANDOS POR MINUTO.

II. FILOSOFIA DE CONTROL

DE LO VISTO ANTERIORMENTE SE PUEDE CONCLUIR QUE EL PROCESO QUE SE LLEVA A CABO EN UNA CENTRAL TERMoeLECTRICA CONSTITUYE UN CASO ESPECIAL DENTRO DE LOS PROCESOS INDUSTRIALES, DEBIDO A VARIAS CARACTERISTICAS PARTICULARES :

+ SE TRATA DE UN PROCESO COMPLEJO POR INVOLUCRAR UN CICLO TERMODINAMICO CONTINUO.

+ EL NUMERO DE VARIABLES Y ELEMENTOS FISICOS A CONTROLAR ES CONSIDERABLE.

+ LA OPERACION DE LA CENTRAL DEBE SER TAL QUE MANTENGA UNA CONTINUIDAD DEL SERVICIO, ESTO ES, SE REQUIERE DE UNA ALTA DISPONIBILIDAD.

EL TRABAJO DE DISEÑAR UN SISTEMA DE CONTROL PARA UNA CENTRAL TERMoeLECTRICA ES COMPLICADO, REQUIERE DE PROFUNDOS CONOCIMIENTOS DEL PROCESO ASI COMO DE LA TECNOLOGIA DE CONTROL QUE HA DE UTILIZARSE, PARA PODER CONJUNTAR ESTAS CARACTERISTICAS DE MANERA ORDENADA ES NECESARIO GENERAR UN CONJUNTO DE CONCEPTOS PARA LA UTILIZACION DEL EQUIPO DE MANERA ORDENADA Y CONCISTENTE, ESTOS DEBEN COMPRENDER DESDE LAS FUNCIONES DEL SISTEMA, LOS OBJETIVOS, LA ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE CONTROL, ASI COMO SOLUCIONES GENERALES ESTANDARIZADAS A PROBLEMAS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL QUE SE PRESENTEN FRECUENTEMENTE.

1. FUNCIONES DEL SISTEMA DE CONTROL

LAS FUNCIONES DE UN SISTEMA DE CONTROL EN UNA CENTRAL TERMoeLECTRICA SON:

+COMANDAR EL ARRANQUE Y PARO DE LA PLANTA EN FORMA ORDENADA SEGURA Y ECONDMICA. EL SISTEMA DEBE SER CAPAZ DE PONER EN SERVICIO LOS DIFERENTES EQUIPOS DE LA PLANTA EN FORMA COORDINADA, MONITOREANDO Y TOMANDO DECISIONES CUANDO SEA NECESARIO, DE TAL FORMA QUE LA CENTRAL ALCANCE UNA CONDICION DE OPERACION ESTABLE Y SEGURA.

+MANTENER LA OPERACION DE LA PLANTA ESTABLE Y SEGURA EN TODO MOMENTO. EL SISTEMA DEBE CONTROLAR TODAS LAS VARIABLES DEL PROCESO, Y SUPERVISAR A TODOS Y CADA UNO DE LOS EQUIPOS CONTROLADOS, DETECTANDO MALOS FUNCIONAMIENTOS Y COORDINANDO EL ARRANQUE DE EQUIPOS DE RESPALDO.

+PROPORCIONAR INFORMACION AL OPERADOR DEL ESTADO QUE GUARDA EL PROCESO ASI COMO DE LAS PERTURBACIONES QUE SE PRESENTEN EN EL. DURANTE EL PROCESO DE ARRANQUE Y EN CUALQUIER CONDICION DE OPERACION EL SISTEMA DEBE ESTAR PRESENTANDO INFORMACION AL OPERADOR EN FORMA CLARA Y QUE SEA SUFICIENTE PARA DETERMINAR EL ESTADO QUE GUARDA EL PROCESO.

2.OBJETIVOS DEL SISTEMA DE CONTROL

LOS OBJETIVOS DE UN SISTEMA DE CONTROL EN UNA CENTRAL TERMOELECTRICA SON:

+ SEGURIDAD. EVITANDO ERRORES DE OPERACION Y LLEVANDO A LA PLANTA A UNA CONDICION SEGURA EN CASO DE PRESENTARSE DISTURBIOS.

+ DISPONIBILIDAD. LLEVANDO A CABO OPERACIONES CORRECTIVAS QUE EVITEN EL PARO DE LA PLANTA EN CASO DE PRESENTARSE PERTURBACIONES.

+ OPERACION OPTIMA DE LA PLANTA. MONITOREANDO LAS VARIABLES CRITICAS Y REALIZANDO AJUSTES QUE PRODUSCAN UNA OPERACION EFICIENTE DE LA CENTRAL.

3.ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE CONTROL

EL SISTEMA DE CONTROL DEBE CUMPLIR TAREAS TAN DIVERSAS Y DE TAN DIFERENTES GRADOS DE DIFICULTAD QUE HACE NECESARIA SU ORGANIZACION, EN LA ACTUALIDAD ESTA SE DA EN DOS DIRECCIONES DIFERENTES:

+DISTRIBUCION FUNCIONAL

+ESTRUCTURA JERARQUICA

3.DISTRIBUCION FUNCIONAL

DESDE EL PUNTO DE VISTA FUNCIONAL LA ORGANIZACION DEL SISTEMA DE CONTROL SE REALIZA DE ACUERDO AL PROCESO QUE SE ESTA MANEJANDO, LA CENTRAL ES DIVIDIDA EN "GRUPOS FUNCIONALES", ESTOS CONSISTEN EN CONJUNTOS DE EQUIPOS QUE REALIZAN UNA TAREA ESPECIFICA, FORMANDO UNIDADES INDEPENDIENTES DE OPERACION, POR EJEMPLO, EL SISTEMA DE AGUA DE ALIMENTACION ES UN CONJUNTO DE EQUIPOS QUE DEBEN OPERAR DE MANERA COORDINADA Y QUE PUEDEN FORMAR UN GRUPO FUNCIONAL, ESTA ORGANIZACION SE APLICA PARA TODA LA PLANTA Y OFRECE VENTAJAS NO SOLO DESDE EL

PUNTO DE VISTA DE DISEÑO MECÁNICO, SINO QUE FACILITA EL TRABAJO DE ESTRUCTURAR EL SISTEMA DE CONTROL POR LO SIGUIENTE:

- + CADA GRUPO FUNCIONAL DEL PROCESO CUENTA CON UNA INSTRUMENTACION Y CONTROL INDEPENDIENTE Y DESCENTRALIZADA ESTO HACE POSIBLE QUE SE PUEDA PROCEDER POR ETAPAS EN EL DISEÑO, DECIDIENDO LIBREMENTE QUE Y COMO DEBE AUTOMATIZARSE EN CADA GRUPO FUNCIONAL.

- + LAS FALLAS SE PRESENTAN LOCALIZADAS EN UNA ZONA LIMITADA, ESTO AUNADO AUN DISEÑO ADECUADO BASADO EN DISTRIBUCION DE FUNCIONES Y REDUNDANCIAS PUEDE MANTENER A LA CENTRAL EN OPERACION EN CASO DE UN DISTURBIO.

4. ESTRUCTURA JERARQUICA

LA ORGANIZACION DEL SISTEMA DE CONTROL EN ESTE SENTIDO DELIMITA FUNCIONES DE ACUERDO AL NIVEL DE AUTOMATIZACION DE CADA GRUPO FUNCIONAL, ESTO ES, LAS FUNCIONES DE CONTROL SON CLASIFICADAS DE ACUERDO SU NIVEL DE AUTOMATIZACION EN UNA ESTRUCTURA PIRAMIDAL, LO QUE PERMITE DAR UN ORDEN Y CLARIDAD AL DISEÑO Y A LA OPERACION DE LA CENTRAL. EN EL CASO PARTICULAR DE UNA CENTRAL TERMoeLECTRICA SE DISTINGUEN SEIS NIVELES DE AUTOMATIZACION:

- + INTERFASE CON EL PROCESO.
- + LOGICAS DE PROTECCION.
- + CONTROLES DE ENCLAVAMIENTO DESCONECTABLE.
- + CONTROLES DE SUBGRUPO.
- + CONTROLES DE GRUPO.
- + CONTROL DE UNIDAD.

4.1. INTERFASE CON EL PROCESO.

LOS EQUIPOS QUE CONSTITUYEN LA CENTRAL SON DE MUY DIFERENTES TIPOS Y TAMAÑOS, SE PUEDEN ENCONTRAR DESDE VALVULAS SOLENOIDES DE 24 V Y UNOS CUANTOS WATTS, HASTA MOTORES DE VENTILADORES O BOMBAS DE 13 MW ALIMENTADOS CON 6.9 KV. POR OTRO LADO LAS SEÑALES QUE SE ADQUIEREN PUEDEN SER DESDE SIMPLES INTERRUPTORES DE PRESION HASTA SEÑALES PROVENIENTES DE COMPLEJOS SISTEMAS DE MEDICION ULTRASONICA DE NIVEL. MIENTRAS QUE EL SISTEMA DE CONTROL MANEJA SEÑALES DE MUY BAJA POTENCIA (mW) Y EN TENSIONES NORMALMENTE DE 24 V, POR LO QUE SE HACE NECESARIA UNA ETAPA INTERMEDIA DE ACOPLAMIENTO ENTRE ESTOS DOS NIVELES.

ESTA INTERFASE SE REALIZA BAJO UNA NORMALIZACION QUE INDICA: SEÑALES BINARIAS DE 0 O +24 V, Y SEÑALES

EL MANDO DE ACCIONAMIENTOS REALIZA EL ACOPLO DE LAS SEÑALES DE COMANDO GENERADAS POR EL OPERADOR O

QUIRIRAS.

+ POSIBILIDAD DE SIMULAR LAS SEÑALES AD-
UNICIONES COMO A TRAVES DE CABLE CONVENCIONAL.

+ CAPACIDAD PARA DISTRIBUIR LAS SEÑALES AD-
QUIRIDAS, TANTO A TRAVES DEL SISTEMA DE COM-

UNICIONES COMO A TRAVES DE CABLE CONVENCIONAL.

+ SUPERVISION DE LA ROTURA DE CABLES DE LAS
SEÑALES PROVENIENTES DE CAMPO ASI COMO GENERACION

+ SUPERVISION DE LA OPERACION DE LOS CONTACTOS,
DOBLE O A DOBLE 1. (ANTIVALENCIA) Y ALARMANDO EN CASO DE PRESENTARSE ESTA CONDICION.

+ SUPERVISION DE LA OPERACION DE LOS CONTACTOS,
FALTA DE ESTA.

+ ALIMENTACION UNIFORME A LOS CONTACTOS DE
CAMPO ASI COMO SUPERVISION Y ALARMA EN CASO DE

DEBE CONSIDERAR LAS SIGUIENTES FUNCIONES:
EN LA ADQUISICION DE SEÑALES BINARIAS EL SISTEMA

DEBE CONSIDERAR LAS SIGUIENTES FUNCIONES:

+ POSIBILIDADES DE REALIZAR SIMULACIONES DE
LAS SEÑALES VERIFICADAS.

+ CAPACIDAD PARA DISTRIBUIR LA SEÑAL, TANTO A
TRAVES DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES COMO A TRAVES

DE CABLE CONVENCIONAL.

+ SUPERVISION DE LOS NIVELES DE LA SEÑAL PARA
DETECTAR FALLAS EN LOS TRANSMISORES Y GENERACION DE

SEÑALES DE ALARMA EN CASO DE DETECTARSE ANOR-
MALIDADES.

+ ALIMENTACION UNIFORME A LOS TRANSMISORES DE
CAMPO, SUPERVISANDO ESTA Y GENERANDO SEÑALES DE

ALARMA EN CASO DE FALTA.

+ SUPERVISION DE LOS NIVELES DE LA SEÑAL PARA
DETECTAR FALLAS EN LOS TRANSMISORES Y GENERACION DE

SEÑALES DE ALARMA EN CASO DE DETECTARSE ANOR-
MALIDADES.

+ ALIMENTACION UNIFORME A LOS TRANSMISORES DE
CAMPO, SUPERVISANDO ESTA Y GENERANDO SEÑALES DE

ALARMA EN CASO DE FALTA.

+ SUPERVISION DE LOS NIVELES DE LA SEÑAL PARA
DETECTAR FALLAS EN LOS TRANSMISORES Y GENERACION DE

SEÑALES DE ALARMA EN CASO DE DETECTARSE ANOR-
MALIDADES.

+ ALIMENTACION UNIFORME A LOS TRANSMISORES DE
CAMPO, SUPERVISANDO ESTA Y GENERANDO SEÑALES DE

ALARMA EN CASO DE FALTA.

+ SUPERVISION DE LOS NIVELES DE LA SEÑAL PARA
DETECTAR FALLAS EN LOS TRANSMISORES Y GENERACION DE

SEÑALES DE ALARMA EN CASO DE DETECTARSE ANOR-
MALIDADES.

POR EL SISTEMA DE CONTROL CON LOS PROPIOS ACCIONAMIENTOS CONTROLADOS, SEAN ESTOS MOTORES, VALVULAS ROTORIZADAS, VALVULAS SOLENOIDES, POSICIONADORES NEUMATICOS ETC, DEBIENDO REALIZARLO EN UN ESQUEMA UNIFORME. ES TAMBIEN FUNCION DEL MANDO DE ACCIONAMIENTOS REALIZAR LA VIGILANCIA DEL BUEN FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO CONTROLADO ASI COMO ASIGNAR PRIORIDADES A LAS DIFERENTES SEÑALES DE CONTROL DE ACUERDO A SU PROCEDENCIA Y JERARQUIA.

ESTAS FUNCIONES SE HARAN POSIBLES GRACIAS A UNA UNIFORMIDAD EN LAS LOGICAS DE INTERFASE CON LOS ACCIONAMIENTOS CONTROLADOS QUE CONSIDERE LOS SIGUIENTES ASPECTOS:

- + UNIFORMIDAD EN LAS SALIDAS HACIA ACCIONAMIENTOS BINARIOS QUE CONSIDERE RELEVADORES DE INTERFASE, ASI COMO CIRCUITOS DE CONTROL ELECTRICO NORMALIZADOS.

- + ASIGNACION DE PRIORIDADES FIJA PARA LAS SEÑALES DE CONTROL CONSIDERANDO CUATRO NIVELES:

- SEÑALES DE PROTECCION
- COMANDOS MANUALES
- SEÑALES AUTOMATICAS
- SEÑALES DE PERMISIVOS

- + SUPERVISION DEL ESTADO ACTUAL DEL ACCIONAMIENTO, VIGILANDO QUE SU POSICION ACTUAL COINCIDA CON LA ULTIMA ORDEN RECIBIDA.

- + SUPERVISION DEL TIEMPO DE EJECUCION, VIGILANDO QUE LAS ORDENES SE EFECTUEN EN EL TIEMPO PREESTABLECIDO.

- + SUPERVISION DE ANTI VALENCIA DE LOS CONTACTOS DE RETROAVISO (CONTACTOS QUE INDICAN UN ESTADO DEFINIDO DEL ACCIONAMIENTO).

- + SUPERVISION DE LA TENSION DE ALIMENTACION PRINCIPAL DE LOS ACCIONAMIENTOS.

- + INDICACION TANTO AL OPERADOR DEL ESTADO QUE GUARDAN LOS ACCIONAMIENTOS ASI COMO DE SUS POSIBLES FALLAS.

4.2. LOGICAS DE PROTECCION

ESTE NIVEL DE AUTOMATIZACION ES EL ENCARGADO DE VIGILAR LA SEGURIDAD DE LA PLANTA, TIENE UNA PRIORIDAD SUPERIOR A CUALQUIER OTRO Y DEBE SER INACCESIBLE AL OPERADOR. SU FUNCION ES LA DE EVITAR QUE EL EQUIPO DE LA PLANTA CAIGA EN CONDICIONES DE OPERACION PELIGROSAS TANTO PARA EL PERSONAL COMO PARA LOS PROPIOS EQUIPOS, ESTA ORGANIZADO EN DOS NIVELES FUNCIONALES:

- + GENERACION DE SEÑALES PERMISIVAS DE OPERACION (PERMISIVOS).

- + GENERACION DE SEÑALES DE PROTECCION.

LOS PERMISIVOS SON SEÑALES PASIVAS, ESTO ES, NO PRODUCEN UNA ACCION SINO QUE CONDICIONAN LA

OPERACION DE LOS EQUIPOS, EVITANDO DE TAL MODO TANTO LOS CONTROLES AUTOMATICOS COMO EL OPERADOR REALIZEN ACCIONES INCORRECTAS.

LAS SEÑALES DE PROTECCION SON, POR EL CONTRARIO, SEÑALES ACTIVAS QUE CAMBIAN EL ESTADO DE OPERACION DE LOS ACCIONAMIENTOS CUANDO SE DETECTA QUE LAS CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO SON INADECUADAS.

ESTE NIVEL ES REALIZADO A TRAVES DE FUNCIONES LOGICAS BASICAS, AUN EN EL CASO DE ACCIONAMIENTOS ANALOGICOS DONDE ORDENES DE DISPARO Y SEÑALES PERMISIVAS TIENEN PRIORIDAD SOBRE LAS SEÑALES DE CONTROL AUTOMATICO, Y DEBE ESTAR REALIZARSE NO SOLO EN EL NIVEL MAS BAJO DE AUTOMATIZACION COMPRENDIENDO INCLUSIVE LOS CONTROLES AUTOMATICOS DE MAYOR JERARQUIA EN LA PLANTA.

4.3. CONTROLES DE ENCLAVAMIENTO DESCONECTABLE.

EN ESTE NIVEL SE REALIZAN LAS FUNCIONES AUTOMATICAS ELEMENTALES, COMO CAMBIO DEL ESTADO DE UN ACCIONAMIENTO O GRUPO DE ACCIONAMIENTOS DE ACUERDO A CONDICIONES DEL PROCESO, TRANSFERENCIA A EQUIPOS DE RESPALDO QUE NO REQUIERAN UNA SECUENCIA, LAZOS ANALOGICOS SIMPLES, ETC. LA FUNCION PRINCIPAL DE ESTE NIVEL DE AUTOMATIZACION ES LA DE REALIZAR TAREAS AUTOMATICAS SENCILLAS QUE SEAN SUCEPTIBLES DE SER INHIBIDAS POR EL OPERADOR, Y QUE INVOLUCREN UN SOLO ACCIONAMIENTO O UN GRUPO PEQUEÑO DE ESTOS SIN NECESIDAD DE QUE OPEREN EN SECUENCIA.

4.4. CONTROLES DE SUBGRUPO.

LA FUNCION DE UN CONTROL A ESTE NIVEL DE AUTOMATIZACION ES LA COORDINAR A UN NUMERO CONSIDERABLE DE ACCIONAMIENTOS QUE OPEREN DE MANERA CONJUNTA, POR EJEMPLO EN UNA SECUENCIA PREESTABLECIDA. LA TAREA DE COMANDAR UN GRUPO DE ACCIONAMIENTOS DE MANERA COORDINADA ES UNA FUNCION COMPLEJA, QUE REQUIERE DE UNA CONSIDERABLE CANTIDAD DE INFORMACION Y DE UN PROCESAMIENTO ORGANIZADO DE ESTA, PARA CUBRIR ESTOS REQUERIMIENTOS EL SISTEMA DE CONTROL DEBE POSEER FUNCIONES DEDICADAS PARA ESTOS FINES. COMO PUEDE SER LA FACILIDAD DE CONFIGURAR PROGRAMAS DE CONTROL SECUENCIALES, QUE CONTEMPLAN SUPERVISION SOBRE LOS EQUIPOS CONTROLADOS Y QUE ADEMAS PROPORCIONEN INFORMACION SUFICIENTE AL OPERADOR. EN CENTRALES TERMoeLECTRICAS ESTOS CONTROLES SON GENERALMENTE USADOS PARA COMANDAR SECUENCIAS DE OPERACION DE EQUIPOS PRINCIPALES COMO PUEDEN SER EL ARRANQUE O PARO DE LA TURBINA, DE LAS BOMBAS DE AGUA DE ALIMENTACION Y LOS VENTILADORES DE AIRE Y GASES DE LA CALDERA ETC. Y ESTAN REALIZADOS DE TAL FORMA QUE PROPORCIONEN INFORMACION AL OPERADOR ACERCA DE SU FUNCIONAMIENTO, A

TRAVES DE INDICACIONES EN LA CONSOLA DE CONTROL DE LAS ACCIONES QUE SE ESTAN REALIZANDO AUTOMATICAMENTE, Y DE PERTURBACIONES EN ESTAS EN CASO DE QUE SE PRESENTEN.

4.5. CONTROLES DE GRUPO.

ESTOS CONTROLES TIENEN LA FUNCION DE COORDINAR LA OPERACION DE VARIOS CONTROLES DE SUBGRUPO, DE ACUERDO A LAS CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO GLOBALES DE LA PLANTA. SON CONTROLES CUYA PRINCIPAL CARACTERISTICA ES LA DE SER CAPACES DE TOMAR DECISIONES QUE CAMBIEN EL ESTADO DE OPERACION DE TODA LA PLANTA, GENERALMENTE SON USADOS PARA COORDINAR LA OPERACION DE TODO UN GRUPO FUNCIONAL DE LA CENTRAL, REALIZANDO EL CONTROL DE LA DEMANDA DE EQUIPOS DE RESPALDO COMO EN EL SISTEMA DE AGUA DE ALIMENTACION O COMANDANDO SECUENCIAS DE ARRANQUE Y PARO COMO EN LOS SISTEMAS DE AIRE Y GASES Y DEL TURBOGENERADOR. EN ESTE NIVEL PUEDEN CONSIDERARSE TAMBIEN LOS CIRCUITOS DE CONTROL ANALOGICO COMPLEJOS COMO EL DE COMBUSTION DE LA CALDERA, O EL DE PRESION DE VAPORES DE VAPOR PRINCIPAL. PARA ESTAS TAREAS EL SISTEMA DE CONTROL DEBE CONTAR CON FUNCIONES ESPECIALES QUE FACILITEN AL DISEÑADOR LA ESTRUCTURACION DE SISTEMAS DE CONTROL COMPLEJOS, COMO CONTROLES DE DEMANDA DE AUTOMATICA DE EQUIPOS, CONTROLES SECUENCIALES Y POSIBILIDADES DE INTERCONECTAR LAZOS ANALOGICOS ENTRE SI Y CON CONTROLES BINARIOS, ASI COMO LA REALIZACION DE FUNCIONES ANALOGICAS COMPLEJAS COMO LIMITADORES DE VELOCIDADES, FILTROS ESPECIALES ETC.

4.6. CONTROL DE UNIDAD.

ESTE ES EL NIVEL MAXIMO DE AUTOMATIZACION EN UNA PLANTA Y ES EL RESPONSABLE DE COORDINAR LA OPERACION DE TODOS LOS CONTROLES DE GRUPO, DE ACUERDO A LA DEMANDA DE ARRANQUE O PARO DE TODA LA CENTRAL.

III. DESCRIPCION DE UN SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO APLICADO A CENTRALES TERMOCLECTRICAS

EL SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO QUE SE DESCRIBE A CONTINUACION ES UN SISTEMA CONCEBIDO ESPECIALMENTE PARA SU APLICACION EN CENTRALES TERMOCLECTRICAS, Y CUMPLE CON TODOS Y CADA UNO DE LOS REQUERIMIENTOS MENCIONADOS EN LA FILOSOFIA DE CONTROL, DEBIDO A ESTAS CARACTERISTICAS ES UN SISTEMA CONCEPTUALMENTE DIFERENTE A LA MAYORIA DE LOS EXISTENTES.

EL SISTEMA CONCIESTE BASICAMENTE DE MODULOS FUNCIONALES PROGRAMABLES AUTONOMOS, COMUNICADOS ENTRE SI A TRAVES DE UN BUS (BUS DE ENTRADAS/SALIDAS) QUE CUENTA CON UN CONTROLADOR DEDICADO Y AGRUPADOS EN PARES DE GABINETES QUE CONSTITUYEN UNA UNIDAD FUNCIONAL INDEPENDIENTE QUE SE DENOMINARA "UNIDAD DE AUTOMATIZACION", ESTA CUENTA ADENAS CON CAPACIDAD PARA CONECTARSE A UN SISTEMA DE COMUNICACIONES REDUNDANTE (BUS REMOTO).

LA ESTRUCTURA DEL SISTEMA ES MODULAR BASADA EN MODULOS FUNCIONALES CONFIGURABLES, SIN CONTAR CON UNA UNIDAD CENTRAL DE AUTOMATIZACION, LAS FUNCIONES DE ESTA SE ENCUENTRAN DISTRIBUIDAS EN CADA UNO DE LOS MODULOS, QUE POSEEN CARACTERISTICAS DEDICADAS HACIA FUNCIONES DE CONTROL ESPECIFICAS.

FISICAMENTE LA UNIDAD DE AUTOMATIZACION ESTA CONSTITUIDA POR UN PAR DE GABINETES, CADA UNO DE ELLOS CONTIENE CINCO PORTAMODULOS, UNO DE ELLOS DEDICADO A LA FUENTE DE ALIMENTACION, CADA PORTAMODULO TIENE CAPACIDAD PARA ALOJAR HASTA 14 MODULOS FUNCIONALES, Y ESTAN AGRUPADOS EN DOS SISTEMAS DE COMUNICACION (BUSES) INDEPENDIENTES DENOMINADOS BUS I Y BUS II, ESTOS BUSES INTERCONECTAN CUATRO PORTAMODULOS CADA UNO, DOS DE CADA GABINETE.

EN UNO DE LOS GABINETES DENOMINADO BASICO SE ENCUENTRAN UBICADOS LOS MODULOS RESPONSABLES DE LAS COMUNICACIONES, ESTOS SON DE TRES TIPOS:

+ MODULO CONTROLADOR DE BUS DE ENTRADAS/SALIDAS. ESTE MODULO REALIZA LA COORDINACION DE LAS COMUNICACIONES ENTRE LOS MODULOS FUNCIONALES, Y LA TRANSFERENCIA A MODULOS DE RESPALDO EN CASO DE TENERSE UNA ESTRUCTURA REDUNDANTE.

+ MODULO ACOPLADOR DE BUSES DE ENTRADAS/SALIDAS. ESTE MODULO REALIZA EL ACOPLAMIENTO ENTRE LOS DOS SISTEMAS DE BUSES DE LA UNIDAD DE AUTOMATIZACION.

† MODULO CONVERTIDOR DE BUS DE E/S A BUS REMOTO. ESTE MODULO REALIZA LA COORDINACION DE LAS COMUNICACIONES ENTRE UNA UNIDAD DE AUTOMATIZACION Y LAS DEMAS QUE FORMEN EL SISTEMA.

LA COMUNICACION ENTRE LAS DIFERENTES UNIDADES DE AUTOMATIZACION OPERA A TRAVES DE LOS MODULOS CONVERTIDORES DE BUS DE E/S A BUS REMOTO. UTILIZANDO EL PRINCIPIO DE MAESTRO VOLADOR. ESTE PRINCIPIO BASICAMENTE CONSISTE EN ASIGNAR LA FUNCION DE CONTROLADOR DEL BUS REMOTO A TODOS Y CADA UNO DE LOS MODULOS CONVERTIDORES, DE MANERA SECUENCIAL Y BAJO UN SISTEMA DE PRIORIDADES Y REQUERIMIENTOS, LO QUE GARANTIZA EL INTERCAMBIO DE SEÑALES YA QUE NO EXISTE UN SOLO CONTROLADOR SINO QUE ESTA FUNCION SE VA SOBRE TODOS LOS PARTICIPANTES EN EL BUS REMOTO, POR LO QUE DISMINUYE DRASTICAMENTE LAS POSIBILIDADES DE FALLA.

LA UNIDAD DE AUTOMATIZACION ESTA DISEÑADA PARA CONSTITUIR LIBREMENTE SISTEMAS DE CONTROL REDUNDANTES O SIMPLES A LIBRE JUICIO DEL DISEÑADOR. EN EL PRIMER CASO LA REDUNDANCIA EXISTE DESDE EL BUS DE COMUNICACIONES, EL CONTROLADOR DE ESTE Y LOS MODULOS FUNCIONALES, HASTA LA ADQUISICION DE LAS SEÑALES Y LOS COMANDOS DE SALIDA. Y PUEDE CUBRIR CUALQUIER REQUERIMIENTO DE REDUNDANCIA PARCIAL O TOTAL DEL SISTEMA DE CONTROL.

LA REDUNDANCIA DE LAS FUNCIONES DE CONTROL DESEADAS SE OBTIENE UBICANDO DOS MODULOS CON LA MISMA FUNCION EN PORTAMODULOS ADYACENTES, Y QUE PERTENESCAN A DIFERENTE BUS DE E/S. ESTOS MODULOS OPERAN BAJO UN PRINCIPIO 1 DE 2 CON RESPALDO CALIENTE, LO QUE SIGNIFICA QUE EN UN MOMENTO DADO DE OPERACION DEL SISTEMA, SOLO UNO DE LOS MODULOS ESTA PROPORCIONANDO SALIDAS, MIENTRAS QUE SU RESPALDO SOLO ESTA ACTUALIZANDO SUS ENTRADAS, LOS MODULOS SE ENCUENTRAN MONITOREANDOSE ENTRE SI Y ADEMAS SON SUPERVISADOS POR EL CONTROLADOR DE BUSES ZE/S. CUANDO UN MAL FUNCIONAMIENTO ES DETECTADO EL CONTROL ES TRANSFERIDO AUTOMATICAMENTE AL MODULO DE RESPALDO SIN INTERRUPIRSE EL PROCESO DE CONTROL QUE SE ESTE REALIZANDO.

PARA FACILITAR UNA UNIFORMIDAD DE LAS SOLUCIONES DE CONTROL, Y EVITAR LA NECESIDAD DE DISPONER DE GRANDES CANTIDADES DE PARTES DE REFUESTO DIFERENTES, LOS MODULOS FUNCIONALES O MODULOS DE E/S CON QUE SE CUENTA PARA ESTRUCTURAR LAS FUNCIONES DE CONTROL SON SOLO DE SEIS TIPOS DIFERENTES:

+ MODULO DE ADQUISICION DE SEÑALES ANALOGICAS.

ESTE MODULO TIENE CAPACIDAD PARA MANEJAR HASTA 14 TRANSMISORES DE CORRIENTE (0/4 A 20 mA), REALIZANDO LAS SIGUIENTES FUNCIONES:

- ALIMENTACION ELECTRICA A LOS TRANSMISORES DE CAMPO.
- MONITOREO DE VALORES FUERA DE RANGO DE LA SEÑAL ADQUIRIDA.
- FILTRADO DE LAS SEÑALES ADQUIRIDAS.
- CAPACIDAD DE REALIZAR PROCESAMIENTO ANALOGICO DE LAS SEÑALES ADQUIRIDAS, COMO OBTENCION DE VALORES LIMITE Y CALCULO ANALOGICO EN GENERAL.
- DISTRIBUCION DE LAS SEÑALES VIA EL BUS DE E/S O VIA SALIDAS EN CORRIENTE Y/O VOLTAJE (0 A 10 V).
- CAPACIDAD DE SIMULAR SEÑALES ADQUIRIDAS, HACIENDO USO DE UNA UNIDAD DE OPERACION MANUAL.

+ MODULO DE ADQUISICION DE SEÑALES DE TEMPERATURA.

ESTE MODULO, JUNTO CON DOS MODULOS DE EXTENSION NO PROGRAMABLES, TIENE CAPACIDAD PARA MANEJAR HASTA 32 SEÑALES PROVENIENTES DE TERMOPARES O RTD's INDISTINTAMENTE, REALIZANDO LAS SIGUIENTES FUNCIONES:

- ADQUISICION DIRECTA DE TERMOPARES O RTD's.
- ALIMENTACION A LOS RTD's.
- MONITOREO DE ROTURA DE ALAMBRES DE CONEXION A CAMPO.
- MONITOREO DE VALORES EXTREMOS DE LA SEÑAL ADQUIRIDA.
- FILTRADO DE LAS SEÑALES ADQUIRIDAS.
- LINELIZACION DE CURVAS CARACTERISTICAS.
- CAPACIDAD DE REALIZAR PROCESAMIENTO ANALOGICO.
- DISTRIBUCION DE LAS SEÑALES VIA EL BUS DE E/S O CABLE CONVENCIONAL.

+ MODULO DE ADQUISICION DE SEÑALES BINARIAS.

EL MODULO DE ADQUISICION DE SEÑALES BINARIAS TIENE CAPACIDAD PARA MANEJAR HASTA 28 CONTACTOS O SENSORES DE PROXIMIDAD, REALIZANDO LAS SIGUIENTES FUNCIONES:

- ALIMENTACION A LOS CONTACTOS.
- MONITOREO DE ROTURA DE ALAMBRES, CORTO CIRCUITO Y ANTIVALENCIA DE DOBLE O.
- FILTRADO DE LAS SEÑALES.
- CAPACIDAD PARA REALIZAR CALCULO BINARIO SIMPLE.
- DISTRIBUCION DE LAS SEÑALES VIA EL BUS DE E/S O CABLE CONVENCIONAL.

+ MODULO DE CALCULO BINARIO.

ESTE MODULO ESTA DESTINADO PARA LA REALIZACION DE LOS NIVELES DE INTERFASE CON ACCIONAMIENTOS BINARIOS Y LOGICA DE PROTECCION, CUENTA CON CAPACIDAD PARA REALIZAR FUNCIONES LOGICAS SIMPLS Y ASOMAS POSEE BLOQUES FUNCIONALES PREPROGRAMADOS PARA REALIZAR LAS FUNCIONES COMPLEJAS DE INTERFASE CON LOS ACCIONAMIENTOS BINARIOS Y MANEJO DE LA INDICACION Y CONTROL DESDE LA CONSOLA CENTRAL. EN CONJUNTO CON UN MODULO DE EXTENSION NO INTELIGENTE ES CAPAZ DE REALIZAR EL CONTROL Y SUPERVISION DE HASTA CINCO ACCIONAMIENTOS BINARIOS, SEAN ESTOS VALVULAS MOTORIZADAS, MOTORES O VALVULAS SOLENOIDES.

+ MODULO FUNCIONAL DE CONTROL BINARIO.

ESTE MODULO ESTA DESTINADO A REALIZAR LAS FUNCIONES DE CONTROL DE MAYOR JERARQUIA, ESTO ES CONTROLES DE GRUPO Y SUBGRUPO, POSEE BLOQUES FUNCIONALES PREPROGRAMADOS PARA REALIZAR CONTROLES COMPLEJOS COMO SECUENCIAS CON BIFURCACIONES, CONTROLES DE DEMANDA DE EQUIPOS, ETC. Y CUENTA CON CAPACIDAD DE MANEJAR LA INTERFASE CON EL OPERADOR VIA LA CONSOLA CENTRAL DE CONTROL.

EL MÓDULO DE CONTROL ANALÓGICO CUENTA CON CAPACIDAD PARA MANEJAR DOS LAZOS DE CONTROL DE MANERA INDEPENDIENTE, PUDIENDO REALIZAR EN CADA UNO DE ELLOS LAS SIGUIENTES FUNCIONES:

- ALGORITMOS DE CONTROL P, PI, PD, O PID.
- PROCESAMIENTO DE SEÑALES TANTO ANALÓGICAS COMO BINARIAS.
- ADQUISICIÓN DE SEÑALES PROVENIENTES DE TRANS-
MISORES (0/4 A 20 mA).
- MANEJO DE LA INTERFAZ CON EL OPERADOR VIA CONSOLA DE CONTROL, PARA TRANSFERENCIAS AUTO/MAN Y MANEJO MANUAL DE LOS ELEMENTOS FINALES DE CONTROL.
- COMUNICACIÓN VIA BUS DE E/S CON EL RESTO DE LOS MÓDULOS FUNCIONALES.

PARA LA CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL SE CUENTA CON UNA UNIDAD DE ESTRUCTURACIÓN QUE ES POSIBLE ACUPLAR AL BUS REMOTO DEL SISTEMA Y DESDE AHI REALIZAR LA PROGRAMACIÓN DE TODOS LOS MÓDULOS, ESTA UNIDAD CONSISTE DE UN BASTIDOR, PARA ALDAR LOS MÓDULOS DE CONTROL Y COMUNICACIONES CON EL BUS REMOTO, UN TECLADO DE CONFIGURACIÓN, MONITOR Y UN CONTROLADOR DE DISCO FLEXIBLE.

LA OPERACIÓN DE TODO EL SISTEMA ES POSIBLE DE MUY DIVERSAS MANERAS. LOS MÓDULOS DE CONTROL POSEEN FUNCIONES ESTÁNDAR PARA MANEJAR UNA CONSOLA DE CONTROL CONVENCIONAL, REALIZADA EN TÉCNICA DE MOSAICO, ESTAS FUNCIONES CUMPLEN CON LOS REQUERIMIENTOS EXPRESADOS EN LA FILOSOFÍA DE CONTROL, COMO SON LA SEÑALIZACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE TODOS Y CADA UNO DE LOS ACCIONAMIENTOS CONTROLADOS, ASÍ COMO DE LAS FALLAS QUE SE DETECTEN EN SU OPERACIÓN, INDICACIÓN DE VALORES ANALÓGICOS, ETC. ESTA TÉCNICA ES ACTUALMENTE LA ACEPTADA PARA EL MANEJO DE CENTRALES TERMoeLECTRICAS EN NUESTRO PAIS.

PARA ESTE SISTEMA EXISTE LA OPCIÓN DE REALIZAR LA OPERACIÓN VIA ESTACIONES DE CONTROL CON TECLADOS DEDICADOS Y MONITORES DE ALTA RESOLUCIÓN PARA LA PRESENTACIÓN DE MIMICOS, A LA MANERA DE LOS SISTEMAS DE CONTROL DISTRIBUIDO CONVENCIONALES, SIENDO INCLUSO POSIBLE EL USO DE PLUMAS LUMINOSAS, SIN EMBARGO EN NUESTRO PAIS ESTA ALTERNATIVA NO HA SIDO CONSIDERADA AUN.

UN EJEMPLO TÍPICO, DE APLICACIÓN EN NUESTRO PAIS,

DE UN SISTEMA COMO EL DESCRITO ANTERIORMENTE, APROVECHA LA INDEPENDENCIA DE LAS UNIDADES DE AUTOMATIZACION, PARA AGRUPAR LOS SISTEMAS MECANICOS DE LA CENTRAL EN "AREAS FUNCIONALES". ESTAS ESTAN CONSTITUIDAS POR CONJUNTOS DE SISTEMAS QUE TIENEN UNA RELACION ENTRE SI DE ACUERDO AL PROCESO TERMoeLECTRICO, ASI PUEDEN CONSTITUIRSE LAS SIGUIENTES AREAS FUNCIONALES:

- + AREA FUNCIONAL DE SISTEMAS DE AGUA Y VAPOR.
- + AREA FUNCIONAL DE CALDERA.
- + AREA FUNCIONAL DE SISTEMAS DE TURBINA.
- + AREA FUNCIONAL DE SISTEMAS ELECTRICOS Y AUXILIARES MECANICOS.

CADA UNA DE ESTAS AREAS ESTA CONSTITUIDA POR UN NUMERO DE UNIDADES DE AUTOMATIZACION VARIABLE, DE ACUERDO AL NUMERO DE ACCIONARIOS CONTROLADOS Y AL GRADO DE AUTOMATIZACION ALCANZADO. DE ESTA MANERA SE OBTIENE UNA DISTRIBUCION FUNCIONAL. EN CADA UNIDAD DE AUTOMATIZACION SE ENCUENTRAN CONTENIDOS LOS MODULOS FUNCIONALES QUE REALIZAN LAS TAREAS DE CONTROL DE CADA UNO DE LOS SISTEMAS, CONSIDERANDOSE REDUNDANCIA SOLO PARA LOS LAZOS DE CONTROL ANALOGICO, Y REALIZANDO EL INTERCAMBIO DE SEÑALES DE PROTECCION VIA CABLE CONVENCIONAL, PARA NO DEPENDER DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES.

EL GRADO DE AUTOMATIZACION LLEGA A ALCANZAR EL NIVEL DE CONTROLES DE GRUPO PARA LOS SISTEMAS DE CALDERA, COMO AGUA DE ALIMENTACION, SISTEMA DE AIRE Y GASES Y CONTROL AUTOMATICO DE QUEMADORES, EL RESTO DE LA PLANTA ALCANZA GENERALMENTE EL NIVEL DE CONTROLES DE ENCLAVAMIENTO DESCONECTABLE Y EN MUCHAS OCASIONES EL DE LOGICA DE PROTECCION.

LA APLICACION EN NUESTRO PAIS DE FILOSOFIAS Y SISTEMAS DE CONTROL COMO LOS AGUI DESCRITOS ES RECIENTE, POR LO QUE AUN NO SE CUENTA CON EXPERIENCIAS PARA REALIZAR UNA EVALUACION DE LOS RESULTADOS, SIN EMBARGO ES SEGURO QUE CUMPLAN CON SU FUNCION DE MEJORAR LA DISPONIBILIDAD, LA SEGURIDAD Y LA FACILIDAD DE MANEJO DE LAS CENTRALES TERMoeLECTRICAS DONDE SEAN INSTALADOS, COMO SE HA DEMOSTRADO EN OTROS PAISES.

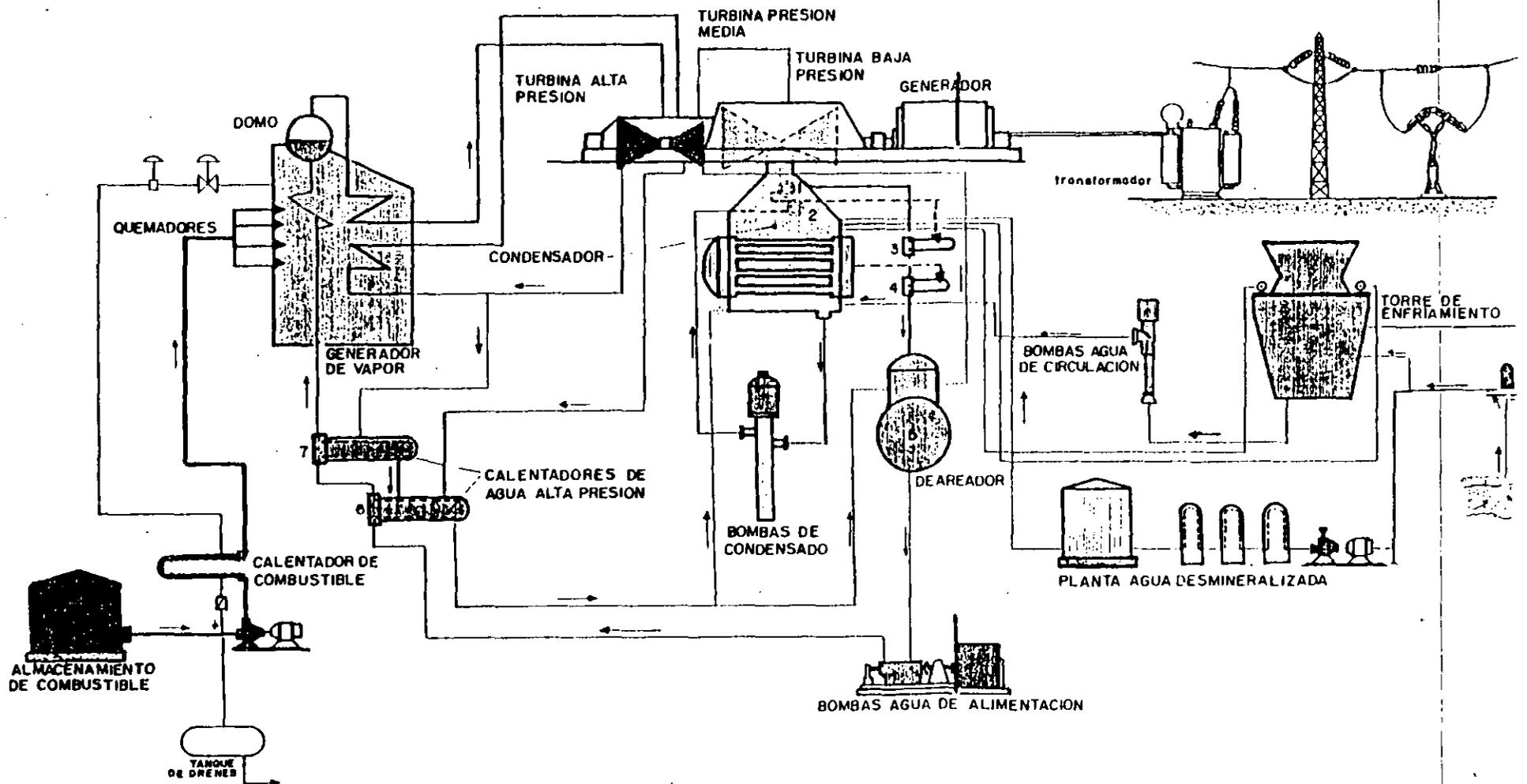


FIG. 1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO

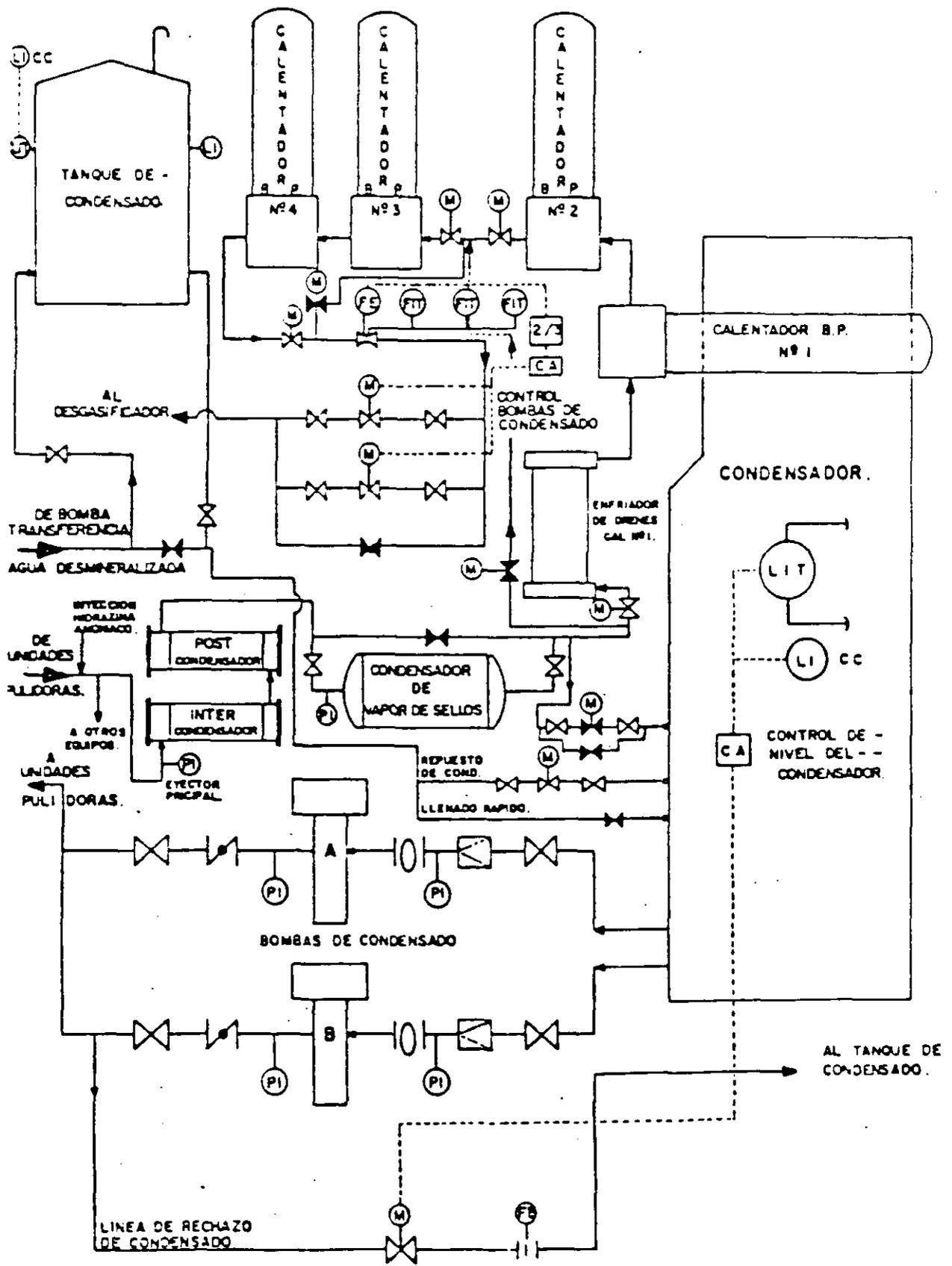


FIG. 2 SISTEMA DE CONDENSADO

Handwritten mark

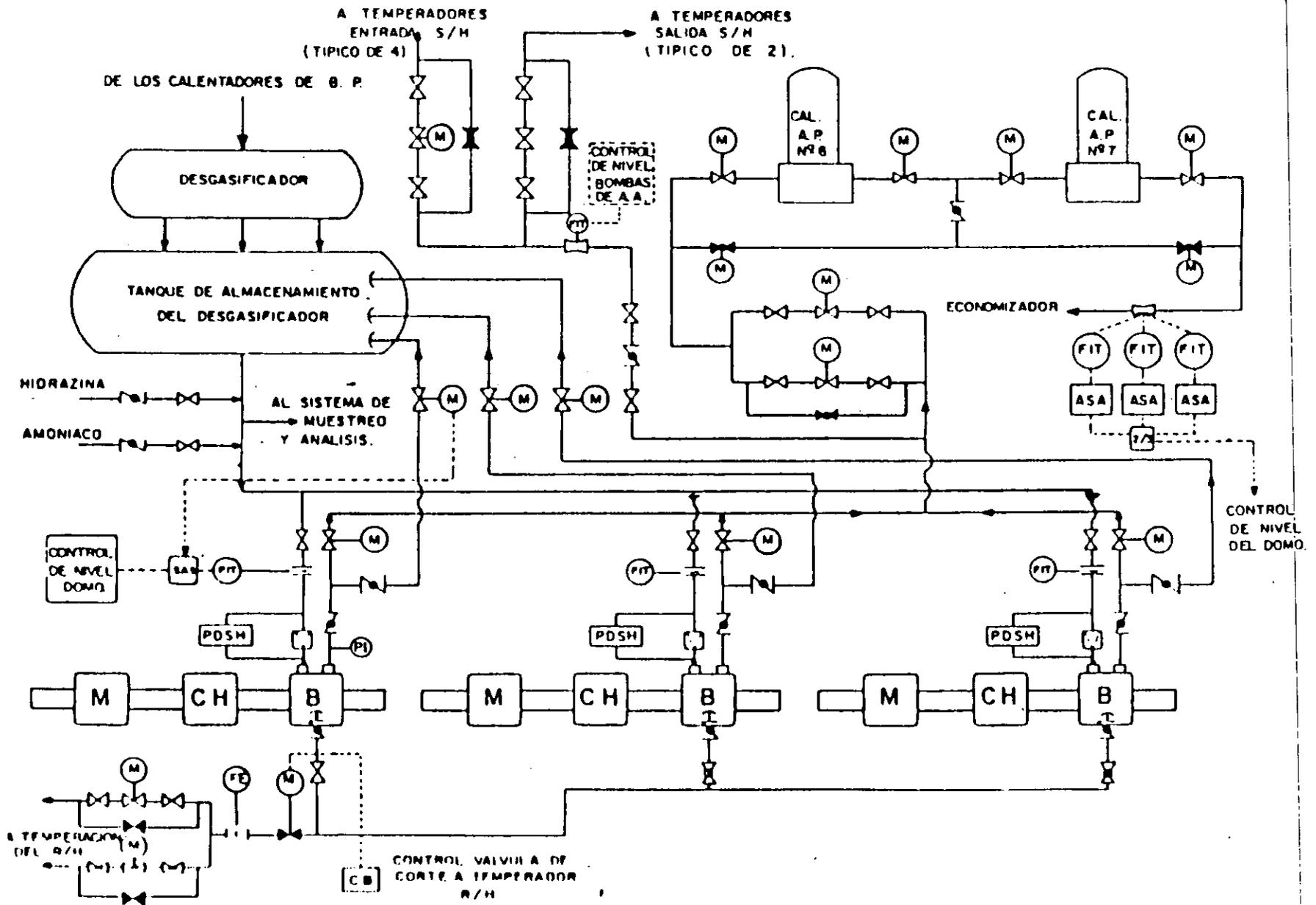


FIG. 3 SISTEMA DE AGUA DE ALIMENTACION

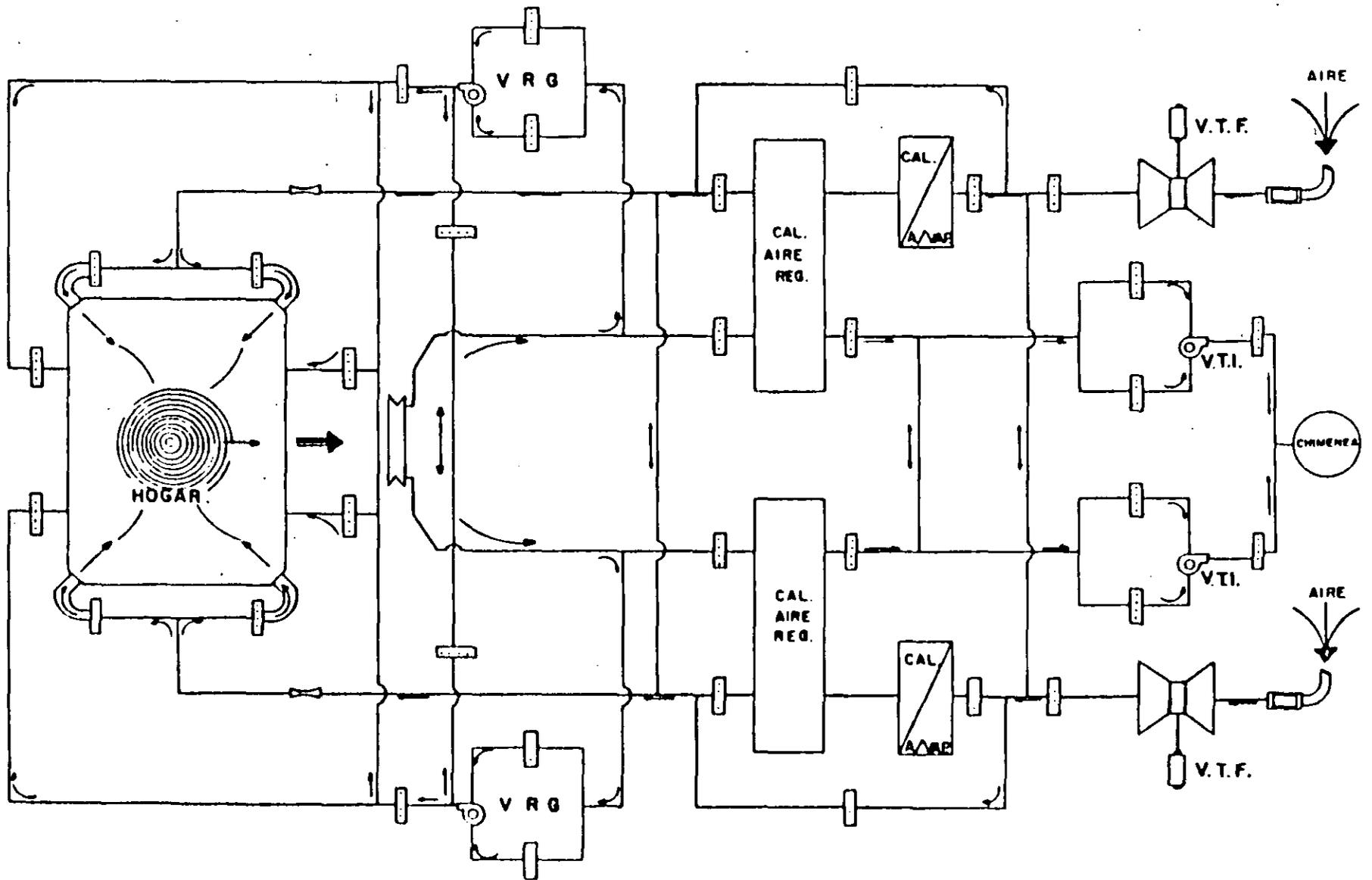


FIG. 4 SISTEMA DE AIRE Y GASES

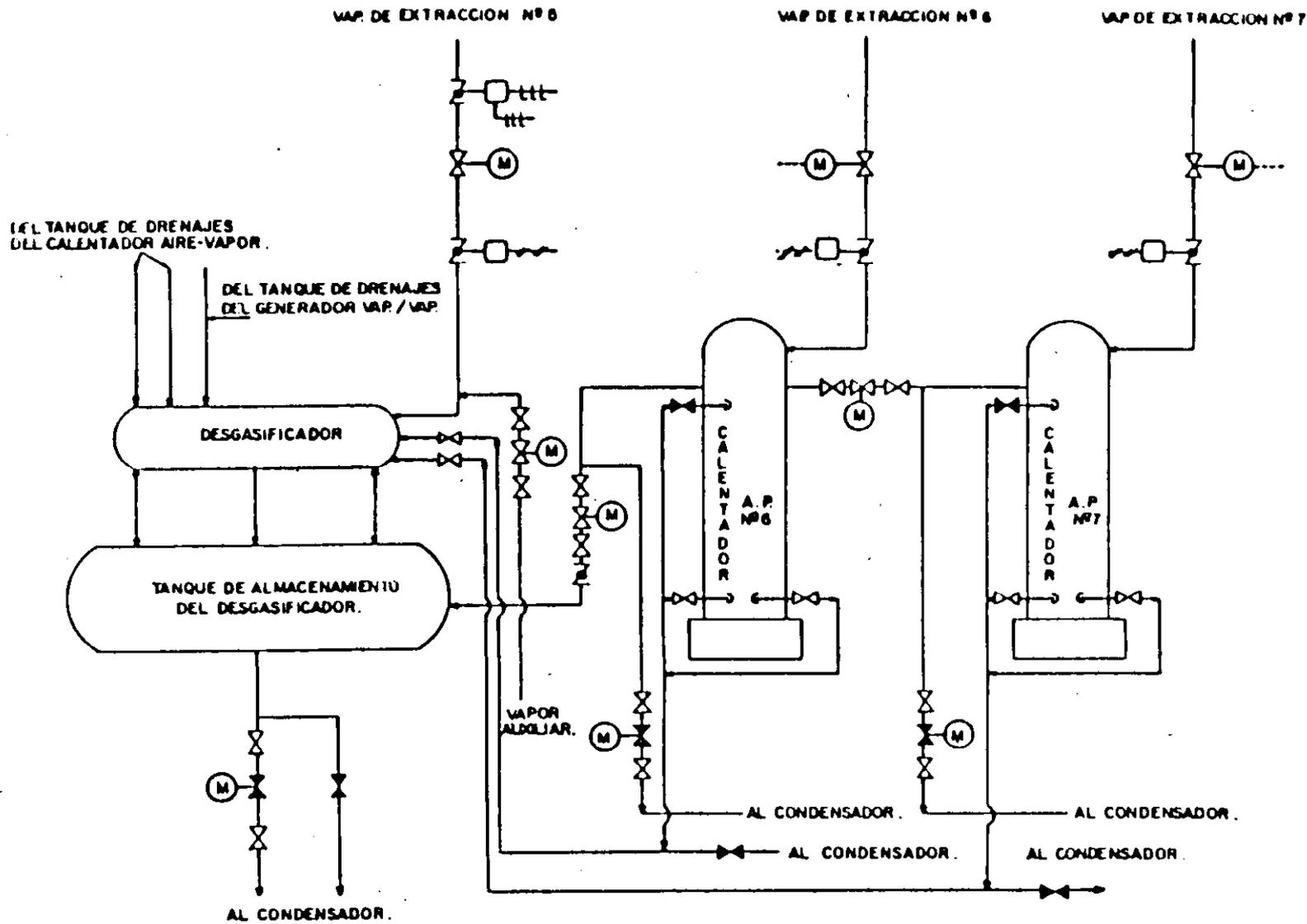


FIG. 5 SISTEMA DE EXTRACCIONES DE ALTA PRESION

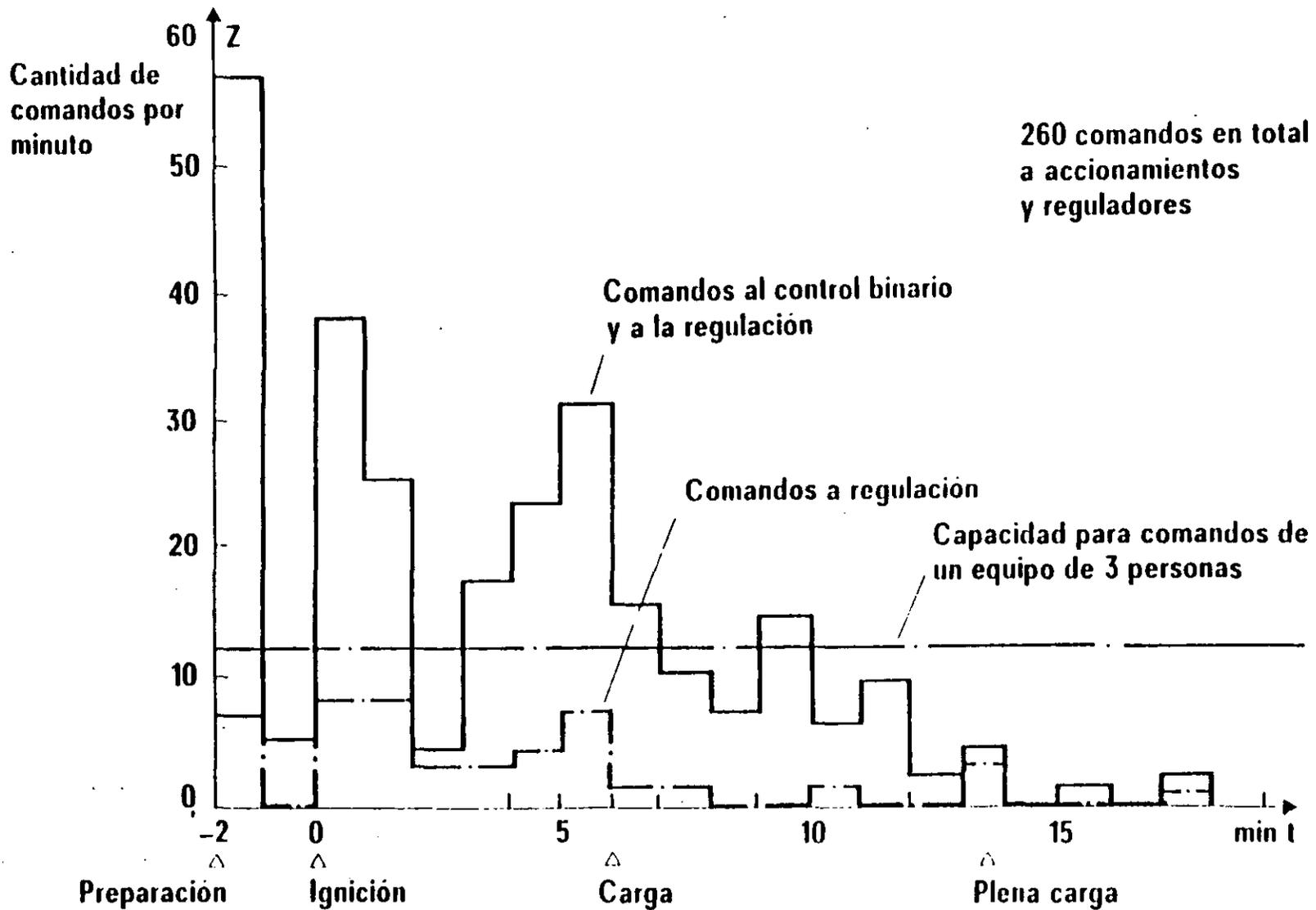


FIG. 6 CANTIDAD DE COMANDOS DURANTE UN ARRANQUE

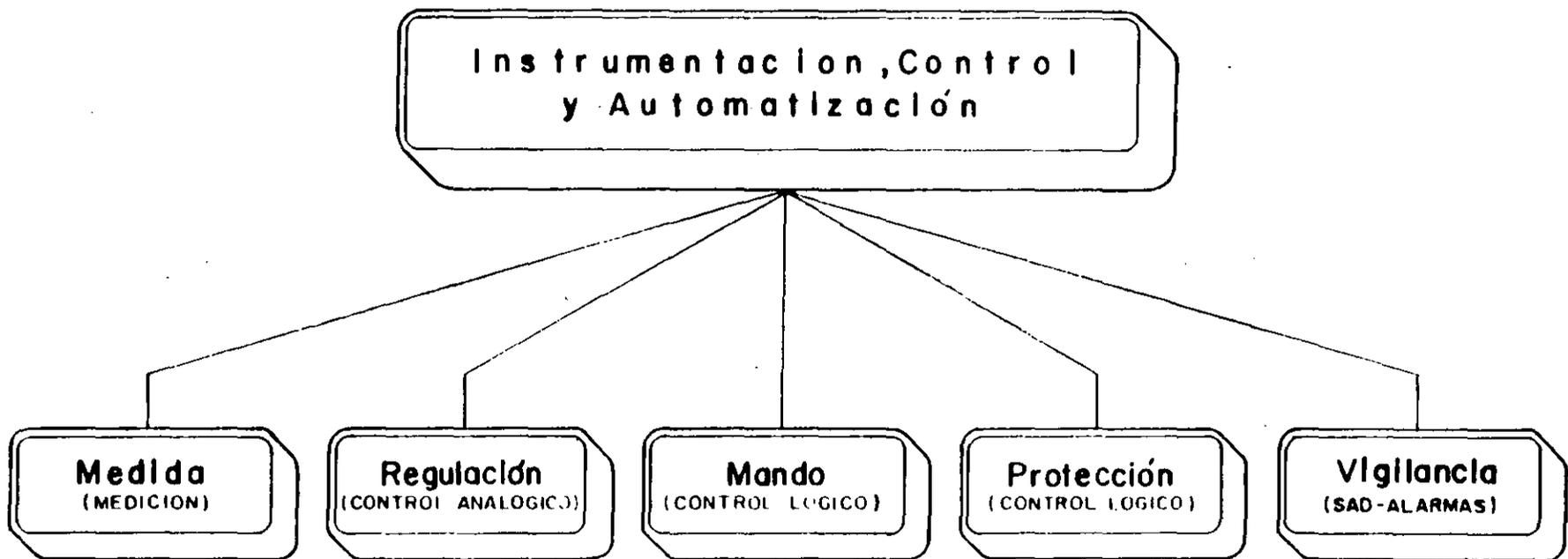


FIG. 7 FUNCIONES DEL SISTEMA DE CONTROL

SEGURIDAD, DISPONIBILIDAD, GUIADO OPTIMO DEL SERVICIO

- REACCION RAPIDA Y SEGURA EN CASO DE PERTURBACIONES .
- ANALISIS EXACTO DE LOS ESTADOS DE SERVICIO Y DE
PERTURBACIONES , PERCEPCION TEMPRANA DE PERTURBACIONES
INCIPIENTES .
- EVITAR ERRORES DE MANEJO .
- CENTRALIZAR LA INFORMACION Y EL MANEJO EN LA SALA DE CONTROL .

1-30

FIG. 8 OBJETIVOS DEL SISTEMA DE CONTROL

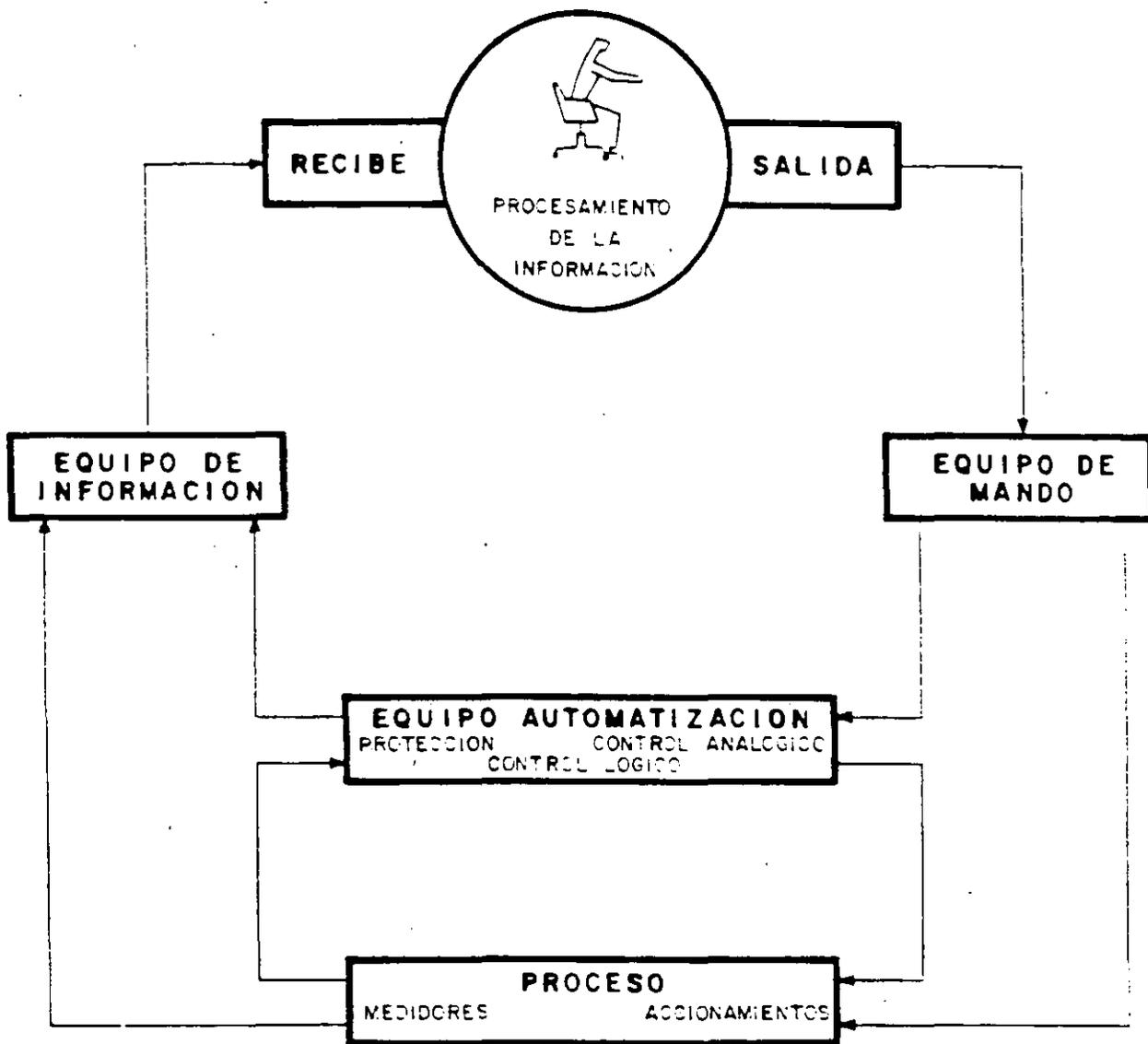


FIG. 9 ORGANIZACION DEL SISTEMA DE CONTROL

PARA LOGRAR UNIFORMIDAD EN LA AUTOMATIZACION SE HAN NORMALIZADO :

- LAS TENSIONES DE MANDO (± 24 V) .
- LAS SEÑALES : BINARIA 24 V ; ANALOGICA 0/4 ... 20 mA , ± 10 V .
- EL PROCESAMIENTO ELECTRONICO.
- LA INSTRUMENTACION.

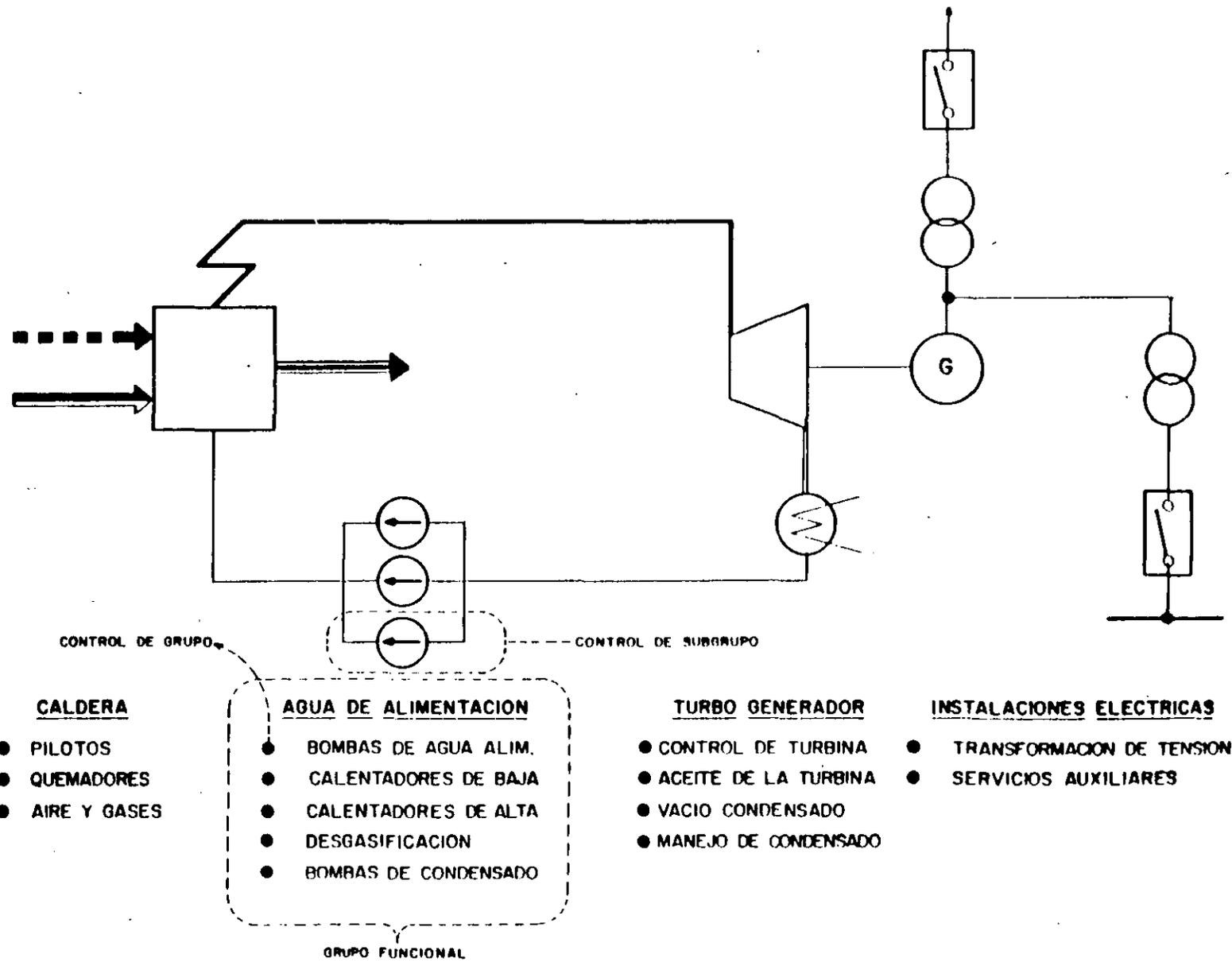


FIG. 10 DIS. JUCION FUNCIONAL

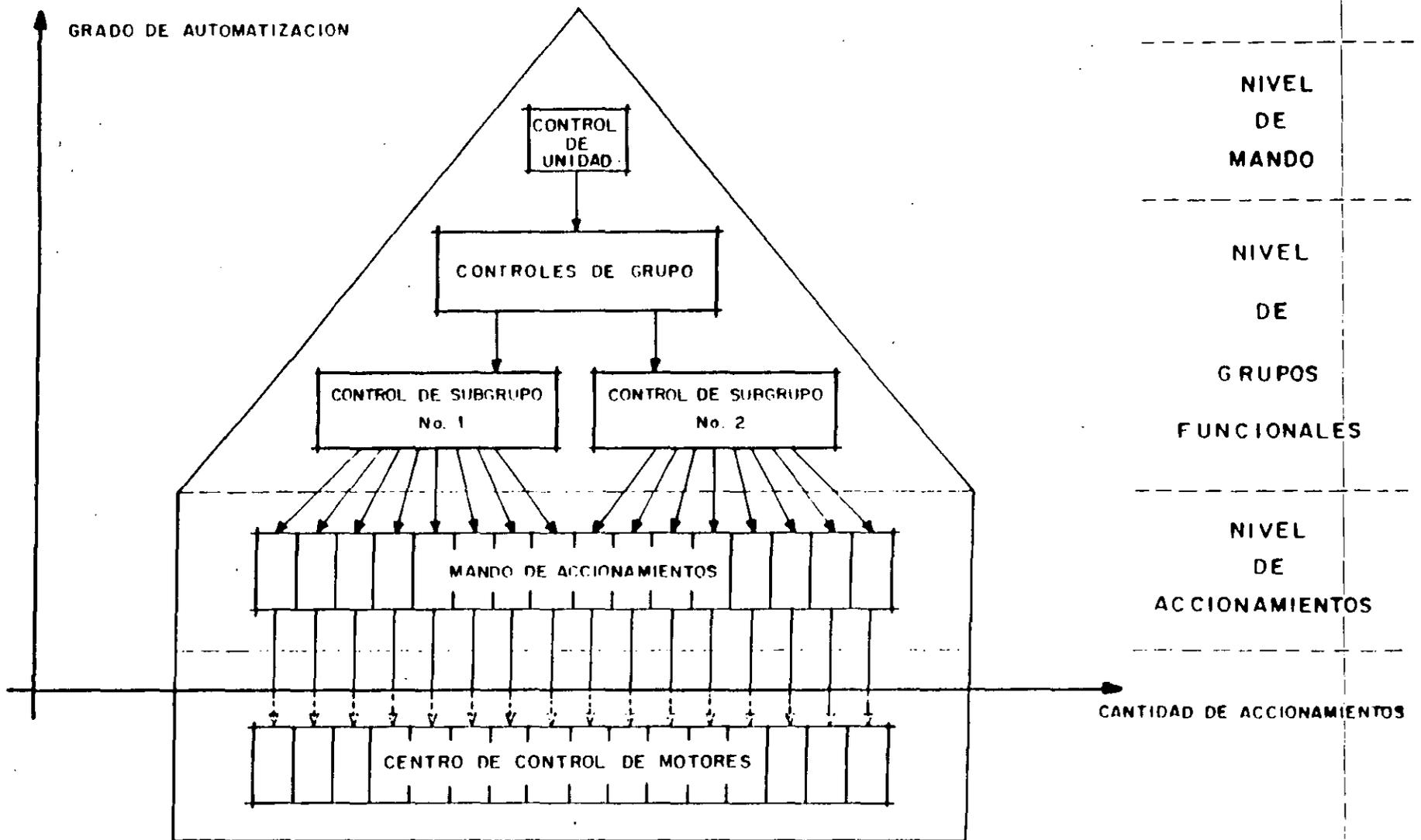


FIG. 11 ESTRUCTURA JERARQUICA

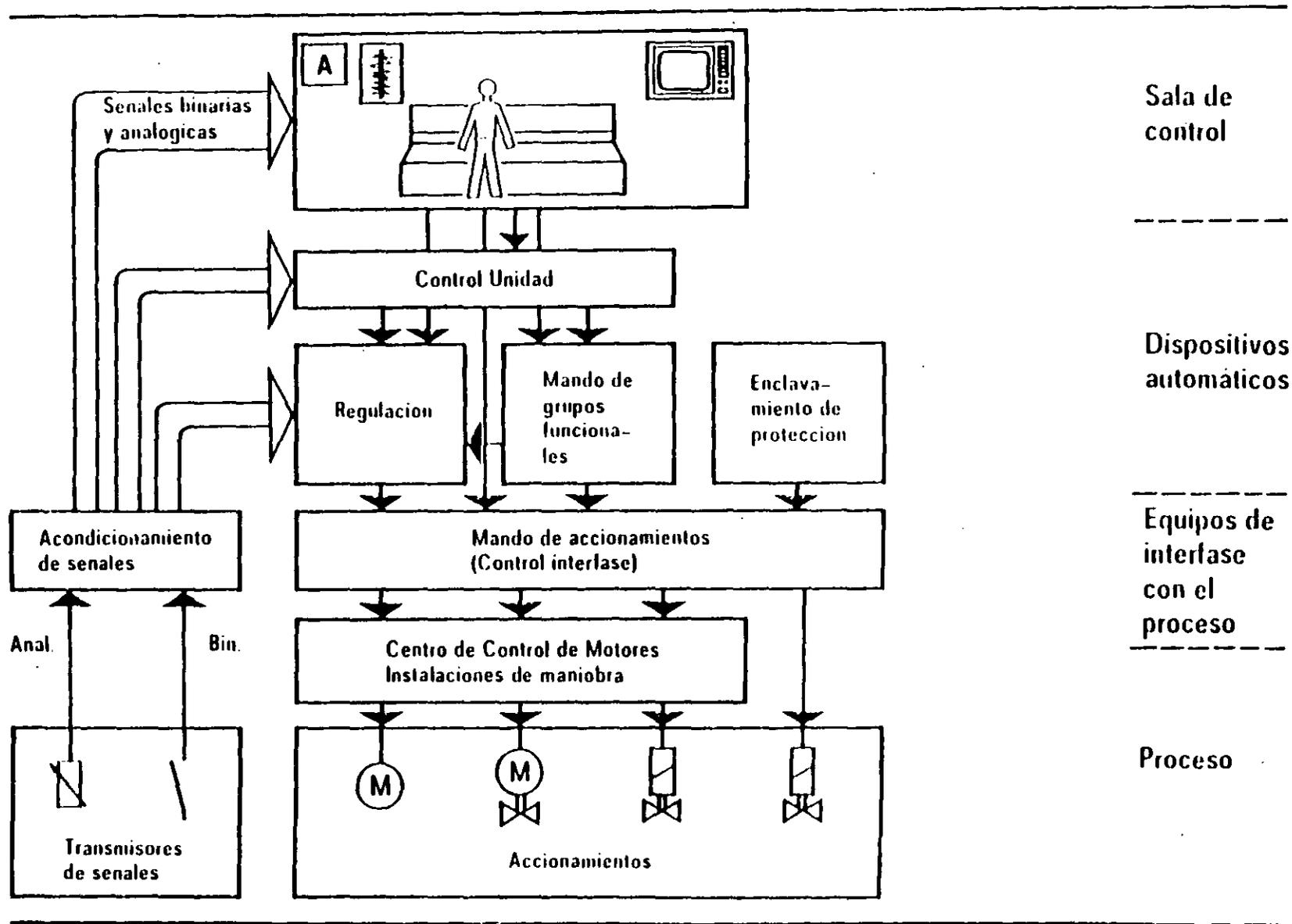


FIG. 12 CONCEPTO F SISTEMA DE CONTROL

37-

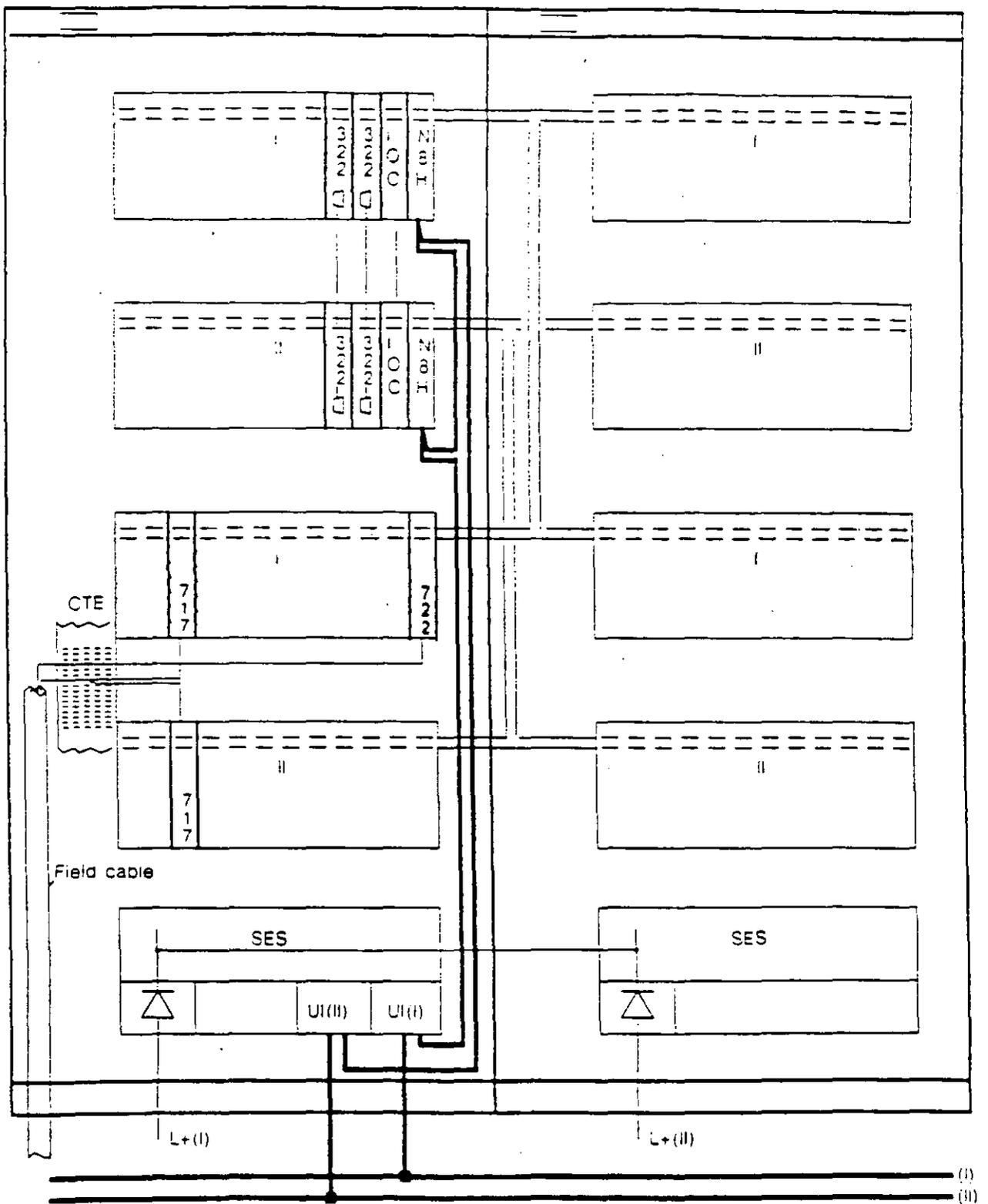


FIG. 13 ESTRUCTURA FISICA DEL SISTEMA DE CONTROL

35

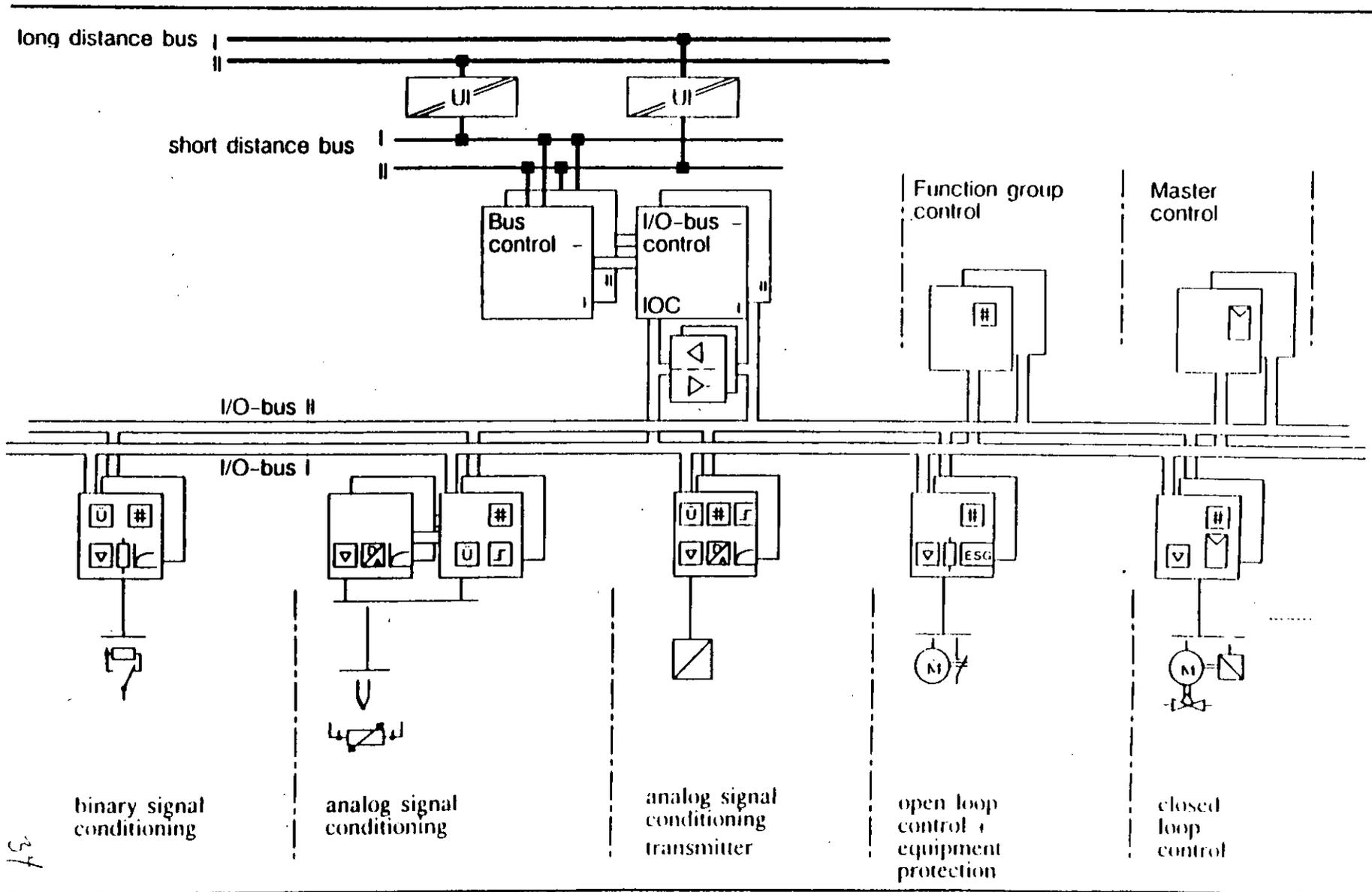
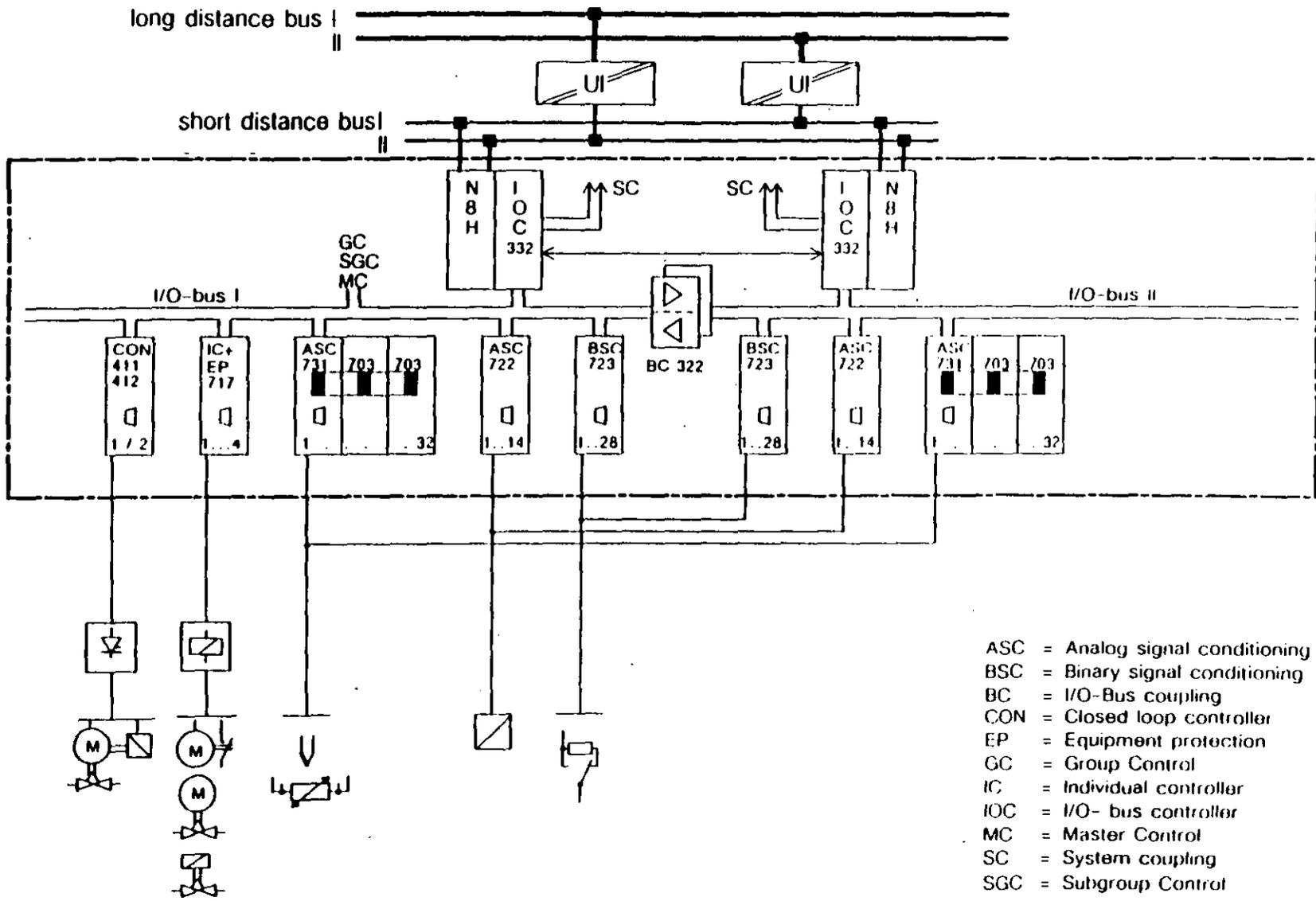


FIG. 14 ESTRUCTURA FUNCIO. DEL SISTEMA DE CONTROL

37



- ASC = Analog signal conditioning
- BSC = Binary signal conditioning
- BC = I/O-Bus coupling
- CON = Closed loop controller
- EP = Equipment protection
- GC = Group Control
- IC = Individual controller
- IOC = I/O- bus controller
- MC = Master Control
- SC = System coupling
- SGC = Subgroup Control

FIG. 15 REDUNDANCIA PARCIAL

35

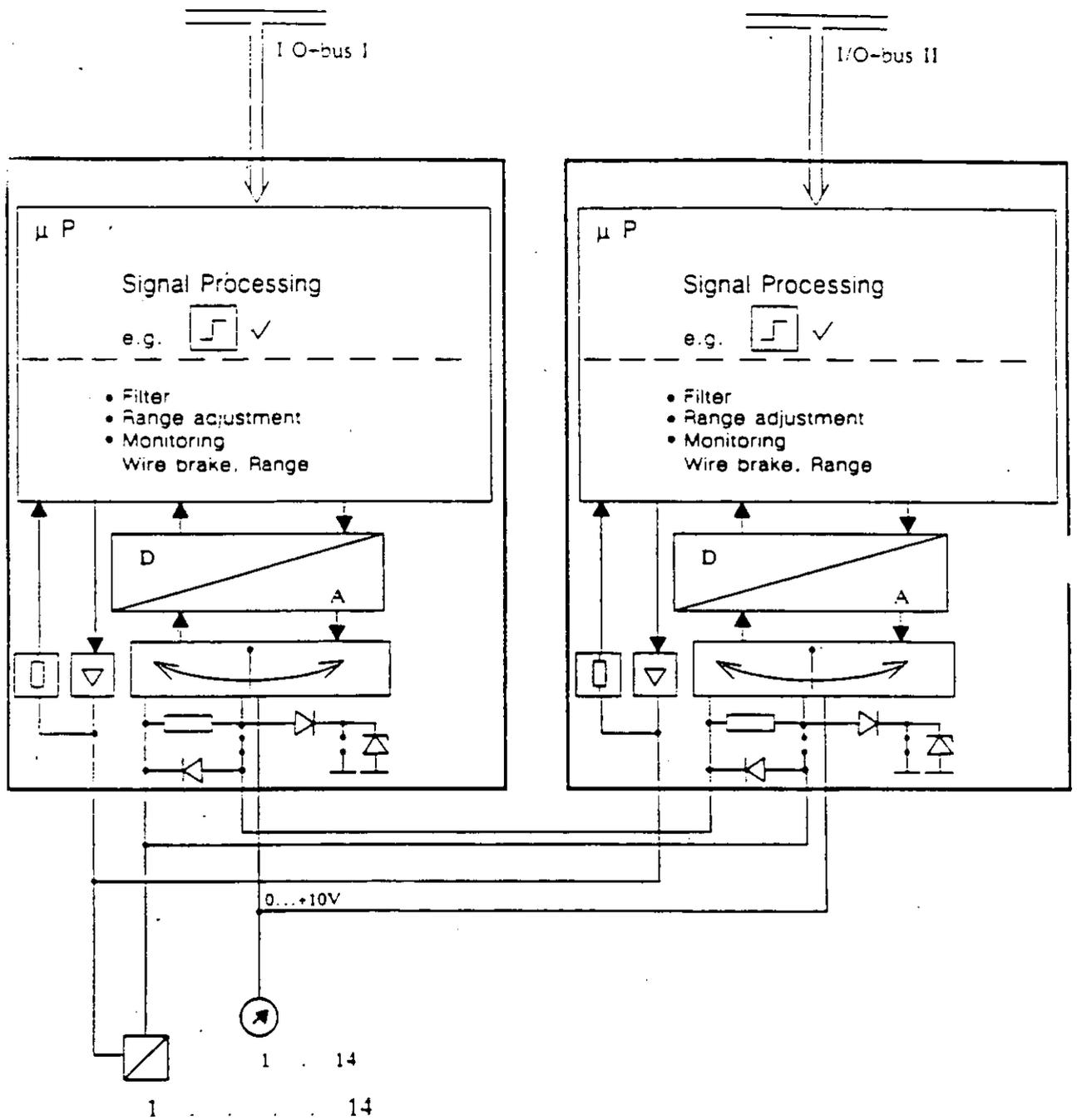
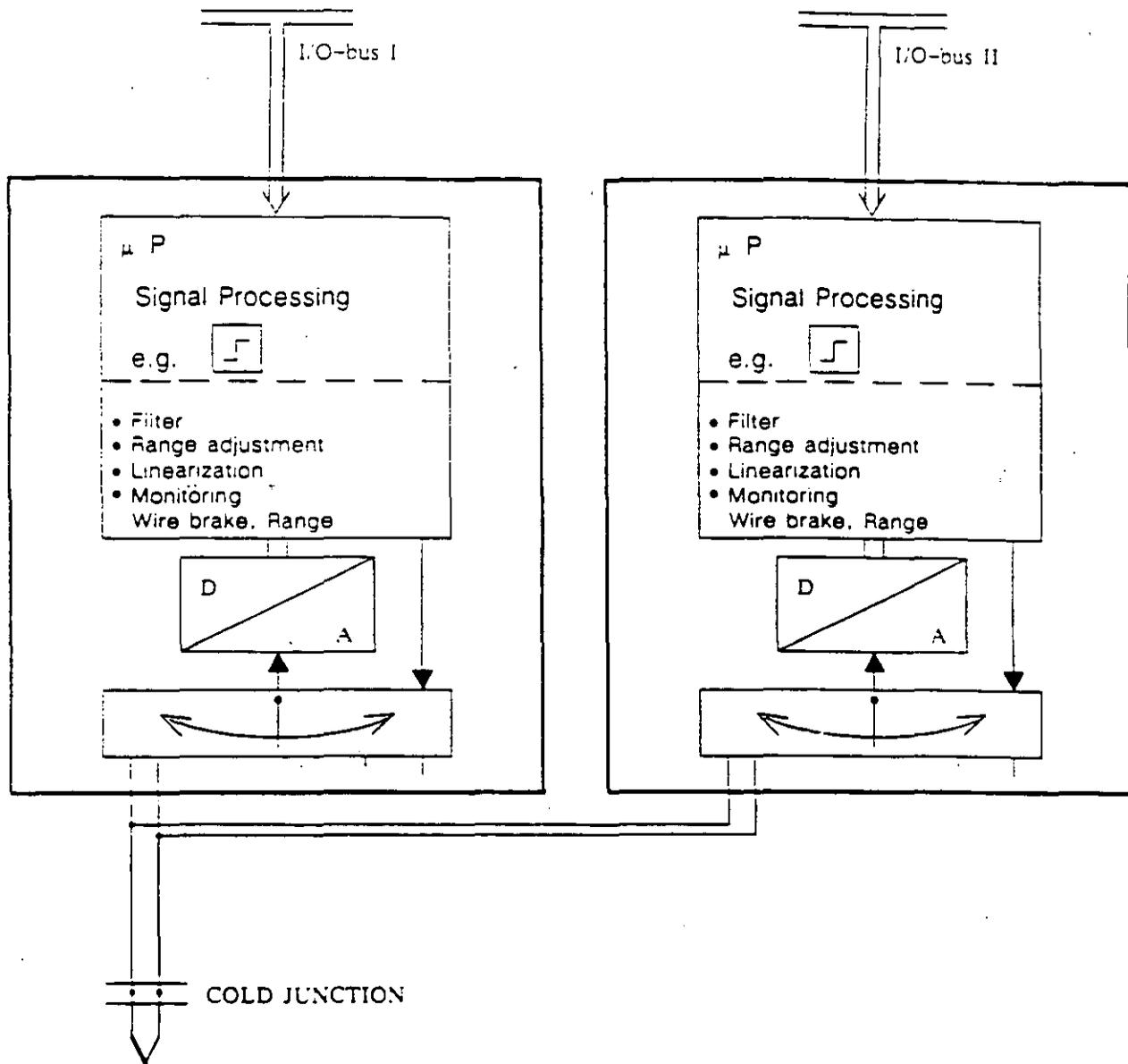


FIG. 16 MODULO DE ADQUISICION DE SEÑALES ANALOGICAS



1 32

FIG. 17 MODULO DE ADQUISICION DE SEÑALES DE TEMPERATURA (I)

38

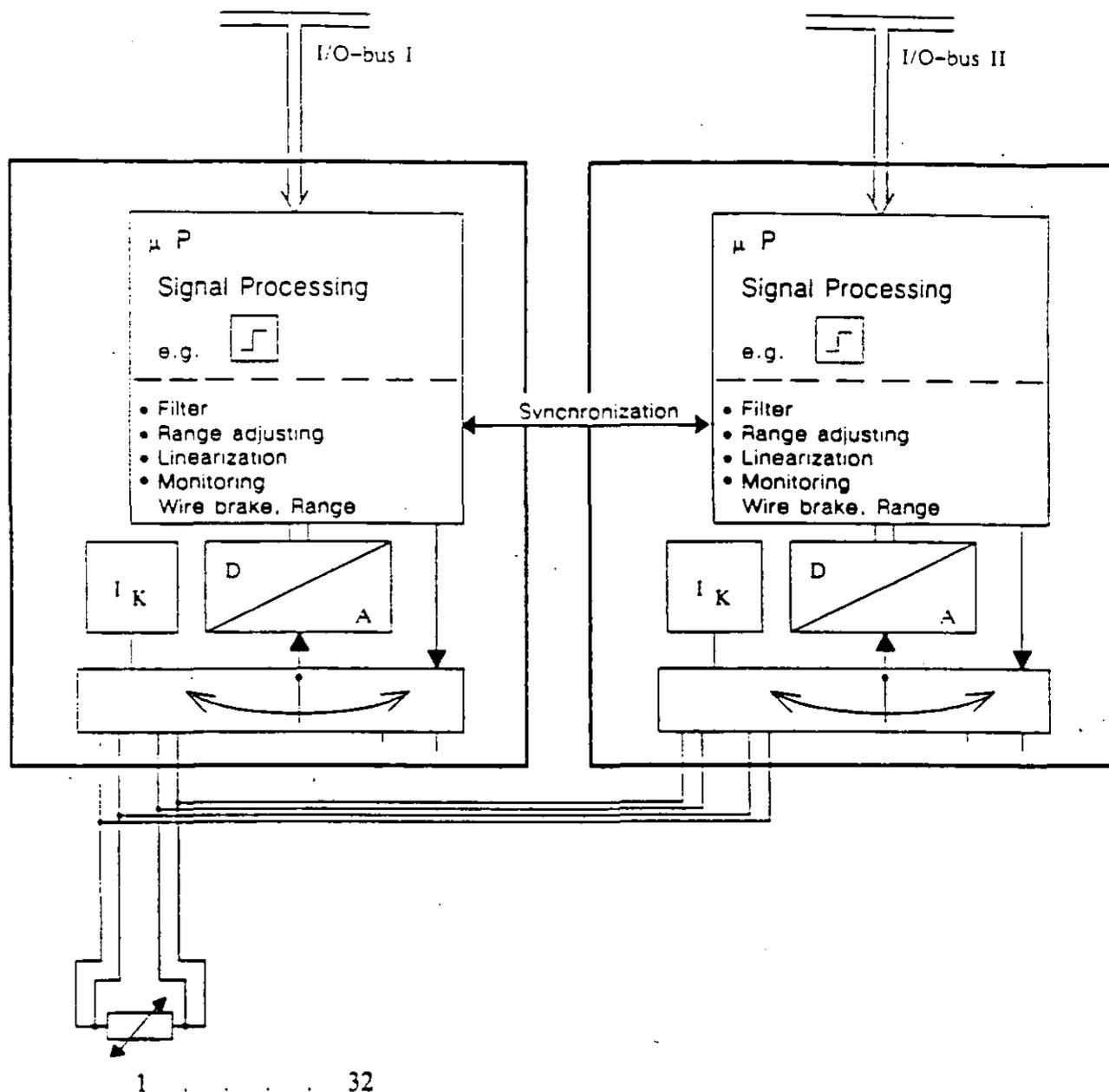


FIG. 18 MODULO DE ADQUISICION DE SEÑALES DE TEMPERATURA (II)

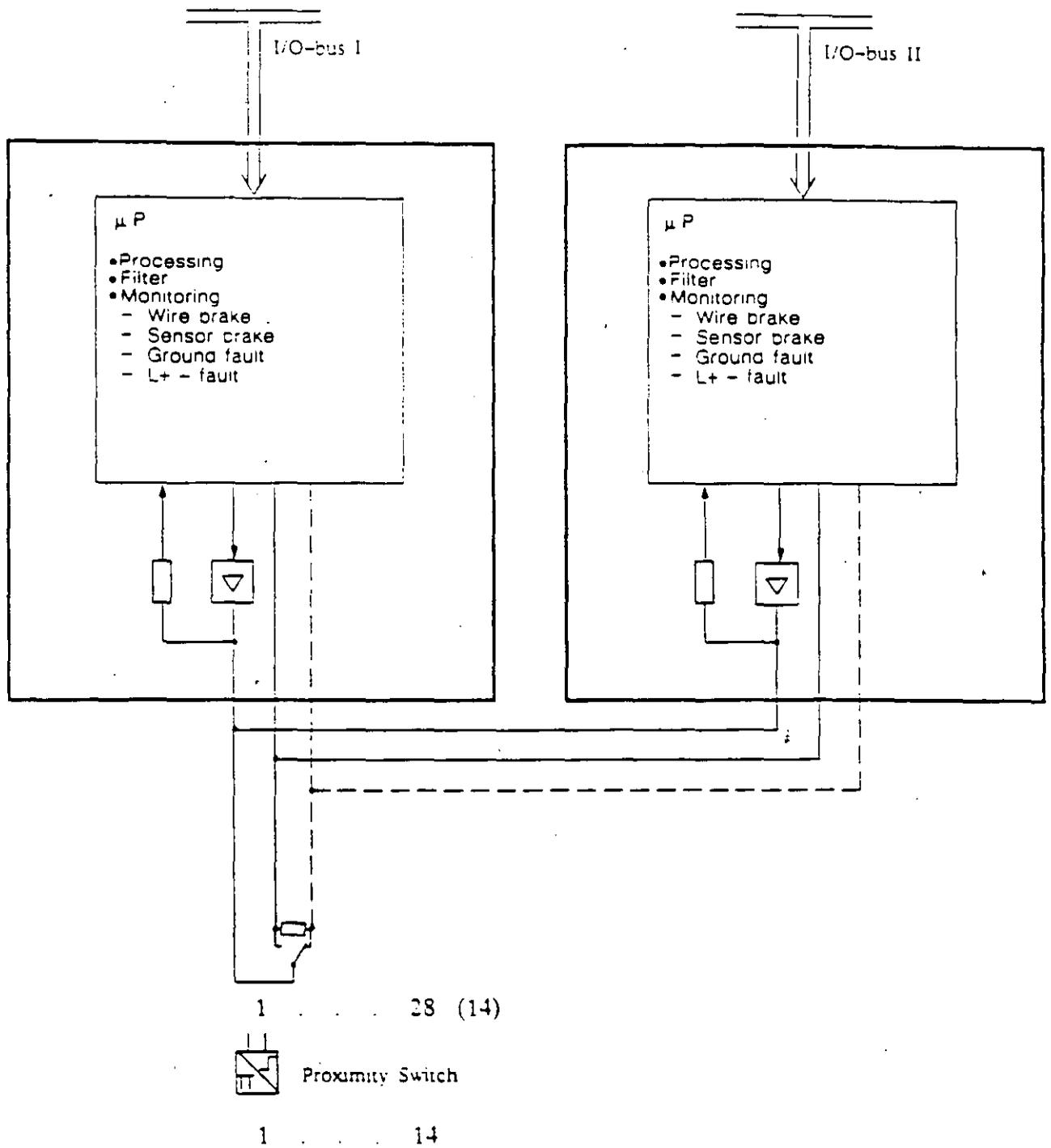


FIG. 19 MODULO DE ADQUISICION DE SEÑALES BINARIAS

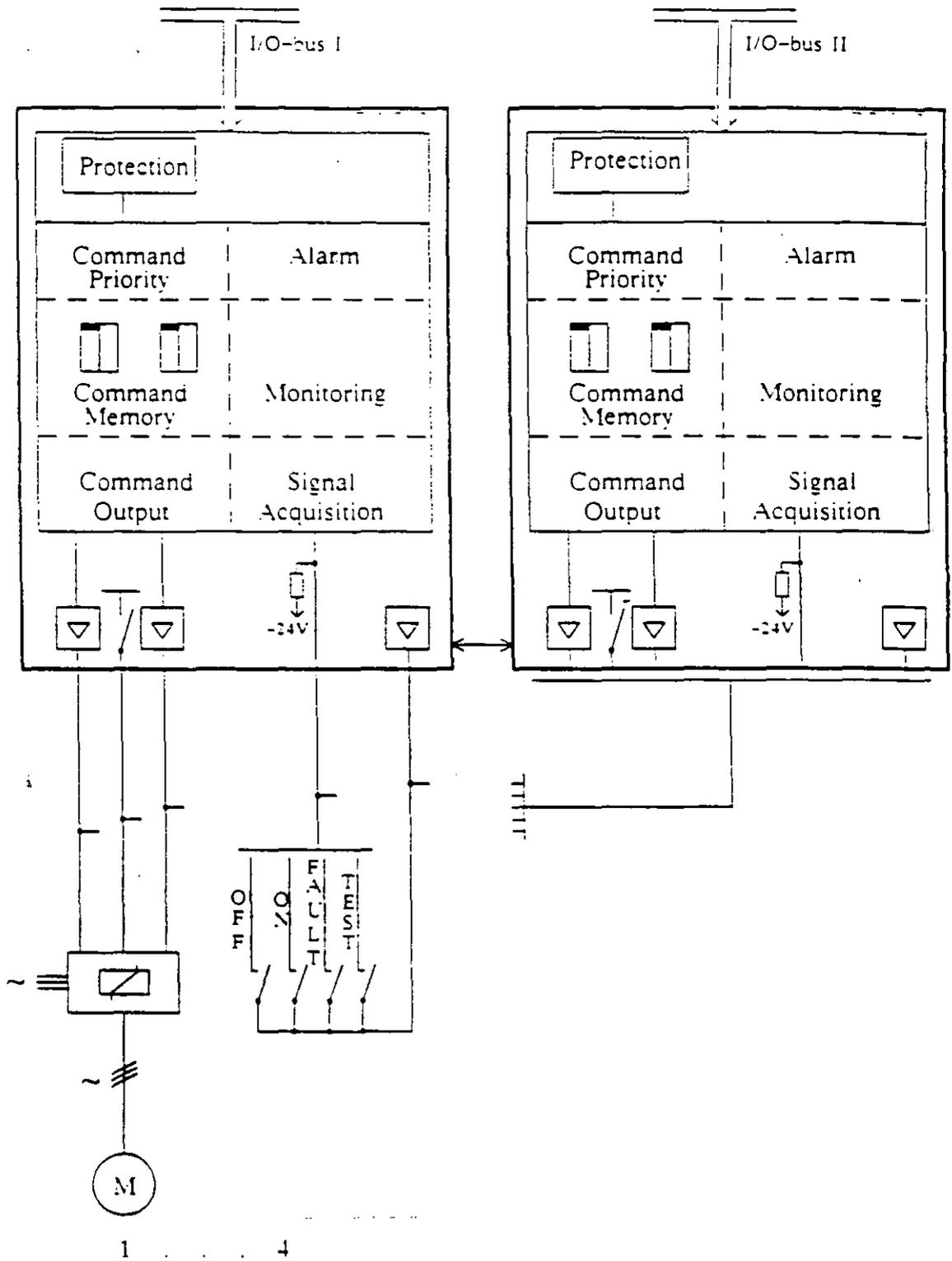


FIG. 20 MODULO DE CALCULO BINARIO

46

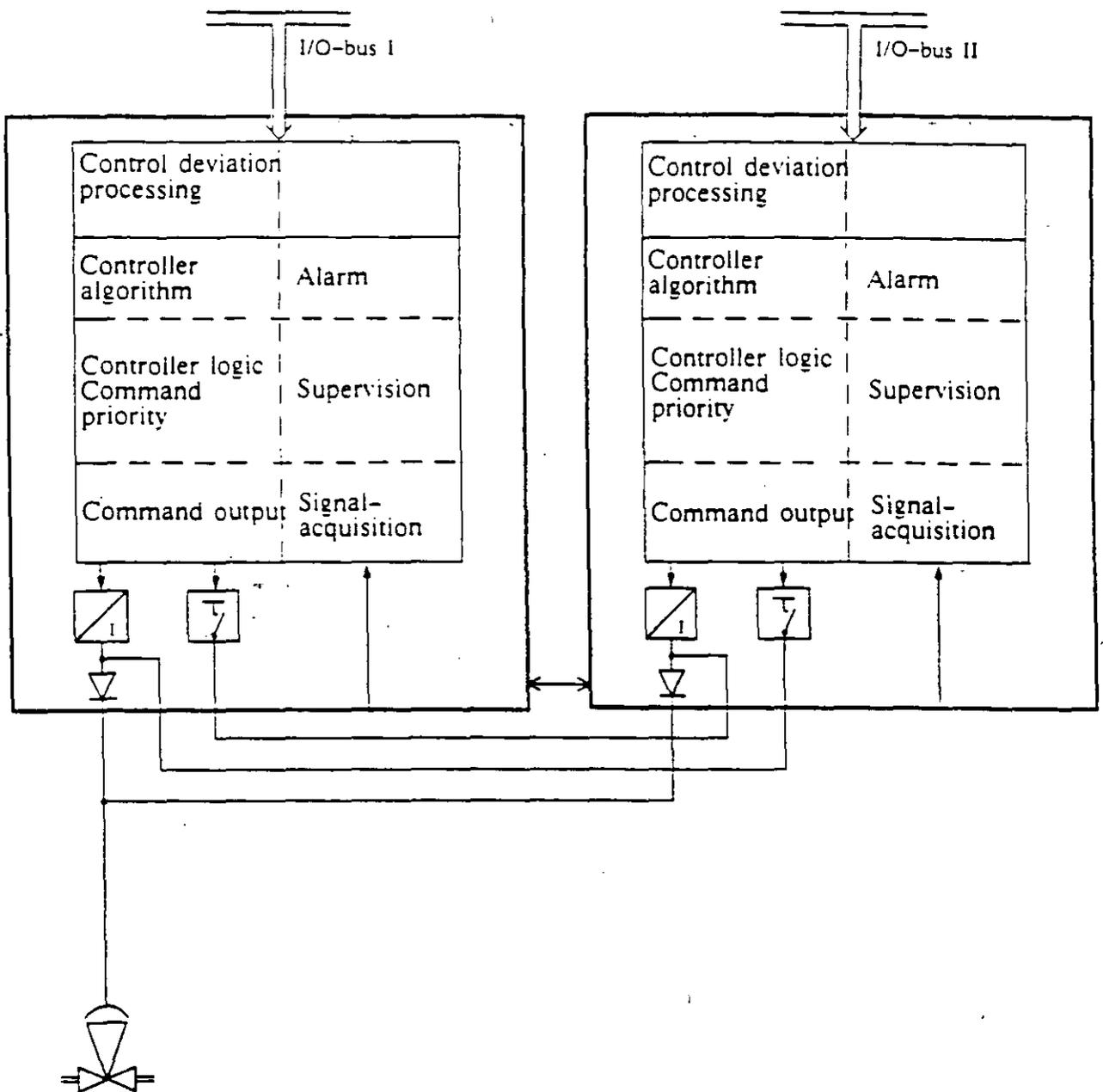


FIG. 21 MODULO DE CONTROL ANALOGICO



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

INSTRUMENTO ELECTRONICA DE PROCESOS INDUSTRIALES

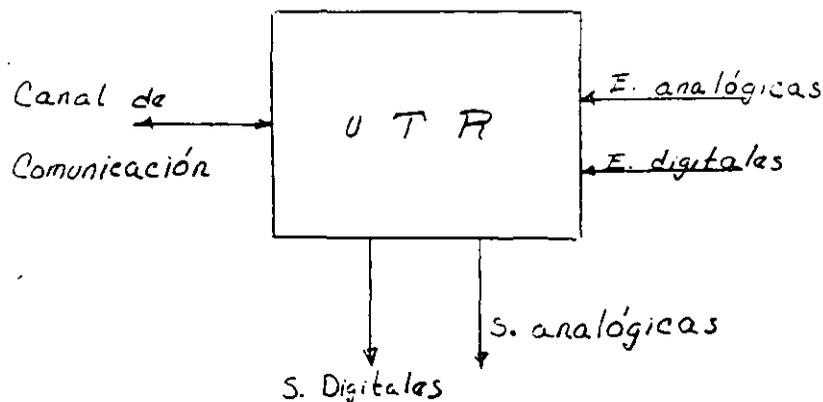
UNIDADES TERMINALES REMOTAS

**AUTOR: ING. RODRIGO BERNAL SEPULVEDA
EXPOSITOR: ING. ADRIANA ESCOBAR ROJO**

UNIDADES TERMINALES REMOTAS

DESCRIPCION

Las unidades Terminales Remotas (UTR's) son equipos electrónicos fabricados con tecnología digital, que en la mayoría de los casos se apoya en el uso de los microprocesadores; fueron pensadas, diseñadas y construidas para aplicaciones de adquisición de datos y control en las que la estación maestra se encuentra distante de los puntos de medición y control, desempeñando el papel de interfaz entre la computadora y los sistemas de control e instrumentación de campo. Las UTR's cuentan con los elementos eléctricos y electrónicos necesarios para, por un lado, recibir las señales eléctricas provenientes de los instrumentos de medición o bien enviar señales de control a los elementos actuadores; y por el otro, recibir y enviar mensajes a la computadora de la estación maestra. En la siguiente figura se presenta un diagrama de bloques en el que la terminal remota se muestra como una caja negra que recibe y envía señales desde y hacia el campo, y que además cuenta con un canal de comunicación para su enlace con otros equipos.



FUNCIONES.

Para cumplir adecuadamente con su desempeño como interfaz entre la computadora de la estación maestra y los instrumentos de campo, las UTR's realizan las siguientes funciones:

- Adquisición de señales de campo, analógicas y digitales, provenientes de los instrumentos de campo.
- Almacenamiento de la información obtenida y actualización de su base de datos.
- Ejecución de acciones de control a través de señales de salida cuando la maestra lo ordene.
- Envío de señales a equipos de señalización, como indicadores luminosos, registradoras analógicas, etc., por orden de la computadora de la estación maestra.
- Detección de cambios, y en algunos casos registro de eventos con hora de ocurrencia.
- Ejecución de programas de aplicación especiales que se encuentran almacenados en memoria no volátil.
- Intercambio de información con la estación maestra mediante la recepción y envío de comandos y respuestas de acuerdo con un protocolo preestablecido, y en el que las UTR's casi siempre actúan como esclavas de la maestra.

Con estas funciones se observa que, en esencia, la razón de ser de las UTR's se fundamenta en comunicar las condiciones de los elementos de un sistema a la estación maestra, y en realizar acciones de control sobre los dispositivos que lo regulan cuando la maestra se lo indique.

SEÑALES DE CAMPO MANEJADAS POR LAS UTR's

En la mayoría de los procesos o sistemas que se desean supervisar o controlar, se cuenta con elementos de instrumentación y control que generan o aceptan señales eléctricas acordes con los valores de las variables físicas que se desean conocer o manejar; estas señales eléctricas normalmente corresponden a uno de los siguientes tipos:

- Analógicas (entrada o salida): Señales de voltaje o corriente dentro de los rangos de -10 a 10 V, 0 a 10 V, 0 a -10 V, 0 a 20 mA o 4 a 20 mA respectivamente.
- Digitales de entrada: Señales de voltaje que representan el estado de contactos, relevadores, interruptores o alarmas del sistema, y que normalmente se energizan con +24 y 48 VCD, o bien con 120 VCA.
- Digitales de salida: Señales de voltaje que se emplean para controlar relevadores, contactores o motores; estas señales se generan desde las UTR's a través de transistores de potencia o relevadores que se insertan en los circuitos de alimentación de los elementos que se desean comandar.

CANAL DE COMUNICACION

Es el medio a través del cual se enlazan las UTR's con la computadora de la estación central y que debe ser cuidadosamente seleccionado de acuerdo a las condiciones físicas y geográficas que prevalezcan entre ambos equipos. Los canales de comunicación comunmente utilizados son: línea telefónica, portadora en línea de potencia, radio (VHF o UHF) y microondas. Generalmente en el diseño de las UTR's se utiliza el estándar RS-232 para permitir el manejo de módems, los que a su vez son la interfaz con el canal de comunicación empleado.

El protocolo de comunicaciones a emplear se define en base a las características del equipo y de la cantidad de información que se

deba transmitir. Las características de un protocolo específico o la capacidad para emular protocolos múltiples e implementar funciones futuras puede ser un elemento significativo para establecer la arquitectura interna de la UTR.

ALIMENTACION PRIMARIA

Los niveles de voltaje utilizados comunmente para alimentar a una UTR son: 24, 48, 125 o 250 VCD. Las baterias que suministran estos voltajes deben ser flotadas, de tal manera que una falla a tierra no cause daños al equipo o provoque operaciones incorrectas. Es común emplear las baterias para mojar los contactos empleados en la señalización digital y alimentar los dispositivos que son manejados por los contactos de salida digital, lo que permite que estas interfaces presenten un buen aislamiento a tierra.

Algunas UTR's pueden ser alimentadas con 120 o 240 VCA, en estos casos normalmente se tiene una betria de respaldo que alimenta a una fuente interna para mantener la operación en caso de falla de la línea de corriente alterna.

INTERFAZ HOMBRE-MAQUINA.

Es importante que las UTR's cuenten con alguna señalización que permita al operador del sistema conocer su estado y operación, de tal manera que al dar mantenimiento al equipo se puedan detectar fácilmente condiciones de falla o de buen funcionamiento del mismo. Con esta finalidad, normalmente se emplean indicadores luminosos (leds) a nivel local y banderas en los mensajes de respuesta para el caso remoto. Por otra parte es recomendable contar con un interruptor para la deshabilitación de las salidas de control para no generar, durante el mantenimiento, disparos o cambios no deseados en la evolución del proceso. Algunas UTR's cuentan con rutinas o programas de diagnóstico, así como con puntos de prueba y ajuste visibles y de fácil acceso.

GABINETE.

En función de la naturaleza de las aplicaciones de las UTR's, éstas normalmente se instalan dentro de gabinetes que las protegen de ambientes que pudieran dañarlas, pudiendo emplearse para su construcción normas que varían desde la Nema 12, que se aplica para gabinetes que serán instalados en interiores, hasta la Nema 7x que se emplea para gabinetes que estarán expuestos a la intemperie y que deben ser construidos a prueba de explosiones.

ARQUITECTURA E INTERFACES

En la generalidad de los casos, la arquitectura de las unidades terminales remotas se basa en módulos funcionales, ya sea que estén distribuidos en una, dos o más tarjetas, que realizan funciones complementarias en el proceso de adquirir y reportar el estado de las variables de campo; entre estos módulos destacan:

- Módulo de Procesamiento.
- Módulo de Comunicaciones.
- Módulo de Conversión Analógica-Digital.
- Módulos de Entrada Analógica.
- Módulos de Salida Analógica.
- Módulos de Entradas Binarias.
- Módulos de Salidas Binarias o Digitales.
- Módulo de vigilancia.

En el caso en el que los módulos estén distribuidos en varias tarjetas, éstas se comunican entre sí a través de buses de dedicados, consistentes en una placa de circuito impreso provista con conectores que facilitan la inserción y extracción de las tarjetas para facilitar las operaciones de mantenimiento y remplazo. Como accesorios suelen incluir tiras o tablillas de terminales tipo tornillo o termipoint para la conexión de los cables de campo.

Módulo de Procesamiento.

Es el encargado de decodificar y verificar que se ejecuten los comandos provenientes de la estación maestra, así como de controlar el funcionamiento global de la UTR. Normalmente se encuentra constituido por un microprocesador, la memoria del programa y las interfases de conexión con los otros módulos. Algunas de las funciones más sobresalientes de este módulo son:

- Recibe la información del módulo de comunicaciones cuando esta le indica que se ha recibido un mensaje desde la estación maestra.
- Inicia las adquisiciones binaria y analógica solicitando la información necesaria a los módulos correspondientes. Esta función puede ser activada por comando o en forma automática después de una secuencia de encendido, requiriéndose en este último caso que la UTR tenga grabada en la memoria no volátil la configuración que determina de las direcciones de los módulos de entrada.
- Solicitar a los módulos de salidas de control el accionamiento de mandos, con o sin verificación antes de operar.
- Actualizar las salidas digitales y analógicas asignadas a equipos de señalización.
- Preparar los mensajes de respuesta que se enviarán a la estación maestra.
- Realizar procedimientos de supervisión y diagnóstico del sistema.

En los casos en los que estos módulos están integrados en una tarjeta dedicada, ésta normalmente se encuentra ubicada en cualquiera de los extremos del gabinete, rack o estructura que da soporte, forma y rigidez mecánica a la UTR.

Módulo de comunicaciones:

Es el elemento de la UTR que realiza la función de interfaz entre la estación maestra y el módulo de procesamiento. Las principales funciones que desempeñadas por este módulo son:

- Monitoreo continuo del canal serie.
- Recepción y validación de la integridad de los mensajes y comandos enviados por la estación maestra, cuando estos son dirigidos a la UTR a la que pertenece.
- Procesar el mensaje y notificar al módulo de Procesamiento que se ha recibido un mensaje desde la maestra para que éste lo atienda.
- Esperar y recibir el mensaje de respuesta del módulo de procesamiento, añadirle el encabezado y el código de seguridad de acuerdo al protocolo de comunicación empleado; enviar el mensaje a la estación maestra.
- En los casos en los que el canal de comunicaciones incluya equipos de radio, el módulo de comunicaciones es el encargado del manejo del PTT (PUSH TO TALK) del radio con la temporización adecuada.

En las aplicaciones en las que se requiere el empleo de modems, estos pueden estar o no incluidos en el módulo de comunicaciones, pero en cualquier caso, el módulo de comunicaciones es el encargado de su manejo. Opcionalmente suele ofrecerse la posibilidad de conectarse a módulos auxiliares que les permiten adaptarse a canales de comunicación con diversas características, normas o protocolos.

En aquellos equipos en los que el módulo de comunicaciones se encuentra ensamblado en una tarjeta dedicada, ésta suele instalarse en la ranura (slot) que está situada inmediatamente después de la del procesador.

Módulo de Conversión Analógica-Digital.

Es el encargado de monitorear y solicitar a los módulos de entrada analógica la información proveniente de campo, realizar la conversión analógica digital, procesar esa información comparandola contra límites de validación preestablecidos y finalmente reportar los datos obtenidos al módulo de procesamiento. En algunos casos este módulo puede incluir un microprocesador como parte de su hardware, en estos casos el módulo actúa como

esclavo del módulo procesamiento transfiriéndole la información pertinente únicamente bajo petición de éste.

Módulos de Entrada Analógica.

Son los módulos que reciben las señales eléctricas provenientes de los elementos de medición y que corresponden a funciones continuas en el tiempo. A continuación se presenta una lista en la que se señalan las características más comunes a estos módulos:

- Ocho canales de entrada en modo diferencial o 16 en modo simple. En algunos casos se ofrece la posibilidad de seleccionar un modo u otro a través de puentes configurables.
- Manejo de voltajes de entrada dentro de los rangos de -10 a 10 VCD, -10 a 0 VCD y 0 a 10 VCD, así como de corrientes dentro de los rangos de 0 a 20 mA y 4 a 20 mA.
- Impedancias de entrada: para entradas de voltaje de alrededor de 1 Gohm, en tanto que para entradas de corriente oscila alrededor de los 250 ohms.
- Filtros de entrada de un o dos polos con frecuencias típicas de corte que varían entre los 0.3 y los 30 Hz.

Para tarjetas con entradas de estado sólido comúnmente se tiene capacidad de manejar voltajes de modo común de hasta +/- 5V sin alterar la operación en modo diferencial, y hasta de +/- 20V sin que el módulo sufra daños. Para este tipo de módulos normalmente se presentan factores de rechazo de modo común de 80 dB. Opcionalmente pueden contener o conectarse a submódulos de acondicionamiento para lograr un aislamiento eléctrico con respecto a los equipos de campo, mejorando el índice de rechazo de modo común y protegiendo a la UTR de fallas en las líneas de señal de campo; o bien para la adquisición de señales especiales como lo son las provenientes de termopares, RTD's, etc.

Módulos de Salida Analógica

Son los módulos, normalmente accesados por el módulo de

Procesamiento, a través de los cuales la UTR puede enviar señales analógicas a controladores o equipos de señalización local, para la modificación de los valores de referencia (Set Point) o de la posición de plumillas o agujas. Las características más comunes a estos módulos son:

- 4 u 8 canales de salida con señales en voltaje o corriente dentro de los rangos de -10 a 10 VCD, 0 a +/- 10 VCD, 0 a 20 mA y 4 a 20 mA, respectivamente.
- Resolución de la conversión digital-analógica entre 8 y 12 bits.
- Impedancia de carga máxima para las salidas de corriente de alrededor de 700 ohms.

Módulos de Entrada Digital

Son módulos normalmente controlados por el módulo de procesamiento, a través de los cuales la UTR adquiere los estados (valores binarios) de los elementos de campo. Las características más comunes en este tipo de módulos son:

- 16 entradas optoaisladas con filtro digital opcional para eliminación de rebotes.
- Protección contra polarización inversa.
- Voltajes de entrada típicos de 24, 48 y 125 VCD.
- Corriente de máxima por entrada de hasta 15 mA.

A través de estos módulos la UTR puede recibir señales de generadores de pulso y realizar tareas de conteo y totalizadores mediante programas específicos en el módulo de procesamiento.

Módulos de Salida Digital

Son los elementos a través de los cuales las UTR's pueden enviar señales de voltaje a actuadores, motores, etc., para así modificar la evolución del proceso que se desea controlar y ajustarlo a los lineamientos requeridos. Su función básica es actuar como interruptores de paso en la línea de alimentación de los equipos

a controlar. A continuación se presentan algunas de las características más sobresalientes de este tipo de módulos:

- 16 salidas a colector abierto o relevador.
- Corrientes de paso máximas de 0.5 y 2 A, y manejo de voltajes de hasta 90 y 500 dependiendo del tipo de salida (colector o relevador).
- Para las salidas tipo relevador se emplean relevadores de alta calidad con vida útil promedio de hasta 10 millones de operaciones.

Módulos de Vigilancia.

Son módulos diseñados para sensar valores de parámetros básicos para el correcto funcionamiento del resto de los módulos que componen a la UTR, como lo son los voltajes de alimentación tanto de corriente directa como alterna. Normalmente son accedidos por el módulo de procesamiento al que le entregan información del estado de las variables que monitorea. En algunos casos este tipo de módulos pueden llegar a interrumpir al módulo de procesamiento para obligarlo a que ejecute rutinas de emergencia, como es el caso en el que es inminente la pérdida de la alimentación principal. Para facilitar actividades de supervisión y mantenimiento suelen presentar una interfaz hombre-máquina basada en indicadores luminosos.

PROGRAMACION

En la mayoría de los casos las UTR's suelen presentar una programación jerárquica en la que los programas del módulo de procesamiento coordinan la ejecución de los programas de los otros módulos, controlando el intercambio de información y datos dentro del sistema. Algunas de las principales tareas ejecutadas por los programas del módulo de procesamiento son:

- Inicialización: el módulo de procesamiento pone en condiciones iniciales a todas sus variables (registros en memoria, Stack pointer) y entra en un ciclo de ejecución

- continúa en espera de comandos provenientes de la estación maestra; simultáneamente ordena que se ejecuten los programas de inicialización en los módulos restantes.
- Atención y ejecución de comandos: recibe desde el módulo de comunicaciones los datos enviados por la maestra, los analiza y valida, coordina a los módulos restantes para que el comando se ejecute; finalmente elabora el mensaje de respuesta y se lo pasa al módulo de comunicaciones para que lo formatee y lo transmita a la estación maestra.
 - Muestreo continuo: Esta tarea puede ser activada por comando, o bien después de una secuencia de encendido cuando la UTR así ha sido programada. El objetivo de esta tarea es el de coordinar a los módulos de entrada para que periódicamente le presenten los datos que reflejan el estado de las señales de campo, procesándolos y almacenándolos posteriormente en sus estructuras de datos para así mantener lo más actualizada posible la información que deberá reportar a la maestra cuando ésta se lo solicite.
 - Diagnóstico continuo: El módulo de procesamiento corre periódicamente rutinas que permiten conocer el estado funcional de la UTR, tal y como lo es el estado de la información almacenada en memoria y la correcta comunicación con los módulos restantes verificando simultáneamente su correcta operación. Almacena en forma codificada los errores detectados y los notifica a la maestra a través de los mensajes de respuesta.

Para el módulo de comunicación tenemos:

- Inicialización: tarea activada desde el módulo de procesamiento, ya sea por comando o por hardware. Tiene básicamente el mismo objetivo que la rutina correspondiente del módulo de procesamiento.
- Monitoreo continuo del canal de comunicaciones: Esta tarea se encarga de vigilar continuamente el canal de comunicación en espera de algún mensaje dirigido a la UTR. Una vez que el mensaje se presenta, lo recibe, valida, formatea y comunica al módulo de procesamiento.
- Envío de mensajes de respuesta: recibe los datos que el módulo de procesamiento desea enviar a la maestra, los for-

matea y los envía a través del canal de comunicación.

Para el módulo de conversiones suelen presentarse las siguientes tareas:

- Inicialización.
- Atención de comandos provenientes del módulo de procesamiento: recibe los comandos y coordina los elementos a su disposición para ejecutarlos, generando (o no) una respuesta que posteriormente envía al módulo de procesamiento.
- Muestreo continuo de entradas analógicas: similar al muestreo continuo realizado por el módulo maestro.

En UTR's en las que los módulos de procesamiento, comunicaciones y conversión A/D se distribuyen en diferentes tarjetas, contando cada uno de ellos un microprocesador como parte de su circuitería, se tiene, o se dice, que el sistema operativo se encuentra distribuido, con la característica de que tareas como la de diagnóstico, muestreo e inicialización se ejecutan en forma complementaria en cada uno de los módulos obteniéndose como resultando en un esquema de procesamiento de información más eficiente.

APLICACIONES DE LAS UTR's

Por sus características funcionales y operativas, las UTR's pueden encontrar un amplio campo de aplicación en sistemas de telemetría y telecontrol, principalmente en aquellos de dinámica lenta, pues cabe mencionar que no cuentan con algoritmos de control y que el lazo para controlar un proceso se cierra a través de la computadora de la estación maestra; sin embargo, con el empleo de controladores lógicos programables (PLC's) sus aplicaciones pueden extenderse a procesos de dinámica rápida, en donde los algoritmos de control local se ejecutan en los PLC's y las UTR's operan como el medio de enlace para la ejecución de control a nivel global supervisorio desde la estación maestra.

Para su aplicación, las UTR's pueden conectarse a la maestra en

múltiples configuraciones, como lo son:

- Estrella: se tiende un canal de comunicación entre cada una de las UTR's y la maestra.
- Multipunto: varias UTR's se conectan al mismo canal de comunicación; en éste caso se requiere que cada UTR tenga asignado un código de identificación que le permita identificar cuando un mensaje es para ella.
- Una combinación de las dos anteriores.

Módulo de Procesamiento

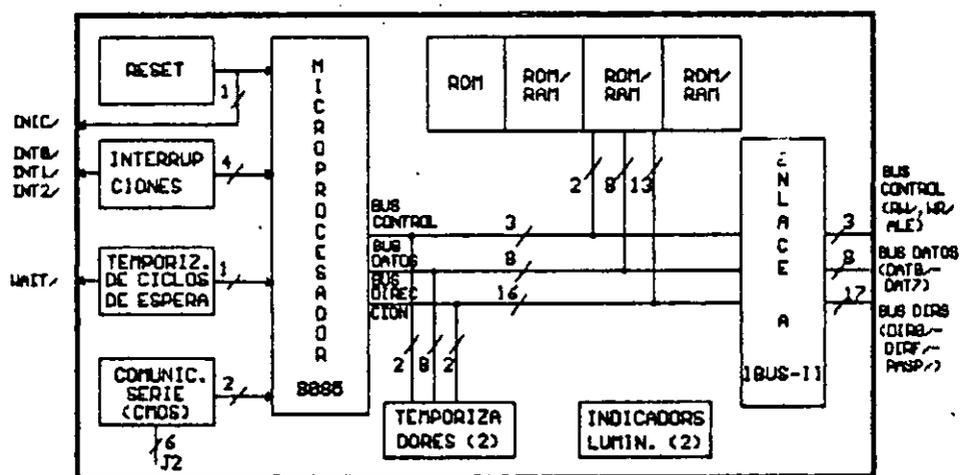


Fig. 3.1 Diagrama a bloques.

2. Un canal HCMOS con las siguientes características:
 - * "Half duplex".
 - * 1200 bauds.
 - * 7 bits de datos.
 - * No paridad.
 - * 1 bit de arranque.
 - * 1 bit de paro.
3. Enlace a bus a través de memorias tipo "FIFO" de 512 bytes de profundidad.
4. Procesador 80C39, 128 bytes de RAM, hasta 4K bytes de ROM
5. Registro de configuración de propósito general de 8 bits, Dip-switch para asignar parametros como velocidad de operación, bits de paro, dirección de la tarjeta, etc...

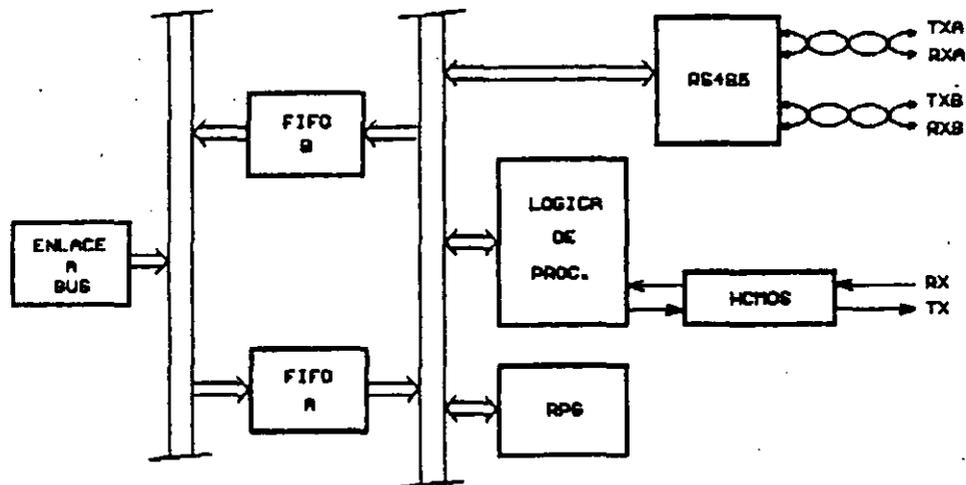


FIG 2.1 DIAGRAMA DE BLOQUES

Módulo de comunicaciones.

El diagrama de bloques de estas tarjetas se muestra a continuación, se observa un DAC y un comparador enmarcado con línea punteada. Estos elementos forman parte de un convertidor A/D de aproximaciones sucesivas distribuido, localizándose el registro de aproximaciones sucesivas (RAS) en la tarjeta controladora de conversión tipo MAC-710.

El objeto de lo anterior es efectuar el intercambio de información de la conversión A/D, vía IBUS-IIA, en forma digital exclusivamente, con la consiguiente mejora en la susceptibilidad electromagnética del sistema.

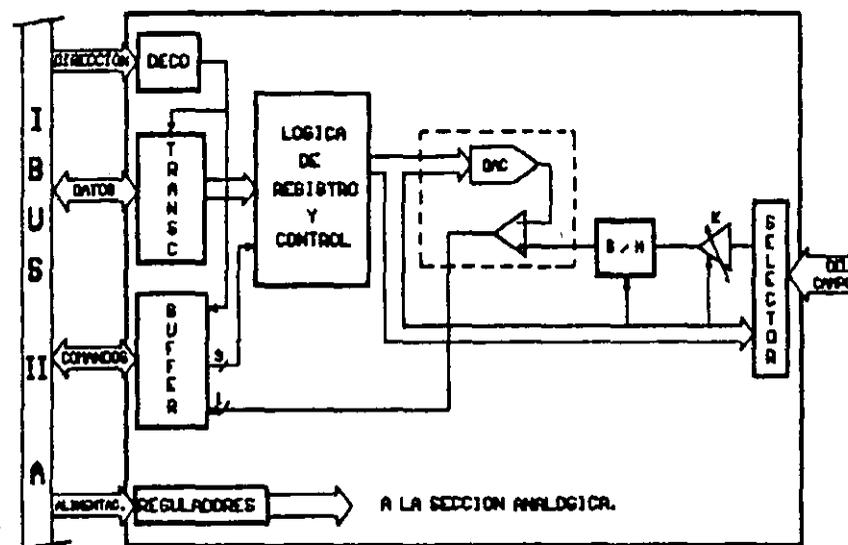


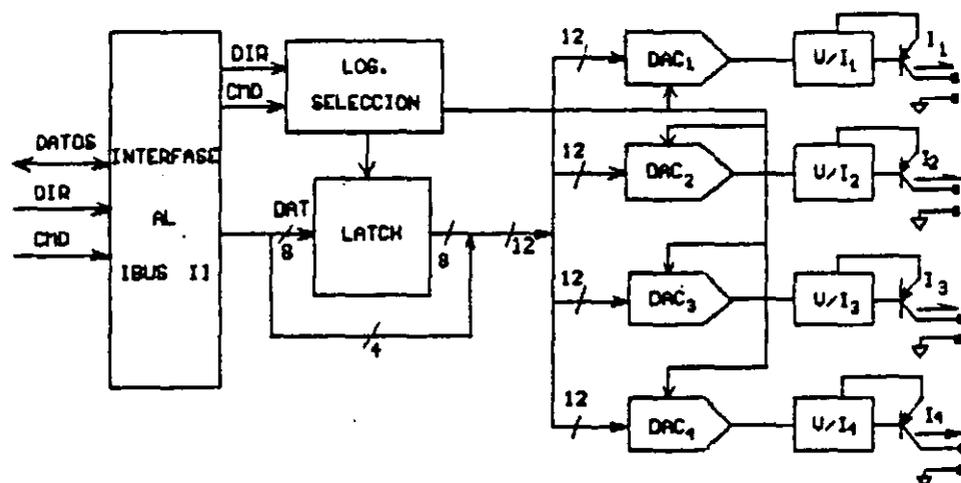
Fig. 2.1 Diagrama a bloques MAC-711/00/01.

Módulo de Ent analógicas.

3 DESCRIPCION FUNCIONAL

3.1 DIAGRAMA DE BLOQUES

Para poder entender el funcionamiento de la tarjeta en una forma mas sencilla se provee el siguiente diagrama de bloques:



Módulo de Sal. analógicas

Fig. 3.1.1 Diagrama a bloques.

Como se puede apreciar, la tarjeta se compone de cuatro bloques fundamentales:

- Enlace a IBUS-II.
- Lógica de selección.
- Convertidores digital-analógico.
- Convertidores de Voltaje-Corriente.

3 DESCRIPCION FUNCIONAL

3.1 MODULOS INTERNOS DE LA TARJETA

Para poder entender el funcionamiento de la tarjeta en una forma mas detallada, se provee el diagrama de bloques siguiente:

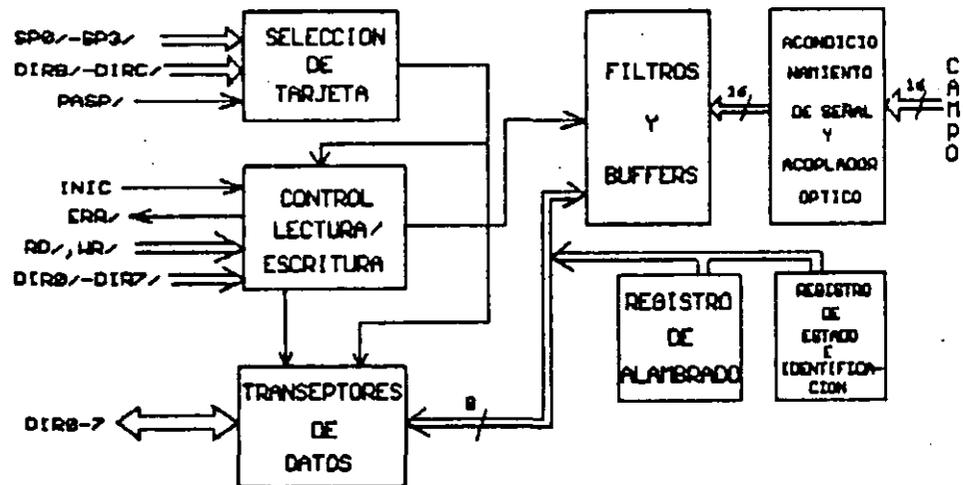


FIGURA 3.1.1

Módulos de E. Digital

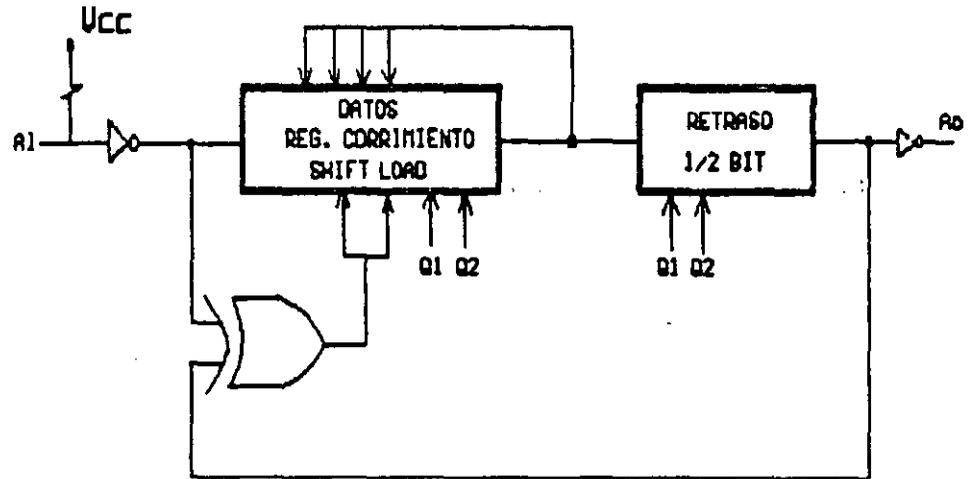


Fig. 3.1.2

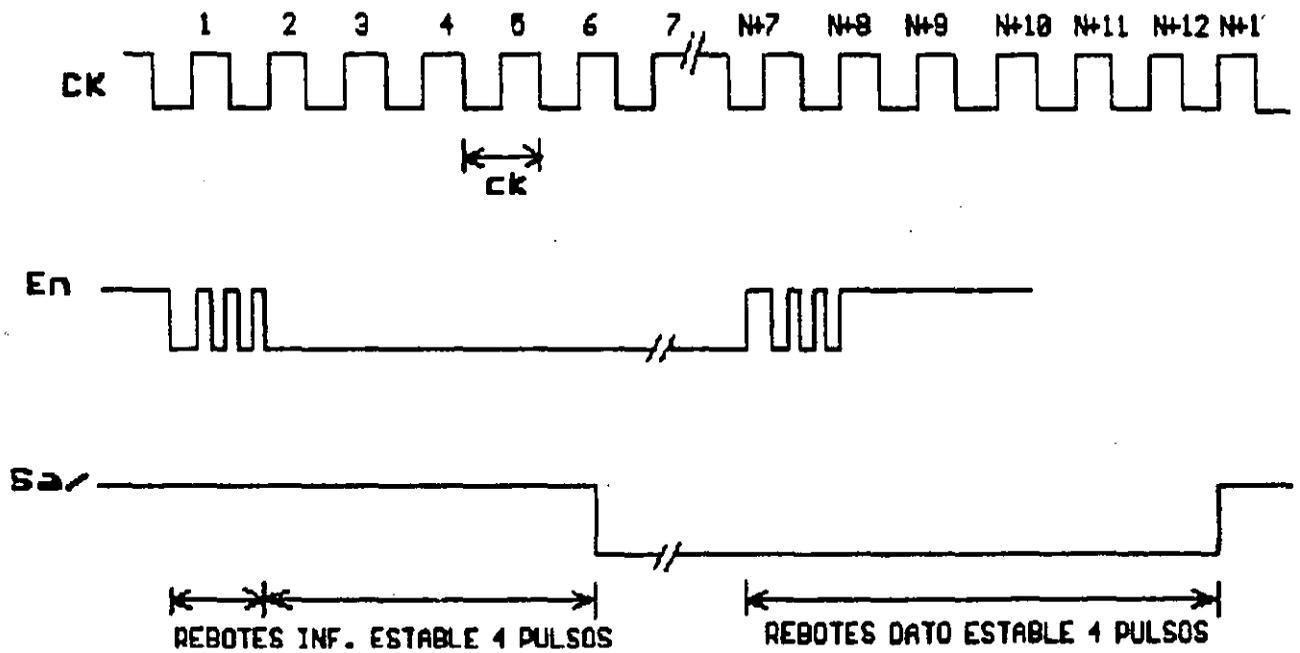


Fig. 3.1.3

La señal de reloj se logra con un oscilador interno y por medio de un capacitor externo que cumple con la siguiente relación :

$$F = \frac{0.375 V_{cc}}{C_{ext}}$$

Donde:

F es la frecuencia en Megahertz.
Vcc en volts.
Cext en pf.

ACONDICIONAMIENTO DE ENTRADAS Y ACOPLAMIENTO OPTICO.

La tarjeta MAC-410 consta de 16 entradas digitales optoacopladas, las cuales convierten un voltaje CD a niveles digitales que pueden ser leídos por el IBUS-II. En la figura 3.1.4 se muestra un circuito típico de una de las entradas.

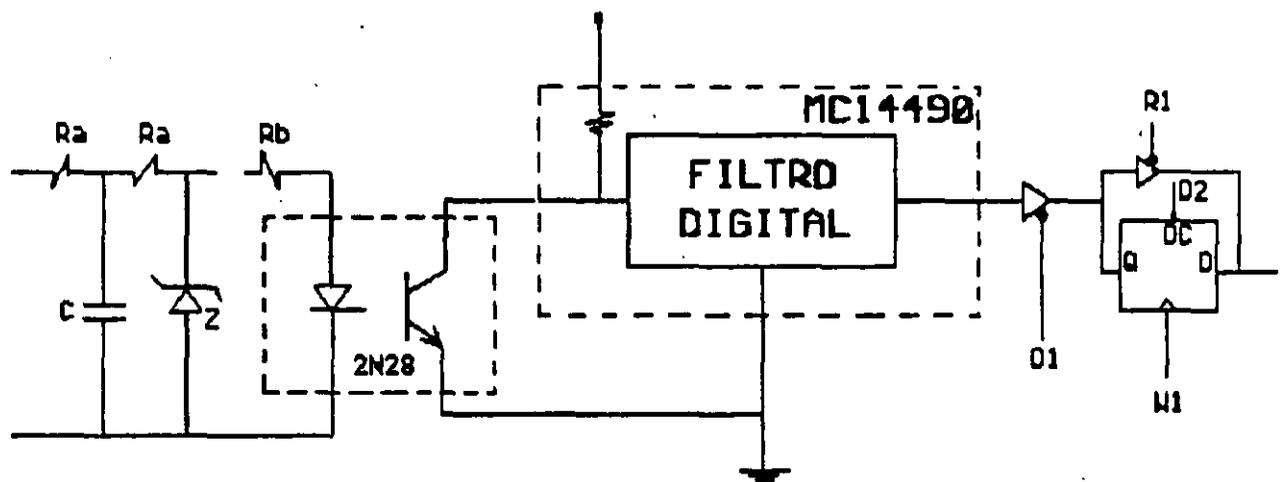


FIGURA 3.1.4

La primera etapa consiste en el acoplamiento de la señal para obtener una corriente proporcional al voltaje de campo Vc a la entrada del optoacoplador. En esta etapa existen también elementos que filtrarán a la señal de entrada y protegerán a través de un diodo zener, a la etapa de entrada contra sobrevoltajes y voltajes inversos .

3 DESCRIPCION FUNCIONAL

3.1 MODULOS INTERNOS DE LA TARJETA

Para poder entender el funcionamiento de la tarjeta en una forma mas sencilla se provee el siguiente diagrama de bloques :

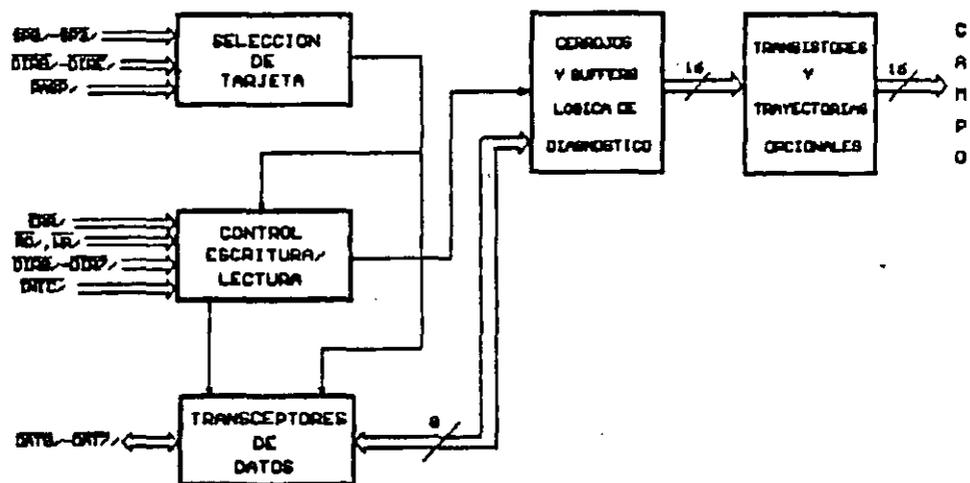


Fig. 3.1 Diagrama a bloques.

3 DESCRIPCION FUNCIONAL.

3.1 DIAGRAMA DE BLOQUES.

En la figura 3.1.1 se muestra un diagrama simplificado de la arquitectura de la tarjeta:

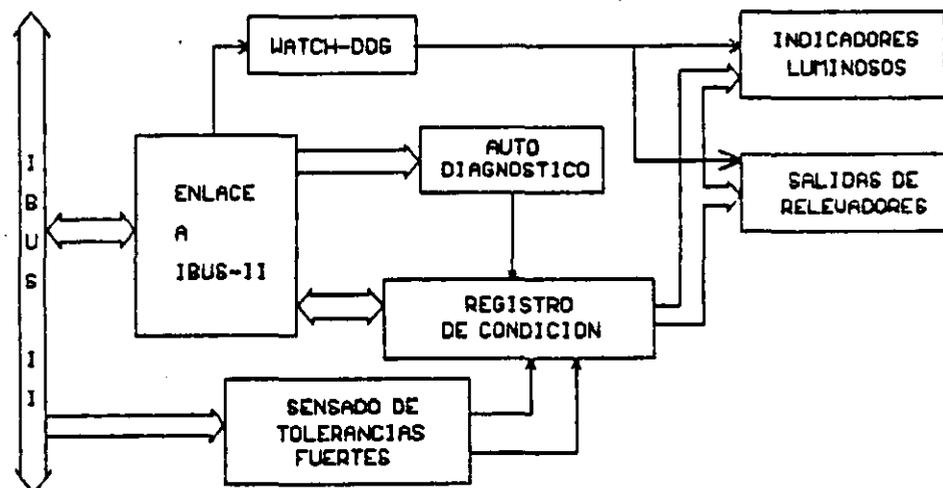
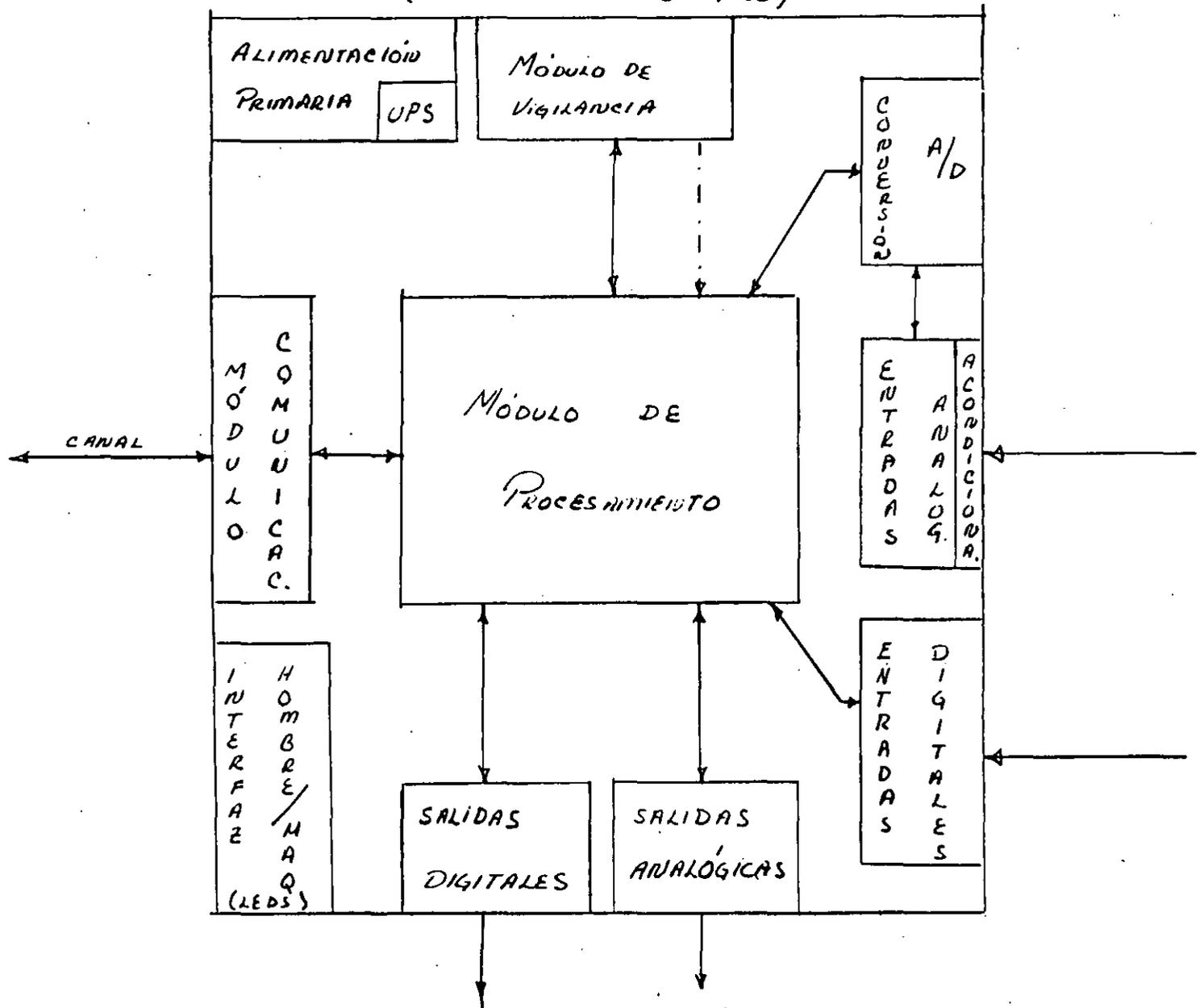
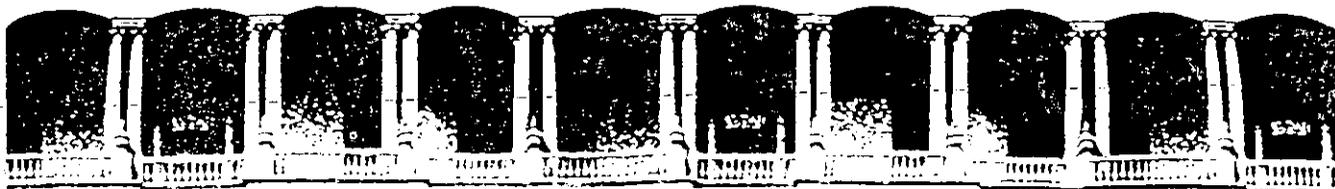


Fig. 3.1.1. Diagrama a bloques.

U T R
(DIAGRAMA A BLOQUES)





FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

INSTRUMENTACION ELECTRONICA DE PROCESOS INDUSTRIALES

SISTEMAS DE ADQUISICION DE DATOS Y REGISTROS DE EVENTOS

ING. ADRIANA ESCOBAR R.

Sistemas de Adquisición de Datos y Registro de Eventos

1. Introducción

El conocimiento profundo de un proceso, y su dinámica de comportamiento permiten la operación correcta del mismo.

Con el fin de que un operador conozca la evolución que sufre un proceso, requiere información de las variables involucradas de manera rápida y organizada.

La mezcla del conocimiento del proceso y la información de su estado actual, se conjugan a través del operador de una planta en elementos para el mejor control del proceso, además que refuerzan su conocimiento.

Después de instrumentar un proceso a nivel de señalización, es necesario concentrar esta información para uso del operador. Historicamente se ubican 3 etapas en las que esta concentración se ha realizado de manera diferente :

- a) Etapa Inicial : Normalmente la información se obtenía de lecturas realizadas en campo.
- b) Etapa Intermedia : Las variables importantes del proceso para la operación, se llevan a un cuarto de control, y se despliegan con instrumentos tales como registradores analógicos, indicadores digitales y en el caso de estados con indicadores luminosos.
- c) Etapa Actual : Se mantiene el cuarto de control, pero ahora la información es recibida por una computadora, procesada y presentada en TRC's, impresoras, indicadores digitales y registradores analógicos.

En las etapas a) y b) el uso de la información está limitada por el espacio y número de instrumentos, y la capacidad de los operadores para procesar información del proceso. Normalmente la única ayuda automatizada para el operador son los tableros de alarma. Sin embargo también tienen serias restricciones de espacio y atención por parte del usuario.

Evidentemente el operador requiere en los casos a) y b) discriminar demasiada información, que normalmente no está representada de la mejor manera. A que decir cuando en un proceso se presentan ' disparos ' por protección que pueden suspender la operación, y que a posteriori es necesario analizar las causas de tales fallas de operación.

El operador en las etapas a) y b) no tiene posibilidad de obtener, por ejemplo, la secuencia de eventos que se originaron antes, y después de un disparo.

En la etapa c) se utiliza la capacidad de las computadoras para adquirir la información del proceso en forma periódica y automática, así como organizarla de manera útil al operador. La computadora es capaz de analizar la información y detectar condiciones anormales del proceso notificándolas al operador. Otro tipo de tratamiento útil es el estadístico, el cual ofrece una visión en períodos de tiempo largos concentrada y resaltando elementos de información relevantes a la operación de la planta.

Con lo expuesto se trata de resaltar la importancia de Sistemas de Adquisición de Datos y Registro de Eventos (SADRE) en la operación y mantenimiento de una planta.

2. Elementos de un SADRE

Un SADRE está constituido en la parte de equipo por los siguientes subsistemas :

- Unidades de Entrada / Salida
- Equipo de Cómputo
- Equipo Periférico

2.1 Unidades de Entrada / Salida

Este equipo es la interfaz entre las señales recibidas del campo y el equipo de cómputo que hace uso de ellas.

Por su capacidad de funciones las unidades de E/S se clasifican en : Inteligentes y No-Inteligentes.

Las unidades de E/S cuentan con una serie de módulos para recibir las señales de campo, de acuerdo al tipo de señales se encuentran comunmente los sigtes. tipos :

2.1.1 Módulos de Entrada

- Entradas Analógicas -

- * Lazo de corriente 4-20 mA.
- * Lazo de corriente -1 a +1 mA.
- * Entrada de voltaje unipolar 1 - 5 V.
- * Entrada de voltaje bipolar -10 - + 10 V.
- * RTD's
- * Termopares

- Entradas Binarias -

- * 0-24 VCD (Contacto Húmedo)
- * 0-48 VCD (Contacto Húmedo)
- * 0-127 VCA(Contacto Húmedo)
- * Contactos Secos

- Contadores de Pulso -

El sistema debe ser capaz de generar salidas analógicas y binarias con el fin de controlar registradores analógicos o indicadores digitales.

2.1.2 Módulos de Salida

- Salidas Analógicas -

- * Lazos de corriente 4-20, -1 a +1 mA.
- * Voltaje 1-5, -10 - + 10 V.

- Salidas Binarias -

- * 0-24, 0-48 VCD
- * 0-127 VCA
- * Colector Abierto
- * Relevador Reed o Mercurio

2.1.3 Unidades de E/S no-inteligentes

Se utiliza un bus o medio de enlace entre los módulos de E/S y el equipo de cómputo. Los módulos son interrogados periódicamente por la computadora con el fin de obtener los valores medidos, y su función es únicamente permitir la lectura de información de campo y su transferencia a la computadora.

Cuentan con un módulo de comunicaciones para enlace con la computadora.

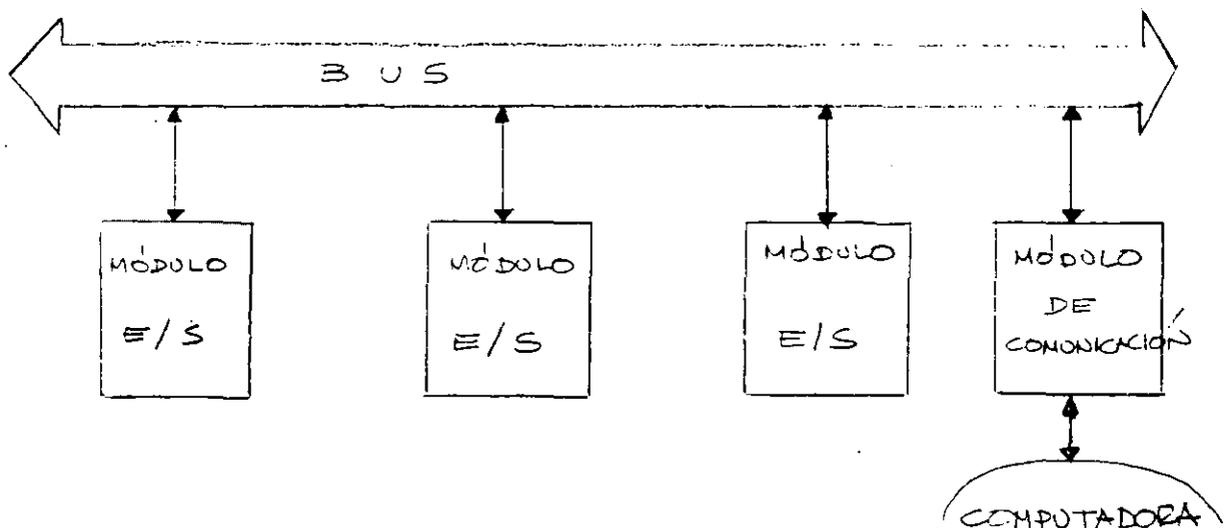


Fig. 1 Unidad de E/S no-inteligente

2.1.4 Unidades de E/S Inteligentes

A diferencia de las unidades no-inteligentes, cada unidad tiene un procesador local que periódicamente obtiene las entradas de cada uno de los módulos de E/S asociados, los valida y mantiene en memoria local a la unidad. Además verifica límites de señal eléctrica, y en algunos casos convierte a unidades de ingeniería. A si mismo cuentan con un módulo de comunicaciones para enlace con la computadora.

Comunmente estas unidades de E/S reportan a la computadora SOLO señales que han cambiado, lo que se conoce como Transmisión por excepción . El criterio de cambio de una señal viene dado por :

Binarias.: El estado actual es el complemento del estado anterior.

Analógicas : El valor actual difiere del valor anterior en un margen dado por un porcentaje de la escala completa de la señal.

Las unidades de E/S inteligentes optimizan el uso de los canales de comunicación con la computadora, así como realizan parte del proceso de información de un SADC con lo que la computadora queda libre para realizar otro tipo de actividades, tales como la interacción del usuario con el sistema.

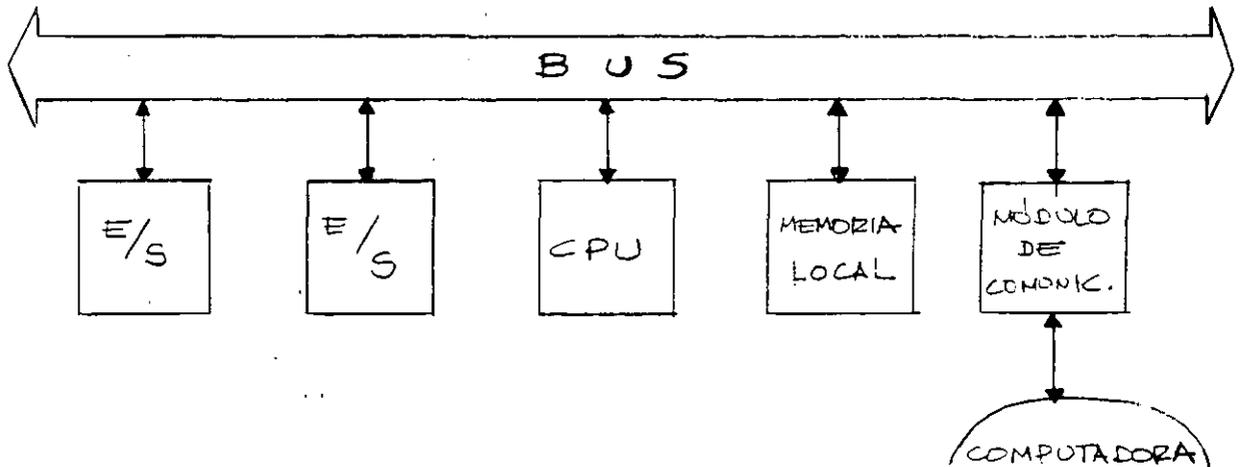


Fig. 2 Unidad de E/S Inteligente

2.1.5 Módulos de Comunicación

Con el fin de establecer comunicación con el equipo de cómputo, las unidades de E/S requieren módulos dedicados.

Comunmente el enlace se realiza a través de canales serie convencionales o redes locales de alta velocidad. Las velocidades de los canales varían entre cientos de b.p.s. a m.b.p.s.

En algunos casos las unidades se encuentran localizadas en áreas geográficas lejanas al equipo de cómputo, por lo cual se utiliza enlace vía modems con velocidades típicas de 300 a 1200 b.p.s.

A continuación se listan los enlace típicos :

- Canal serie EIA RS 232C (decenas de metros)
- Canal serie EIA RS 422A (hasta 1.5 Kms.)
- Red Local Ethernet
- Pistas de Datos (Data Highway) de proveedores de equipo de control.

2.1.6 Otros esquemas

Actualmente la tendencia de los sistemas de adquisición de datos es ligarse a redes de control distribuido, utilizando la información de los controladores programables en estaciones de trabajo, que realizan las funciones de un SADRE, sin requerir de unidades de E/S dedicadas.

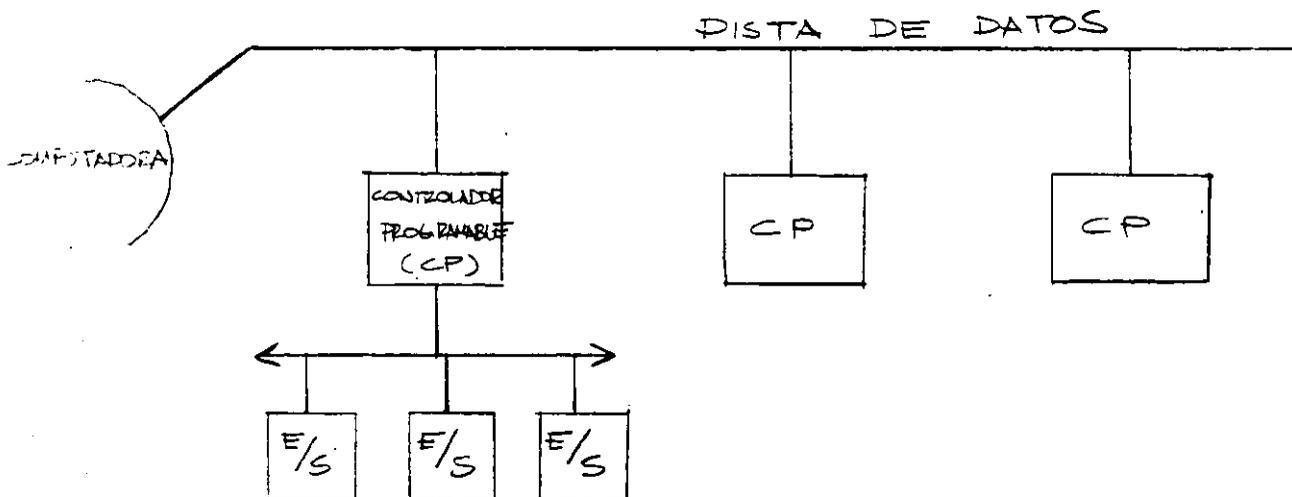


Fig. 3 SADRE enlazado a una red de control distribuido

2.2 Equipo de Cómputo

El equipo de cómputo de un SADRE esta formado por :

- CPU
- Memoria
- Unidades de Disco
- Controladores de Equipo Periférico
- Controladores de Comunicaciones (Front-End)

La capacidad del sistema de cómputo dependerá del volumen de información a manejar, las restricciones de tiempo real impuestas por la dinámica del proceso, las funciones requeridas, el número de terminales que el sistema debe atender y el tiempo de respuesta requerido por el usuario (Ver capítulo 3).

En el mercado existen SADRES con una computadora personal y un terminal, hasta superminicomputadoras que atienden hasta 8 terminales y procesan una gran cantidad de información.

2.3 Equipo Periférico

El usuario interactua a través del equipo periférico con el sistema. basicamente el equipo típico de un SADRE consiste en :

- Monitores
- Teclados
- Lapiz de Luz
- Ratón (Mouse)
- Impresoras
- Registradores Analógicos en Papel
- Indicadores Digitales

El usuario cuenta normalmente con una o mas consolas de operación, las cuales están formadas por un Monitor, Teclado e Impresora. Desde esta consola, se tiene acceso a la información mantenida por el sistema.

Normalmente en sistemas grandes se dedican Monitores e Impresoras para el reporte de alarmas de proceso en forma exclusiva.

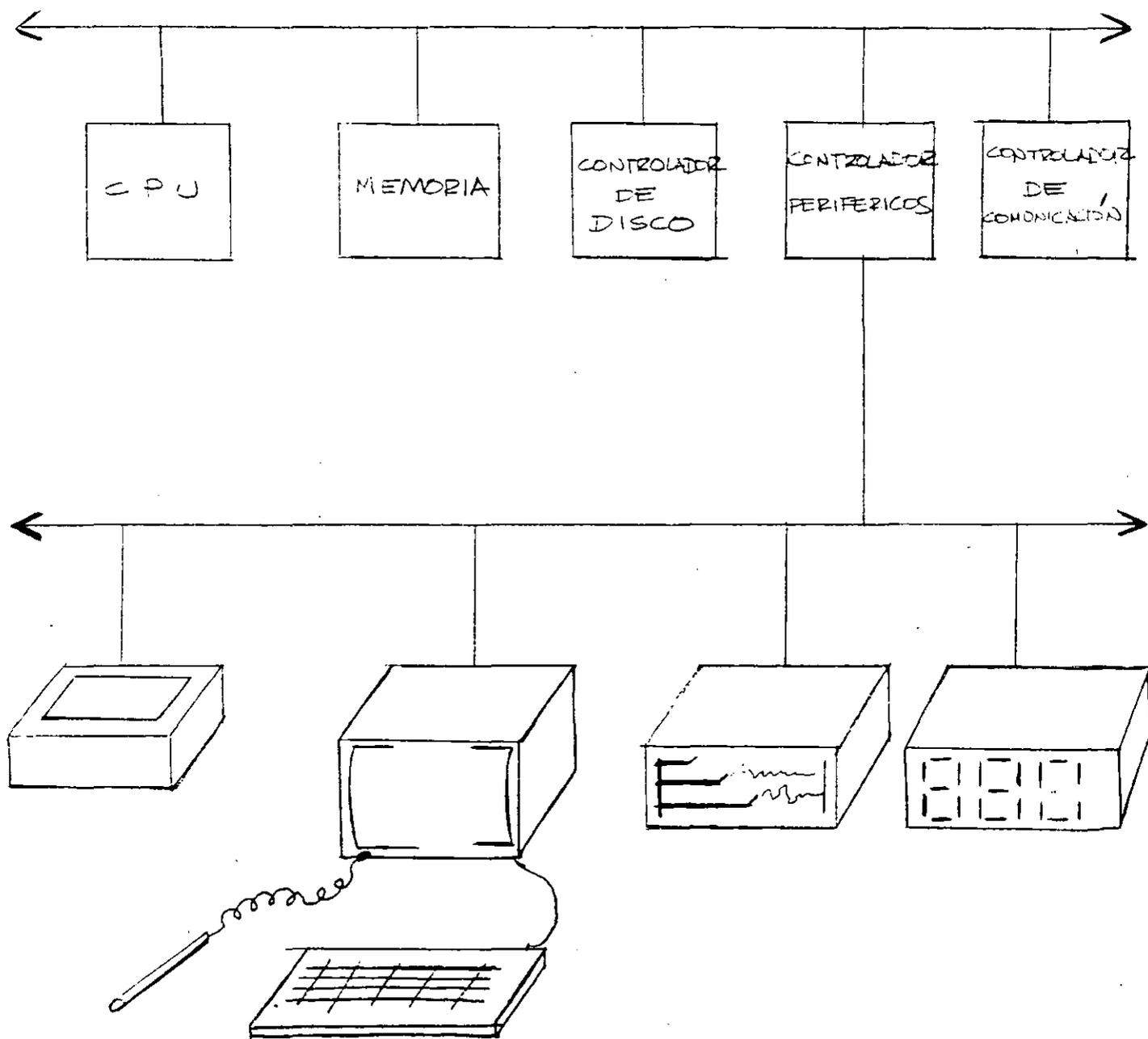


Fig. 4 Equipo de Cómputo y Periféricos típicos de un SADRE

3. Capacidad de un SADRE

Como se mencionó en el capítulo anterior, un SADRE se dimensiona con base en requerimientos y restricciones tales como : número de señales a adquirir, período de adquisición, número de usuarios del sistema, funciones requeridas y tiempo de respuesta al usuario.

Podríamos clasificar los sistemas en tres tipos :

Pequeños

- Capacidad de manejar hasta 500 puntos de E/S
- Periodos de muestreo mínimo de 5 segundos
- Mono-Usuario

Medianos

- Capacidad de hasta 1000 puntos de E/S
- Periodos de muestreo mínimo de 1 segundo
- 2 o 3 Usuarios

Grandes

- Capacidad de hasta 4000 puntos de E/S
- Períodos de muestreo de 1 segundo o menos
- 4 a 8 Usuarios

En la escala de los pequeños, en la actualidad, la mayoría de ellos utilizan computadoras personales (PC's). Los medianos usan minicomputadoras o PC's en paralelo, mientras que los grandes utilizan super minicomputadoras orientadas a procesamiento en tiempo real.

4. Organización de Funciones en un SADRE

El software que forma a un SADRE se encuentra dividido en las siguientes partes :

4.1 Adquisición y Acondicionamiento de Información

Su función es obtener el estado actual de las variables del proceso a través de las unidades de E/S. Una vez adquiridas, las señales son validadas, transformadas a unidades de ingeniería(si se requiere) o a locuciones de estado (binarias), así como se analiza si las variables no han rebasado algún límite de alarma definido. Una vez acondicionados, los valores de las señales se depositan en la base de datos del sistema.

4.2 Manejador de Base de Datos.

Permite a todas las funciones del SADRE acceder/modificar la información contenida en la base de datos de manera controlada, evitando el acceso directo y conocimiento de las estructuras básicas de información.

4.3 Cargador de Base de Datos

En la mayoría de los sistemas, la base de datos, o casi toda, reside en la memoria principal de la computadora, por lo que al iniciarse el sistema se requiere transportar la base de datos en disco a memoria.

La ventaja de una base de datos en memoria residente en memoria es la velocidad de acceso a la información.

4.4 Interprete de Teclado

Permite validar los comandos indicados por el usuario a través de un teclado, ratón, etc. La validación es sintáctica y semántica y depende del contexto de operación en el que se halle el sistema.

4.5 Interfaz Hombre-Máquina

Su función es proporcionar los medios de interacción entre el usuario y las funciones disponibles del sistema.

La Interfaz Hombre-Máquina (IHM) utiliza ampliamente despliegues en pantalla tales como Menús, Guías, ventanas, etc. con un enfoque que trata de ser ergonómico.

Actualmente la tendencia en IHM es el amplio uso de ventanas y 'ICONS', junto con ratones, trackball, lápiz de luz y teclado.

Normalmente el acceso al sistema se realiza descendiendo a través de arboles funcionales.

4.6 Editor de Base de datos

Una característica importante de cualquier sistema es su capacidad de reconfigurarlo y expandirlo a manejar mayor información, así como la libertad de organizar la información de manera útil al usuario.

Los SADRES cuentan con un programa que permite agregar, modificar o eliminar entidades de información tales como unidades de E/S, variables de proceso, así como organizar variables bajo criterios específicos.

Existe dos tipos de editores : En Línea, los cambios se realizan sin suspender la operación del sistema; Fuera de Línea, los cambios se realizan con el sistema fuera de operación y para tener los cambios en línea hay que reiniciar el sistema.

Normalmente el esquema para introducir información en estos editores es utilizando el esquema de ' Llenar espacios ' (fill-in-the-blanks), el cual consiste en presentar una plantilla de captura con espacios reservados para la captura de información.

4.7 Programas de Aplicación

De acuerdo a la funcionalidad requerida del sistema se cuenta con una serie de programas que realizan actividades específicas dentro del sistema, tales como Monitoreo de secuencia de eventos, historia de variables, etc. (ver capítulo 6).

Id.Punto : _____

Id. Canasto:

Slot : [1..15]

Canal : [0..7]

Bandancia : [1,2,5,10,20,50,100,200]

Cod.Par.Var: [1..3]

CRU : [1..30]

Unid.Eng. :

Cod. Bolan: [1- Acumulado 2- Promediado]

Desc. Largo:

Desc. Corta:

Lim.Cri.Sup:

Lim.Cri.Inf:

Lim.Pre.Sup:

Lim.Pre-Inf:

^C = Terminar captura de identificador, ESC = Regresar Nivel

Id.Punto :YI-1

Id. Canasta:CAN1

Slot :9 [1..15]

Canal :0 [0..7]

Generacia :20 [1,2,5,10,20,50,100,200]

Cod.Per.Quart:1 [1..3]

CRV :6 [1..30]

Unid.Ing. :Grad C.

Cod. Polan.:1 [1- Acumulado 2- Promediado]

Desc. Larga:TEMPERATURA GAS ENTRADA

Desc. Corta:TEMP. GAS ENTR.

Lim.Cri.Sup: 0.000

Lim.Cri.Inf: -199.000

Lim.Pre.Sup: -20.000

Lim.Pre.Inf: -180.000

Actualizo Analógicas: B)ajo, C)asbia, D)tra pantalla, R)eg. Nivel?

17^b

5. Organización de Información en un SADRE

En este capítulo explicaremos la forma en que la información del proceso se organiza en un SADRE, así como los tipos de entidades de información que se manejan.

5.1 Entidades de Información

5.1.1 Variables Analógicas

Se definen con los siguientes atributos :

- Nombre (Tag)
- Descripción
- Valor Actual
- Unidades de Ingeniería
- Estado Operativo :
 - Adquirida
 - Asignada
 - Calculada
 - Fuera de Servicio
- Estado Funcional
 - Normal
 - Precrítico (Alto y Bajo)
 - Crítico (Alto y Bajo)
 - Fuera de Servicio
- Expresión de Cálculo

5.1.2 Variables Binarias

Tiene los siguientes atributos :

- Nombre (tag)
- Descripción
- Estado Actual
- Estado Operativo
 - En servicio
 - Adquirida
 - Asignada
 - Calculada
 - Fuera de Servicio p/ Falla
 - Fuera de Servicio p/ Mantenimiento
- Estado Funcional
 - Normal
 - Alarma
- Locuciones de Estado
- Tipo de Tratamiento
 - Alarma
 - Evento
 - Estado
- Expresión de cálculo

5.1.3 Salidas Analógicas

- Nombre
- Descripción
- Valor Actual
- Unidades de Ingeniería
- Expresión de Cálculo
- Etc.

5.1.4 Salidas Binarias

- Nombre
- Descripción
- Valor Actual
- Unidades de Ingeniería
- Expresión de Cálculo
- Etc.

23-NOV-1977

VARIABLES DE:

EXPANSOR-COMPRESOR

16:32:20

YC	DESCRIPCION	VALOR	UNIDADES	LIM SUP	LIM INF
AF7	NIVEL BAJO EN FA-7	NORMAL			
BF7	NIVEL ALTO EN FA-7	ALTO			
TI-8	TEMP. SALIDA COMPRESOR GB-1	*****	CENTIGRADO	350	-200
VI-16	TEMP. SALIDA EXPANSOR GC-1	*****	CENTIGRADO	350	-200
VI-17	TEMP. ENTRADA LIQ. A FA-9	59	CENTIGRADO	350	-200

3-NOV-1987

DIALOGO GLOBAL DE ALARMAS

16:33:02

HORA	ID	DESCRIPCION	VALOR	UNIDADES	LIM REF	GUIA
16:26:50	TI-9	T.ENT.ENF. EA-3	24.3	CENTIGRADO		
16:29:30	TI-1	TEMP. GAS ENTR.	-159	Grad C.		6001
16:20:42	TI-17	T.ENTR.LIQ.FA-8	58	CENTIGRADO		
16:10:55	TI-16	T.SAL.EXP. GC-1	*****	CENTIGRADO	350	
16:09:47	TI-5	T.SAL.DES.FA-2B	*****	CENTIGRADO	350	
16:07:41	TI-8	T.SAL.COMP.GB-1	*****	CENTIGRADO	350	
16:07:41	TI-23	T.E/S EA-5/EA-7	*****	CENTIGRADO	350	
16:07:41	TI-19	T. SAL.LIQ.EA-8	*****	CENTIGRADO	350	

15-1

NOV-1987

DIALOGO DE EVENTOS

16:34:79

HORA	ID	DESCRIPCION	VALOR	CODIGO
16:34:15	NFA4	NIVEL ALTO DE ACEITE EN FA-4	BAJO	
16:34:12	NFA4	NIVEL ALTO DE ACEITE EN FA-4	ALTO	
16:33:55	NFA4	NIVEL ALTO DE ACEITE EN FA-4	BAJO	
16:33:55	BA-3A	BOMBA ENCENDIDA		

6.3 Detección y Presentación de Eventos

Se define un evento como el cambio de estado de una señal binaria, de manera que cualquier transición de estado genera un evento.

A través de un SADRE es posible, y en forma automática detectar y registrar eventos generados en el proceso. La resolución de detección de eventos depende del sistema, siendo la mayor del orden de 1 ms. en sistemas con módulos de E/S especializados.

Existe comúnmente una función en el sistema que presenta la historia de eventos, organizados en orden cronológico descendente, en monitor o impresora.

Esta presentación muestra la 'secuencia' en que los eventos han ocurrido, siendo esta última útil para detectar condiciones de disparo de protecciones en una planta, p.ej.

La capacidad de registro histórico de eventos varía de acuerdo al sistema, desde 512 eventos hasta miles.

6.4 Historia de Variables

Existe la capacidad de almacenar información histórica de un cierto número de variables del proceso.

Para cada variable que se desea registrar se definen su Identificador, así como el período de registro asociado (desde 1 Seg. hasta Dias). Cada vez que se registra una variable se almacena su valor instantáneo, estados funcional y operativo así como fecha y hora de registro.

El registro histórico se realiza automáticamente, manteniéndose en archivos en disco que pueden ser procesados a posteriori por medio de otras funciones.

6.5 Diagrama de Barras

El objetivo de esta función es presentar al operador información de variables importantes del proceso en una forma fácil de asimilar y al mismo tiempo con suficiente detalle para permitirle tomar decisiones en condiciones críticas.

Existen dos modos de presentación : Vista General y Vista de Grupo. En la presentación de vista general se presentan todos los grupos de variables configurados, cada uno en una celda en la pantalla. Dentro de cada celda aparecen en forma de barra cada variable con el valor representado proporcionalmente en la altura de la barra y el estado funcional codificado en el color de la misma.

En la vista de grupo por cada variable aparece : identificador, valor actual presentado numericamente, unidades de ingeniería, límites precríticos y críticos, el valor de la variable representado proporcionalmente en la altura de una barra y el estado funcional codificado en el color de la barra.

El formato de la vista de grupo se presenta emplenado varios colores, de tal manera que la imagen resulte agradable a la vista y de fácil lectura y comprensión.

6.6 Diagramas de Flujo o Proceso (Mímicos)

Se representa por medio de gráficas diferentes subsistemas del proceso, donde aparecen válvulas, motores, bombas, interruptores, depósitos, etc. Esta representación es útil al operador, además de que en estas gráficas se pueden presentar valores de variables importantes relacionadas con el subsistema .

La presentación de valores puede ser numericamente o en el caso de estados binarios se puede asociar colores a objetos que representen su estado, p.ej.: una bomba aparece en rojo si está apagada o en verde si encendida.

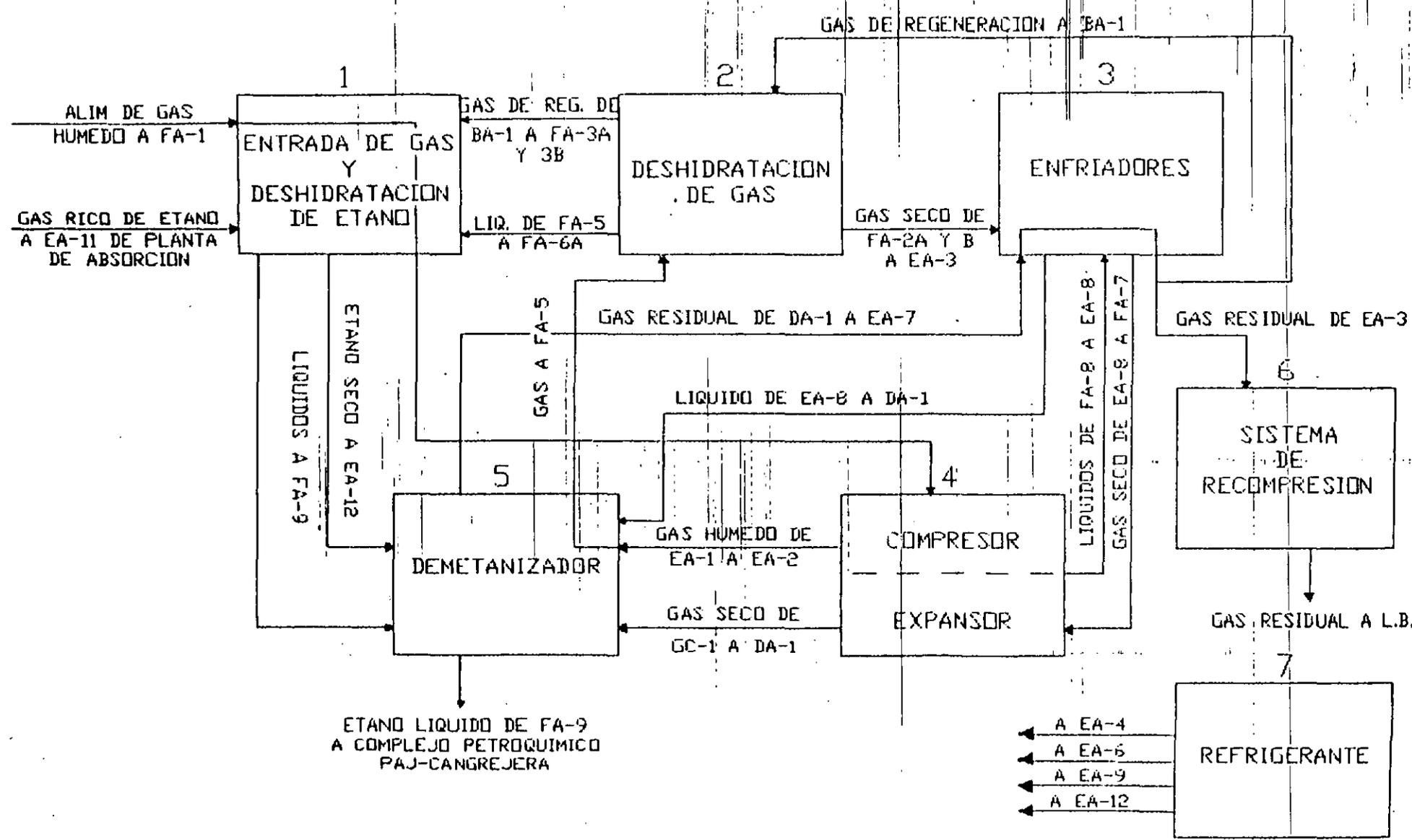
El usuario tiene además una vista general del proceso completo con las variables mas representativas, desde la cual puede solicitar la presentación de cualquier subsistema.

6.7 Diagramas de tendencia Analógica

El objetivo de esta función es presentar en pantalla de manera gráfica los valores actuales e históricos de grupos de variables.

Cada grupo consta de un cierto número de variables analógicas.. Al seleccionar un grupo se presenta al operador la evolución de las variables del grupo contra el tiempo, de manera que es fácil visualizar variaciones, caídas, etc. Aparte de esto al presentarse varias variables se facilita su correlación de una manera visual.

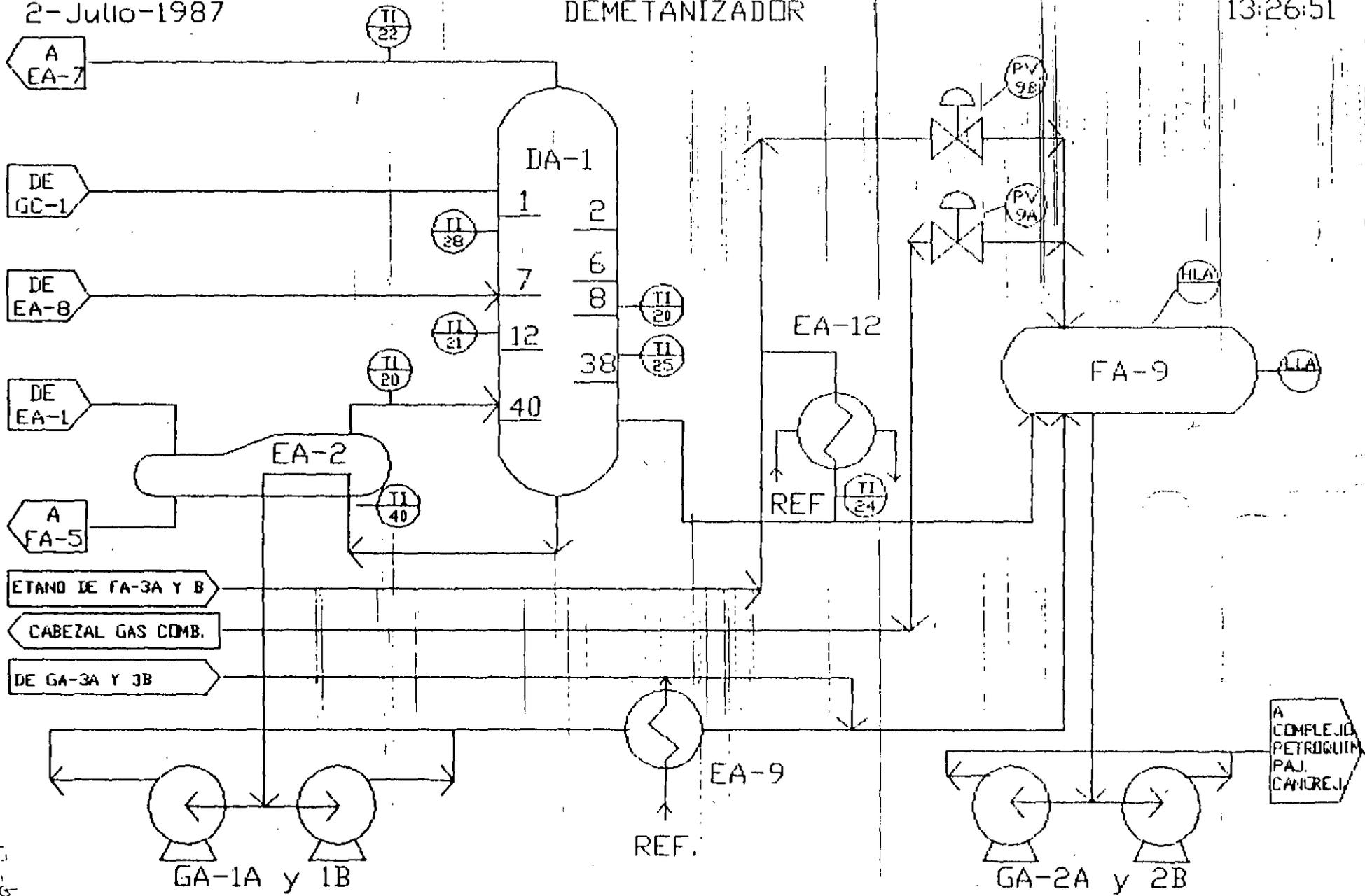
VISTA GENERAL



2-Julio-1987

DEMETANIZADOR

13:26:51

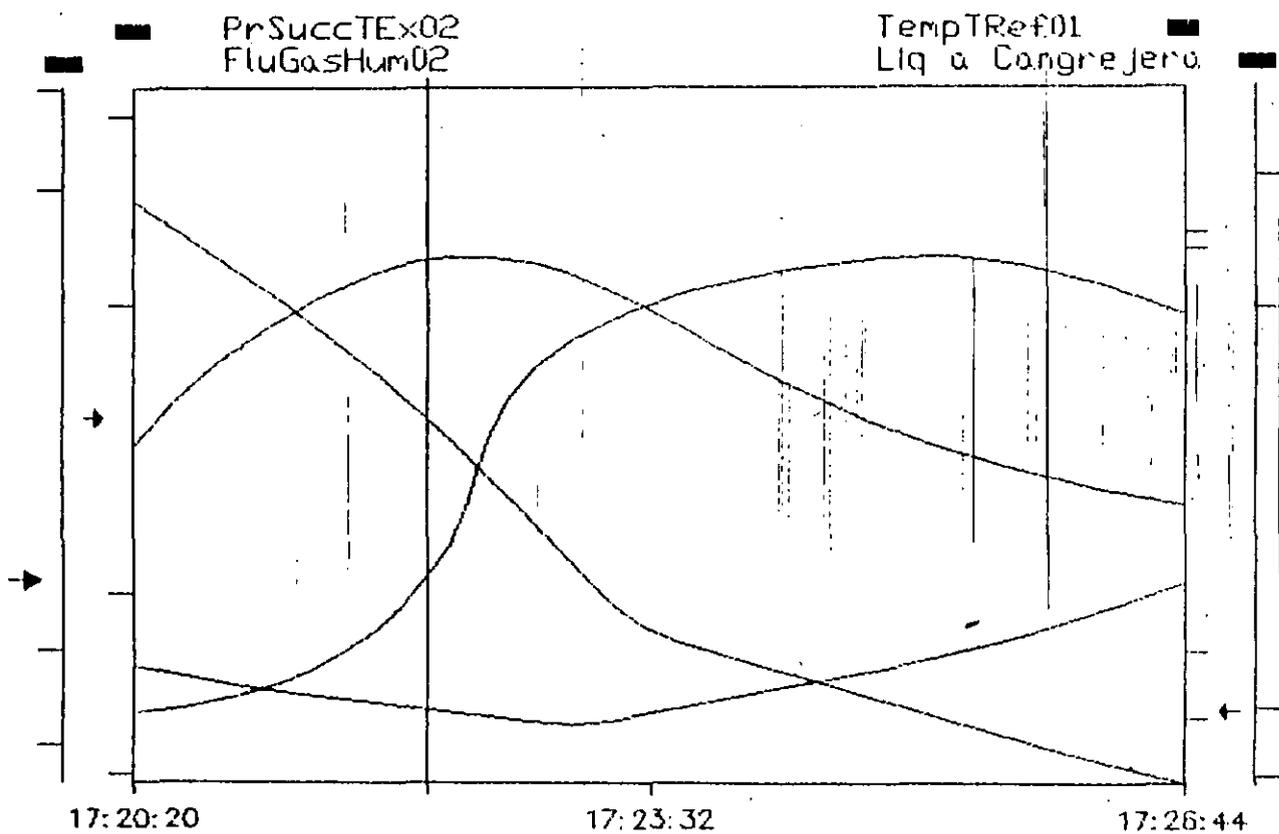


13-9

22-Junio-1987

DIALOGO DE TENDENCIAS

17:26:44



100.00 m3/s	-20.00 C
300.00 psi	250.00 m3

6.8 Calculadora

Esta función permite generar variables que no existen de manera directa en el proceso. Esto se realiza definiendo expresiones de cálculo que utilizan variables del proceso y constantes definidas en la expresión. Variables calculadas típicas podrían ser : eficiencias, potencia generada, consumo de combustible, etc.

6.9 Reportes Impresos

Su objetivo es ofrecer al operador la posibilidad de solicitar la impresión de información tratada por el sistema. Los reportes que ofrece un SADRE son variados, y en algunos casos desarrollados específicamente para un proceso en particular, sin embargo aquí se describen los mas generales. Es importante resaltar que una vez adquirida la información y registrada, casi cualquier forma de reporte es posible en el sistema.

Los reportes mas comunes son :

- Variables en Alarma
- Puntos Fuera de Muestreo
- Horario
- Balances Diario y Mensual
- Valores Analógicos Actuales
- Estado de Varibales Binarias
- Horas de Operación de Equipo
- Cronológico de Alarmas y Eventos
- PostDisparo y Revisión Histórica de Eventos

6.10 Graficación en Papel

El usuario puede dirigir cualquier variable del proceso hacia registradores analógicos de plumas, con el fin de obtener la evolucion de una variable en un registro en papel.

Al dirigir una variable se indica el periodo de graficación, asi como el registrador al que se desea enviar.

6.11 Despliegue en Indicadores Digitales

De igual manera que en la función anterior, cualquier variable del proceso puede ser dirigida a un indicador digital con el fin de desplegar su valor en todo instante de tiempo.

6.12 Editor de Diagramas de Flujo

Por medio de esta función el usuario puede crear cualquier diagrama de flujo, utilizando una serie de 'objetos' previamente definidos y de una manera muy simple y rápida. Además el usuario asocia libremente las variables que desea ver en el diagrama durante la operación en línea.

6.13 Funciones Estadísticas

Permiten analizar la información histórica que almacena el sistema. Normalmente estos paquetes permiten analizar tendencias, correlacionar variables, obtener desviaciones, medias, acumulados, promediados, etc. de la información.

6.14 Guías de Operación

Esta función resulta bastante útil para la operación del sistema. Consiste en una serie de acciones a realizar para obtener un procedimiento específico en el proceso, Arrancar un bomba, sincronizar un generador, etc. Hay dos tipos de guías: No-asistidas, las cuales son únicamente un texto con las acciones a realizar para diferentes procedimientos. Asistidas, las cuales para cada paso de el procedimiento verifican que las condiciones del proceso se han modificado, monitoreando las variables correspondientes. Si la condición no se ha cumplido la guía lo notifica al operador e impide continuar con las acciones.

7. Conclusiones

En resumen un SADRE centraliza una gran cantidad de información del proceso, y permite manipularla de manera óptima al usuario, hecho que no ocurre con los esquemas tradicionales de instrumentación.

Además ofrece una serie de automatismos en cuanto a proceso de información no presentes en un cuarto de control convencional.

Tiene una gran capacidad de crecimiento, y las posibilidades de tratamiento de información son fácilmente adaptables a las necesidades del usuario. La relación rendimiento/costo de este tipo de equipo es muy alta y justifica plenamente su uso.

SISTEMAS DE CONTROL SUPERVISORIO Y ADQUISICION DE DATOS (SCADA'S)

1. GENERALIDADES

Un Sistema de Control Supervisorio y Adquisición de Datos es un medio de control remoto y monitoreo del estado de los elementos de un sistema. Comprende las funciones de adquisición de datos, monitoreo, control, procesamiento y presentación de la información.

Los primeros sistemas de control supervisorio fueron instalados en los años 20's para operar remotamente vía relevadores electromecánicos. Hasta la introducción de equipo de estado sólido, muy pocas modificaciones fueron realizadas. En los años 60's los sistemas supervisorios modernos de estado sólido transformaron la función del control.

Actualmente estos sistemas basan su funcionamiento en computadoras, lo que permite una mayor rapidez y una mayor precisión.

El diseño jerárquico de control supervisorio es un concepto avanzado que organiza la capacidad de procesamiento distribuido para una solución integrada a los requisitos funcionales del mismo.

2. OBJETIVOS DEL CONTROL SUPERVISORIO

1. Operar el sistema en forma confiable y segura
 - Adquisición de datos y control remoto en tiempo real
 - Funciones del control automático
2. Mantener la continuidad de servicio
 - Localización y aislación de fallas
 - Desconexión y reconexión de equipo
3. Optimizar la eficiencia del sistema
 - Administración del proceso
 - Reconfiguración del proceso
4. Almacenamiento y proceso de información histórica
 - Estudios de carga

- Análisis estadísticos
- Análisis de fallas
- Coordinación de protecciones

3. FUNCIONES DEL CONTROL SUPERVISORIO

1. Monitoreo y control del sistema o proceso por medio de un enlace entre el sistema y el operador. Permite una interacción rápida, de fácil comprensión y flexible con los elementos del proceso.
2. Mantener un archivo de datos estructurados según las necesidades.
3. Adquisición y organización de datos para la actualización constante del proceso con la información captada por medio de estaciones remotas.
4. Comparar los datos contra límites establecidos y ejecutar cálculos de ingeniería predefinidos.
5. Proveer diagramas del proceso, gráficas de sus variables y tablas con los datos clasificados necesarios para el monitoreo y control de proceso.
6. Generación de reportes bajo criterios preestablecidos de eventos, de acciones, del estado de los equipos, de medidas de variables, etc.
7. Generar mensajes de asistencia al operador y proveer la posibilidad de imprimir mensajes importantes para otros operadores, o como histórico.

Los sistemas SCADA son empleados en telemetría y telecontrol, constan de una computadora maestra que está en comunicación permanente con un grupo de terminales situadas en puntos lejanos denominados Unidades Terminales Remotas (UTR's), teniendo entre si un lenguaje común. El conjunto de estas unidades forman el sistema automático de control jerárquico, encargado de mantener el sistema en un punto de operación óptimo requiriendo datos de toda la red. Las UTR's se encargan de la adquisición de la información y su posterior transmisión al computador maestro.

Dada la lejanía de las UTR's, estas deben comunicarse con la estación maestra por medio de pares de hilos (cable telefónico, coaxial, etc.) u otro medio (microondas, satélite, radio, etc.), pero definitivamente en forma confiable. Esto se logra, generalmente con una comunicación digital tipo serie en la que agregan códigos de error, así como redundancia en la transmisión y cualquier otro medio que reduzca al mínimo la comunicación incorrecta. Debido al costo asociado a la telecomunicación, es común que varias UTR's compartan el mismo canal, por lo que el protocolo de comunicación debe incluir información extra que le permita a una UTR discriminar la información es para ella o no.

Las funciones de control de los sistemas supervisorios son inherentemente seguras y la posibilidad de que un interruptor o switch opere por error reducida. Esta seguridad es derivada del chequeo de paridad dentro del mismo

mensaje y por el requisito de las estaciones remotas de retransmitir los mensajes idénticos a las unidades maestras antes que la acción de control se ejecute. Si cualquier distorsión ocurre en un mensaje, la secuencia será abortada y deberá ser iniciada nuevamente.

4. ADQUISICION DE DATOS Y CONTROL REMOTO

La adquisición de datos del proceso para un sistema de control supervisorio puede ser cualquiera de los siguientes tipos:

Digital.- Es la información proporcionada a las unidades terminales remotas por el cierre o apertura de contactos de relevadores de interposición de los equipos de la subestación, sensando los estados y/o alarmas de los mismos.

Esta información puede ser:

- Estandar de 1 bit.- Sin memoria y sensando el estado del contacto en el momento de la exploración. El contacto podrá ser normalmente abierto (NA) o normalmente cerrado (NC).
- Detección momentánea con estado retardado de 1 bit. Con memoria para registrar una posible transición del contacto entre una exploración y otra, o su estado permanente. El contacto podrá ser NA o NC, en cuyo caso las transiciones que se detectarán serán abierto/cerrado/abierto ó cerrado/abierto/cerrado, respectivamente.

Analógico.- Es la información proporcionada a las unidades terminales remotas por medio de transductores, transformándolos a señal digital mediante un convertidor analógico/digital.

Acumuladores.-Es la información proporcionada a las UTR's mediante contactos tipo C transductores, los cuales son empleados como contadores de valores de puntos del proceso, pudiendo ser registros de 16 bits.

Los dispositivos del proceso podrán comandarse a control remoto teniendo en cuenta los siguientes puntos:

- Operación mediante la función de verificación antes de operar
- Comando de abrir/cerrar
- Verificación del proceso completo de la selección, ejecución del comando y complementación del mismo.
- Verificación de imposibilidad de la realización del comando por bandera de punto en licencia, punto no disponible por estar en proceso su comando, operación redundante, etc.

5. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION

Cuando la estación maestra adquiera información digital deberá compararla con los datos previos que guarda en su memoria y notificarle apropiadamente al operador la eventual ocurrencia de alguna alarma, si está habilitado su procesa-

miento, o bién la complementación de algún comando que él haya iniciado. Deberá además actualizar la imagen de los puntos con la nueva información.

6. NOTIFICACION DE ALARMAS

Los eventos siguientes se procesan como alarmas:

1. Un cambio de estado de un punto digital no comandado por el operador
2. Falla de equipos de la estación maestra (impresora, terminal de operación, equipo de comunicaciones, etc.).
3. Pérdidas de exploración identificando los posibles problemas por: errores de transmisión de datos, sin respuesta, etc.

Si la alarma esta habilitada, el procesamiento implica lo siguiente:

1. Notificación en el tablero mímico de alarmas, encendiendo la lámpara de la subestación y activando la alarma acústica.
2. Notificación a través de una indicación de la terminal de video
3. Registro del evento en el resumen de alarmas
4. Registro del evento en el relatorio
5. Impresión del evento en la impresora

7. ELEMENTOS DE UN SISTEMA SCADA

a). Estación Maestra

Es un equipo estructurado en base a tecnología de microprocesadores y arquitectura de multiprocesamiento a base de módulos del tipo "computadora en una sola tarjeta", tanto para el procesador central como para módulos de manejo de periféricos y de extensión de memoria.

Funciones:

- Recepción de información sobre el estado de la red eléctrica (estados, mediciones y reportes de fallas).
- Reconocimiento e identificación de cambios

- Comandos de operación para configurar la red, señalar fallas y comandos a elementos de la subestación.
- Actualización dinámica de la base de datos
- Almacenamiento horario de alarmas, mediciones y estado de la red de comunicaciones.
- Enlace con el sistema de procesamiento, análisis y simulación
- Control de Interfaz Hombre-Máquina Auxiliar
- Envío de controles a las UTR's para que sean ejecutados sobre puntos específicos del proceso.
- Presentación de datos relevantes en forma clara y completa para la toma de decisiones.

b) Interfaz Hombre-Máquina

En este subsistema residen las funciones de presentación gráfica de información del proceso, presentación de resultados y generación de reportes de tipo administrativo, estadístico o de planeación

Funciones:

- Despliegue del proceso con capacidad de selección a diversos niveles de detalle.
- Entrada de comandos de control
- Cambios de parámetros límites de operación del sistema

A través de este subsistema el operador puede acceder información y enviar comandos al sistema.

La introducción de datos y comandos se realiza por medio de:

- Teclados alfanuméricos y con teclas especializadas para comandos
- Consolas de teclados dedicados
- Teclados Termiflex
- Lápiz de luz (Light pen)
- Ratón (Mouse)

La información del proceso se muestra al operador a través de:

- Monitores
- Impresoras
- Registradores Analógicos en Papel
- Indicadores Digitales

c) Interfaz Hombre-Máquina Auxiliar

Tiene por objeto el presentar información simplificada del estado del sistema de distribución al operador, así como servir de medio para inserción y envío de comandos a los equipos de campo (UTR's y microUTR's). Normalmente está compuesta por una terminal de video con teclado, impresora y tablero mímico. En los videos se generan imágenes visuales del proceso, que incluyen los equipos a ser controlados mostrando su estado actuante. Se indican también voltajes, corrientes, potencias, etc. que se tienen en un momento determinado. Por medio del teclado el operador ejecuta los comandos para el control del sistema.

d) Controlador de comunicaciones. Funciones

- Mantener comunicación continua con las unidades terminales remotas
- Reportar a la maestra la presencia de alarmas
- Controlar, evaluar y reportar los canales de comunicación a la maestra
- Mantener base de datos de exploración periódica
- Proveer medios de enlace alternativos para mantener la integridad del sistema

e) Unidades Terminales Remotas

Son equipos electronicos operados a base de microprocesadores para trabajar bajo la supervisión de la estación maestra. Sus principales funciones son:

- La comunicación del estado de las variables de interés a la estación maestra
- Adquisición de datos sobre variables eléctricas y elementos del proceso así como el procesamiento de los mismos.
- Almacenamiento de información adquirida y actualizada de su base de datos
- Ejecución de acciones de control por comandos cuando la maestra lo ordene
- Detección de cambios e identificación de puntos

- Reacción automática (automatismos locales)
- Capacidad para ejecutar programas de aplicación especiales
- Actuar como submaestra para el control de microterminales remotas
- Capacidad de recepción y transmisión de datos de acuerdo a un protocolo de comunicaciones.

f) Micro Terminales Remotas

Están basadas en microprocesadores para trabajar bajo la supervisión de una submaestra. Son UTR's de menor capacidad usadas para intemperie. Sus funciones principales son:

- Adquisición del estado de elementos de actuación dentro del proceso. Son de tipo digital o analógico
- Comando de elementos de actuación de elementos del proceso para reconfiguración.
- Capacidad de comunicación con alguna UTR vía un protocolo de comunicación
- Ejecución de acciones de control cuando la UTR lo ordene.

8. TENDENCIAS DE LOS SISTEMAS DE ADQUISICION DE DATOS Y CONTROL SUPERVISORIO

Los Sistemas de Adquisición de Datos y Control Supervisorio (SCADA's) constituyen una tecnología en constante evolución dirigida especialmente a las áreas de manejo de datos. Específicamente la funcionalidad de los sistemas SCADA, implica la medición, control y supervisión del flujo de sistemas de suministro de bienes a largas distancias, tales como oleoductos, acueductos, gaseoductos, sistemas de transmisión y distribución de energía eléctrica, etc.

Actualmente los sistemas SCADA están pasando por una etapa de crecimiento rápido, mucho del cual es en función de mejor interpretación y coordinación de sistemas más grandes, pero con mayor flexibilidad en el control; y esto se debe en gran parte a la implantación de controladores lógicos programables (PLC's).

No hace mucho tiempo los sistemas SCADA consistían de una computadora supervisora, la cual se comunicaba vía radio o líneas telefónicas dedicadas, a unidades terminales remotas (UTR's). Repartidas en grandes distancias, las UTR's eran dispositivos de adquisición de datos basados en microprocesadores, que a diferencia de los PLC's realizaban funciones mínimas de control o no las realizaban. Sus funciones primarias consistían en la adquisición y transmisión de datos tanto binarios como analógicos (rangos de flujos, temperaturas, presiones, posiciones de válvulas, etc.) Ocasionalmente podían implantar un control muy

limitado vía comandos desde la computadora, sin embargo normalmente la computadora debía muestrear continuamente a las UTR's y generar los reportes consecuentes.

La funcionalidad de estas UTR's satisfacía, en ese momento, los requerimientos básicos; tales como el conocimiento en cualquier momento de las condiciones existentes sobre un oleoducto muy largo. Aunque estas capacidades fuesen limitadas, proveían un medio rápido y relativamente económico de notificar una falla o ruptura de la línea.

Las principales ventajas de las UTR's tradicionales, eran que permitían al administrador del proceso recolectar información en forma centralizada a la vez que podía controlar algunas salidas desde una estación central. Esto permitía a la computadora hacer cálculos sobre rangos de flujo y después cuantificar el gasto del producto utilizando únicamente los datos más actuales. Dicho procedimiento era más rápido y eficiente que cualquier método anterior. Finalmente sus características ambientales y de comunicación también les permitía estar localizados en áreas tan remotas como el desierto, la tundra ártica, etc.

Sin embargo, por numerosas razones, las UTR's tradicionales están perdiendo popularidad debido a:

- * Muestran rangos de fallas muy altos. Actualmente no es raro encontrar usuarios de sistemas SCADA reportando un 20% de UTR's no funcionales.
- * El mantenimiento y servicio de las UTR's tradicionales es difícil de realizar. Al ser unidades autocontenidas, no modulares, el darles servicio implica el cambio de tarjetas completas.
- * Requieren programación de alto nivel muy costosa. Esto se traduce en mínima versatilidad porque generalmente el usuario no está capacitado para realizar cambios de programación de entrada/salida o de aumentar o disminuir las características del sistema.
- * Finalmente, la cantidad de control que puede ejecutarse está limitada por la comunicación de la computadora central. Por lo tanto el sistema es vulnerable si dicha computadora falla. Este sistema centralizado requiere de muchas computadoras supervisorias con una programación extensa, de tal manera que no pueden realizar tareas de control complejas debido a las limitaciones de comunicación.

Controladores programables como solución a SCADA's

En los últimos 10 o 15 años la funcionalidad de los PLC's ha evolucionado a pasos agigantados. Su potencial para utilizarse como UTR's ha sido reconocido. Sus ventajas principales en tal aplicación son múltiples, por ejemplo:

- * Poseen un gran rango de tamaños, desde unidades pequeñas con poca capacidad de memoria y, de adquisición y control, hasta unidades muy grandes.
- * Existe una extensa gama de módulos de entrada/salida disponibles que pueden configurarse dependiendo de las necesidades del cliente.
- * Pueden ser programados con lógica escalonada en sitios remotos, y pueden realizar estrategias de control complejo para responder a condiciones que requieran de una acción de emergencia (independientemente del maestro, si así se desea).

Resumiendo, estas razones hacen a los controladores programables ideales para utilizarlos en sistemas SCADA. Por definición los controladores programables son utilizados en ambientes difíciles. A diferencia de muchas UTR's, los controladores programables son dispositivos modulares. Esta modularidad da al usuario facilidad de cambiar la configuración del sistema y variar la entrada y salida con un simple cambio de tarjeta. Así mismo, contribuye al fácil mantenimiento del sistema.

Debido a que son dispositivos más inteligentes que las UTR's, pueden realizar más tareas utilizando su propia inteligencia. Esto es la base de la inteligencia distribuida con los siguientes beneficios:

- * Se necesita de una computadora menor
- * Requiere menor programación debido a que más funciones son realizadas en las áreas remotas y por lo tanto requiere menor comunicación con la computadora.
- * Poseen mayor inteligencia distribuida que representa mayor tolerancia a fallas. Esto es, si una unidad falla, no afecta a las demás.

Por otro lado, ningún proceso o sistema de control distribuido era considerado apropiado para tales operaciones.

Sus unidades remotas, o distribuidas, fueron diseñadas para realizar tareas complejas de control de procesos y no podían compararse con el bajo costo de una UTR. Más aún, éstas se podían únicamente comunicar a través de la red, la cual muy pocas veces podía extenderse a más de un par de millas. Finalmente éstos sistemas fueron diseñados para utilizar sus propias unidades centrales supervisorias y no contaban con el software necesario para aplicaciones SCADA.

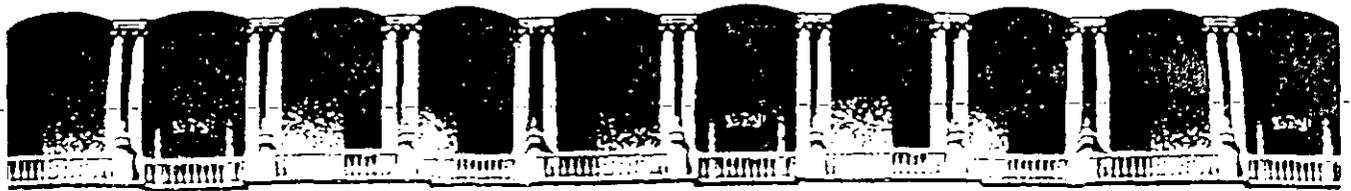
¿Porqué ha pasado ésto recientemente?

Los fabricantes de controladores programables están viendo la creciente oportunidad de maximizar las ventajas de sus productos para utilizarlos en sistemas SCADA.

Algunos productos para el mercado de SCADA incluyen:

- * Chequeo de error CRC opcional para proveer la integridad de los datos requeridos en una comunicación a larga distancia.
- * módulos de comunicación que emulan el protocolo de una UTR para aplicaciones de retroalimentación.
- * Módulos de comunicación que implementan al maestro de un protocolo de comunicación half duplex.

Obviamente, usando controladores programables como UTR's crean nuevas oportunidades para el usuario. El usuario trabaja hacia un sistema totalmente integrado en el cual todos los controladores se comunican entre sí. La dificultad de implementar esto se reduce si los mismos controladores se usan en más de un área.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**INSTRUMENTACION ELECTRONICA DE PROCESOS
INDUSTRIALES**

**I N S T R U M E N T A C I O N
A M B I E N T A L E N A I R E**

**ING. RAFAEL RAMOS VILLEGAS
ING. JOSE ZARAGOZA AVILA**

EQUIPOS DE MONITOREO CONTINUO DE EMISIONES

1. INTRODUCCION

LOS EQUIPOS DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE SE DIVIDEN EN DOS GRANDES GRUPOS: (1) AMBIENTALES Y (2) PARA FUENTE DE EMISION. LOS PRIMEROS SE UTILIZAN PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AIRE QUE RESPIRAMOS. LOS SEGUNDOS SE UTILIZAN PARA DETERMINAR LAS CONCENTRACIONES DE CONTAMINANTES EN EL SITIO DONDE SE ORIGINAN (CHIMENEAS). AMBOS GRUPOS SE SUBDIVIDEN, SEGUN SU GRADO DE AUTOMATIZACION EN MUESTREADORES, MONITORES Y ANALIZADORES.

LOS MUESTREADORES FUERON LOS PRIMEROS EQUIPOS UTILIZADOS PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AIRE. SON EQUIPOS QUE TOMAN UNA MUESTRA DE AIRE PARA SU POSTERIOR ANALISIS EN LABORATORIO. LOS MONITORES SON EQUIPOS QUE DETERMINAN LAS CONCENTRACIONES DE CONTAMINANTES DE MANERA CONTINUA Y PROVEEN UN REGISTRO LOCAL (EN TIRAS CONTINUAS DE PAPEL, POR EJEMPLO) PARA SU POSTERIOR ESTUDIO. LOS ANALIZADORES DETERMINAN LAS CONCENTRACIONES DE CONTAMINANTES Y PROVEEN UNA SEÑAL (VOLTAJE, CORRIENTE O SEÑAL DIGITAL) CONTINUA PROPORCIONAL A LA CONCENTRACION MEDIDA. ESTOS ULTIMOS EQUIPOS SON LOS MAS VERSATILES YA QUE SE PUEDEN UTILIZAR EN CONJUNTO CON UN SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS (DATA LOGGER) PARA EL PREPROCESAMIENTO, ALMACENAMIENTO Y TRANSMISION REMOTA DE LAS SEÑALES. LOS ANALIZADORES PARA EL MONITOREO CONTINUO DE FUENTES CONTAMINANTES SON EL OBJETO DE LA PRESENTE EXPOSICION.

2. CONTAMINANTES DE CRITERIO

LA MAYOR ATENCION SOBRE MONITOREO DE EMISIONES, CONCENTRACIONES DE CONTAMINANTES Y EFECTOS DE LA CONTAMINACION SE HA PUESTO EN LOS LLAMADOS CONTAMINANTES DE CRITERIO. LA LISTA DE CONTAMINANTES DE CRITERIO ES CONSTANTEMENTE REVISADA PARA AJUSTAR LOS ESTANDARES DE

EMISION EN FUNCION DE LA ULTIMA INFORMACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA. AL PRESENTE, LOS CONTAMINANTES DE CRITERIO SON:

1. MONOXIDO DE CARBONO
2. PLOMO
3. BIOXIDO DE NITROGENO
4. OZONO
5. BIOXIDO DE AZUFRE Y
6. PARTICULAS CON DIAMETRO AEREODINAMICO MENOR O IGUAL A 10 μ m (PM-10)

PARA EL CASO DE CONTAMINACION AMBIENTAL EXISTEN LOS ESTANDARES DE CONTAMINACION MOSTRADOS EN LA TABLA 1 EMITIDOS POR LA AGENCIA DE PROTECCION AMBIENTAL (E.P.A.) DE LOS E.U.A. OTROS ORGANISMOS DE PROTECCION AMBIENTAL PUEDEN FIJAR ESTANDARES DIFERENTES SOBRE UN NUMERO DISTINTO DE CONTAMINANTES.

TABLA 1 INDICES ESTANDAR DE CONTAMINACION AMBIENTAL (E.P.A.)

INDICE	1hr O3 μ g/m ³	8hr CO mg/m ³	24hr TSP μ g/m ³	24hr SO2 μ g/m ³	TSPxSO2 (μ g/m ³)1000	1hr NO2 μ g/m ³
0	0	0	0	0	---	---
50	118	5	75	80	---	---
100	235	10	260	365	---	---
200	400	17	375	800	65	1130
300	800	34	625	1600	261	2260

ESTANDARES DE EMISIONES

LOS PARAMETROS DE INTERES EN MONITOREO DE EMISIONES SON: OPACIDAD DE LA FUENTE, BIOXIDO DE AZUFRE, ACIDO CLORHIDRICO, OXIDOS DE NITROGENO, MONOXIDO Y BIOXIDO DE CARBONO, OXIGENO, TEMPERATURA E INDICE DE COMBUSTION. EXISTEN ESTANDARES DE EMISION DE CONTAMINANTES PARA DISTINTOS TIPOS DE INDUSTRIA. ASI, HAY ESTANDARES DIFERENTES PARA PLANTAS GENERADORAS DE ENERGIA, INCINERADORES, PLANTAS DE CEMENTO, REFINERIAS, ETC. LA TABLA 2 MUESTRA COMO EJEMPLO LOS ESTANDARES DE EMISION PARA PLANTAS DE GENERACION ELECTRICA EMITIDAS POR LA MISMA E.P.A.

TABLA 2 ESTANDARES DE EMISION PARA PLANTAS DE GENERACION ELECTRICA

Partículas 0.03 lb/10⁶ Btu de unidad calorífica de entrada

Oxidos de Nitrógeno

- Plantas de gas 0.20 lb/10⁶ Btu de unidad calorífica de entrada
- Plantas de petróleo 0.30 lb/10⁶ Btu de unidad calorífica de entrada
- Plantas de carbón 0.60 lb/10⁶ Btu de unidad calorífica de entrada

Bióxido de Azufre

- Plantas de gas 0.20 lb/10⁶ Btu de unidad calorífica de entrada
- Plantas de petróleo Diferentes estándares de emisión existen, dependiendo del contenido azufre y valor calorífico del combustible

3. METODOS DE MEDICION DE CONTAMINANTES

LA E.P.A. Y OTROS ORGANISMOS DE PROTECCION AMBIENTAL HAN DETERMINADO CUALES SON LOS METODOS DE DETECCION DE CONTAMINANTES APROBADOS BAJO LOS CONCEPTOS DE METODOS DE REFERENCIA O METODOS EQUIVALENTES. EL METODO DE REFERENCIA SE APLICA A UN PROCEDIMIENTO DE MEDICION DE CONTAMINANTE BASADO EN PRINCIPIOS FISICO-QUIMICOS QUE DAN POR RESULTADO UNA MEDICION CONFIABLE EN UN RANGO DE CONCENTRACION DETERMINADO. UN METODO EQUIVALENTE ES AQUEL QUE POR OTROS PROCEDIMIENTOS A LOS SEÑALADOS EN EL METODO DE REFERENCIA PROPORCIONA IGUALES RESULTADOS QUE ESTE. LA E.P.A OTORGA A LOS FABRICANTES DE EQUIPOS NUMEROS DE DESIGNACION A LOS EQUIPOS QUE SATISFACEN LAS NORMAS DE UNO U OTRO METODO, SEGUN SEA EL CASO.

4. PRINCIPIOS DE MEDICION DE CONTAMINACION EN FUENTE

EN ESTA SECCION SE HARA MENCION A LOS PRINCIPIOS DE MEDICION DE LOS EQUIPOS DE MONITOREO PARA FUENTE FIJA.

LOS METODOS A TRATAR SON LOS SIGUIENTES:

- METODO DE REFERENCIA DE QUIMIOLUMINISCENCIA PARA LA DETECCION DE OXIDOS DE NITROGENO
- METODO EQUIVALENTE DE PULSOFLUORESCENCIA PARA LA DETERMINACION DE BIOXIDO DE AZUFRE
- METODO DE REFERENCIA DE CORRELACION DE FILTRO GASEOSO PARA LA DETERMINACION DE MONOXIDO DE CARBONO

DEBE HACERSE NOTAR QUE LOS MISMOS PRINCIPIOS APLICAN, POR LO REGULAR, PARA LOS EQUIPOS DE MONITOREO AMBIENTAL, SOLO QUE LOS RANGOS DE MEDICION DE UNOS Y OTROS DIFIERE.

4.1 METODO DE QUIMIOLUMINISCENCIA PARA DETECCION DE OXIDOS DE NITROGENO.

LA REACCION EN FASE GASEOSA DE OXIDO NITRICO (NO) Y OZONO (O3) PRODUCE UNA LUMINISCENCIA CARACTERISTICA CUYA INTENSIDAD ES LINEALMENTE PROPORCIONAL A LA CONCENTRACION DE OXIDO NITRICO. ESPECIFICAMENTE:

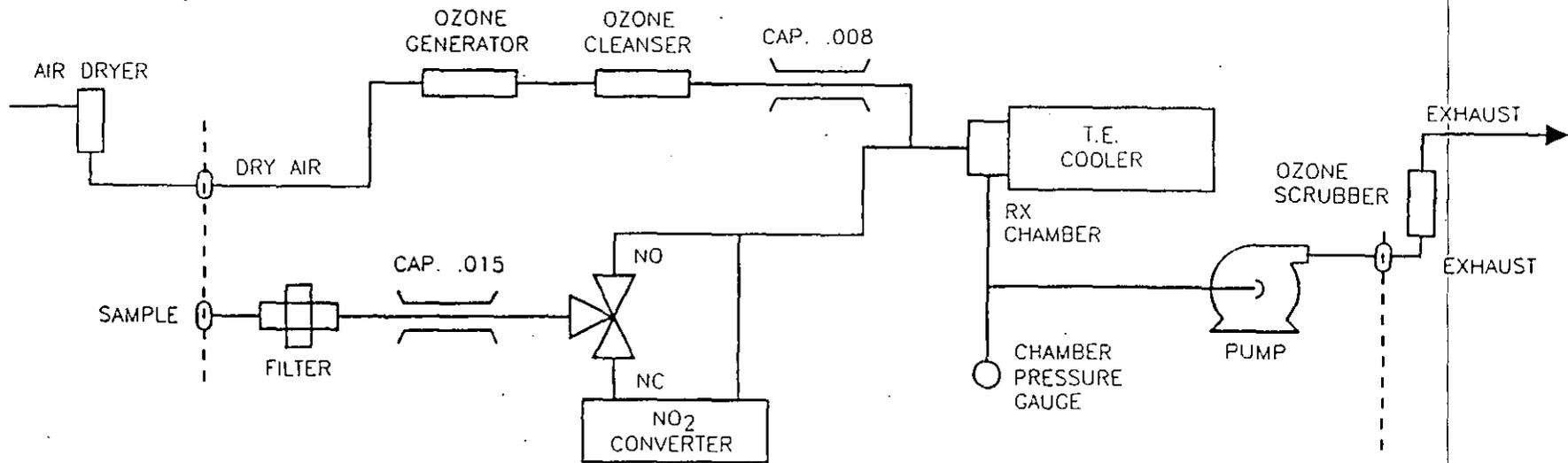


LA EMISION DE LUZ SE PRODUCE CUANDO LAS MOLECULAS EXITADAS DE NO2 DECAEN HACIA ESTADOS DE MENOR ENERGIA.

PARA HACER LA MEDICION DE BIOXIDO DE NITROGENO (NO2) MEDIANTE EL METODO DE QUIMIOLUMINISCENCIA, EL NO2 DEBE CONVERTIRSE PRIMERAMENTE EN OXIDO NITRICO (NO). PARA ESTE EFECTO SE UTILIZA UNA CAMARA DE CONVERSION DE MOLIBDENO A UNOS 325 °C EN DONDE TIENE LUGAR LA REACCION:

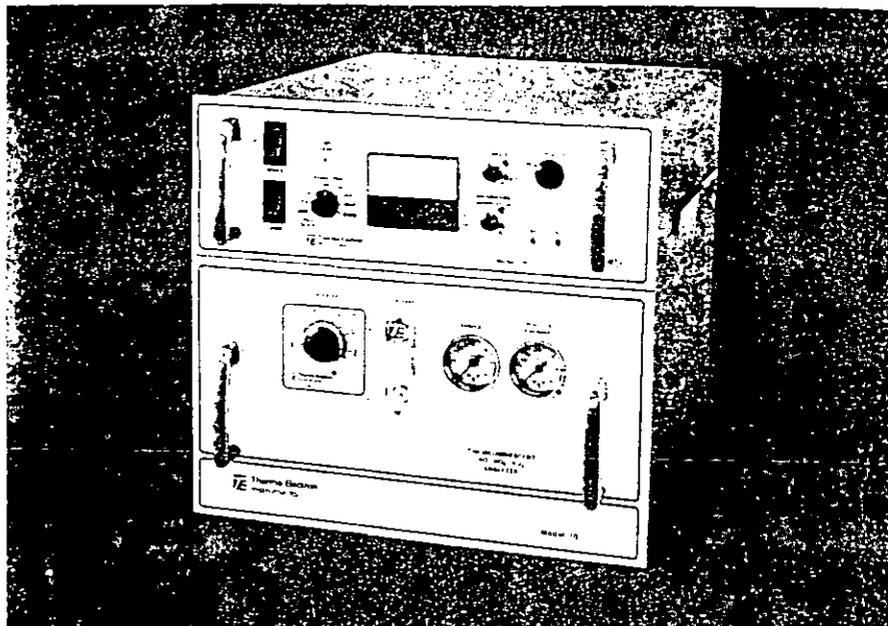


Flow Schematic of Model 42



Chemiluminescent NO/NO_x Analyzer

Model 10 For Continuous Source Gas Monitoring



Thermo Environmental Instrument's Model 10 NO/NO_x Analyzer is based on the chemiluminescent reaction between nitric oxide (NO) and ozone (O₃) according to the reaction:



Light emission results when the electronically excited NO₂ molecules revert to their ground state.

A front panel mode switch provides for either a direct readout of the NO concentration in the sample being analyzed ("NO" mode) or the total NO_x concentration ("NO_x" mode). When the Model 10 is placed in the "NO_x" mode, the sample stream passes through a NO_x-to-NO converter prior to entering the reaction chamber for subsequent analysis.

Key Features

- Selective detection of NO or NO_x
- Eight ranges, from 2.5 to 10,000 ppm FS
- Continuous monitoring with rapid response
- Linear on all ranges
- Field proven reliability
- Insensitive to changes in sample flow

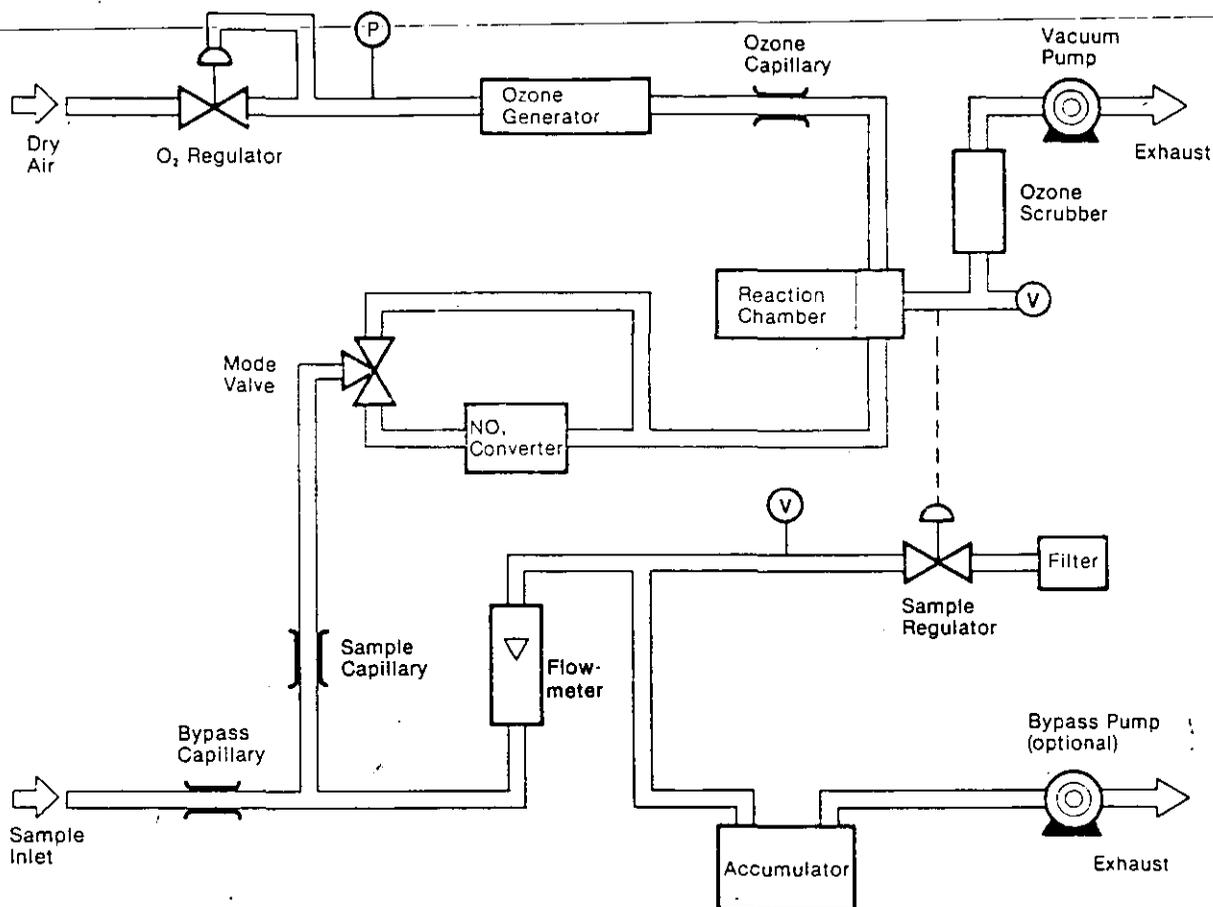
Model 10 Specifications*

Ranges	0-2.5 ppm	0-250 ppm
	0-10 ppm	0-1000 ppm
	0-25 ppm	0-2500 ppm
	0-100 ppm	0-10,000 ppm
Minimum Detectable Concentration	.05 ppm	
Noise	Less than 1% of FS	
Reproducibility	1% of FS	
Operating Temperature Extremes	0-40°C	
Response Time (0-90%)	~ 1.5 second NO mode ~ 1.7 second NO _x mode	
Zero Stability	± 1 ppm in 24 hours	
Span Stability	± 1% in 24 hours	
Linearity	± 1% from 0.05 to 10,000 ppm**	
Power Requirements	1000 watts, 115 ± 10 volts, 60 Hz standard. Also available in 115V 50 Hz, and 210 ± 15 volts, 50 Hz versions	
Physical Dimensions	19" wide × 17" high × 20" deep	
Instrument Weight	75 lbs. (including pump)	
Outputs	Two standard outputs supplied: 1) 0-10V; 2) Field selectable from 0-10V, 5V, 1V, 100mV or 10mV. (ma options available.)	

*Specifications are typical and subject to change without notice.

**With O₃ Feed; With dry air, linearity to 2000 ppm

Model 10 Flow Scheme



As illustrated in the above diagram, sample gas enters the Model 10, flows through the bypass capillary, and divides. Most of the sample flows through the flowmeter, accumulator, bypass pump, and exhausts. Only a small amount of sample flows through the sample capillary for analysis. The bypass pump in conjunction with the sample regulator maintain a constant pressure differential across the sample capillary, thus maintaining constant sample flow for analysis. This plumbing network makes the analyzer insensitive to pressure fluctuation in the sample inlet.

From the sample capillary, the sample to be analyzed is either directed through the NO_x to NO converter or around it, depending on the choice of the operator. In the reaction chamber the sample reacts with ozone to produce the light emission and is exhausted. The ozone is produced internally from dry air entering through the oxygen regulator and ozonator. The light emission is sensed by the photomultiplier tube and amplified.

Options

10-001 Bypass pump assembly includes pump, shock tray, accumulator, tubing, and fittings.

Accessory Instruments

Model 700 Heated Capillary Module
 Model 800 Sample Gas Conditioner
 Model 900 Sample Gas Conditioner

**Thermo Environmental
 Instruments Inc.**

8 West Forge Parkway
 Franklin, MA 02038

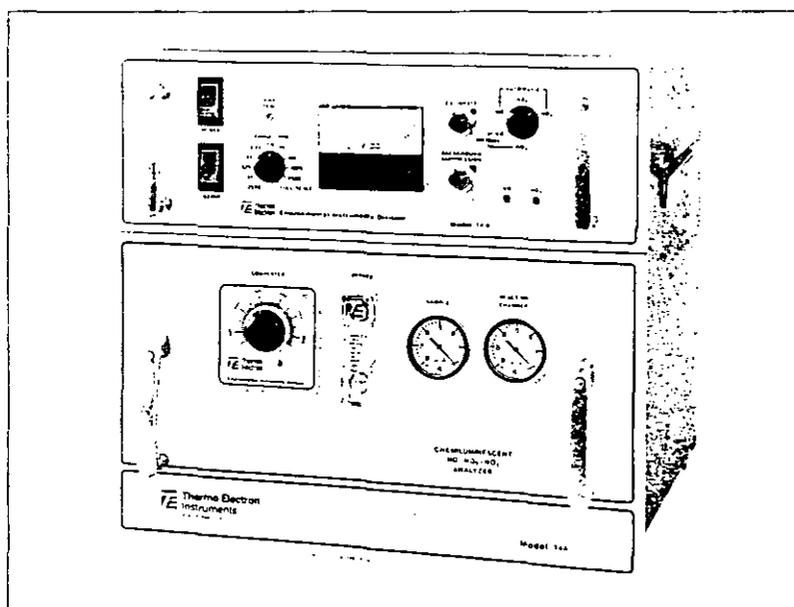
(508) 520-0430
 Telex: 200205 THEMO UR

FAX: (508) 520-1460

Printed in U.S.A. - 3 91 511

MODEL 14A

GENERAL PURPOSE CHEMILUMINESCENT NO/NO₂/NO_x ANALYZER

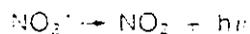
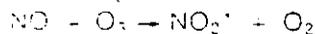


**Thermo Environmental
Instruments Inc.**

MODEL 14A

Model 14A NO/NO₂/NO_x Analyzer Operating Principle

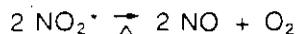
The Thermo Environmental Model 14A chemiluminescent NO-NO₂-NO_x analyzer is based upon the phenomenon that oxidized NO molecules give off a luminescence. The reaction with ozone in the Model 14A is:



* = excited molecule

The gas-phase reaction of nitric oxide (NO) and ozone (O₃) produces a characteristic luminescence with an intensity linearly proportional to the concentration of nitric oxide. Light emission results when the excited electrons of the NO₂* molecules decay to their normal energy states.

The concentration of NO_x (NO + NO₂) in a gas sample is measured using the same physical principle. Nitrogen dioxide (NO₂) must first be transformed into nitric oxide (NO) before it can be measured using the chemiluminescent reaction. Model 14A employs a catalytic stainless steel converter operated at 650°C. NO₂ to NO conversion efficiency 99%



The sample gas enters the Model 14A through a single flow control capillary and is directed to a solenoid valve. The solenoid valve directs the sample either through the NO_x to NO converter (NO_x mode) or around the converter (NO mode). When flowing through the converter the chemiluminescence measured with the reaction chamber represents the NO_x concentration. Bypassing the converter allows measurement of the NO level only. An analog output signal is continuously generated for NO, NO₂ and NO_x.

The Model 14A has nine linear full scale ranges, and can be used to measure pollutant levels from a few ppb to 2,500 parts per million. The Model 14A utilizes a single high sensitivity photomultiplier tube and a single reaction chamber which are time-multiplexed for NO and NO_x measurements.

Important features of the Model 14A include:

- ...Single reaction chamber
- ...Single high sensitivity photomultiplier tube
- ...Continuous signal output for NO, NO₂ and NO_x
- ...Nine linear ranges from 0.01 to 2,500 ppm full scale
- ...Ease of maintenance
- ...Simplicity of operation

Model 14A Analyzer Sub-Assembly

Thermo Electron's Model 14A chemiluminescent gas analyzer is housed in an attractive cabinet suitable for a workbench, tabletop or 19-inch rack mount. The control and analyzer units are on chassis slides to provide easy access to internal components.

The analyzer unit contains such key components as the reaction chamber, the thermoelectric cooler (housing the photomultiplier), the ozonator, the ozonator power supply, the NO_x to NO converter, the temperature controller and the solenoid valve for selection between NO and NO_x modes of operation.

The sample is introduced through a 1/4-inch bulkhead fitting at the rear of the analyzer. The sample flows through the mode valve and NO_x to NO converter, to the reaction chamber or, bypassing the converter, directly to the reaction chamber. Here the sample reacts with ozone, producing excited NO₂ which in turn decays giving off infrared light (luminescence). Reacted gas (NO₂) is drawn from the chamber through an external pump, exhausting through a charcoal trap where the NO₂ and any residual ozone is removed.

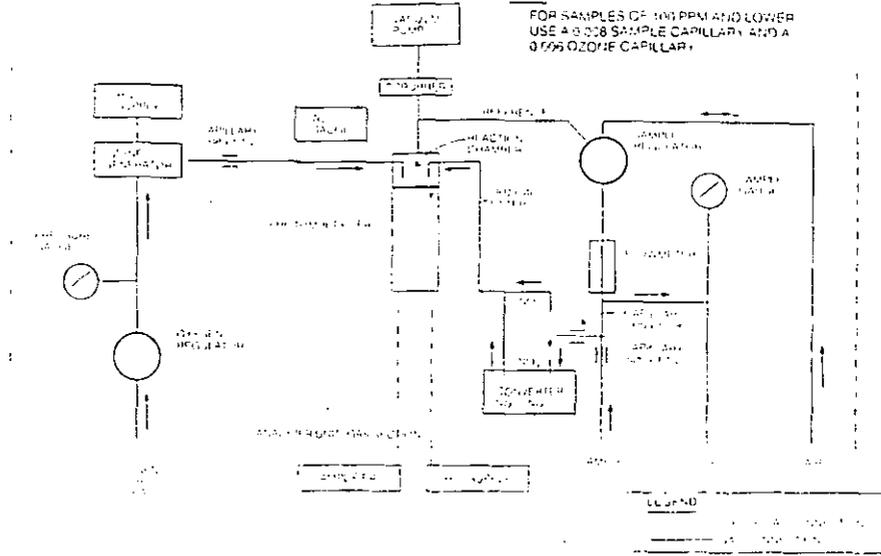
Model 14A Control Unit Sub-Assembly

The control unit front panel contains a range selection switch for choice of sensitivity from nine available full scale ranges and a triple scale meter graduated in parts per million (PPM). A 10-turn helipot is provided to calibrate the instrument against standard gases. A background suppression potentiometer is available for zero suppression.

The front panel of the control unit also contains two pushbutton switches:

1. The main "POWER" switch (the converter, the cooling fan, the photomultiplier high voltage supply and the thermoelectric cooler)
2. The switch labeled "OZONE" (power to the ozone generator)

The mode switch also on the front panel, when set in any of the "AUTOMATIC" positions allows a timer to control the mode valve and connects the panel meter circuit to the selected buffered output (i.e., NO, NO₂ or NO_x). In the "MANUAL" positions, the switch interrupts the control of the timer over the valve and freezes it in the selected mode (NO or NO_x).



Ranges:	Nine (9) user selectable, linear ranges: 0-0.01 ppm 0-0.025 ppm 0-0.1 ppm 0-0.25 ppm 0-1.0 ppm 0-10 ppm 0-100 ppm 0-1000 ppm 0-2500 ppm	Power Requirements:	115 VAC \pm 10 VAC; 60Hz. 1500 watts (220 VAC/50 Hz)																						
Linearity:	\pm 1% of full scale	Reaction Chamber Vacuum:	- 29 to -30" Hg standard (at sea level)																						
Accuracy:	Derived from the NO or NO ₂ calibration gas \pm 1% of full scale, \pm 3% in the 0 to 0.01 ppm range.	Sample Vacuum:	- 5 \pm 1" Hg																						
Response time*: (0 to 90% at the output of the electronic amplifier)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Range</th> <th>Time (seconds)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>NO - NO_x mode</td> </tr> <tr> <td>2500</td> <td>0.7 - 1.0</td> </tr> <tr> <td>1000</td> <td>0.7 - 1.0</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>0.7 - 1.0</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>0.7 - 1.0</td> </tr> <tr> <td>1.0</td> <td>2.0 - 3.0</td> </tr> <tr> <td>0.25</td> <td>5.0 - 7.0</td> </tr> <tr> <td>0.10</td> <td>5.0 - 7.0</td> </tr> <tr> <td>0.025</td> <td>25.0 - 30.0</td> </tr> <tr> <td>0.01</td> <td>25.0 - 30.0</td> </tr> </tbody> </table>	Range	Time (seconds)		NO - NO _x mode	2500	0.7 - 1.0	1000	0.7 - 1.0	100	0.7 - 1.0	10	0.7 - 1.0	1.0	2.0 - 3.0	0.25	5.0 - 7.0	0.10	5.0 - 7.0	0.025	25.0 - 30.0	0.01	25.0 - 30.0	Flow control:	Reaction chamber vacuum pump and bypass pump, regulator and glass capillaries.
Range	Time (seconds)																								
	NO - NO _x mode																								
2500	0.7 - 1.0																								
1000	0.7 - 1.0																								
100	0.7 - 1.0																								
10	0.7 - 1.0																								
1.0	2.0 - 3.0																								
0.25	5.0 - 7.0																								
0.10	5.0 - 7.0																								
0.025	25.0 - 30.0																								
0.01	25.0 - 30.0																								
		Ozone Generator:	By silent discharge ozo. ... or operating off dry room air, air cylinder, or oxygen cylinder.																						
		NO ₂ to NO Converter:	Catalytic stainless steel converter operated at 650°C. NO ₂ to NO conversion efficiency 99%.																						
		Specificity:	Selective detection of NO with negligible interference from water vapor, carbon and sulfur compounds.																						
		Photomultiplier:	Thermo electrically (Peltier) cooled for low background.																						
		Physical Specifications:	Completely packaged ready for either rack mounting in a standard 19" wide instrument rack, or operation on a laboratory work table or desk.																						
Zero Drift:	\pm 2% in 8 hours		Consisting of a control module and an analyzer module each mounted on internal rack slides for ease of operator accessibility for calibration, maintenance, and repair when necessary.																						
Outputs:	NO, NO ₂ , NO, continuous 0-10 VDC standard. Also available 0-5 V, 0-1 V, 0-100 MV, 0-10 MV.	Size:	19" W x 17" H x 20" D																						
		Weight:	Approximately 75 lbs., excluding pumps.																						

*Model 14A is equipped with automatic mode valve (NO to NO₂) switching and sample/hold memories analyzer response time for recorder outputs would include approximately 60 seconds addition time for memory switching and sample purge.

LA MUESTRA DE AIRE ENTRA AL ANALIZADOR PASANDO POR UN CAPILAR DE CONTROL DE FLUJO Y ES DIRIGIDA HACIA UNA VALVULA SOLENOIDE (VER FIGURA ANEXA). LA SOLENOIDE DIRIGE EL AIRE HACIA LA CAMARA DE CONVERSION DE NO₂ A NO O BIEN HACIENDO UN BYPASS DE LA MISMA. CUANDO LA MUESTRA PASA A TRAVES DE LA CAMARA DE CONVERSION, LA QUIMIOLUMINISCENCIA MEDIDA EN LA CAMARA DE REACCION REPRESENTA EL VALOR DE LOS OXIDOS DE NITROGENO NO_x (DE MODO GENERAL, PUEDE CONSIDERARSE LA EXPRESION $NO + NO_2 \sim NO_x$). AL HACER PASAR LA MUESTRA RODEANDO LA CAMARA DE CONVERSION SE HACE LA MEDICION DE NO EXCLUSIVAMENTE. DE MODO QUE LA DIFERENCIA DE LOS VALORES MEDIDOS DA LUGAR AL VALOR DE NO₂ EN LA MUESTRA. EN GENERAL, LOS ANALIZADORES DE OXIDOS DE NITROGENO ENTREGAN DE MANERA CONTINUA SEÑALES DE SALIDA CON LOS VALORES DE NO, NO₂ Y NO_x EN CANALES INDEPENDIENTES.

4.2 METODO EQUIVALENTE DE PULSOFLUORESCENCIA PARA LA DETERMINACION DE BIOXIDO DE AZUFRE

EL PRINCIPIO DE MEDICION DE BIOXIDO DE AZUFRE POR EL METODO DE PULSOFLUORESCENCIA PUEDE SER MEJOR ENTENDIDO HACIENDO REFERENCIA A LA FIGURA ANEXA. UN HAZ DE LUZ ULTRAVIOLETA ES FILTRADO (PASOBANDA) Y ENFOCADO HACIA UNA CAMARA DE FLUORESCENCIA, EN DONDE LAS MOLECULAS DE SO₂ PRESENTES SON EXITADAS A NIVELES SUPERIORES DE ENERGIA. CUANDO LOS ESTADOS DE EXITACION DE DICHAS MOLECULAS DECAEN EMITEN UNA RADIACION CARACTERISTICA. UN SEGUNDO FILTRADO PERMITE QUE ESTA RADIACION SEA ENFOCADA SOBRE UN TUBO MULTIPLICADOR, QUE CONVIERTE DICHA RADIACION EN UNA SEÑAL ELECTRICA. ESTA SEÑAL ES FILTRADA Y AMPLIFICADA A UN NIVEL DETECTABLE. EL FENOMENO DE PULSOFLUORESCENCIA, LA LINEALIDAD DEL TUBO MULTIPLICADOR Y UN ADECUADO DISEÑO PUEDEN ASEGURAR QUE LA SEÑAL DE SALIDA SEA LINEALMENTE PROPORCIONAL A LA CONCENTRACION DE SO₂ DE LA MUESTRA.

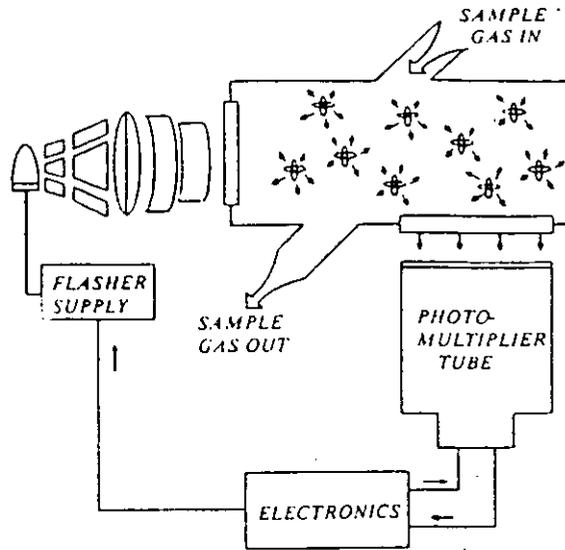


Figure 4 — Principles of Operation

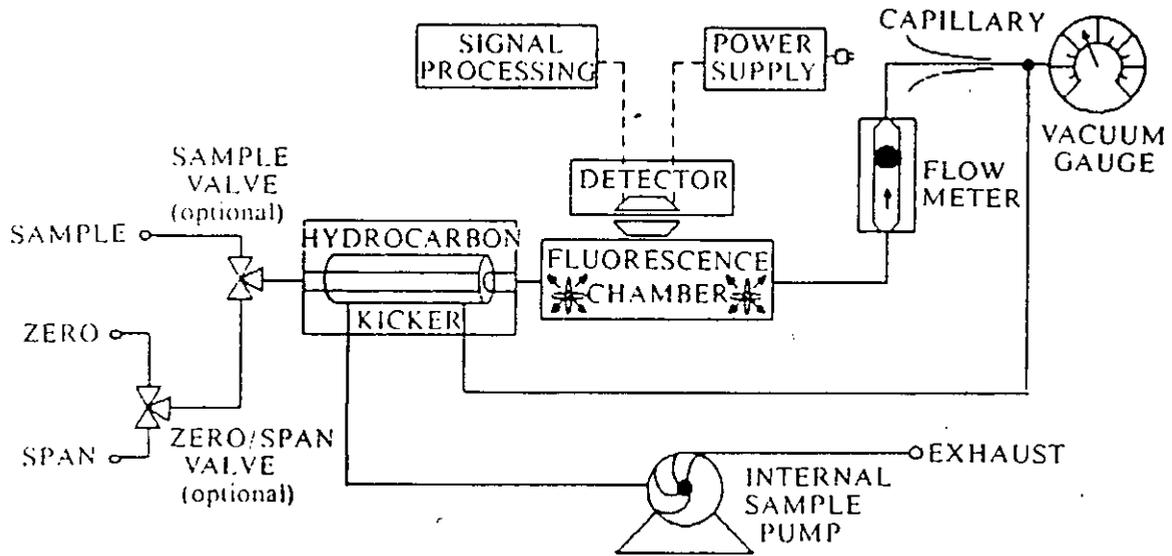


Figure 5 — Gas Flow Schematic

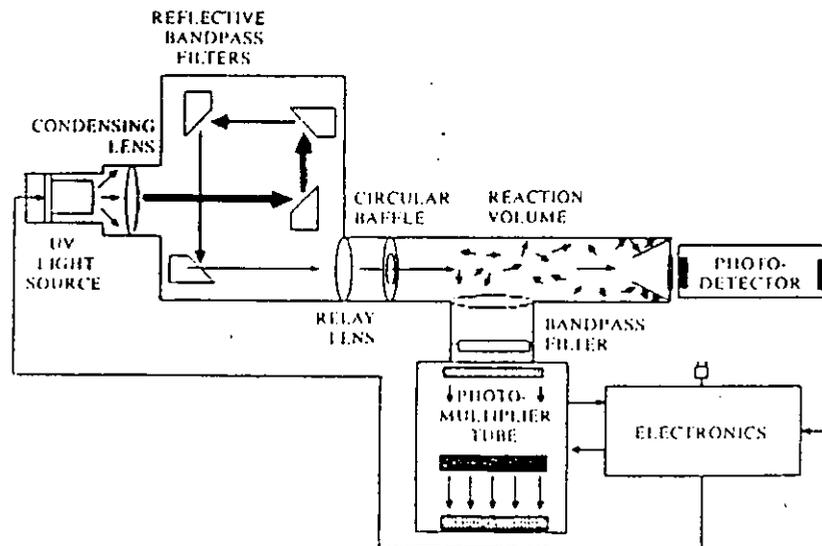
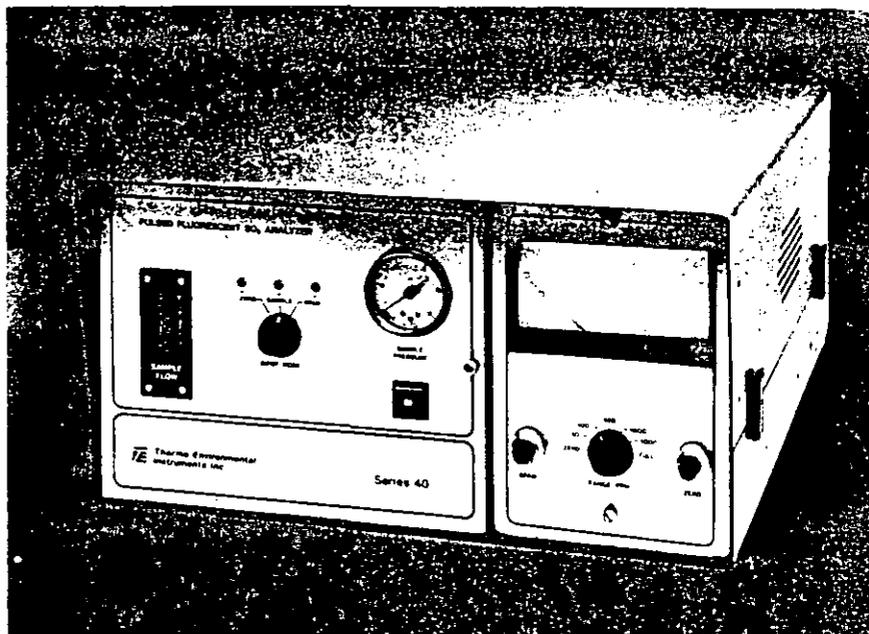


Figure 6 — Optics System Schematic

Pulsed Fluorescent SO₂ Analyzer

Model 40 For Continuous Source Gas Monitoring

Thermo Environmental's Model 40 Pulsed Fluorescence Source SO₂ Analyzer provides simple operation, good reliability and precision measurements for SO₂ in combustion emissions and other gases. This patented, field-proven technique offers advantages for monitoring SO₂ concentrations by minimizing the need for time-consuming maintenance and replacement of consumables.



Key Features

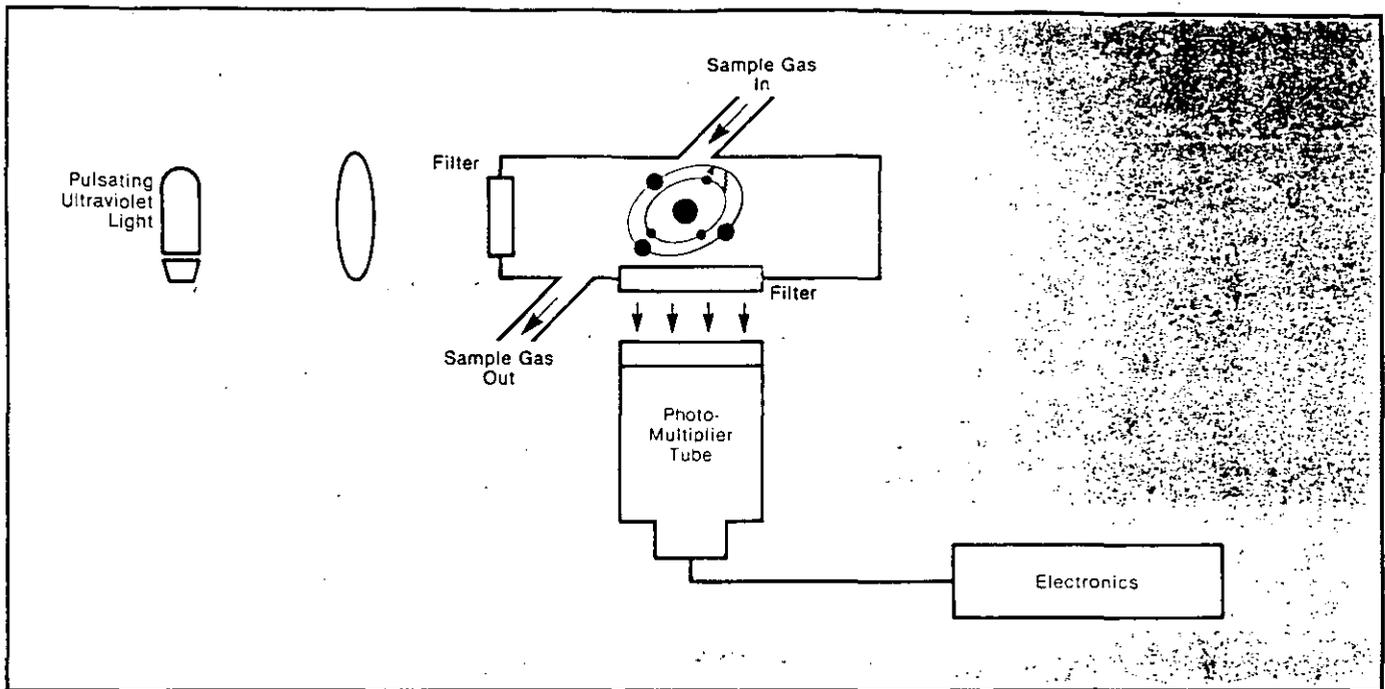
- No consumable gases or chemicals required
- Long-term zero and span stability
- Long-life lamp
- Field-proven reliability
- Insensitive to changes in sample flow
- Specific to SO₂*
- Totally self-contained
- 19" rack mountable on chassis slides
- Internal/Operator-controlled span and zero valves

Model 40 Specifications (typical)

Ranges	0-50 ppm 0-100 ppm 0-500 ppm	0-1000 ppm 0-5000 ppm
Lower Detectable Limit	1.0 ppm (on 0-50 ppm range and high filter position)	
Noise	± 0.5 ppm (on 0-50 ppm range and high filter position)	
Zero Drift: 2 hours 24 hours	± 1% of FS ± 2% of FS	
Span Drift: 2 hours 24 hours	± 1% of FS ± 2% of FS	
Response Time (0-90%)	30 seconds (low filter position)	
Lag Time	2 seconds	
Accuracy	Derived from calibration gas (precision of span setting ± 0.5%)	
Interferences	None for normal flue gas*	
Sample flow	2-10 SCFH	
Power Requirements	200 watts: 115V AC / 60 Hz; 220V AC / 50 Hz (includes optional pump)	
Output	0-10V standard. Also available: 0-5V, 0-1V, 0-100mV, or 0-10mV (field selectable)	
Physical Dimensions	17" wide x 9" high x 23" deep	
Instrument Weight	45 lbs (50 lbs with optional pump)	

Specifications are typical and subject to change without notice.

*Emissions produced from a typical combustion process do not normally contain gaseous compounds which fluoresce in the Model 40. However, the measurement of SO₂ by fluorescence may vary if certain mole percent background gaseous components change. This effect is commonly known as quenching. Proper calibration or the use of the Model 40 with the Model 900, Sample Conditioner, relieves the user of possible corrections. Consult the Model 900 data sheet or the factory for additional information.

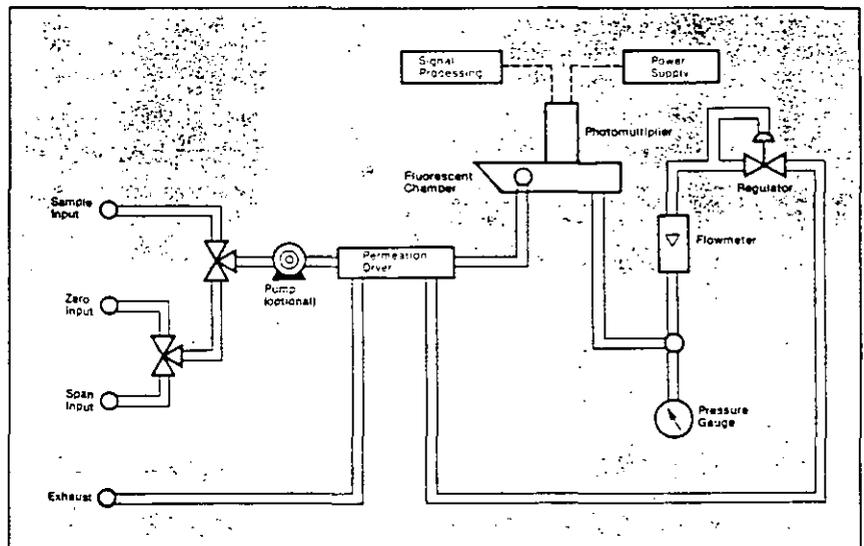


Principle of Operation

As illustrated in the diagrams, pulsed ultraviolet light passes through a narrow bandpass filter to a measurement chamber where it excites SO₂ molecules. As these molecules return to the ground state, they emit a characteristic fluorescence with intensity proportional to the concentration of SO₂ molecules in the sample. The fluoresced light then passes through a second filter to illuminate the sensitive surface of a photomultiplier tube. Electronic amplification of the output of the photomultiplier tube provides a meter reading and an electronic analog signal for recorder output.

Options

- 40-001 Sample Pump
- 40-002 19" Rack Mounts



Flow Diagram

Thermo Environmental
Instruments Inc.

8 West Forge Parkway
 Franklin, MA 02038

(508) 520-0430
 Telex: 200205 THEMO UR

FAX: (508) 520-1460

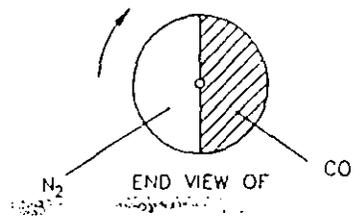
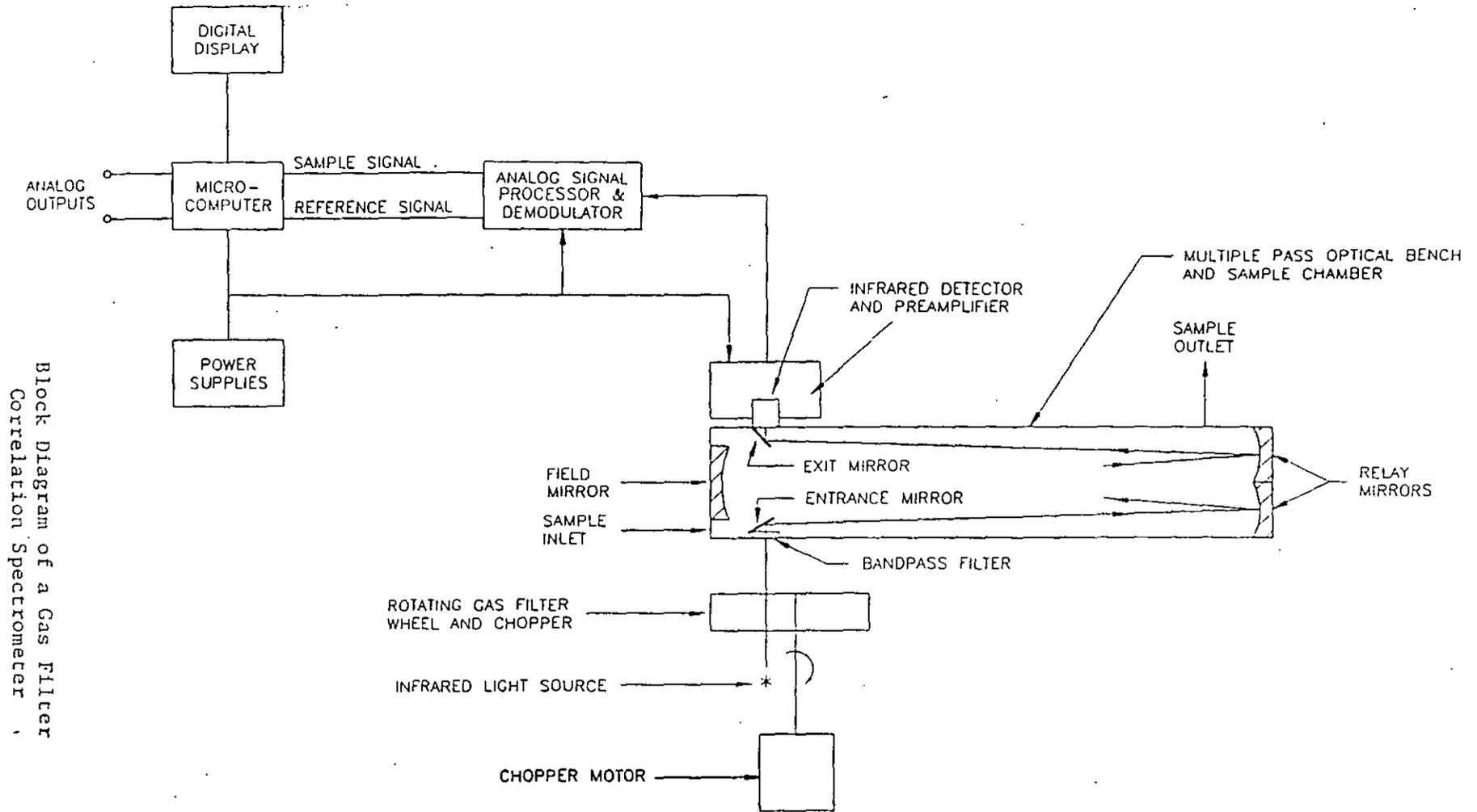
4.3 METODO DE REFERENCIA DE CORRELACION DE FILTRO GASEOSO PARA LA DETERMINACION DE MONOXIDO DE CARBONO

LA ESPECTROGRAFIA DE CORRELACION DE FILTRO GASEOSO SE BASA EN LA COMPARACION DE ESTRUCCION DETALLADA DEL ESPECTRO DE ABSORCION INFRARROJA DEL GAS ANALIZADO CON RESPECTO A OTRO GAS TAMBIEN PRESENTE EN LA MISMA MUESTRA. LA TECNICA SE IMPLEMENTA USANDO UNA CONCENTRACION ALTA DE GAS TESTIGO, POR EJEMPLO MONOXIDO DE CARBONO (CO) COMO UN FILTRO PARA LA RADIACION INFRARROJA TRANSMITIDA POR EL ANALIZADOR.

LOS COMPONENTES BASICOS DE UN ESPECTROMETRO DE CORRELACION DE FILTRO GASEOSO SE MUESTRAN EN LA FIGURA ANEXA. EL HAZ DE RADIACION DE UNA FUENTE EMISORA ES SEGMENTADO Y HECHO PASAR A TRAVES DE UN FILTRO DE GAS ROTATORIO ALTERNANDO VENTANAS DE CO Y N₂. LA RADIACION CONTINUA SU PASO A TRAVES DE UN ESTRECHO FILTRO DE INTERFERENCIA PASOBANDA Y ENTRA A UNA CELDA MULTIPLICADORA DONDE OCURRE LA ABSORCION DE ENERGIA POR EL GAS PRESENTE EN LA MISMA. LA RADIACION SALE DE LA CELDA Y ES ENFOCADA EN UN DETECTOR DE ENERGIA INFRARROJA.

EL FILTRO DE GAS CO ACTUA PARA PRODUCIR UN HAZ DE REFERENCIA QUE NO PUEDE SER ATENUADO AUN MAS EN LA CELDA DE ABSORCION. EL FILTRO DE GAS N₂ ES TRANSPARENTE PARA LA RADIACION INFRARROJA Y POR TANTO PRODUCE UN HAZ DE MEDICION QUE PUEDE SER ATENUADO POR LA PRESENCIA DE CO EN LA CELDA DE ABSORCION. LA SEÑAL SEGMENTADA ES MODULADA POR LA ROTACION DEL FILTRO GASEOSO CON UNA AMPLITUD RELACIONADA A LA CONCENTRACION DE CO EN LA CELDA DE ABSORCION. LA PRESENCIA DE OTROS GASES EN LA CELDA DE ABSORCION NO CAUSAN MODULACION EN LA SEÑAL DETECTADA YA QUE ABSORBEN POR IGUAL LOS HACES DE REFERENCIA Y DE MEDICION POR IGUAL. POR TANTO, EL SISTEMA DE CORRELACION DE FILTRO GASEOSO RESPONDE SOLAMENTE A LA CONCENTRACION DE CO EN LA MUESTRA.

CON LAS MEJORAS EN EL RECHAZO DE INTERFERENCIAS ES POSIBLE INCREMENTAR LA SENSITIVIDAD DEL ANALIZADOR. ESTO SE LOGRA EXTENDIENDO LA LONGITUD DE TRAYECTORIA DEL HAZ DE RADIACION POR MEDIO DE ESPEJOS MULTIPLES DENTRO DE LA



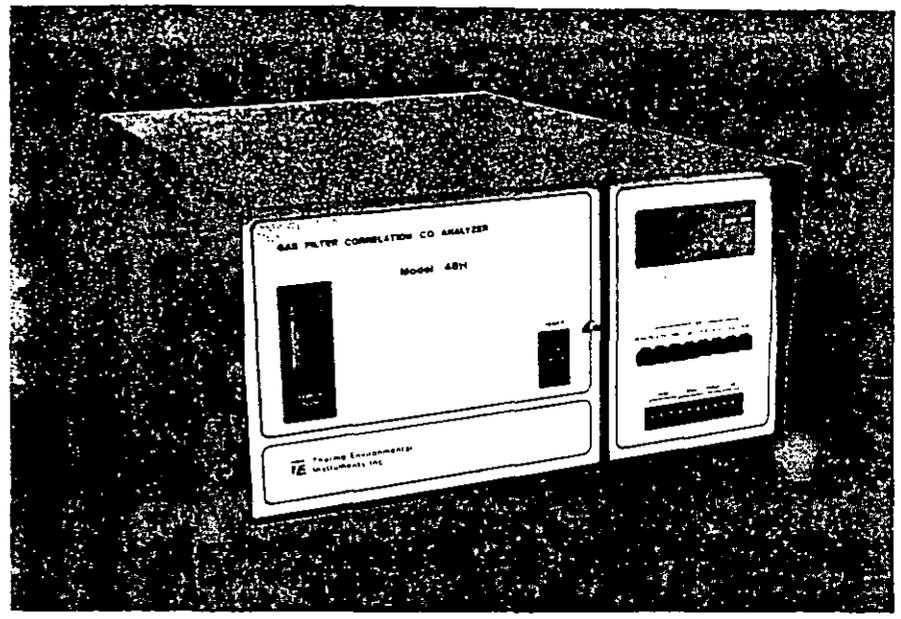
Gas Filter Correlation CO Analyzer

Model 48H For Continuous Monitoring

Thermo Environmental's Microprocessor Based Model 48H CO Analyzer provides unequalled ease of operation, reliability, precision and specificity. The unique Gas Filter Correlation principle of operation offers the significant advantages of unequalled specificity and sensitivity and increased resistance to shock and vibration.

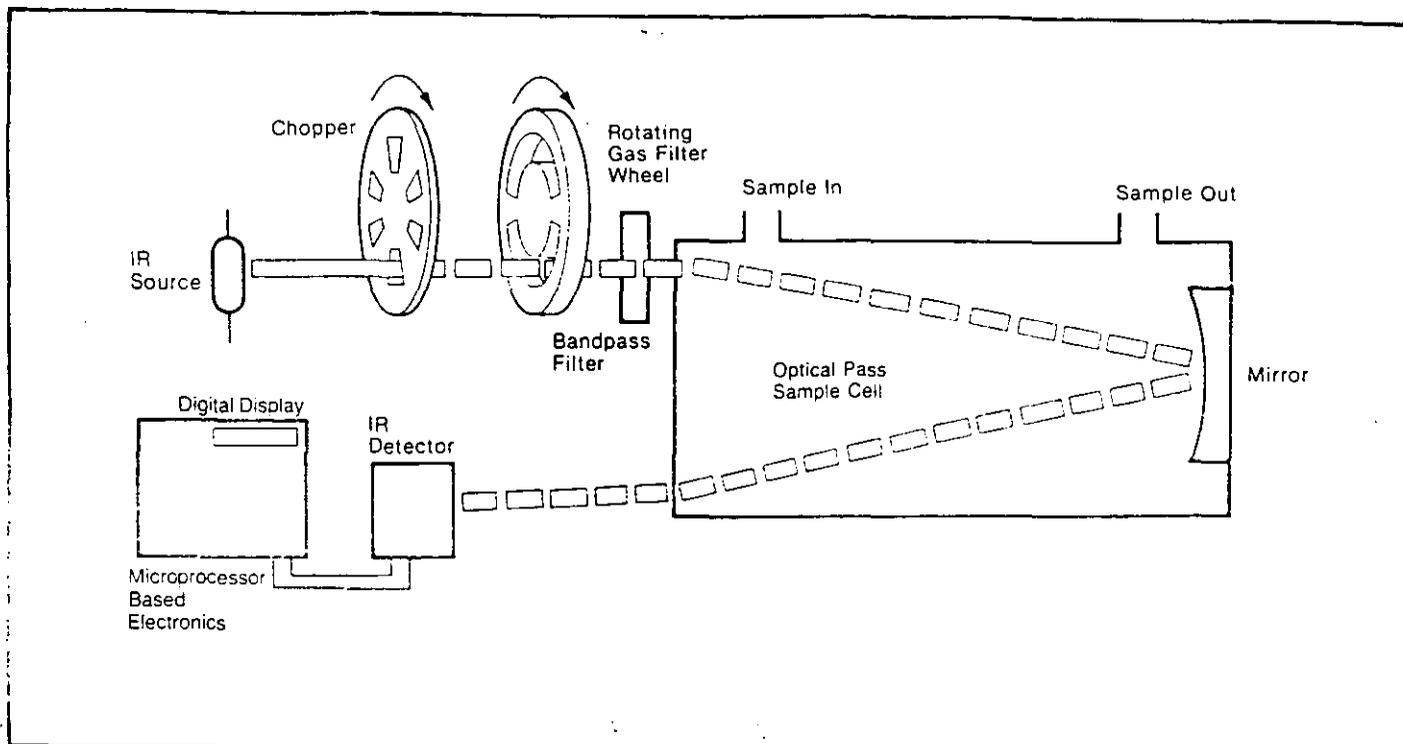
Key Features

- Microprocessor Based
- Automatic pressure and temperature correction
- Dual fully independent outputs standard
- Hourly average output standard
- Wide dynamic range
- Highly specific to CO
- Long term zero and span stability
- Vibration and shock resistant
- Powerful diagnostics made possible by microprocessor
- Linear through all ranges
- Unaffected by changes in flow
- Self-aligning optics



Model 48H Specifications

Ranges	0-50; 100; 200; 500; 1,000; 2,000; 5,000; 10,000; 20,000 ppm
Zero Noise	2.0 ppm RMS With time constant = 10 seconds
Minimum Detectable Limit	4.0 ppm
Zero Drift, 24 Hours	± 4.0 ppm
Span Drift, 24 Hours	± 2% Full Scale
Rise/Fall Times (0-90%) (at 1.5 lpm flow, 10 second integration time)	30 seconds
Precision	± 2.0 ppm or ± 1% of Full Scale
Linearity	± 2% of Full Scale
Flow Rate	1.5 lpm standard
Rejection Ratio	CO ₂ : — 50,000:1 H ₂ O: — 200,000:1
Operating Temperature	Performance specifications maintained over the range 15-35° C (may be operated safely over the range 5-45° C)
Power Requirements	100 Watts; 105-125 VAC, 60Hz; 220-240VAC 50Hz
Physical Dimensions	17" wide x 8¾" high x 23" deep
Weight	45 lbs.
Dual Outputs (standard)	Selectable to 0-10mV, 0-100mV 0-1V, 0-5V, 0-10V; digital display; 1 hour integrated value. Other outputs available upon request (4-20ma, RS232)



Principle of Operation

The basic components of a Gas Correlation System are illustrated in the above diagram. Radiation from an infrared source is chopped and then passed through a gas filter which alternates between CO and N₂ due to rotation of the filter wheel. The radiation then passes through a narrow bandpass filter and an optical pass sample cell where absorption by the sample gas occurs. The IR radiation exits the sample cell and falls on a solid state IR detector.

The CO gas filter acts to produce a reference beam which cannot be

further affected by CO in the sample chamber. The N₂ side of the filter wheel is transparent to IR radiation and therefore produces a measure beam which can be absorbed by CO. The chopped detector signal is modulated by the alternation between the two gas filters with an amplitude proportional to the concentration of CO in the sample chamber. Other gases do not cause modulation of the detector signal since they absorb the reference and measure beams equally. Thus, the Gas Filter Correlation System responds solely to CO.

Options

- 48-001 — Particulate Filter
- 48-002 — Rack Mounts
- 48-003 — Remote activation of zero and span solenoids
- 48-006 — Isolated 4-20 ma current output
- 48-007 — zero/span solenoid valves

**Thermo Environmental
Instruments Inc.**

8 West Forge Parkway
Franklin, MA 02038

(508) 520-0430
Telex: 200205 THERMO UR

FAX: (508) 520-1460

CAMARA DE ABSORCION. ASI ES POSIBLE OBTENER UNA SENSITIVIDAD A PLENA ESCALA DE 1 PARTE POR MILLON (PPM) CON UN LIMITE INFERIOR DETECTABLE DE 0.02 PPM.

EL METODO DE CORRELACION DE FILTRO GASEOSO PUEDE UTILIZARSE TAMBIEN PARA LA DETERMINACION DE CONCENTRACIONES DE OTROS CONTAMINANTES COMO SON EL ACIDO CLORHIDRICO Y EL BIOXIDO DE CARBONO.

5. SISTEMA DE MONITOREO CONTINUO EN CHIMENEA

EN ESTA SECCION SE DISCUTIRAN DOS CASOS PRACTICOS DE SISTEMAS DE MONITOREO DE CONTAMINANTES EN CHIMENEA. LOS EJEMPLOS SERAN ILUSTRADOS CON LAS FIGURAS ANEXAS.

EN PRIMER LUGAR SE HARA REFERENCIA A UN SISTEMA DE MONITOREO CONTINUO DE EMISIONES QUE TOMA UNA MUESTRA DE LA FUENTE DE EMISION Y LA CONDUCE POR MEDIO DE UNA LINEA CALIENTE A UN ACONDICIONADOR PARA SU DILUCION Y POSTERIORMENTE LLEVADA A LOS ANALIZADORES.

EL SEGUNDO CASO ILUSTRA UN SISTEMA DE MONITOREO CONTINUO BASADO EN UNA PROBETA CON CAPACIDAD DE DILUCION, UNA LINEA NO CALIENTE Y UN CONTROLADOR DE FLUJO PARA LOS ANALIZADORES.

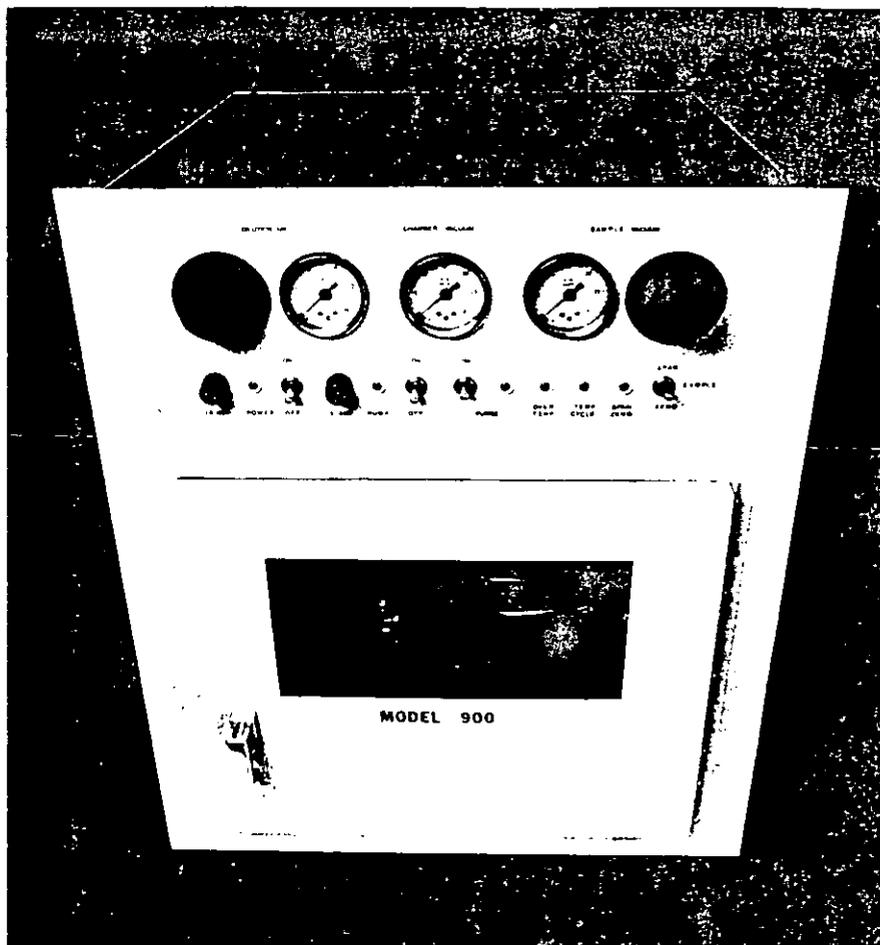
Heated Sample Gas Conditioner

Model 900 For Conditioning Source Gas Samples

The Model 900 Heated Sample Gas Conditioner draws a raw stack sample through heated tubing and delivers a clean, dry measurement sample to several instruments. The Model 900 contains a large particulate filter and a stable flow blending network in a heated chamber. Within the heated chamber the raw sample is first filtered and then blended with clean dry air. This blending reduces the dew point temperature of the raw sample to below room ambient. Thus, when the sample exits the Model 900, the particles have been removed and the measurement sample is dry and is in a consistent air background. The formation of condensates or their removal is eliminated; therefore, the composition and ratio of the pollutants (NO, NO₂, SO₂, CO, and CO₂) are not altered.

Key Features

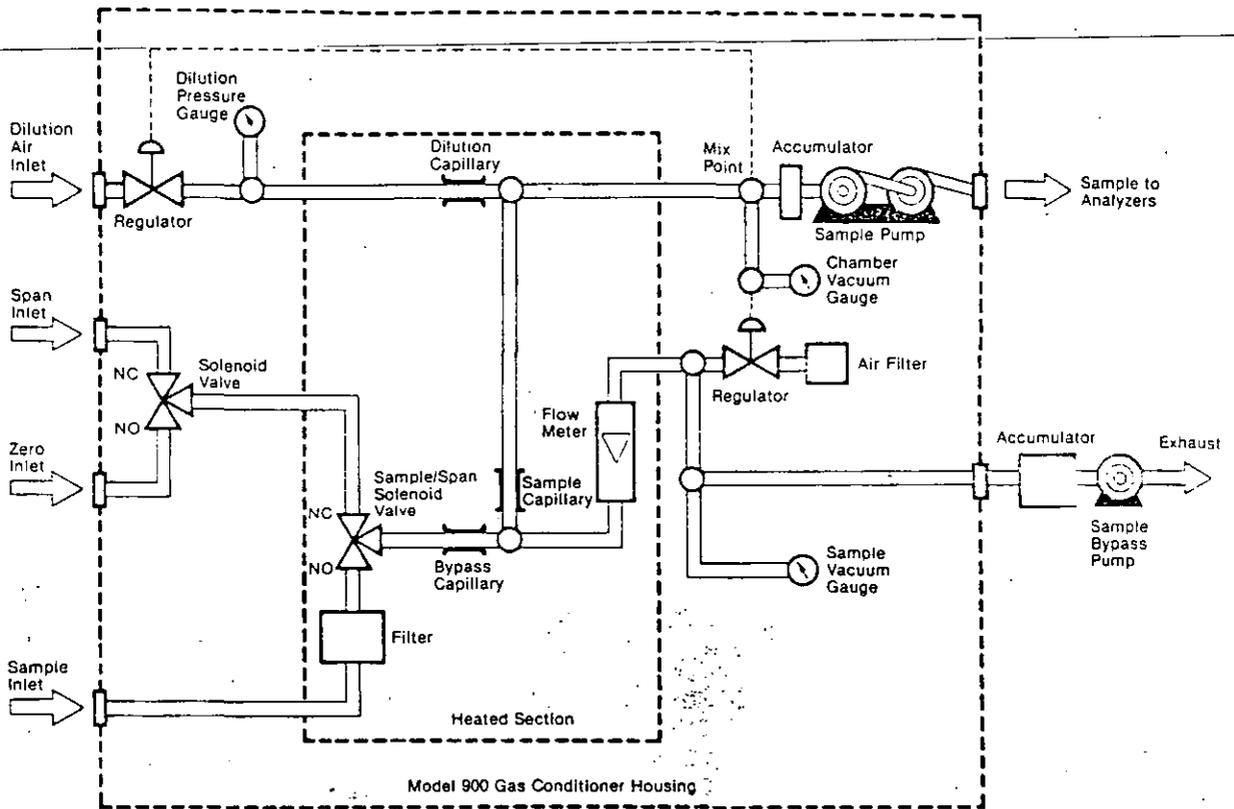
- Large visible particulate filter
- Safety features prevent condensate-laden sample from entering instruments
- Can be expanded to accept up to three separate continuous samples, with automatic sequencing.
- Bench top or rack mountable
- Designed for easy maintenance
- Designed for longterm unattended operation
- Blend ratios selectable
- Field proven reliability
- No corrosive condensates formed to absorb sample gas
- Provides conditioned sample to multiple analyzers



Model 900 Specifications*

Raw Sample Inlet Temperature	250°F (maximum)
Raw Sample Inlet Dew Point Temperature	150°F (maximum)
Sample Delivery Pressure	8 PSIG
Sample Flow (Blended Output)	3l/min standard (larger flows available)
Raw Sample Flow (Input)	1l/min (approximately)
Chamber Temperature	165 ± 10°F
Operating Temperature	60 to 100°F
Power Requirements	750 watts; 115V AC / 60 Hz; 220V AC / 50 Hz
Physical Dimensions	19" wide × 22 1/4" high × 15 1/2" deep
Instrument Weight	72 lbs. (includes pumps)
Back Flush (optional)	20 cfm @ 100 PSIG for 20 seconds

*Specifications are typical and are subject to change without notice



The sample enters via a heated sample line to the heated section of the Model 900. Sample passes through a sample filter to the Sample/Span solenoid valve. The sample then passes through the bypass capillary and is divided: a small sample portion passes through the sample capillary, while the larger sample flow goes to the flow meter, through an accumulator (flow capacitor) to the sample pump and then to exhaust.

The sample regulator maintains the differential pressure across the sample capillary, thus maintaining constant flow.

The dilution air, regulated to 10 PSIG, passes through the dilution capillary and flows to the sample/air mix point, blending with the sample. The blended sample is pumped to the analyzers for analysis.

Options

- 900-004** Sample Probe Backflush
Includes valving, plumbing and internal timers which automatically control the timing and sequencing of the backflush operation on an hourly basis.

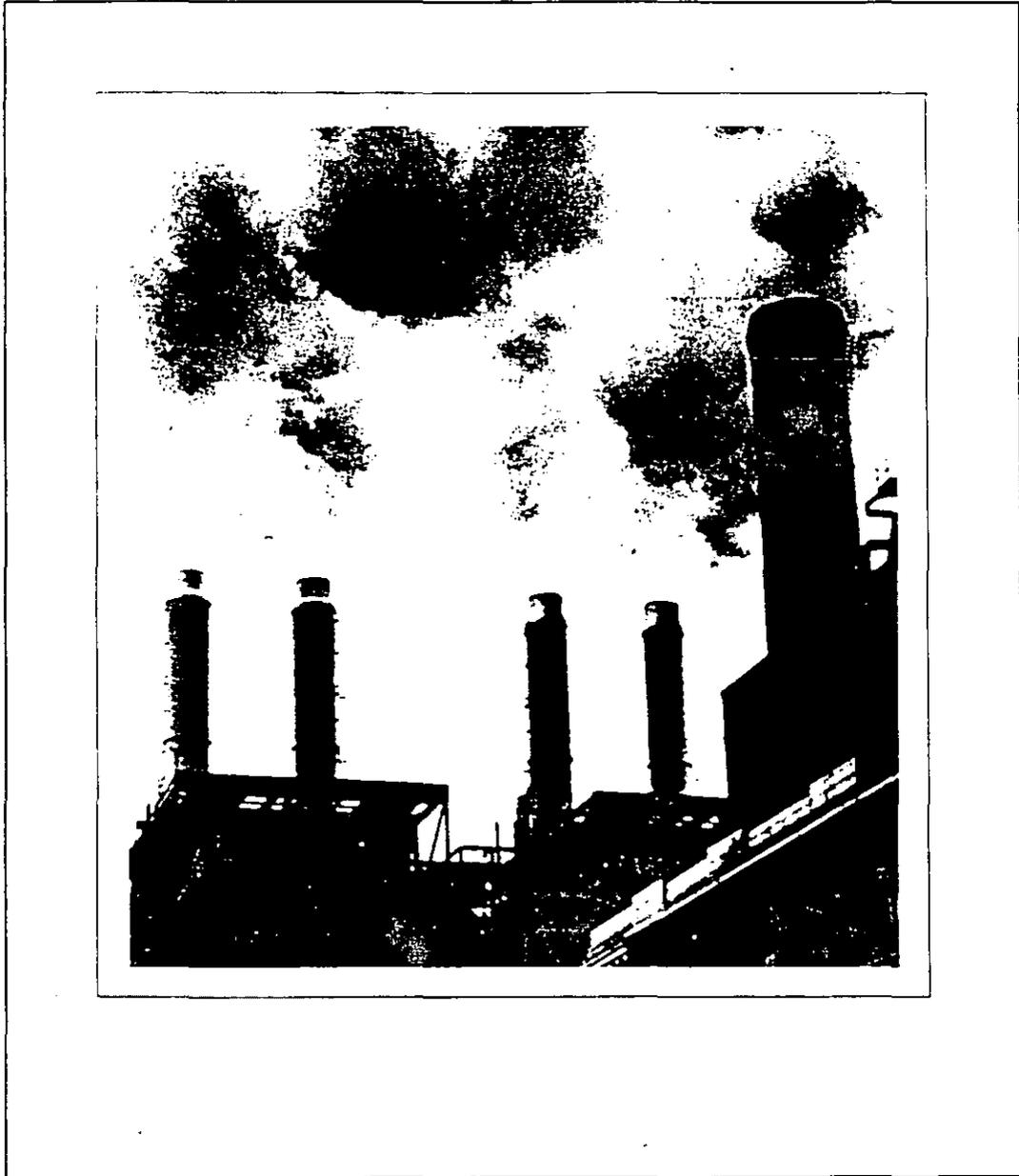


CORPORATION

Environmental Instruments Division

108 South Street
Hopkinton, MA 01748
Telephone (617) 435-5321
Telex 948325

MODEL 1400 EXTRACTIVE STACK GAS ANALYSIS SYSTEM



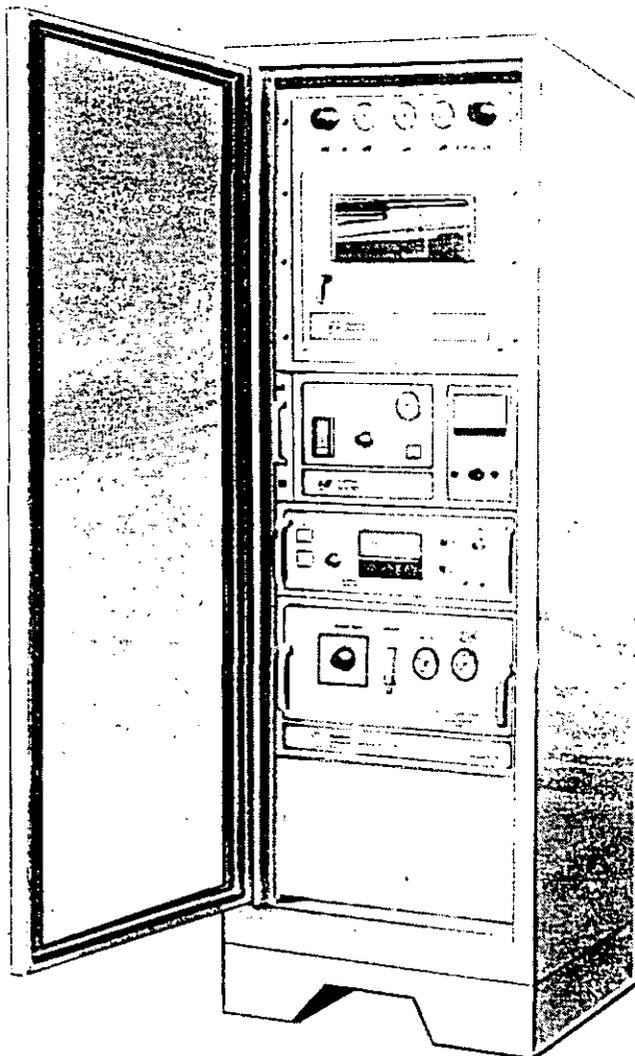
 **Thermo Environmental**
Instruments Inc.

MODEL 1400 NO/NO_x-SO₂-O₂-CO-CO₂-OPACITY EXTRACTIVE STACK GAS ANALYSIS SYSTEM

The Model 1400 Emission Monitor is a completely self-contained, pretested package for reliable and continuous monitoring of stack emissions. The detectors within the monitor use the most current analytical methods of gas analysis available. This assures accurate, specific measurement free from the problems of infrared and ultraviolet absorption methods such as interference, corrosion and misalignment of critical optical components, sensitivity to temperature, and mechanical vibration.

The location of the Model 1400 is not critical; unlike other monitors which require mounting of sensitive components on brachings on platforms high above ground level. The monitor mounts conveniently on a concrete pad, which can be easily accessible by plant personnel.

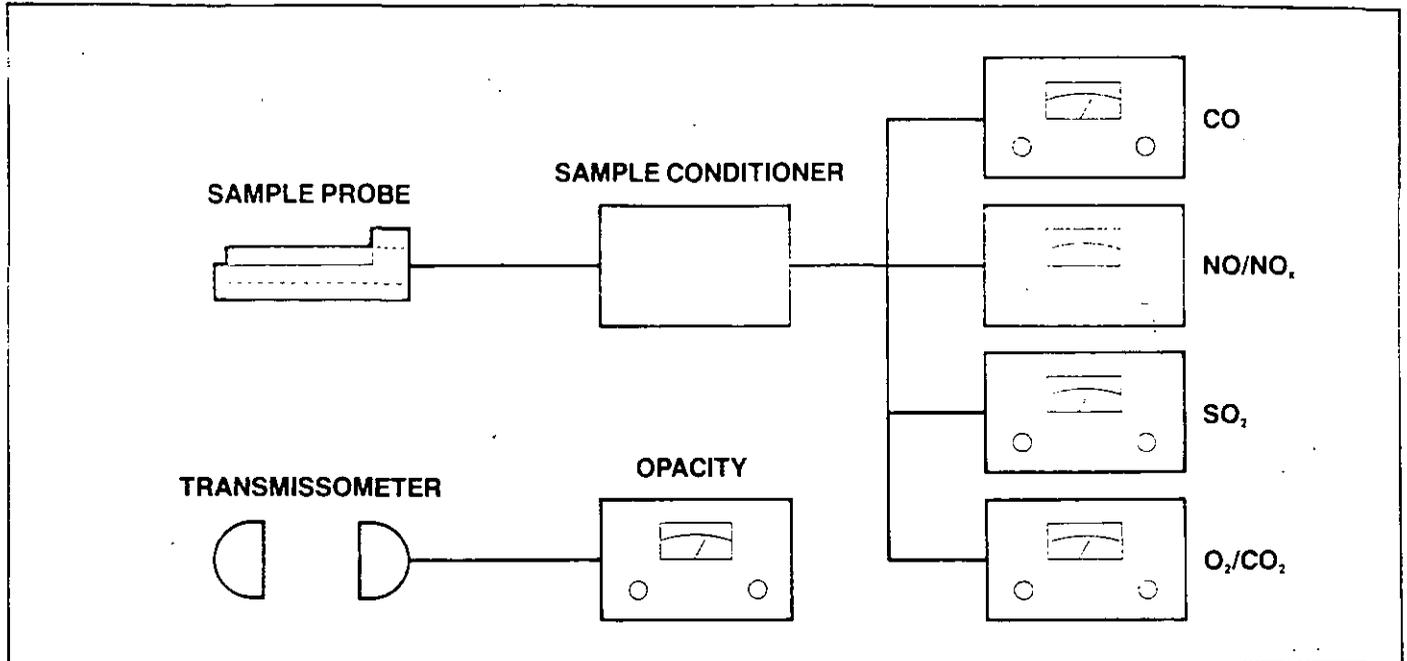
The electrical controls and solid state signal processing is designed with the user in mind. The unit requires minimum maintenance that can be provided by regular plant personnel — no special technical skills above those normally present at power or petrochemical facilities are required.



THERMO ELECTRON INSTRUMENT SYSTEM CAPABILITY CHECKLIST

- ✓ TOTAL SYSTEM DESIGN AND ENGINEERING THROUGH PLANNING AND PREPARATION OF REQUIREMENTS
- ✓ DETAILED DRAWINGS OF DESIGN
- ✓ SYSTEM FABRICATION AND TESTING
- ✓ SYSTEM INSTALLATION AND START UP
- ✓ POST INSTALLATION SUPPORT THROUGH SERVICE AND TRAINING

TECHNICAL DESCRIPTION



BLOCK DIAGRAM

A representative sample is extracted from the stack or duct by the probe assembly and carried to the detectors via an electrically heated Teflon sample tube. After the sample is filtered and dried, it is routed to the detectors for analysis. The Optional Opacity Detector is a transmissometer, mounted on the stack or duct, which projects a light beam through the gas media. Analog signal outputs are connected to recorders or Data Acquisition System.

FEATURES

- Low installation and maintenance cost
- High reliability — field proven performance
- Meets or exceeds all Federal EPA performance requirements for emission monitoring
- Monitor calibration traceable to NBS and can be independently verified by customer
- Simplicity of operation — no critical alignments
- Operation independent of fuel burned or particulate loading
- Analog output to recorders
Data Acquisition System

OPTIONS

- Opacity Monitor for Federal EPA compliance
- Automatic controls for calibration
- Failure alarm network
- Data processing for oxygen/CO₂ correction satisfying EPA reporting requirements
- Converts into engineering units — lb/million Btu or lb/hr
- Co or CO₂ analysis
- Various mechanical packages available
- Current or voltage outputs
- Broad range availability

SPECIFICATIONS

ANALYZERS:

Gas Method	NO/NO _x Chemiluminescence	SO ₂ Pulsed Fluorescence	O ₂ Zirc Oxide	CO Gas Filter Correlation	CO ₂ NDIR	Opacity Dual Pass (Selectable)
Range	0-500 ppm 0-1000 ppm 0-5000 ppm	0-500 ppm 0-1000 ppm 0-5000 ppm	0-5% 0-10% 0-25%	0-100 ppm 0-500 ppm 0-1000 ppm 0-5000 ppm	0-1% 0-5% 0-10% 0-25%	20% 40% 80% 100% Corrected To Stack Exit, 0-100% at Measuring Location
Accuracy	0.5% F.S.	1% F.S.	1% F.S.	1% F.S.	1% F.S.	± 2% F.S.

TEMPERATURE:

Ambient: 0°C-40°C (32°F-104°F)
Stack Gas: 593°C (1100°F) — Maximum with Standard Probe
— for higher temperature, consult factory

POWER REQUIREMENTS:

Enclosure 1200 watts 115 V/60 Hz
Sample Tubing (Heated) 10 watts/ft, 208 V/60 Hz

AIR REQUIREMENT:

Probe Purge Air = 80-100 psig clean/dry air
20 cfm for 20 seconds
Clean/Dry Air = 6 cfh at 10 psig

CONSTRUCTION:

NEMA 12 or 4
#10 Gauge cold rolled steel
Primed and painted

NOTES:

1. Other methods can be specified.
2. Ranges shown are typical — other ranges available.

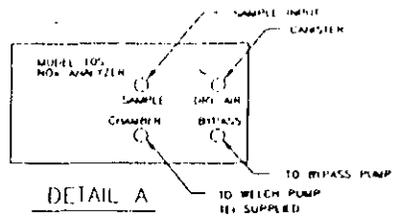
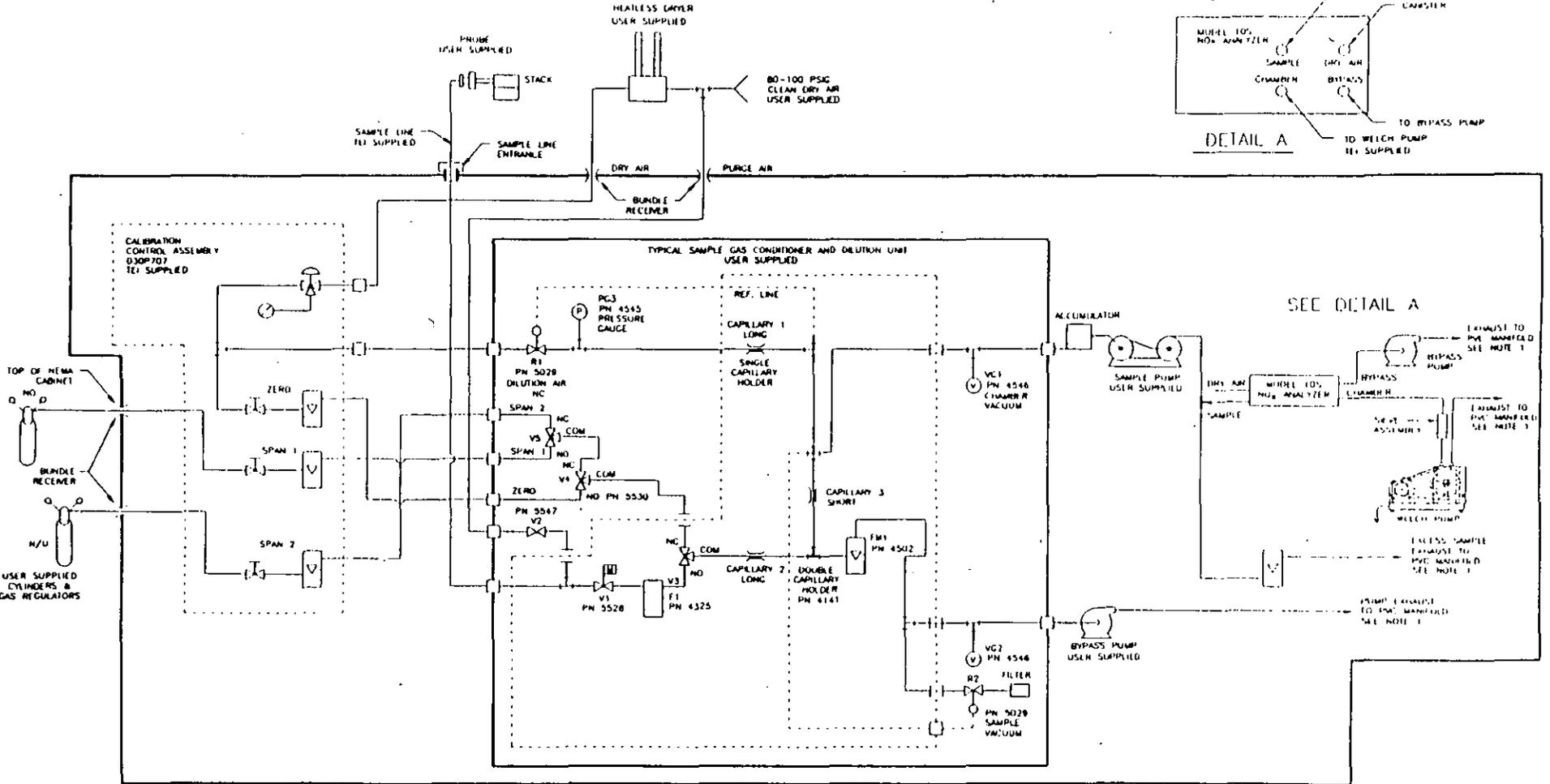
 **Thermo Environmental
Instruments Inc.**

8 West Forge Parkway
Franklin, MA 02038

(508) 520-0430
Telex: 200205 THEMO UR

FAX: (508) 520-1460

TYPICAL INSTALLATION



SEE DETAIL A

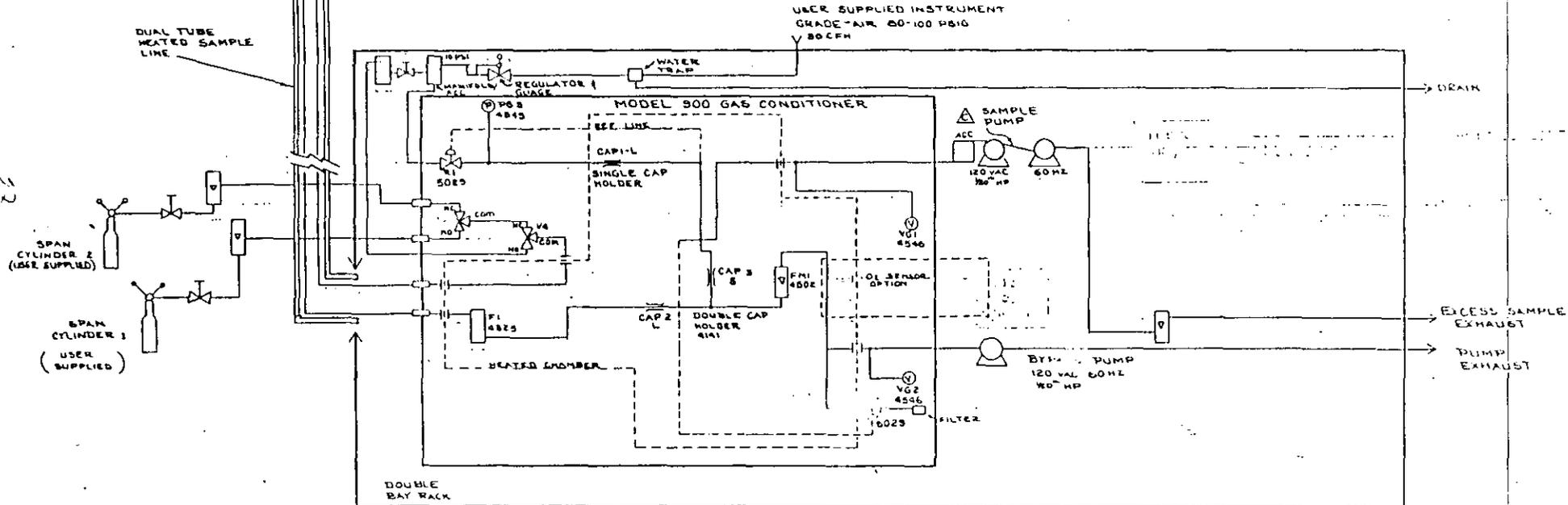
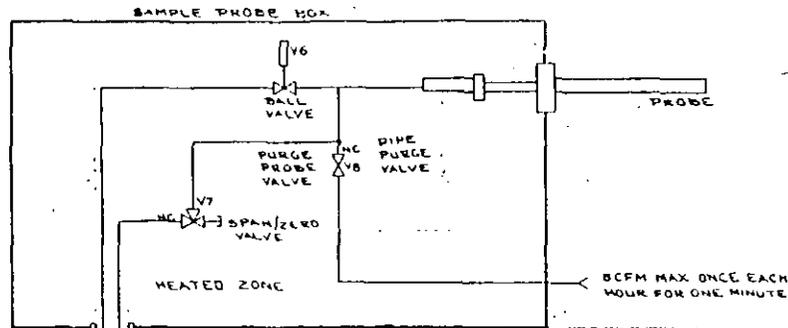
LEGEND

- | | | | |
|--|------------------------|--|-------------|
| | — FLOWMETER | | — BLOWHEAD |
| | — NEEDLE VALVE | | — REGULATOR |
| | — 2 WAY SOLENOID VALVE | | — FILTER |
| | — 3 WAY SOLENOID VALVE | | — NOT USED |
| | — MOTORIZED BALL VALVE | | |

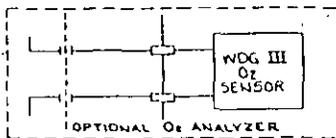
NOTE:

1 THE PVC EXHAUST MANIFOLD MUST BE VENTED OUTSIDE OF BUILDING TO THE ATMOSPHERE.

⚠ PROBE BOX POWER REQUIREMENT: 120V 60 HZ 10 AMP



- LEGEND -
- FLOWMETER
 - NEEDLE VALVE
 - 3WAY SOLENOID VALVE
 - 2WAY SOLENOID VALVE
 - MOTORIZED BALL VALVE



Thermo Electron ENVIRONMENTAL INSTRUMENTS DIVISION
 CORPORATION
 1000 UNIVERSITY AVENUE
 WALTHAM, MASSACHUSETTS 01981
 TEL: 617/851-1000
 FAX: 617/851-1001
 CIRCLE 10 ON READER SERVICE CARD

REV.	REVISIONS	DATE

TITLE: PLUMBING SCHEMATIC
 EXTRACTIVE SYSTEM
 MOD 500 / MOD 603
 WITH DUAL SPAN
 DRAWING NUMBER: **D98P826**

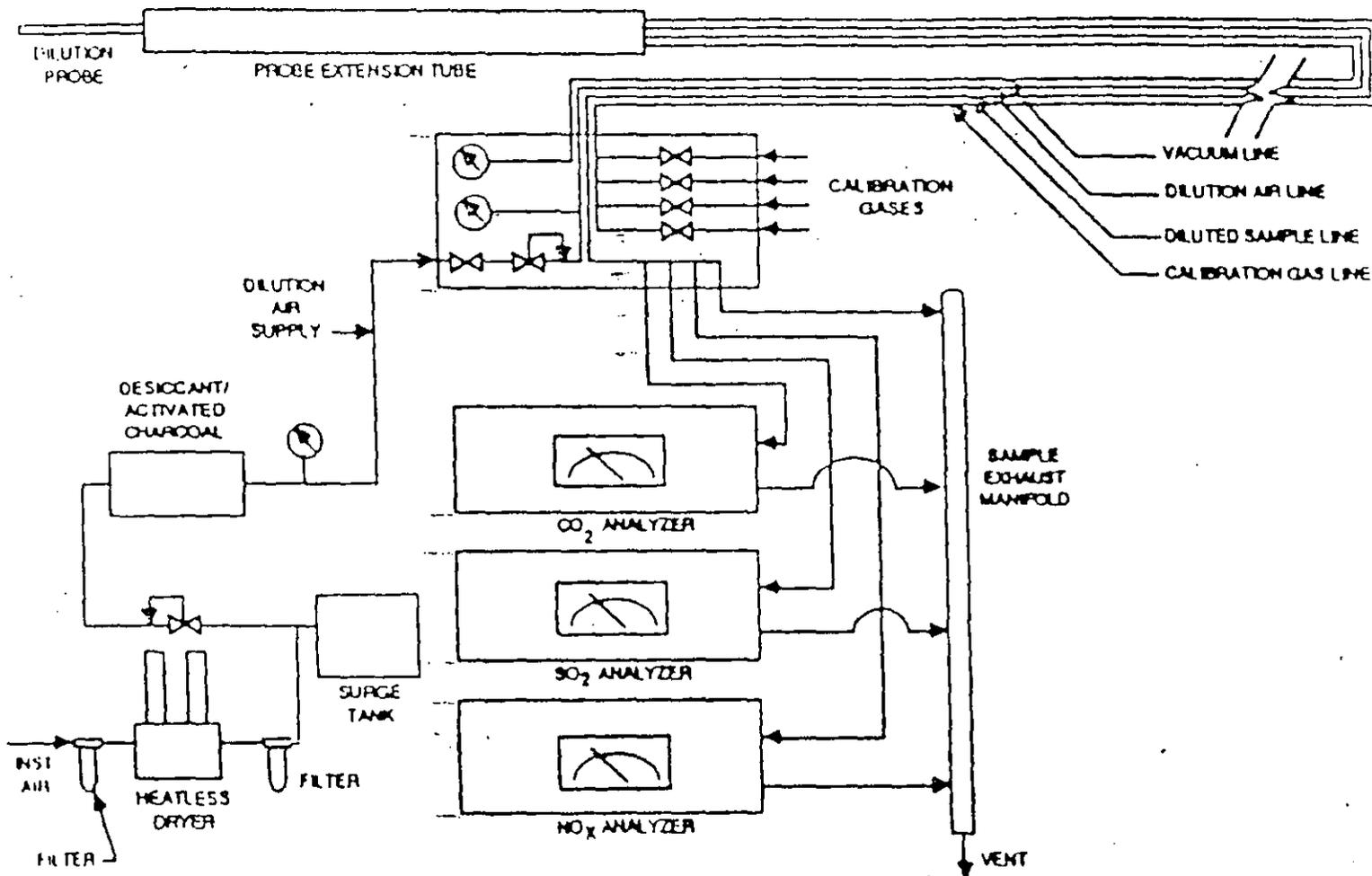
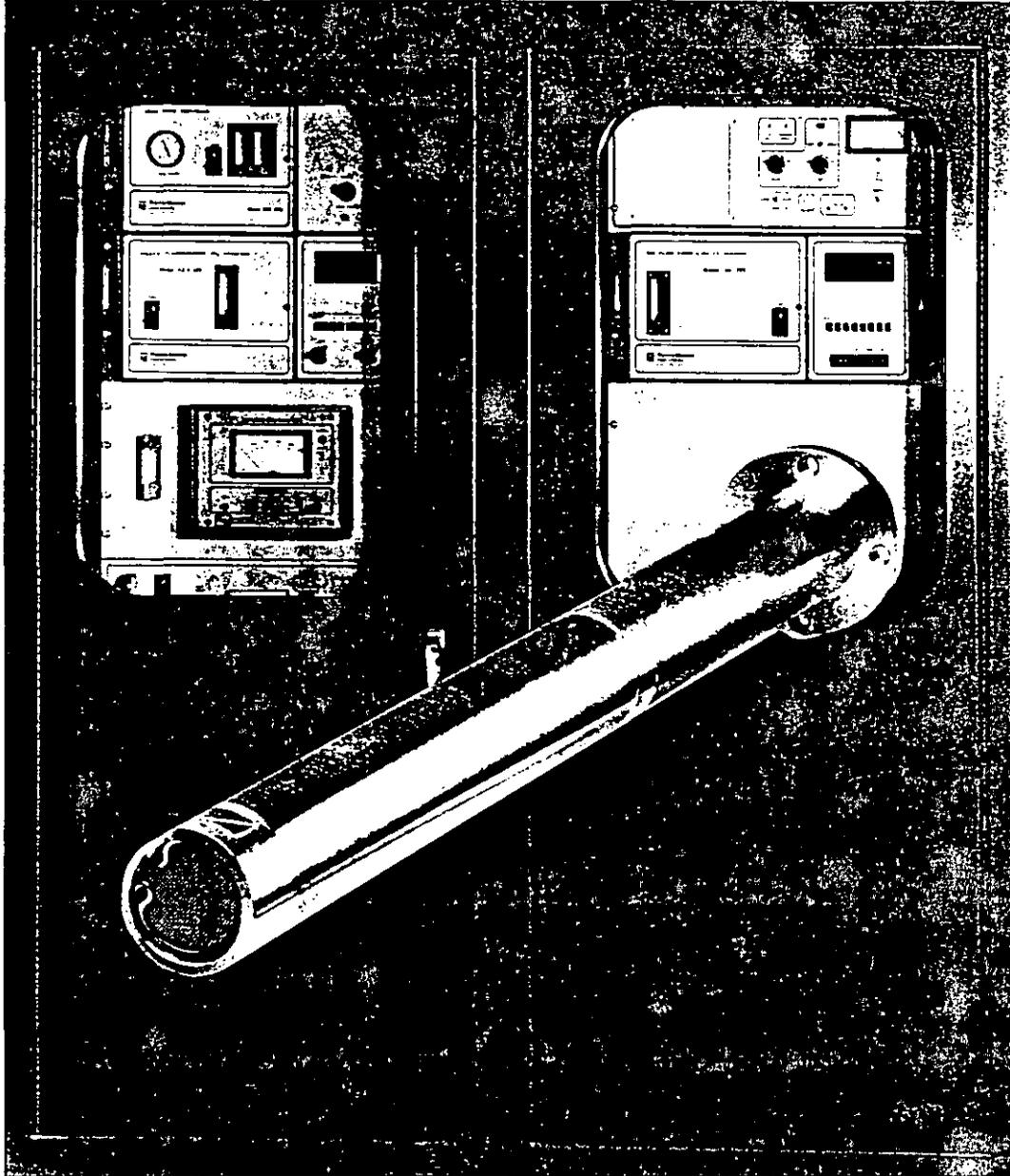


Figure 1 Simplified schematic of typical dilution probe CEMS.

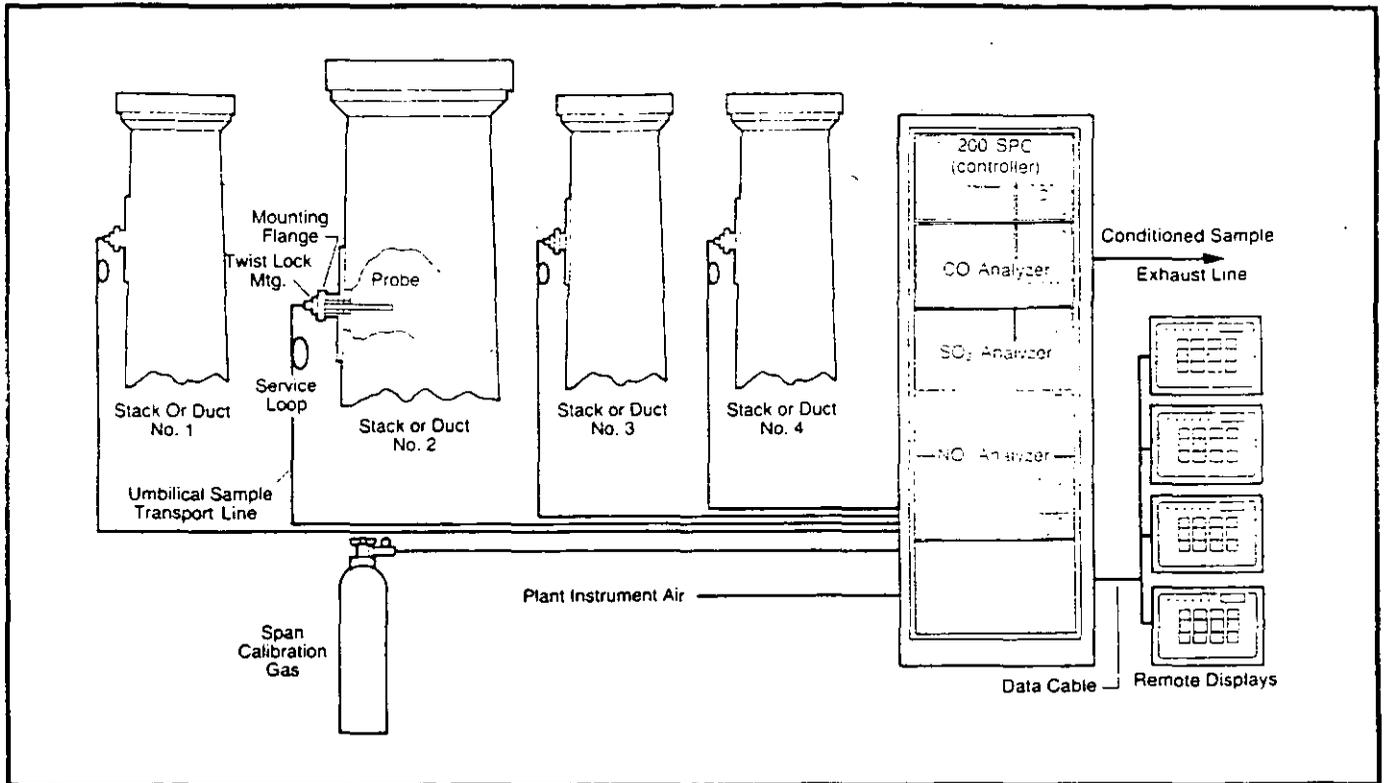
8.3

MODEL 200 GAS ANALYSIS SYSTEM



 **Thermo Environmental**
Instruments Inc.

MODEL 200 GAS ANALYSIS SYSTEM



FEATURES

- In-Situ Sample Conditioning.
- Diluted Sampling Eliminates Condensate Problems and Heat Traced Sample Lines.
- Sample Line Is Under Positive Pressure Preventing Errors Caused by Leakage.
- Analyzers Are Based Upon Approved EPA Equivalent Method Ambient Monitors.
- Multiple Point Sampling Is Standard.
- Sample Is Measured "Wet"...the EPA Preferred Method.
- Automatic Calibration Check Performed with Certified Gases Injected at the Probe Tip.
- Routine Maintenance Can Be Performed by Non-Technical Personnel.
- No Electrical Utilities Required at Probe.
- Low Cost Installation.
- Complete Line of Control Room Instruments for Interface and EPA Reporting.

INTRODUCTION

The Thermo Electron Instruments Model 200 Gas Analysis System is ideally suited for measuring gas concentrations in applications with high temperatures (up to 1100°F) or very high opacity (up to 100%). Multiple ducts or stacks can be sampled economically by simply using several probes and sample lines sequenced into a single gas analyzer. Gases such as TRS (Total Reduced Sulfur), SO₂, NO, CO₂, and other exotic or dangerous gases can be easily and safely monitored with the Model 200 system. The Model 200 is guaranteed by Thermo Electron Instruments to meet or exceed all U.S. EPA specifications contained in the October, 1975 Federal Register including all current addendums.

IN-SITU SAMPLE CONDITIONING

The Model 200 is a unique extractive gas monitor with in-situ sample conditioning performed at the probe tip by diluting a sample of the filtered stack gases drawn through a sonic orifice with dry instrument air. This unique method of sample conditioning in the probe tip lowers the dew point of the sample to a temperature below the extreme ambient temperature at the installation, thereby eliminating condensation in the sample line. This eliminates the need for heat-traced sample lines and many of the problems associated with other extractive monitors. Since moisture has not been removed from the sample, the measurement is on a wet basis — the EPA preferred method.

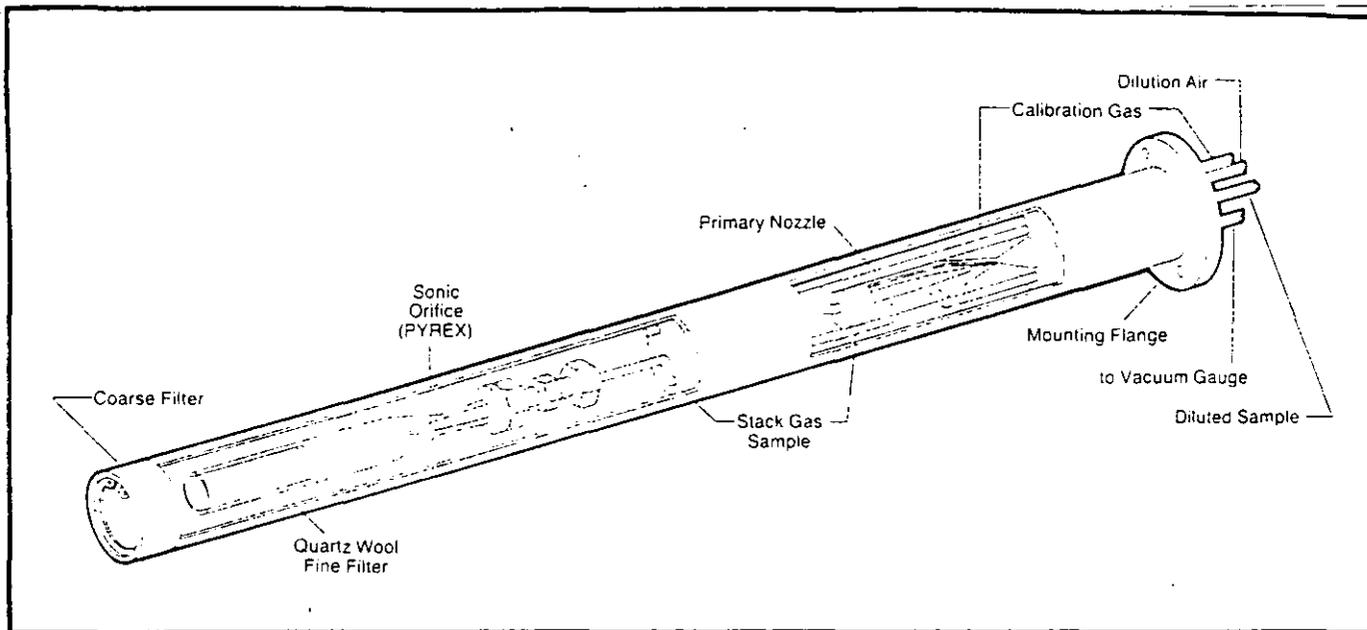
IN-SITU SAMPLE PROBE

All probe parts exposed to the flue gases are constructed of Inconel 600, Hastelloy C276, 304 stainless steel, and Pyrex glass; these materials have been carefully selected to eliminate corrosion due to the flue gases.

Typical installations extract stack gas at a rate of 1 to 3 cubic inches per minute which is equivalent to extracting one cubic yard of stack gas in 11 to 33 days. This small sampling rate minimizes the maintenance requirement (changing the quartz wool filter) of the probe. Since the stack gas is diluted with dry air and pressurized, the sample is rapidly transported to the analyzer (transport time for 100 feet is approximately 10 seconds).

UNCOMPLICATED SAMPLE LINE

The sample line which connects the probe to the analyzer is unheated; heat tracing is not required due to the low dew point of the diluted sample. The sample line consists of two Teflon lines and two polyethylene lines all encased in a fire retardant polyethylene jacket. The Teflon lines transport the diluted stack gas sample and the calibration gas. The polyethylene lines transport the dry instrument air to the probe.



and monitor the vacuum generated by the aspirator in the probe tip. All of the sample lines, except the vacuum line, are pressurized to eliminate errors caused by leakage of gas.

EPA APPROVE MONITORS

Diluting the stack gas sample by up to 350 to 1 reduces gas concentrations to a low enough level to use proven ambient monitors. These monitors have provided millions of hours of EPA certified data. With this type of monitor a large selection of gas types, such as H₂S, SO₂, NO, CO₂, CO, and other exotic or dangerous gases, can be measured with a wide range of full scale concentrations.

NEMA CABINET

The gas analyzers and probe controller are mounted in a conveniently located NEMA cabinet. All gas connection fittings in the cabinet are stainless steel and all internal plumbing uses Teflon lines. The cabinet is available in a NEMA 1 configuration for use in an air conditioned environment (60° to 80°F) or in a NEMA 12 enclosure with internal heaters and air conditioning for more severe applications.

DYNAMIC AUTOMATIC CALIBRATION

The Model 200 automatically, at preset intervals, or manually calibrates both zero and span levels. Calibration is accomplished by flooding the probe tip with the calibration gas and checking all elements of the system including the probe filters. Site furnished dry instrument air is used for the zero calibration and cylinder gas is used for the span calibration. The optional Model 200R Remote Display Panel compares the calibration data to specific values to verify instrument accuracy.

EASY AND LOW COST INSTALLATION

The probe is mounted to the stack or duct using 3/2" or larger, pipe nipple. A unique clamping flange, provided by Thermo Electron, permits probe removal in less than 1 minute. No utilities (electric or gas) are required at the probe mounting location.

The unheated sample line is the only connection between the in-situ probe and the analyzer cabinet. All that is required to install the cabinet is plant instrument air, 115-volt AC power, and a cylinder of calibration gas. The optional Model 200R is a compact (7"H x 11"W x 22"D) remote display panel which can be mounted in a minimum of control room panel space and only requires 115-volt AC power.

MINIMAL MAINTENANCE

Because of the unique design, which results in a very low sampling rate, probe cleaning and filter replacement are only required quarterly or less, depending on your process and can be carried out efficiently by non-technical personnel.

Maintenance of the analyzer is simplified because of its readily accessible location, normally ground level. Repair of the sample line between the probe and the analyzer has been virtually eliminated because heat tracing of this line has been eliminated.

CONTROL ROOM EQUIPMENT

Thermo Electron offers a complete line of control room equipment for display and reporting including remote display panels that interface directly to the Model 200 Gas Monitor and the Model 900 Data Acquisition System, which automatically prints periodic reports which can be submitted directly to the EPA for compliance reporting.

The Model 200R Remote Display Panel is a microprocessor based instrument which provides a digital display of the measured gases in PPM or percent. Using this data and EPA specified formulas the Model 200R calculates and displays SO₂ and NO_x in pounds/MBTU's (1-hour and 3-hour averages). This panel provides 4-20 ma outputs, alarm relays and lights for level detection display, malfunction indicator light and relay, automatic and manual calibration controls, and calibration level verification display.

SPECIFICATIONS

PARAMETER	SPECIFICATIONS
Flue Gas Temperature	Up to 750°F (optional to 1100°F)
Ambient Temperature Analyzer Cabinet	60 to 80° in NEMA 1 enclosure: - 25 to 125°F in optional NEMA 12 enclosure
Probe length	Standard - 6 feet Optional - greater than 6 feet
Utilities at Analyzer Cabinet Electrical Instrument Air	117/230 volts \pm 10%, single-phase, 60 Hz, 15 amps 0.2 SCF/Mprobe instrument air: -40°F dewpoint at 60 PSIG, free from chemical contaminants
Utilities at Probe	None
Data Interface Analog Output Discrete Signals	4-20 ma for each gas measured Normal/Service status, probe in service indicator, zero cal indicator, span cal indicator.
Calibration Error*	Less than 5% of reading
Response Time	3 to 5 minutes typical
Drifts*, 2 and 24 hours for zero and span	Less than 2% of full scale
Relative Accuracy*	Less than 20%
Weight and Size Probe Assembly External to Stack or Duct Probe Body Analyzer Cabinet Sample Line	30 pounds total (dependent on length) 7-inch diameter \times 3.5 feet including stress relief 2-inch diameter \times length required 600 to 700 pounds (depending on analyzers included) 25"W \times 32"D \times 72"H 0.88-inch diameter 328 feet maximum length
Probe Materials	Hastelloy C2376 Inconel 600, Pyrex glass, 304 stainless steel

* Expressed as the sum of the absolute mean value plus 95% confidence interval of a series of tests
(see CFR Title 40, Appendix B)

 **Thermo Environmental
Instruments Inc.**

8 West Forge Parkway
Franklin, MA 02038

(508) 520-0430
Telex: 200205 THEMO UR

FAX: (508) 520-1460

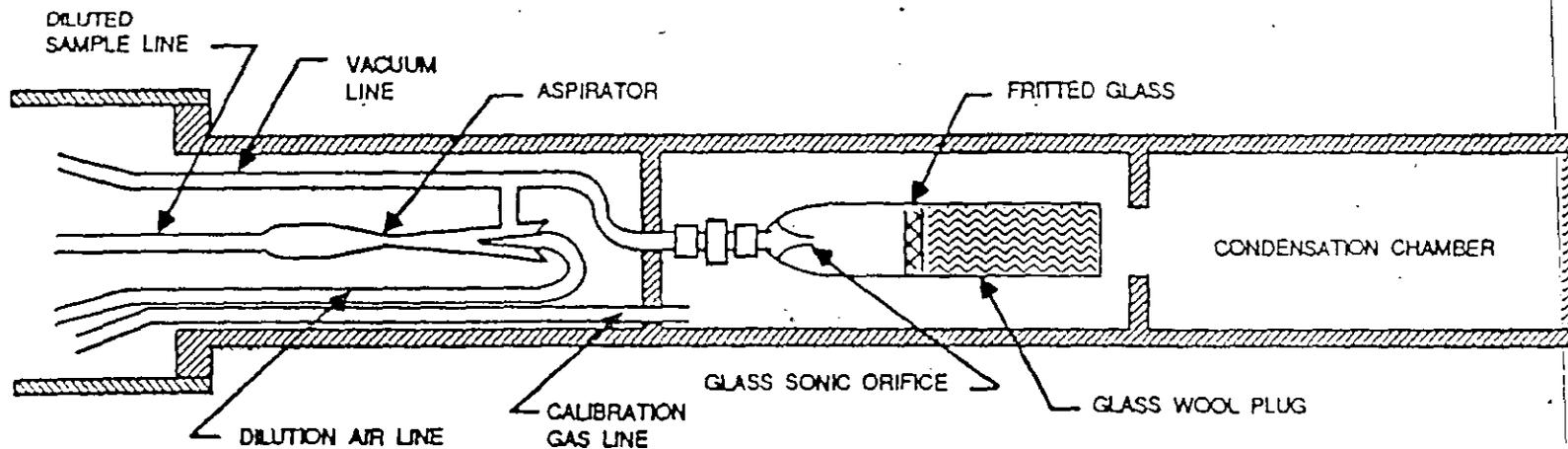


Figure 2 Simplified representation of dilution probe.

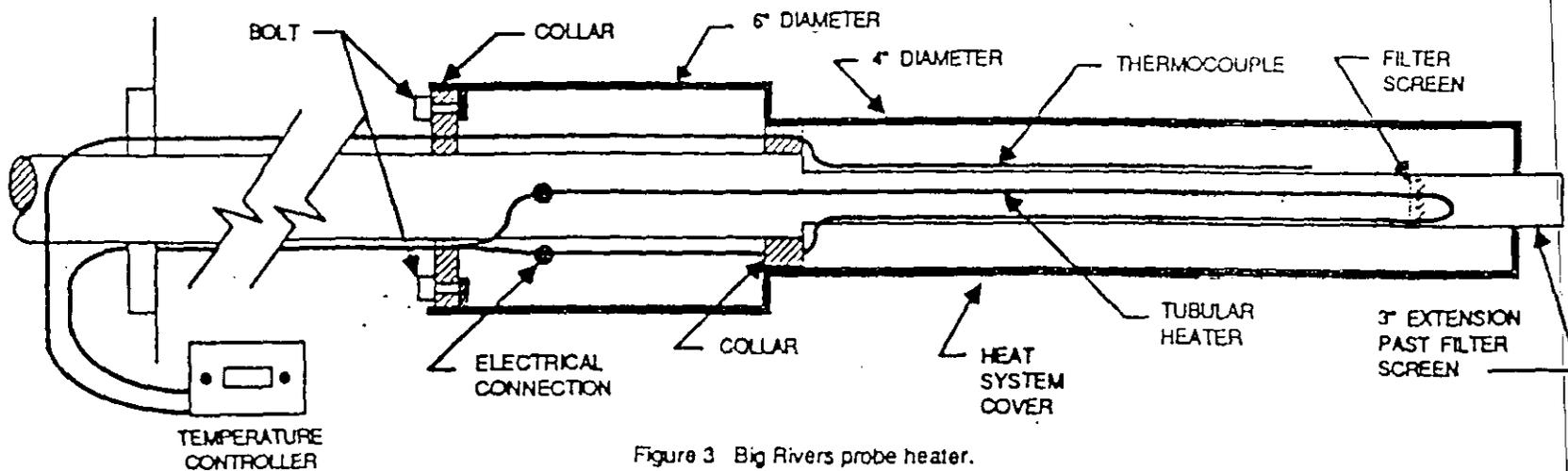
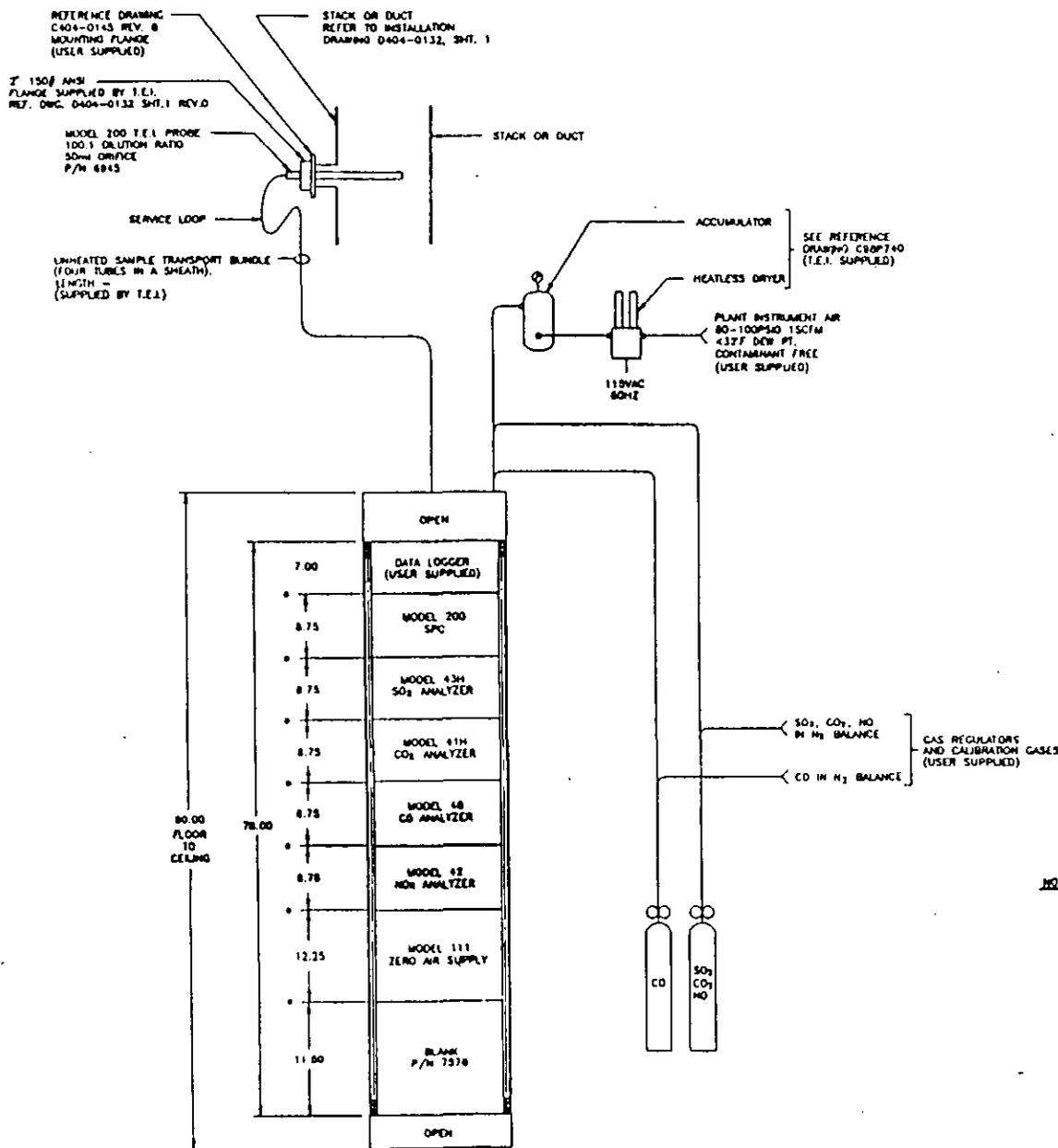


Figure 3 Big Rivers probe heater.



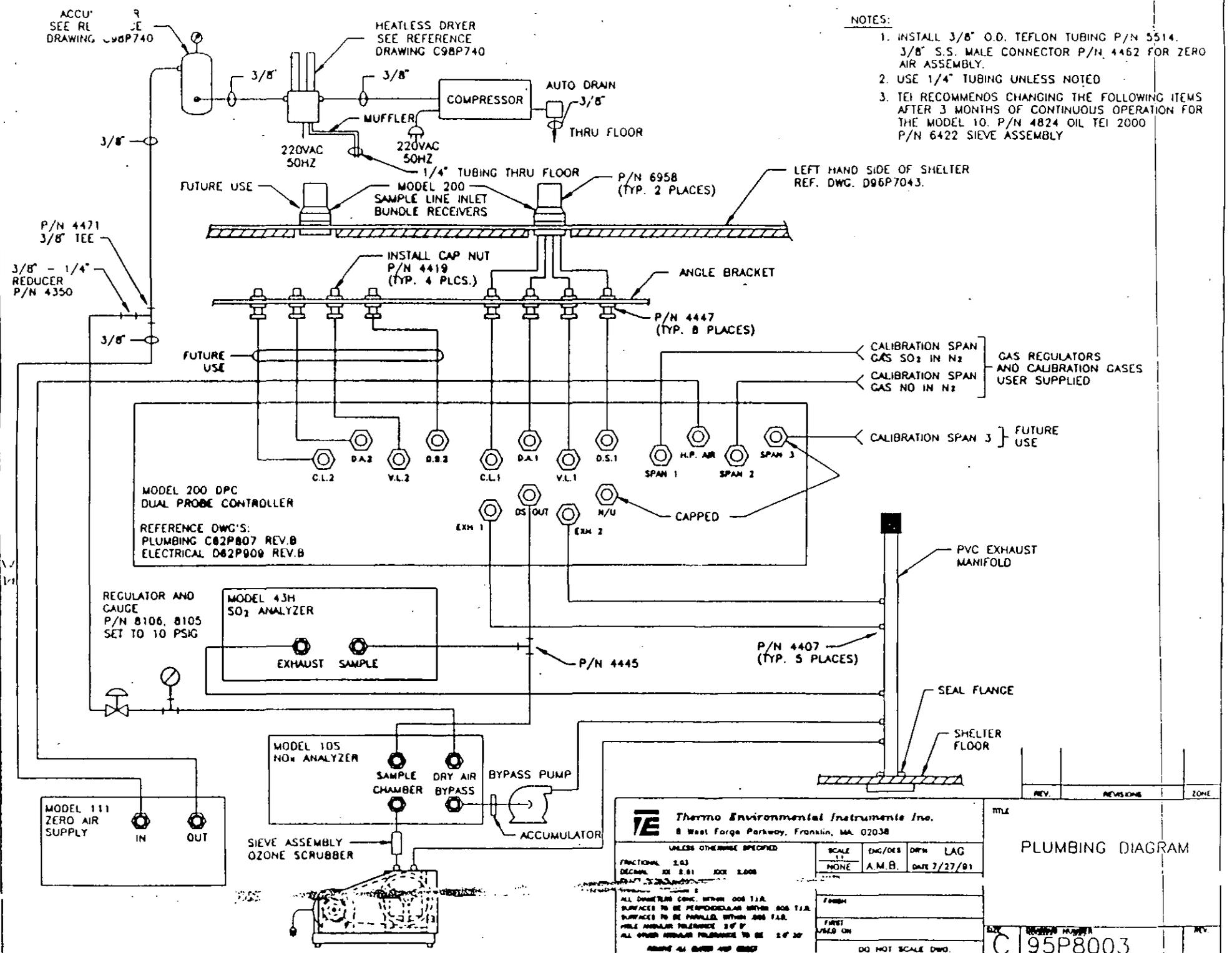
NOTES:

1. ALL GAS FITTING TO BE STAINLESS STEEL
2. ALL TUBING TO BE 1/4" TEFLON P/N 5512 (UNLESS OTHERWISE SPECIFIED)
3. THE PVC MANFOLD MUST BE VENTED OUTSIDE OF SHELTER TO THE ATMOSPHERE.
4. USE 3/8" TEFLON TUBING P/N 5514 & 3/8" MALE CONNECTOR S.S. FITTING P/N 4482 FOR ZERO AIR ASSEMBLY.
5. THE SYSTEM WILL BE INSTALLED IN A ENTO SHELTER (USER SUPPLIED)

Thermo Environmental Instruments Inc. 4 Sun Forge Parkway, Franklin, MA 01890		MODEL 200 C.E.M. SYSTEM FOR SO ₂ , CO ₂ , CO & NO _x	
MODEL NUMBER 448 PART NUMBER 448 DATE 1/2/81	REV. NO. R.O.	DATE 1/2/81	LAD [Signature]
D 95P7020			

NOTES:

1. INSTALL 3/8" O.D. TEFLON TUBING P/N 5514.
3/8" S.S. MALE CONNECTOR P/N. 4462 FOR ZERO AIR ASSEMBLY.
2. USE 1/4" TUBING UNLESS NOTED
3. TEI RECOMMENDS CHANGING THE FOLLOWING ITEMS AFTER 3 MONTHS OF CONTINUOUS OPERATION FOR THE MODEL 10. P/N 4824 OIL TEI 2000 P/N 6422 SIEVE ASSEMBLY



TE Thermo Environmental Instruments Inc.
 8 West Forge Parkway, Franklin, MA. 02038

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED

FRACTIONAL 1.03	SCALE 1:1	ENG/DES	DRW	LAG
DECIMAL 101 8.01 1000 1.000	NONE	A.M.B.	DATE 7/27/91	

ALL DIMENSIONS CONC. WITHIN 0.005 T.I.E.
 SURFACES TO BE PERPENDICULAR UNLESS NOTED OTHERWISE
 SURFACES TO BE PARALLEL WITHIN .005 T.I.E.
 HOLE ANGULAR TOLERANCE 30° P
 ALL OTHER ANGULAR TOLERANCE TO BE 10° 30'

FORM# _____
 FIRST USED ON _____
 DO NOT SCALE DWG.

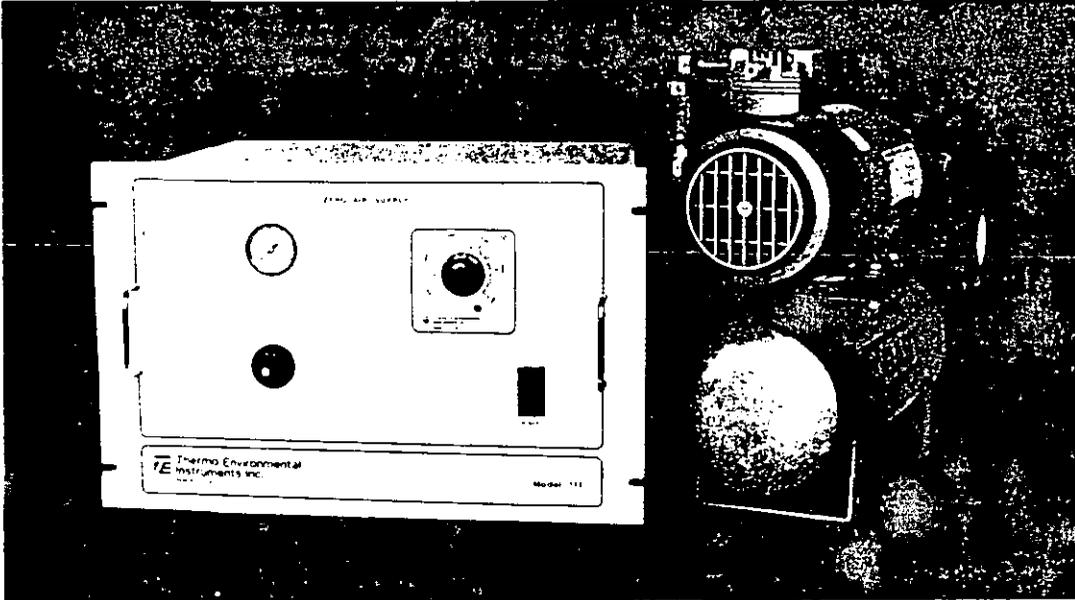
REV.	REVISIONS	ZONE

TITLE
PLUMBING DIAGRAM

REV. 95P8003

MODEL 111

ZERO AIR SUPPLY



The Thermo Environmental Model 111 Zero Air Supply is a convenient system for the generation of pollutant free "zero" gas for NO-NO₂-O₃-SO₂-CO and hydrocarbon requirements. The Model 111 uses an external compressor; the pressure regulators, chemical scrubbers, reactor and temperature controller are all contained in a single convenient case.

The Model 111 has been designed for any application where pollutant free levels of NO-NO₂-O₃-SO₂-CO and hydrocarbons are required, with flows up to *20 liters per minute at pressures of 30 psi.

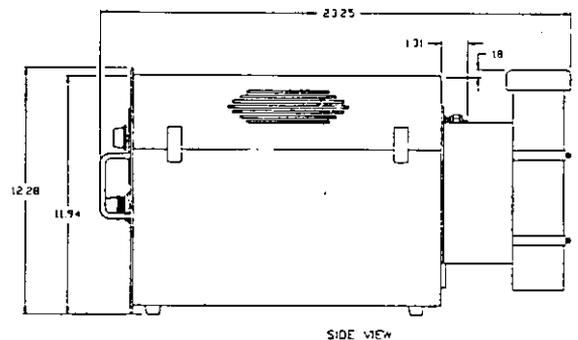
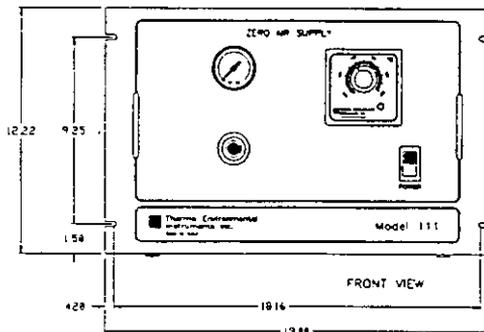
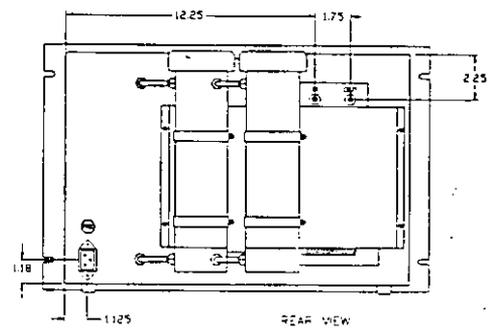
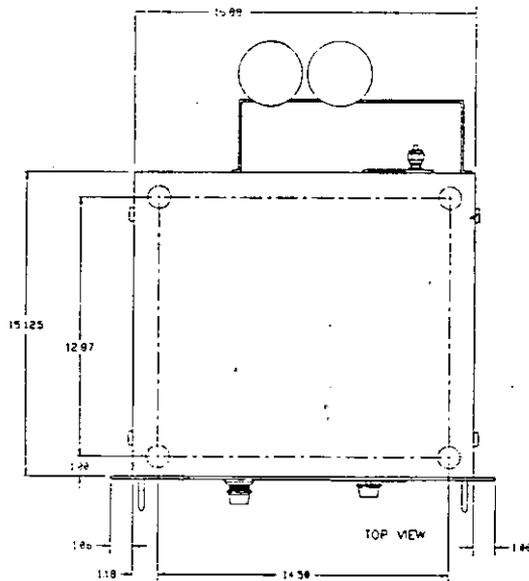
SPECIFICATIONS

Pressure:	10-30 PSI
Standard Flow Rate:	0 - 10 l/min.
Water Vapor:	0°C Dew Point
Dimensions:	12.2"H x 19"W x 15.5"D Rack Mounting: Standard
Weight:	20 lbs.
Compressor Unit/Dimensions:	17"H x 12"W x 20"D (separate)
Weight:	40 lbs.
*Flow Rate:	0 - 10 LPM STD 0 - 20 LPM Optional

Model 111 Zero Air Supply

OPTIONS

- 001 CO-REACTOR
- 002 RACK MOUNT SLIDES
- 005 20 LPM COMPRESSOR



DIMENSIONAL OUTLINE DRAWING

 **Thermo Environmental
Instruments Inc.**

8 West Forge Parkway
Franklin, MA 02038

Tel: (508) 520-0430
Telex: 200205 THEMO UR

FAX: (508) 520-1460

Printed in the U.S.A.

6. SISTEMAS DE ADQUISICION DE DATOS PARA MONITOREO CONTINUO DE EMISIONES

UN COMPLEMENTO INDISPENSABLE DE LOS MODERNOS SISTEMAS CONTINUOS DE MONITOREO DE EMISIONES LO CONSTITUYE EL SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS (DATA LOGGER).

EXISTEN SISTEMAS DE ADQUISICION DE DATOS DEDICADOS AL MONITOREO CONTINUO DE EMISIONES. ES DECIR, QUE EL HARDWARE Y SOFTWARE HAN SIDO DISEÑADOS Y CONSTRUIDOS CON ESTA APLICACION ESPECIFICA.

EL SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS INTERACTUA CON LOS ANALIZADORES DE EMISIONES PARA PROVEER UN MEDIO DE ADQUISICION DE ENTRADAS ANALOGICAS Y BINARIAS, CONTROL DE AUTOCALIBRACION Y PARAMETROS DE MUESTREO, ANALISIS DE DATOS, ALMACENAMIENTO DE INFORMACION, IMPRESION DE LISTADOS, ANUNCIACION DE ALARMAS, VALIDACION DE ENTRADAS, CALCULO DE VARIABLES Y SALIDAS DE CONTROL ANALOGICAS Y DIGITALES, ENTRE OTRAS FUNCIONES.

2.0 Data Acquisition Hardware Specification

Odessa's Model DSM 3260 and DSM 3260 Plus data acquisition and control units, with solid state, removable cartridge storage media, are ideally suited to a large number of data recording and control tasks. They have wide application in the measurement of industrial and environmental parameters related to emissions, process characteristics, weather, air pollution, and water pollution.

The typical DSM 3260/CEM unit(s) that will be provided is described below along with notations of any special considerations/modifications. Figures 4 and 5 show the front and rear panel features of the DSM 3260/CEM. The DSM is commonly provided with a computer or terminal for an operator interface. Odessa also provides an auxiliary control panel for use with the DSM. This panel provides manual control functions and lighted switches for indicating system status and alarms. If the DSM 3260/CEM Plus unit is used, it can provide the functions of both the terminal and control unit in one convenient package. Please refer to Attachment 1 for additional information on the DSM 3260 Plus unit.

The DSM 3260/CEM, configured for continuous emissions monitoring applications, incorporates the following features:

- Single board, high reliability CMOS design
- Extensive system protection on all I/O
- 64K internal, battery backed-up memory; 32K EEPROM configuration memory; and 128K ROM program memory
- Clock/calendar
- Five day battery backup for clock and memory
- Auto restart of data collection and control functions
- Sixteen (16) analog voltage or optional isolated 4-20ma inputs
- Twenty-four (24) digital "status" inputs (expands to 40)
- Twenty-four (24) digital control outputs (transistor closure to ground)
- Eight (8) 115 vac control relays with independent power supply (expands to 24)
- Optional analog voltage or isolated 4-20 ma outputs (max 16)
- Three-way serial port and parallel port
- Single 5-1/4" high, 19" wide industrial rack mount
- Forms averages and stores data, data status, digital status input conditions, calibration results and events such as power failures in internal memory and in Odessa's nonvolatile, removable solid state memory cartridge. Information may be sent to a computer or terminal.
- Provides timed and event based control sequences
- Calculates emissions in lb/hr and lb/MMBtu
- Corrects gas concentrations for O₂ or CO₂ diluent
- Calculates rolling averages for 1 to 60 periods
- Performs math functions
- Detects and annunciates analog (level) and digital (event) alarms

- Automatic and manual control/recording of zero and/or span calibrations
- 60 HZ/115 VAC or 12 VDC power; operating environment 0-70 degrees C, 0 - 95% noncondensing
- Alternate 50 HZ/220 VAC operation

The DSM units will collect data from the analog and status inputs, average the analog data, and store the averaged data in internal memory and in the removable solid state cartridge. Samples may be invalidated based on the state of the status inputs or control outputs. Thus a monitor fault input to the DSM will invalidate the data from that monitor. Data samples may also be invalidated by "downing" a data channel using a command from a terminal or computer. Data during calibration sequences is excluded from the data averages.

Analog to digital conversion will be performed in the DSM with a 12 bit A/D, yielding an accuracy of 0.05 percent of full scale. For CEM data, the accuracy required is only to the nearest whole percent for capacity. For NO_x and SO₂ the accuracy is to the nearest one tenth of a pound per million Btu. Thus, the A/D substantially exceeds requirements.

Sampled values and averages formed by the DSM will be stored in internal memory. A 64K memory will be provided with the DSM's proposed. A DSM creates three averages, 1-minute, interim (5 or 6 minute) and final (15, 30 or 60 minute). In internal memory, the unit stores 168 periods of final data (e.g., seven (7) days for 60 minute averages), and three (3) hours of both interim averaged data and one minute data. Upon command, memory-resident data will be transmitted to the computer. Data will be transferred over an RS-232 line. Transmission rates up to 4800 baud are supported. If a DSM 3260/CEM Plus unit is used, these memory capabilities can be greatly expanded and baud rates up to 19.2K baud can be used.

Periodically (for example, every hour or every six minutes) one type of averaged data, data status, input status information and events (alarms, operator messages, etc.) may be written to a removable, reusable cartridge containing nonvolatile memory chips. The data stored on these chips does not need system power to be retained. Only a special electrical erasure procedure will alter the data. Such a storage media is far more reliable and convenient than any magnetic storage media because it will not be subject to mechanical failure or malfunctions due to adverse temperature and humidity conditions.

The cartridge is inserted into a slot in the face of the DSM. For CEM applications, a 128K byte SRAM data cartridge is recommended, allowing storage of up to 64,000 values. A 256K cartridge is available. When inserted, the cartridges will be labeled and the memory chips checked. Error codes will identify problems. The system will be configured to write over the oldest data when full.

The DSM 3260 will either accept contact closures as an indication of calibration status (passive cals) or will control calibrations (active

cals). The DSM will exclude samples during calibrations from the averages.

For some applications, the DSM's firmware will calculate emissions on the basis of lb/MMBtu or lb/hour values. To accomplish this, the user can utilize the math function capability and enter the required values for the specific installation. Wet, dry or combined basis calculations may be used. Either a fuel (heat) or a stack volumetric flow analog input may be used for the lb/hr calculation. The DSM can also calculate rolling averages, storing these values as it would any analog input channel.

The DSM also supports correcting the concentrations of SO₂, NO_x or CO to a specific concentration of diluent (O₂ or CO₂) in the stack gas. If local alarms are needed at the DSM location, both analog (high and low level) and digital (event) alarms are included.

Though not required for all applications, a DSM can be optionally configured to output 0-1 volt or 4-20 mA isolated analog signals representing averaged and/or computed values. Up to 16 outputs can be included in a DSM 3260 unit. These analog outputs can be fed to the facility's distributed control system and/or strip chart recorders. Also as an option, signal inputs to the DSM can be linearized. This linearization will allow the DSM to accept a direct input of optical density. Thus, the DSM can be used as a remote control unit and combiner for opacity systems.

The standard DSM analog inputs are 1, 5 or 10 volts. An option is available for isolated 4-20ma inputs. Other options commonly included in the DSM 3260 configuration include expanding to forty (40) digital status inputs and twenty-four (24) control relays. Maximum capacities for a DSM are sixteen (16) analog (physical and calculated) inputs and outputs, forty (40) digital inputs and twenty-four (24) digital outputs.

Hard copy and terminal displays of data, alarms, calibrations and other events are supported by the DSM 3260/CEM unit. Automatic printouts may be enabled or reports can be requested on demand. Exceedance reports, reports for weekly, monthly or quarterly periods and editing are not supported by the DSM alone. Odessa's Environmental Aide™ software, described in the next section of this proposal, must be added to accomplish these tasks.

Some further expansion of the DSM capabilities are possible with the Plus version. These could include serial interfaces to plant computers using standard protocols such as MODBUS ASCII, or logging of serial data from analyzers or computers.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
CURSOS ABIERTOS
INSTRUMENTACION ELECTRONICA DE PROCESOS INDUSTRIALES**

CONTROLADORES LOGICOS PROGRAMABLES

**ING. FRANCISCO RODRIGUEZ RAMIREZ
CESAR ARMANDO CARBAJAL PEÑA**

Principio de Operación

La operación de la mayoría de los controladores programables consiste en un ciclo repetitivo de cuatro pasos principales:

1.- Todas las entradas provenientes de las interfaces, controladores de lazo cerrado o de algún otro dispositivo de control en el bus de entrada/salida son leídas a fin de producir una "imagen" consistente de éstas, denominadas "imágenes de entrada".

2.- Las imágenes de entrada son leídas por el controlador y el programa del usuario, lo que ha sido denominado "ciclo de ejecución o ciclo de scan" para generar las nuevas imágenes, que son las de las salidas deseadas, así como las variables internas del programa. A partir de las imágenes de entrada, las variables internas y las imágenes de salida, el programa en este ciclo de scan genera las variables de salida. Este proceso consiste de varios pasos que enseguida se detallan:

a) Primero se determinan los pasos activos (en este nivel del programa) de la carta secuencial de funciones (SFC, del inglés Sequential Function Chart) si es que existen. Esta información está contenida en el programa.

b) Cálculo de las salidas indicadas en las acciones activas del la SFC, si es que éstas existen (si el programa del usuario no contiene SFC, entonces todas las instrucciones del programa se consideran como acciones activas). La ejecución de programas en diagramas de escalera o bloques de funciones se lleva a cabo típicamente de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo. Algunas instrucciones están situadas de manera tal que ciertas secciones sean saltadas o no ejecutadas o también para forzar las salidas a un estado determinado.

c) Evaluación de las condiciones de transición de la SFC (si existen) al final del ciclo de scan del programa, en preparación del paso 2(a) para el siguiente ciclo de scan.

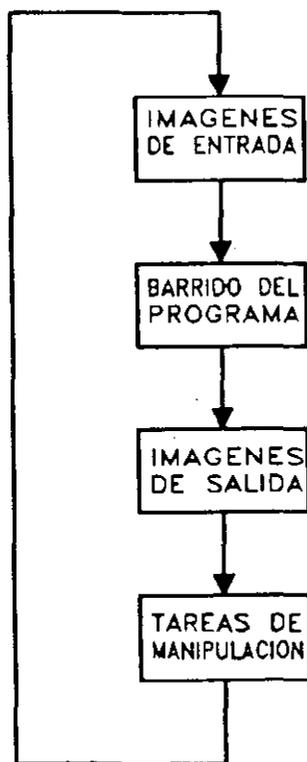
3.- Los datos actualizados de las imágenes de salida se transfieren a las interfaces, controladores de lazo cerrado y/o algún otro dispositivo de control.

4.- Por último se ejecutan las tareas de manipulación final, entre las que se pueden mencionar principalmente las de comunicación con el operador o con un controlador de supervisión o con algún otro dispositivo de control.

Después de llevar a cabo estas tareas de manipulación final la operación cíclica del PLC inicia de nuevo. Esto puede ser inmediatamente después de la ejecución de las tareas o funciones de manipulación final o también puede ser previamente programado.

Algunos controladores programables con secciones de entrada-salida por separado y/o con procesadores de comunicaciones tienen la capacidad de traslapar las funciones de ejecución del programa y lectura de entradas (paso 1) y la generación de las salidas (paso 3) y las funciones o tareas de comunicación. En estos casos, se requerirán de mecanismos de programación especiales para alcanzar la concurrencia y/o sincronización entre la ejecución del programa, la lectura de entradas y/o generación de salidas, y entre la ejecución del programa y las comunicaciones.

El ciclo de operación básico de un PLC se muestra en la siguiente figura:



Interfaces.

{ Funciones de comparación y selección

Nombre Estándar	Función
SEL	Selección binaria (1 de 2)
MUX	Multiplexor (1 a N)
MIN	El mínimo entre N entradas
MAX	El máximo entre N entradas
LIM	Limitador fuerte alto/bajo
GT o >	Mayor que
GE o \geq	Mayor o igual a
EQ o =	Igual a
LE o \leq	Menor o igual a
LT o <	Menor que
NE o <>	Diferente

{ Funciones con cadenas de caracteres

Nombre Estándar	Función
CONCAT	Concatenación de N cadenas.
INSERT	Insertar una cadena dentro de otra.
DELETE	Borrar una porción de una cadena.
REPLACE	Reemplazar una porción de una cadena con otra.
FIND	Encontrar la primera ocurrencia de una cadena en otra.

BLOQUES ESTANDAR DE LA IEC PARA PLC's

Bloques biestables

Nombre Estándar	Bloque
SR	Flip-Flop (Encendido (SET) dominante).
RS	Flip-Flop (Apagado (RESET) dominante)
TRIGGER	Detección de flanco

Bloques para contadores

Nombre Estándar	Bloque
CTU	Contador hacia arriba
CTD	Contador hacia abajo

Bloques para temporizadores (Timers)

Nombre Estándar	Bloque
TP	Temporizador de un disparo (Pulso)
TON	Temporizador de encendido retardado
TOF	Temporizador de apagado retardado

Bloques para transferencia y sincronización de información

Nombre Estándar	Bloque
SEND	Solicitud de mensaje
RCV	Confirmación de mensaje

TIPOS DE DATOS ESTANDAR DE LA IEC PARA PLC'S

Identificador	Tipo	No. de Bits
BOOL	Booleano.	1
EDGE	Fianco de disparo (booleano)	-
SINT	Entero de corta longitud	8
DINT	Entero de doble longitud	16
LINT	Entero de larga longitud	32
USINT	Entero de corta longitud sin signo	64
UINT	Entero de doble longitud sin signo	8
UDINT	Entero de larga longitud sin signo	16
REAL	Número real	32
LREAL	Número real de larga longitud	64
TIME	Hora	-
DATE	Fecha (únicamente)	-
TIME_OF_DAY	Hora del día	-
DATE_AND_TIME	Fecha y hora	-
STRING	Cadena de caracteres de longitud variable	-
BYTE	Cadena de 8 bits	8
WORD	Cadena de 16 bits	16
DWORD	Cadena de 32 bits	32
LWORD	Cadena de 64 bits	64

5.2 Arquitectura Típica de un PLC.

Un Controlador está compuesto principalmente de dos secciones:

La Unidad de procesamiento Central y la interface de entradas y salidas.

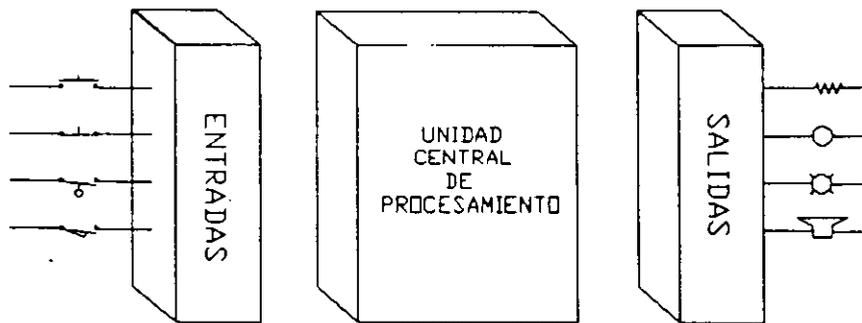


DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE

La Unidad de procesamiento central (CPU) se puede dividir en tres partes principales: el Procesador, la Memoria y la fuente de alimentación. La arquitectura puede diferir de un fabricante a otro, pero conserva la misma configuración.

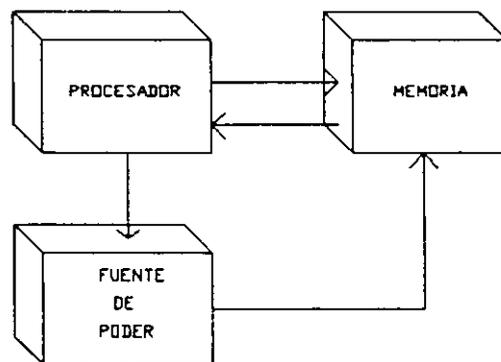


DIAGRAMA DE BLOQUE DEL CPU

El CPU lee y procesa datos de entrada de varios dispositivos externos (como sensores o algún otro dispositivo de control), ejecuta el programa del usuario almacenado en la memoria y envía comandos de salida apropiados a los dispositivos de control. Este proceso continuo de lectura de datos, ejecución del programa y salida de control es llamado ciclo de scan. El tiempo requerido para llevar a cabo este ciclo puede variar desde 1 hasta 100 milisegundos. Los fabricantes generalmente especifican el

tiempo de scan basados solamente en la cantidad de memoria usada para una aplicación, por ejemplo, 10 ms/1K de memoria programada.

La función principal del procesador es el realizar las tareas o funciones de control del sistema completo; estas funciones se llevan a cabo interpretando y ejecutando un conjunto de instrucciones (programas del sistema). Los nuevos procesadores de los controladores programables utilizan más de un microprocesador para control, procesamiento y supervisión, con lo que se reduce el tiempo de ejecución del programa de control.

Periféricos.

Un equipo periférico es aquel que puede enviar o recibir información del PLC. El primer periférico a considerar es el programador del PLC, que normalmente es específico para cada fabricante. En la actualidad la tendencia es la estandarización de programación por medio de una PC compatible con el software respectivo para cada fabricante. En cuanto a programadores el más utilizado es el CRT que van desde los miniprogramadores hasta los programadores con unidad de almacenamiento integrada. Otros periféricos a considerar son: procesadores de comunicación a través del cual el PLC puede comunicarse con otros periféricos tales como: impresoras, terminal de video, caseteras, otros PLC's, unidades de despliegue de mensajes, etc.. Las características de estos últimos periféricos mencionados son estándares, en cuanto a comunicación (RS-232, RS-422 en lo referente a voltaje y el lazo de corriente 4-20MA) por lo que normalmente será muy fácil la integración de estos equipos al proceso y equipos de control adicionales, siendo conectados de acuerdo a lo establecido por la EIA (Electronics Industries Association).

5.3 Configuración Básica de un PLC.

El proceso involucrado en la configuración de un controlador lógico programable, básicamente depende del tipo de aplicación en cuestión. La configuración está directamente relacionada con el proceso de selección del PLC, como una primera aproximación se deben tomar en cuenta los requerimientos de entradas y salidas, así como la magnitud de la aplicación, para escoger el procesador a utilizar y la capacidad de las tarjetas de entrada-salida. Una vez establecidos los requerimientos primarios se procede entonces a investigar lo que el mercado tanto nacional como internacional tiene disponible comercialmente. A continuación se presentan los criterios a seguir para la selección del controlador, así como los factores de los que dependen.

Selección de Controladores Programables.

Actualmente los Controladores Programables cubren una amplia gama de aplicaciones y los podemos encontrar en diferentes tamaños y capacidades. Decidir sobre cual PLC utilizar para una aplicación específica es más difícil debido a la gran oferta de equipos en el mercado, prácticamente todas las marcas se pueden aplicar, sin embargo, es muy importante que el que este elaborando el diseño del sistema determine que características son deseables en el sistema de control y que controlador cumpla mejor con las necesidades presentes y futuras. Existen muchos factores para seleccionar un PLC, para propósitos prácticos se han definido los siguientes pasos:

1.- Descripción del proceso. Conocer el proceso a controlar, es de vital importancia el conocer los objetivos presentes y futuros para evitar una rápida obsolescencia del equipo elegido y poder proveer mayor productividad, flexibilidad, seguridad y administración de información.

2.- Determinar el tipo de control. Control individual: control sobre un proceso o máquina, sin comunicación con otros sistemas de control.

Control centralizado: Controla algunas máquinas o procesos con el PLC; presenta la siguiente desventaja, si el PLC falla, todos los procesos fallan, por lo que se acostumbra utilizar otro PLC de respaldo, pero esto incrementa el costo.

Control distribuido: Consiste en controlar cada proceso con un PLC diferente y entrelazarlos por medio de una red de comunicación. Este sistema es el más apropiado y efectivo, provee un sistema de control tan grande y complejo como el usuario desee, debido a la interconexión posterior a la red de comunicación. También hay que tener en cuenta la dificultad de comunicación que pueda existir con otros fabricantes.

Control Supervisorio: utiliza como base el control distribuido para desarrollar en forma centralizada, funciones de control complejas y de adquisición y manipulación de datos.

3.- Determinar los requerimientos de entradas/salidas (E/S). Estimar el número de entradas y salidas analógicas y digitales para conocer el tamaño del equipo necesario. Checar las especificaciones de E/S que ofrecen los proveedores, poner atención especial en lo siguiente: Protección de E/S contra falsas señales, aislamiento óptico o de transformador entre la etapa de potencia y los circuitos de control. Las salidas deben de tener fusibles de protección, tener en cuenta las corrientes de salida y que se tenga indicación visual del estado de las entradas/salidas en todo momento.

Determinar la necesidad de E/S especiales, tales como acoplamiento con controladores analógicos, contadores especiales, acoplamiento para termopares, etc.. Asegurarse que el sistema permita expansión futura de E/S.

4.- Determinar el lenguaje de programación a utilizar y funciones especiales. Diagrama de escalera, algebra booleana y/o de alto nivel. Instrucciones básicas (Contadores, timers, etc). Instrucciones avanzadas y funciones especiales (matemáticas, algoritmos PID, entre otras).

5.- Determinar los requerimientos de memoria. Dependiendo de que sean necesarios cambios posteriores en línea, requeriremos de una memoria volátil, (con batería de respaldo), en caso contrario se recurrirá a una memoria no volátil.

Algunos controladores ofrecen una combinación de los dos tipos de memoria. Estimar el tamaño basado en el número de elementos de control, apartir del número de salidas y teniendo alguna idea del número de contactos del programa que se requerirán.

Elementos de control = # de salidas + (# de contactos x # de salidas). memoria requerida = elementos de control * 1 palabra/elemento de control.

Permitir memoria extra para programación compleja y futuras expansiones. Normalmente el fabricante puede dar un factor para calcular esta capacidad, que puede consistir en multiplicar el número de entradas por un factor entre 1 y 10, agregando un 25 o 50 % si tenemos funciones aritméticas y

manipulación de datos. Por ejemplo Gould Electronics recomienda los siguientes factores: (10 x Entradas Digitales) + (5 x Salidas digitales) + (100 x Entradas Analógicas)

6.- Evaluar el tiempo de scan requerido por el procesador. Es importante este tiempo y esta en proporción directa al tamaño del sistema, para acercarnos lo más posible a un control en tiempo real.

7.- Definir los requerimientos de equipo de programación, almacenamiento y comunicación. CRT. Computadora. Almacenamiento en cinta y/o disco. Programador de PLC. Sistema de comunicación.

8.- Definir los requerimientos de periféricos.

- Capacidad de graficación.
- Interface con el operador.
- Impresoras de línea y plotters.
- Sistema de documentación.
- Sistema de generación de reportes.

9.- Determinación de necesidades físicas y ambientales. Espacio disponible para el sistema, y poder distribuirlo de la mejor manera. Tener en cuenta las condiciones ambientales.

Es muy posible que al evaluar los puntos anteriores, encontremos más de un fabricante que nos ofrezca el sistema adecuado a nuestras necesidades, por lo tanto la decisión final estará basada en el siguiente punto:

10.- Evaluación de factores intangibles. Soporte del vendedor: se puede evaluar la calidad del soporte técnico desde las pláticas preliminares a la compra, considerando la capacidad de responder a todas nuestras interrogantes que la literatura y promoción no detallan. Capacitación: capacidad de ofrecer capacitación en las instalaciones del usuario, identificar el límite de asesoramiento sin costo adicional y costos posteriores. Literatura: que tan complejo son para entender los manuales del usuario para programación, operación y mantenimiento. Tiempos de entrega en equipo y refacciones posteriores. Compatibilidad de equipos nuevos con anteriores y con otros fabricantes.

5.4 Instalación de PLC's.

El layout del sistema.

El diseño del PLC incluye un gran número de características que permite ser instalado en cualquier ambiente industrial. Sin embargo, se tiene que tomar en cuenta algunas consideraciones durante la instalación para asegurar una operación apropiada del sistema. El layout del sistema es una proposición cuidadosa para colocar e interconectar sus componentes y no sólo para satisfacer su aplicación, sino también para asegurar que el controlador pueda operar libre de problemas en el ambiente donde se coloca. Con un diseño cuidadoso del layout, los componentes deben estar accesibles para fácil mantenimiento. También hay que tomar en cuenta los otros componentes que forman parte del sistema completo, éstos incluyen transformadores de aislamiento, control de relevadores y supresores de ruido. El mejor lugar para el PLC es colocarlo lo más cercano a la máquina o proceso que requieren ser controlados. Los efectos de temperatura, humedad, ruido eléctrico y vibración son factores importantes que pueden tener influencia para seleccionar el sitio de colocación del PLC. El PLC generalmente es colocado en un gabinete, para protegerlo contra contaminantes atmosféricos, tales como polvo conductivo, humedad y de cualquier substancia corrosiva o nociva. Un Gabinete metálico puede ayudar a minimizar los efectos de radiación electromagnética.

Las siguientes reglas se dan para asegurar condiciones ambientales favorables para la correcta operación del controlador:

- * La temperatura en el interior del gabinete no debe exceder la temperatura máxima de operación del controlador que por lo general es de 60 C (140 F).

- * Si el interior del gabinete se calienta, debido al calor generado por la fuente de poder u otro equipo eléctrico presente, se debe colocar un ventilador dentro del mismo, a fin de aminorar dicho problema.

* Un controlador puede trabajar hasta con una **humedad relativa** del 95% sin condensación; si se produce condensación, se debe instalar dentro del gabinete un termostato.

* Si el área en el cual el sistema es instalado existe equipo que genera excesiva **interferencia electromagnética (EMI)** o **interferencia de radiofrecuencia (RFI)**, el gabinete debe ser colocado lejos de estas fuentes.

Montaje de los otros componentes.

En general, la colocación de los otros componentes dentro del gabinete debe ser lo más alejado posible de los componentes que conforman al controlador, para minimizar los efectos de ruido y calor generado por estos dispositivos. A continuación se enlistan algunas sugerencias de donde colocar estos componentes.

* **Transformadores de voltaje** o de aislamiento, **supresores de pico**, se colocan cerca de la parte superior del gabinete. Esta colocación asume que la línea de alimentación entra por la parte de arriba del gabinete.

* **Arrancadores magnéticos**, **contactores**, **relevadores** y otros componentes **electromecánicos** deben ser colocados también cerca de la parte de arriba en una área separada de los componentes del controlador. Se recomienda que haya una separación mínima de **6 pulgadas (152.4 mm)** de separación entre esta área y el área del controlador.

* Si se utiliza **ventiladores** para enfriar componentes dentro del gabinete, se debe colocar cerca de los dispositivos que generan calor. Se pueden utilizar filtros para prevenir que entren al gabinete partículas conductivas u otros contaminantes nocivos.

Instalación de entradas y salidas.

La instalación de los módulos de entradas y salidas es quizás el **trabajo más crítico** cuando se instalan en las ranuras del controlador programable.

La colocación e instalación de los módulos de entrada y salidas, simplemente consiste en insertar los módulos correctos en sus

respectivos lugares. Este procedimiento involucra verificar el tipo de módulo y de cómo fué direccionado la ranura con ayuda del documento de asignación de direcciones de entradas y salidas, cada terminal debe ser conectada con el equipo de campo que le ha sido asignada en esa dirección. El usuario debe asegurarse que la alimentación de la energía de los módulos estén desconectado antes de instalar y alambrear el módulo.

Procedimientos de alambrado.

Los siguientes pasos se recomiendan para alambrear los módulos de entrada y salidas:

- * Remover y vigilar la alimentación de energía del controlador y módulos antes de cada instalación y alambrado.

- * Verificar que todos los módulos estén en las ranuras correctas, verificando el tipo del módulo y número de modelo por inspección y diagramas de alambrado de entrada/salidas. Verificar la colocación de los módulos en la ranura correcta de acuerdo al documento de asignación de dirección de entradas y salidas.

- * Remover todos los tornillos de las terminales de cada módulo.

- * Colocar los alambres correspondientes a cada módulo y colocándole una identificación (etiqueta o bien utilizando código de color) para cada cable. Por lo general se trata de agrupar cada conjunto de alambres de acuerdo al módulo que corresponda.

ARRANQUE DEL SISTEMA.

Procedimientos antes del arranque.

Antes de aplicarle energía al sistema, es recomendable una extensa inspección de los componentes de hardware e interconexiones, esto evidentemente requiere de tiempo, sin embargo, este tiempo invertido asegura y reduce el tiempo de arranque, especialmente en sistemas grandes con muchos dispositivos. A continuación se muestra los procedimientos a seguir antes del arranque:

* Inspección visual para asegurar que todos los componentes de hardware estén presentes; verificando su número de modelo sea correcto para cada componente.

* Inspeccionar el CPU y módulos para asegurar que estén instalados en la ranura correspondiente.

* Checar que estén correctamente conectados los cables de energía (y transformadores).

* Verificar que cada conexión de los cables en el módulo de entradas y salidas sea correcta. Ese chequeo involucra al documento de asignación de dirección para entradas y salidas

* Verificar que las conexiones de cables de salidas sean colocadas en las terminales apropiadas en los dispositivos de campo.

* Para mayor seguridad, la memoria puede ser borrada de cualquier programa de control que haya sido previamente almacenada.

Revisión de las conexiones de entradas.

Esta revisión se realiza aplicando energía al controlador y a los dispositivos de entradas, esta revisión verifica que cada dispositivo esté conectado a la terminal de entrada correcta y que el módulo de entradas o puntos estén funcionando apropiadamente, también se verifica que el procesador y el dispositivo de programación (computadora) están trabajando en buenas condiciones. La conexión apropiada de entradas puede ser verificada usando los siguientes pasos:

* Colocar el controlador en un modo que inhabilite al PLC de cualquier operación automática.

* Aplicarle energía a la fuente de alimentación y a los dispositivos de entradas, verificando que los indicadores del sistema de diagnóstico estén indicando operación normal.

* Activar manualmente cada dispositivo de entrada y observar su indicador correspondiente en el módulo de entradas y/o monitorear su estado (en la computadora). Si está bien conectado y la salida del dispositivo es activada el LED indicador debe encenderse, de lo contrario se debe de verificar la conexión.

Revisión de las conexiones de salidas.

La revisión de conexiones de salidas, se realiza aplicando energía al controlador y dispositivo de salidas, (se recomienda no conectar los dispositivos de salida que puedan involucrar movimiento mecánico, tales como motores, drives, solenoides, etc.) para verificar que cada dispositivo de salida está funcionando apropiadamente. Las conexiones de salidas puede verificarse siguiendo los siguientes pasos.

* Desconectar localmente todos los dispositivos que puedan causar movimiento mecánico.

* Aplicar energía al controlador y a los dispositivos de salida.

* La operación de inspección de salida puede realizarse usando uno de los siguientes métodos:

1.- Asumiendo que el controlador tiene una función de forzamiento (en el software de programación del PLC), cada salida puede ser probada con el uso del equipo de programación (computadora) para forzar las salidas en ON (encendido), seleccionando la correspondiente dirección de la terminal (punto) y escribiendo o seleccionando un on (1 lógico), si esta conectada correctamente, el led correspondiente se prenderá y el dispositivo será energizado.

2.- Otra alternativa, es la de programar un renglón en un programa auxiliar que puede ser usado repetidamente para probar cada salida. El Programa es un simple renglón con un contacto normalmente abierto que controla la salida. Para probar, el CPU debe ser colocado en modo RUN. La prueba se realiza simulando el cierre del contacto.

Revisión del programa de control antes del arranque.

Es simplemente una última revisión del programa de control y se realiza en cualquier momento, pero debe ser antes de cargarlo a la memoria del PLC del sistema a controlar. Requiere de una documentación completa que narre el programa de control. Documentos tales como asignación de direcciones y diagramas de conexiones deben reflejar cualquier modificación que pueda ocurrir durante las revisiones de las conexiones. Esta revisión verificará que esta última versión del programa este libre de errores. Los pasos a seguir para llevar a cabo esta revisión son los siguientes:

- * Usando la documentación de conexiones de entradas/salidas, verificar contra el impreso del programa, que cada dispositivo de salida controlado, en su renglón programado tengan la misma dirección.

- * Revisar el impreso de cualquier error de entradas que pudo haber ocurrido al escribir el programa; verificar que todos los contactos y salidas internas del programa tengan una asignación de dirección válida.

- * Verificar que todos los contadores, temporalizadores y otros valores preestablecidos sean correctos.

Revisión Dinámica.

Es un procedimiento por el cual la lógica del programa de control es verificada para operaciones correctas de las salidas. Esta revisión asume que la revisión de conexiones han sido realizadas, los componentes de hardware están operando correctamente y el software haya sido revisado. A continuación se enlista los pasos para llevar a cabo esta revisión:

- * Cargar el programa de control al PLC.

- * La lógica de control debe ser probada, usando uno de los siguientes métodos:

- El modo **REMOTE**, permite al PLC ser ejecutado sin que se habiliten las salidas. La revisión se hace por renglón, observando el estado del led indicador o monitoreando su correspondiente renglón de salida en el dispositivo de programación (computadora).

- Si el controlador esta en modo RUN, actualiza la salida durante la prueba, las salidas que no han sido probadas (y pueden causar daño), deben ser desconectados hasta que sean probados.

* Checar cada renglón para que su operación lógica sea correcta y si es necesario modificarla.

* Cuando toda la lógica haya sido revisada, se debe remover todos los renglones temporales que se hayan usado. Colocar el PLC en modo RUN y probar la operación total del sistema.

* Toda modificación a la lógica de control debe ser documentada y revisado inmediatamente en la documentación original. Una copia del programa (en disco) debe obtenerse por conveniencia.

Mantenimiento preventivo.

El mantenimiento preventivo del sistema con PLC incluye sólo unos cuantos pasos o revisiones básicas que pueden reducir grandemente el porcentaje de falla de los componentes del sistema. El mantenimiento preventivo para sistemas con PLC pueden ser calendarizado con el mantenimiento regular de la máquina de modo que el equipo y controlador estan parados en un tiempo muy corto. Sin embargo, dependiendo del ambiente en el cual el PLC esta localizado el mantenimiento preventivo requerido puede ser más frecuente que en otros ambientes. Las siguientes medidas preventivas pueden tomarse:

* Cualquier filtro que haya sido instalado en el gabinete debe ser limpiado o reemplazado periódicamente. Esta práctica asegurará que la circulación de aire en su interior sea limpia.

* No se debe permitir que el polvo se acumule en los componentes del PLC. El polvo puede obstruir la disipación de calor, además que si un polvo conductor alcanza a las tarjetas electrónicas puede producir un corto circuito y causar daño permanente a la tarjeta.

* Las conexiones a los módulos de entrada/salida deben ser revisados periódicamente para asegurarse que todos los plugs, sockets y

conexiones estén bien y que el módulo esté fijado firmemente. Esta revisión se hace en situaciones en el que el sistema se coloca en un área que experimenta vibraciones constantes que puede causar que se desconecten las conexiones.

* El personal que realiza el mantenimiento debe asegurarse que objetos innecesarios se mantengan alejados del chasis del PLC. Objetos como diagramas, manuales olvidados arriba del chasis o racks puede causar obstrucción del aire y provocar mal funcionamiento del sistema.

* Tener un buen surtido de repuestos minimiza el tiempo que resulta cuando una falla de algún componente se presenta y que se traduce en minutos y no en horas o días buscando el repuesto.

Beneficios al utilizar los PLC's.

En general la arquitectura de un PLC proporciona modularidad y flexibilidad, permitiendo la expansión tanto del hardware, como del software con base en los requerimientos de la aplicación que se esté considerando. En la medida que la aplicación crece y sobrepasa la capacidad del PLC, la unidad puede ser fácilmente reemplazado por otro que cuente con mayor cantidad de entradas-salidas y memoria y el equipo reemplazado se puede utilizar para una aplicación con menores requerimientos. Un sistema basado en un PLC provee muchos beneficios a la solución de un problema de control desde su confiabilidad y repetibilidad hasta su programación.

Enseguida se enumeran algunas de las características y beneficios que se obtienen al utilizar un PLC.

Características inherentes

Beneficios

Componentes de estado sólido
Memoria programable

Alta confiabilidad
Simplicidad en los cambios.
Flexibilidad en el control

Tamaño reducido

Requerimientos mínimos de espacio

Está basado en un microprocesador

Capacidad de comunicación.
Alto nivel de desempeño.
Productos de alta calidad.

Temporizadores y contadores programables .

Capacidad multifuncional
Reducción del hardware
Facilidad de cambio de los parámetros iniciales

Control de relevadores programables

Reducción de costo en el alambrado del hardware.
Reducción en los requerimientos de espacio

Arquitectura modular

Flexibilidad en la instalación.
Facilidad en la instalación.
Compra de hardware minimizado.

Gran variedad de interfaces de E/S

Expansibilidad.
Controla una diversidad de dispositivos.

Estaciones de E/S remotas

Elige el control personalizado
Simplicidad en el alambrado externo, evitando alambres de gran longitud

Indicadores de diagnóstico

Reduce el tiempo en la localización de fallas.

Interface E/S modular

Apropiada operación de la señalización

Conexión y desconexión rápida de E/S

Apariencia clara del panel de control.

Todas las variables del sistema están almacenadas en memoria mantenimiento.

Facilidad en el mantenimiento.

Facilidad de alambrado

Facilidad de servicio de cables dañados

Facilidad de manejo y

Las variables pueden ser obtenidas en forma de reporte

CAPITULO 6

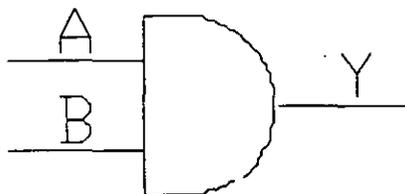
PRINCIPIOS DE PROGRAMACION DE CONTROLADORES LOGICOS PROGRAMABLES.

Funciones Lógicas

El concepto de señal binaria es el de aquella cantidad física que sólo puede adoptar dos posibles valores, representándolos típicamente como verdadero (o uno), y falso (o cero). Al álgebra que describe este tipo de valores se le llama álgebra booleana en honor a Charles Boole. Este tipo de álgebra describe a través de relaciones simples llamadas funciones booleanas, cómo se combinan dos o más variables binarias para dar como resultado un nuevo valor binario o booleano. Eventualmente el controlador programable tomará decisiones basadas en este tipo de funciones. En esta sección se verán los diferentes tipos de funciones, su definición, su simbología (representación), su significado y el cómo se pueden utilizar para formar relaciones más complejas aún para la toma de decisiones en equipos de tipo digital como los PLC's.

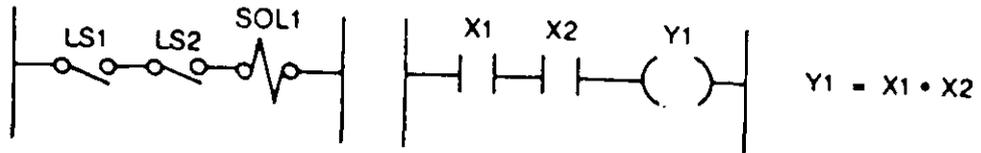
La función AND (Y o producto booleano)

La figura siguiente muestra el simbolo de una compuerta AND empleado para representar graficamente la función AND, así como su tabla de verdad:



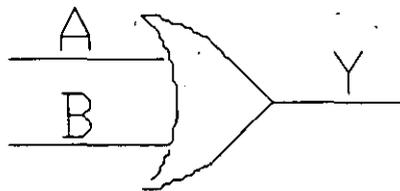
A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

La salida de la compuerta AND es verdadera sólo si ambas entradas son verdaderas. El número de entradas de la compuerta AND es ilimitado, pero sólo tiene una salida. La función AND puede ser implantada de varias maneras, la figura que se muestra a continuación es la representación lógica, electrónica y en diagrama de escalera:



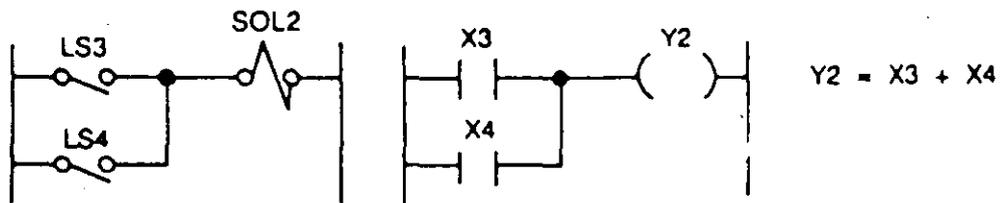
La función OR (O o también suma booleana)

La siguiente figura muestra el simbolo de una compuerta OR así como su tabla de verdad:



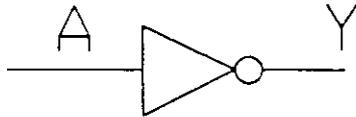
A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

La salida de la compuerta OR es verdadera si una o más de sus entradas es verdadera. El número de entradas de la compuerta OR es ilimitado, pero sólo tiene una salida. La función OR puede ser implantada de varias maneras, la figura siguiente muestra la representación lógica, electrónica y en diagrama de escalera.



La función NOT (Negación)

La figura siguiente muestra el simbolo empleado para representar graficamente la función NOT, así como su tabla de verdad:



A	Y
0	1
1	0

La salida de la función NOT es verdadera si la entrada es falsa. El resultado de operación NOT es siempre el inverso de la entrada y por lo tanto algunas veces es llamado inversor. La función NOT a diferencia de las compuertas AND y OR sólo tiene una entrada y raras veces se utiliza en forma aislada. En principio la función NOT no es tan fácil de visualizar como las funciones AND u OR. Sin embargo, al examinarla detalladamente es evidente su utilidad. Enseguida se presentan dos ejemplos que ilustran el uso de la función NOT.

En este momento es interesante retomar las tres características mencionadas, esto es:

- 1.- La asignación de "1" o "0" a una condición es arbitrario
- 2.- Un "1" es normalmente asociado con Verdadero, Alto, Encendido, etc.
- 3.- Un "0" es normalmente asociado con Falso, Bajo, Apagado, etc.

Al examinar los puntos 2 y 3, es claro que una salida "1" está relacionado con la activación de algún dispositivo, mientras que una salida "0" con la desactivación del mismo. Esta convención puede ser empleada de manera inversa (lógica negada).

Aunque existen otras funciones como

NAND : hacer una operación AND seguida de una NOT;

XOR : OR exclusivo, en la cual la salida es verdadera cuando sólo una de las entradas es verdadera, (en la OR cuando ambas entradas son verdaderas, la salida es verdadera, mientras que en la XOR es falsa); en realidad estas funciones se construyen a partir de las tres funciones básicas AND, OR y NOT.

Es importante señalar que cualquier función booleana por compleja que sea, puede ser representada únicamente en términos de dichas funciones.

Principios de Lógica y Algebra Booleana.

Operaciones básicas.

1.- Las compuertas básicas llevan a cabo funciones lógicas sencillas. Cada compuerta lógica es presentada a través de un simbolo, tabla de verdad y su expresión booleana.

AND

$$Y = A \cdot B$$

OR

$$Y = A + B$$

NAND

$$Y = \overline{A \cdot B}$$

NOR

$$Y = \overline{A + B}$$

NOT

$$Y = \overline{A}$$

2.- Compuertas combinadas.

Cualquier combinación de funciones de control se puede expresar en términos booleanos usando los tres operadores básicos (\cdot), ($+$), ($\overline{\quad}$).

$$Y = A \cdot B + C$$

$$Y = (A + B) \cdot C$$

$$Y = \overline{A \cdot B} + C$$

$$Y = \overline{A + B} \cdot C$$

3.- Reglas del álgebra booleana

Funciones de control lógico pueden ser combinaciones muy simples o extremadamente complicadas de las variables de entrada. Sin embargo, no importando su simplicidad o complejidad deben satisfacer estas reglas básicas:

Ley de conmutatividad.

$$A + B = B + A$$

Ley de asociatividad

$$A + (B + C) = (A + B) + C$$

$$A \cdot (B \cdot C) = (A \cdot B) \cdot C$$

Ley de distributividad

$$A \cdot (B + C) = A \cdot B + A \cdot C$$

$$A + B \cdot C = (A + B) \cdot (A + C)$$

Ley de absorción

$$A \cdot (A + B) = A + A \cdot B = A$$

Leyes de Morgan

$$\overline{(A + B)} = \overline{A} \cdot \overline{B}$$

$$\overline{A \cdot B} = \overline{A} + \overline{B}$$

$$\overline{\overline{A}} = A,$$

$$\overline{1} = 0,$$

$$\overline{0} = 1$$

$$A + \overline{A} \cdot B = A + B$$

$$A \cdot B + A \cdot C + B \cdot C = A \cdot C + B \cdot C$$

4.- Precedencia de los operadores y agrupación de signos.

El orden de prioridad en expresiones booleanas es :

i) NOT (inversión)

ii) AND (·)

iii) OR (+)

A menos que se haya indicado la agrupación de signos mediante el uso de paréntesis, corchetes o llaves.

Cuando se usa una agrupación de signos para asegurar el orden apropiado de evaluación de una expresión primero se evalúan las expresiones entre paréntesis (), después las expresiones entre corchetes [] y finalmente las expresiones entre llaves {}.

El concepto de señales binarias

El concepto de las señales binarias no es una idea nueva, de hecho es una concepción que se ha presentado desde hace mucho tiempo. Básicamente se refiere a la idea de muchas situaciones en las que señales sólo presentan dos estados, encendido-apagado, abierto-cerrado, activado-no activado, alto-bajo, etc. sólo por mencionar algunos ejemplos.

Estos dos estados pueden ser la base para la toma de decisiones, y puesto que se pueden relacionar fácilmente con el sistema de numeración binaria, constituyen uno de los bloques funcionales fundamentales de los controladores programables. Los dos elementos básicos del sistema de numeración binaria son: "1", el cual representa la presencia de la señal o la ocurrencia de un evento, por el contrario el "0" representa la ausencia de señal o la no ocurrencia de un evento. Enseguida se presentan algunos ejemplos de la utilización del concepto de señales binarias:

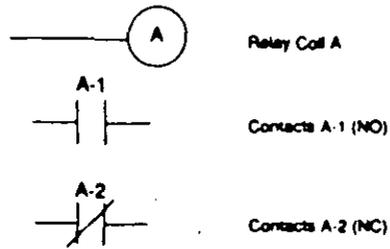
"1"	"0"	Ejemplo
Encendido	Apagado	Alarma
Abierto	Cerrado	Válvula
Suena	No suena	Campana
Presencia	Ausencia	Indicador límite
En marcha	Detenido	Motor
Ilumina	No ilumina	Lámpara

Los ejemplos anteriores están definidos desde el punto de vista de la lógica positiva. Desde el punto de vista de la lógica negativa, se tiene:

"0"	"1"	Ejemplo
Encendido	Apagado	Alarma
Abierto	Cerrado	Válvula
Suena	No suena	Campana
Presencia	Ausencia	Indicador límite
En marcha	Detenido	Motor
Ilumina	No ilumina	Lámpara

Simbología de contactos

Los elementos empleados para formar circuitos lógicos de control tanto en controladores programables como en sistemas de lógica alambrada con relevadores, conceptualmente operan de una manera similar. Entre estos, elementos básicamente se tienen contactos de dos tipos, normalmente abiertos (NO) y normalmente cerrados (NC) y bobinas, estas últimas se utilizan para abrir o cerrar contactos (activar y/o desactivar dispositivos conectados a las mismas, según sea el caso). La simbología utilizada en ambos casos es exactamente la misma, aún cuando no se cuenta con estándares y/o normas para ésta. La diferencia esencial estriba en que para los relevadores los contactos son físicos y en los PLC's son lógicos. Los símbolos comúnmente empleados se muestran en la siguiente figura:



Los contactos y las bobinas representan el conjunto básico de instrucciones para formar los diagramas de escalera, con excepción de las referentes a temporización y conteo.

Contacto normalmente abierto

Estos contactos representan cualquier tipo de entrada a la lógica de control, y pueden ser el cierre de un interruptor, algún sensor conectado, un contacto conectado a una de las salidas o un contacto de alguna de las salidas internas. Su principio de operación es como sigue: cuando la entrada o salida asociada al contacto es referida se busca una condición de "encendido", si su estado lógico es "1" el contacto se cerrará permitiendo así el flujo de corriente a través de él. Contrariamente si su estado lógico es "0" el contacto se abrirá con lo cual no habrá flujo de corriente a través del mismo.

Lenguajes de programación

Existen básicamente cuatro tipos de lenguajes de programación, comúnmente utilizados para desarrollar aplicaciones con controladores programables:

- a) Diagramas de escalera
- b) Bloques de funciones
- c) Lista de instrucciones
- d) Alto nivel (BASIC específicamente)

Estos lenguajes pueden ser agrupados en dos categorías. El diagrama de escalera y el de bloques de funciones, forman los lenguajes básicos del PLC, mientras los otros dos son considerados como lenguajes de alto nivel.

Los diagramas de escalera se pueden considerar como el lenguaje básico (de bajo nivel), el cual consiste de un conjunto de símbolos que permiten formar expresiones lógicas para llevar a cabo la toma de decisiones. Los bloques de funciones y la lista de instrucciones están en la categoría de lenguajes funcionales (simbólicos), el primero de ellos está formado por un conjunto de bloques que realizan funciones y expresiones lógicas (AND, OR, NOT, etc.) y la lista de instrucciones consiste de un grupo de enunciados (statements), del tipo AND, OR, IF, IF-THEN, IF-THEN-ELSE, SET, RESET, etc. Con los tres tipos de lenguaje se pueden formar funciones lógicas de control, pudiendo ser desde muy simples hasta altamente complejas según las necesidades y/o requerimientos de la aplicación considerada.

Estos lenguajes varían en extensión y diversidad de un controlador a otro, así como sus opciones y facilidades para desarrollo. En este último rubro se cuenta desde los programadores portátiles de mano hasta las sofisticadas interfaces a través de computadoras personales, mediante el uso de compiladores cruzados (cross-compilers) en los que el desarrollo y la programación de aplicaciones se lleva a cabo en lenguajes algorítmicos de alto nivel, como C, C++, PASCAL, etc.

En este momento es necesario hacer mención que los lenguajes simbólicos (tales como diagrama de escalera y bloques de funciones) cuentan con bloques y/o funciones para conteo, temporización y comparación, pudiendo tener una buena variedad de opciones, tales como contadores hacia arriba, hacia abajo, distintas unidades básicas de tiempo, típicamente desde milisegundos hasta segundos dependiendo del tiempo de scan del controlador, así como comparaciones del tipo, mayor que, menor que, mayor o igual a, menor o igual a, etc..

Lenguaje Diagrama de escalera.

El lenguaje Diagrama de escalera constan de un conjunto de instrucciones simbólicas que son usadas para crear el programa del PLC. Se compone básicamente de 5 tipos de instrucciones que incluyen símbolos tipo relevador, timers/contadores, aritméticos, manipulación de datos, transferencia de datos y control de programa. La función principal del

programa en diagrama de escalera es controlar las salidas basado en condiciones de entrada. El control es llevado a cabo por el uso de r

englones de escalera; un renglón de escalera consiste de un conjunto de condiciones de entradas por símbolos de contacto y una instrucción de salida al final del renglón, representado por símbolos de bobina (terminales). Cuando se programa, cada contacto y bobina se hace una referencia con un número de dirección, el cual identifica cual entrada esta siendo evaluada o que salida esta siendo controlada. Los contactos pueden ser colocados en configuración serie, paralela o una combinación de serie y paralelo. Para que una salida sea energizada o activada, al menos un camino de contactos debe ser cerrado, es decir, que las condiciones del renglón son verdaderas. A un camino completamente cerrado se le denomina lógica continua. Cuando existe una lógica continua en por lo menos un camino se dice que la condición del renglón es verdadera y si no existe un camino continuo se dice que la condición del renglón es falso.

Aunque las instrucciones y símbolos pueden diferir de un controlador a otro, las instrucciones que a continuación se describen son genéricas y pueden aplicarse prácticamente a todos los PLC's.

INTRODUCCION AL MANEJO Y PROGRAMACION DE PLC's DE LA FAMILIA S5-100

Un PLC es un Controlador Lógico Programable que funciona como una herramienta útil en el control de procesos, y que tiene la ventaja de poder modificar las condiciones de control con sólo modificar su programación.

La programación de un PLC tiene una estructura parecida a la de una computadora. Step 5 es el lenguaje de programación que Siemens ha desarrollado para la programación de sus propios PLC's. La estructura de este lenguaje cumple con la lógica del PLC y facilita el desarrollo de programas aplicables a él.

– Estructura de un programa en STEP5.

En STEP5 existen dos grupos de programas: programas de sistema y programas de aplicación.

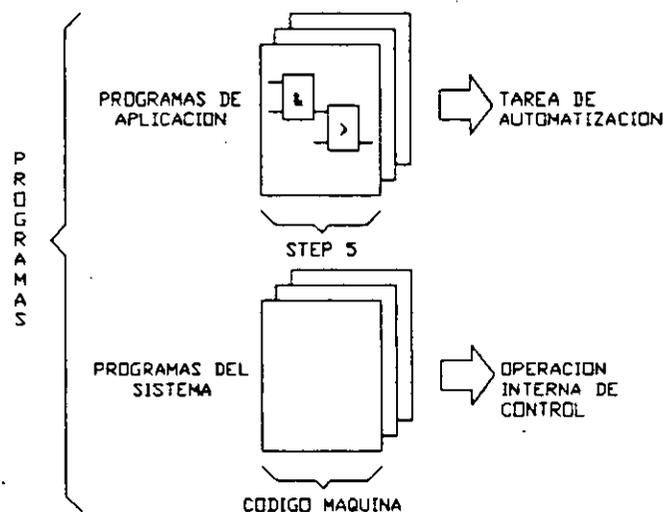


Figura 1. Tipos de programas en STEP 5.

– Programas de Sistema

Los programas de sistema son los que contienen las instrucciones internas que manejan el funcionamiento principal del PLC, se encuentran contenidos en memoria EPROM dentro del CPU, y no se tiene acceso a ellos.

Los programas de aplicación son creados por el usuario para algún fin específico. Pueden ser almacenados en disco flexible, disco duro o memoria externa.

– Programas de aplicación.

Un programa de aplicación se subdivide en bloques, los cuales son partes pequeñas del programa y contienen finalidades específicas.

Los bloques se clasifican en dos grupos: bloques de procesamiento y bloques de almacenamiento.

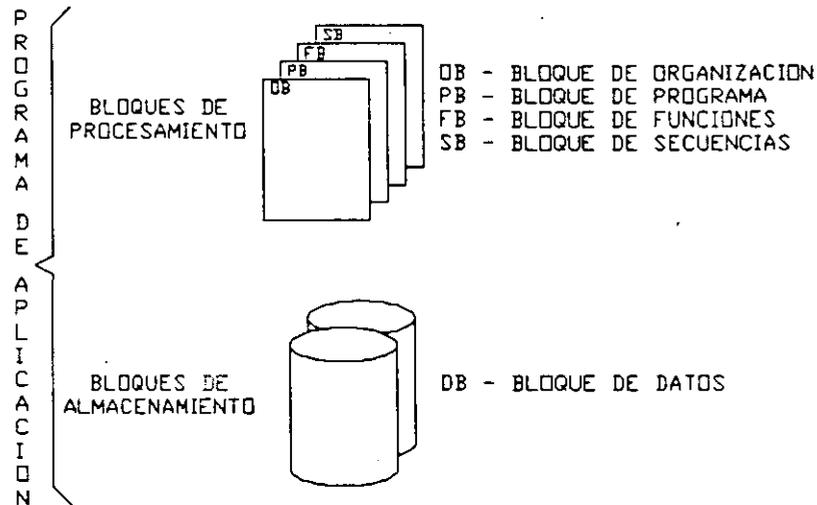


Figura 2. Tipos de bloques en los programas de aplicación.

– Bloques de Procesamiento.

Los bloques de procesamiento son los que contienen todas las instrucciones que se deben seguir dentro del programa, y existen diferentes tipos:

- Bloques de Organización (OB's).
- Bloques de Programa (PB's).
- Bloques de Funciones (FB's).
- Bloques de Secuencia (SB's).

Bloques de Organización (OB's). Sirven para organizar el orden en el cual se van a ejecutar los diferentes bloques de procesamiento. Dentro de los OB's se encuentra el OB1; bloque que se ejecuta cada vez que el PLC se encuentra funcionando, es lineal, cíclico controlado por tiempo, y es el encargado de mandar a ejecutar otros bloques de procesamiento que

forman parte del programa. El tiempo máximo de ejecución del OB1 es de 500 mseg.

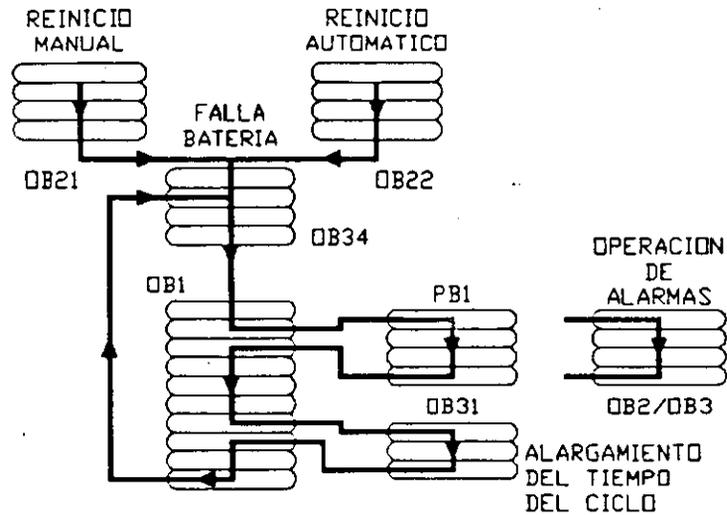


Figura 3. Bloques de organización.

Bloques de Programa (PB's). Se encargan de realizar una tarea específica dentro de un programa. Los PB's se dividen en segmentos los cuales facilitan la simulación del programa y la detección de fallas en el mismo.

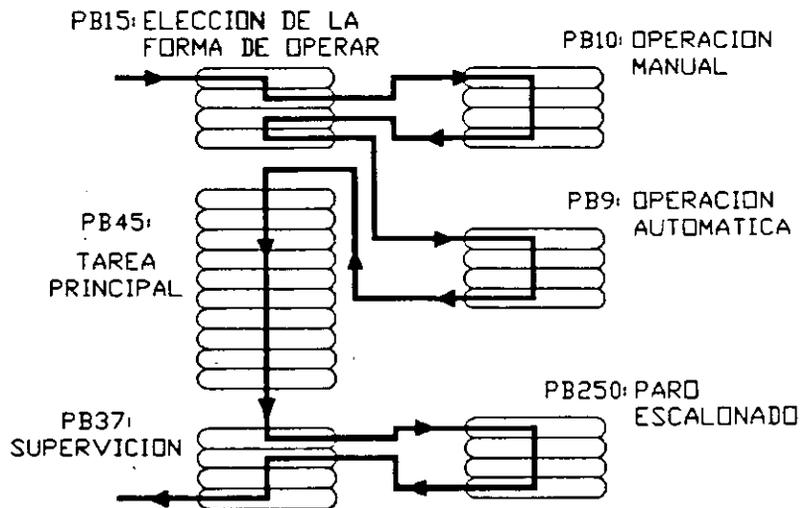


Figura 4. Bloques de programa.

Bloques de Funciones (FB's). Sirven para implementar funciones repetitivas o muy complejas. Existen FB's de dos tipos: los FB's estandar y los FB's de usuario; los primeros vienen contenidos dentro del CPU del PLC y se pueden utilizar con sólo llamarlos, los segundos se pueden crear para que realicen una función específica que no este contenida dentro de los FB's estandar.

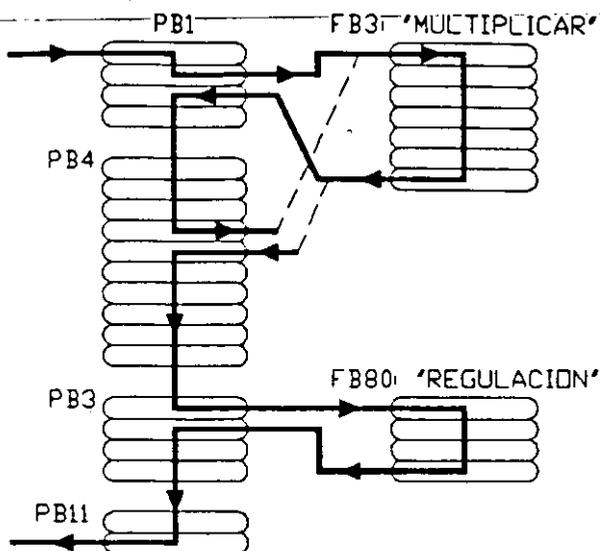


Figura 5. Bloques de funciones.

Bloques de Secuencia (SB's). Son bloques de funciones que se encargan de organizar la ejecución de una secuencia, esto es, implementar funciones o tareas en forma secuencial.

– **Bloques de Almacenamiento.**

Los bloques de almacenamiento no contiene instrucciones, sirven únicamente para almacenar información. Existe un solo tipo de bloques de almacenamiento denominado Bloque de Datos (DB). Por medio de este bloque el usuario archiva en memoria datos fijos o variables.

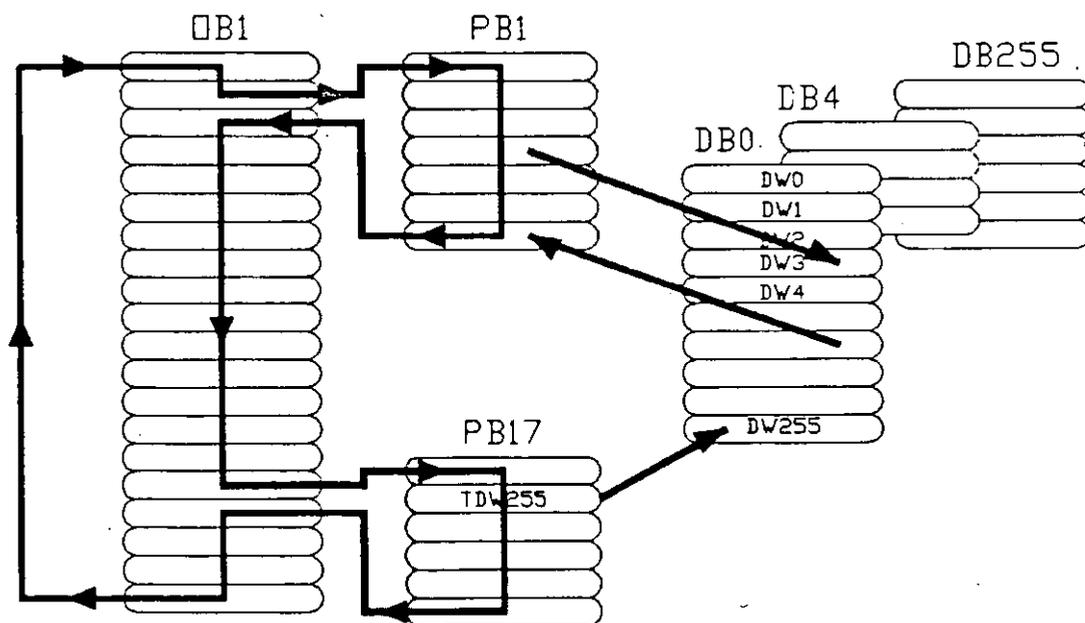


Figura 6. Bloques de datos.

– Programas de Aplicación.

Un programa de aplicación en STEP5 debe contener al menos dos tipos de bloques. Uno de ellos siempre es el OB1. Los otros OB's, FB's y SB's del programa deben estar contenidos dentro del OB1, para que sean llamados y ejecutados.

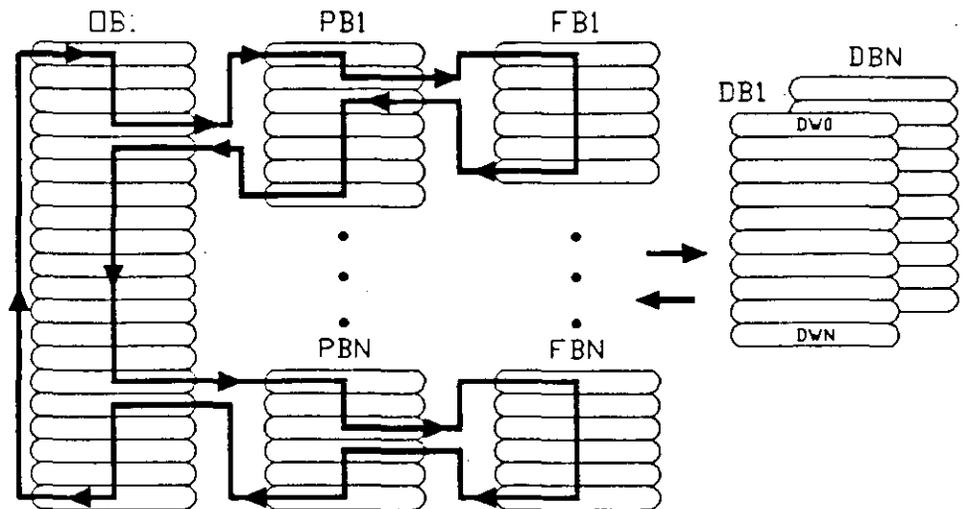


Figura 7. Estructura de un programa de aplicación.

El realizar la programación en bloques presenta una serie de ventajas cuando se tiene un programa de aplicación un tanto grande, ya que cada bloque puede ser probado y corregido independientemente; además, como los bloques se dividen a su vez en segmentos estos también se pueden analizar en forma independiente.

– Formas de representación de un programa en STEP5.

El lenguaje STEP5 tiene tres posibles formas de representación:

CSF (Control System Flowchart). La representación CSF es una manera de programación mediante bloques de funciones lógicas (AND, OR, etc).

LAD (Ladder Diagram). LAD es la forma de representar un programa mediante símbolos eléctricos (bobinas, contactos, etc), es decir, mediante diagramas de escalera.

STL (Statement List). El tipo de representación STL es mediante lista de instrucciones, es decir, mnemónicos que indican el tipo de operación que se

desea realizar. Este tipo de programación es similar al lenguaje ensamblador utilizado en programación de microprocesadores.

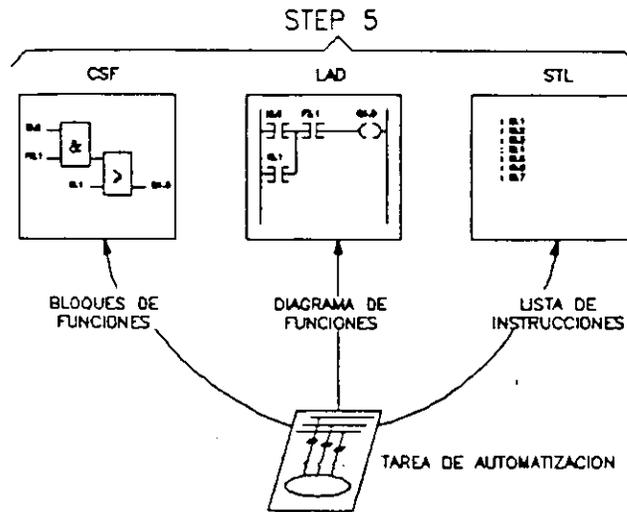


Figura 8. Formas de representación en STEP 5.

– Instrucciones básicas en STEP5.

Una instrucción en STEP 5 se compone de una parte operacional, y un operando. Los operandos son utilizados en los tres tipos de representaciones e indican con que parámetro se va a ejecutar la operación. Por ejemplo:

I 1.1	Señal de entrada tipo bit localizada en el byte 1, bit 1 del mapa de memoria.
FW 3	Bandera tipo palabra localizada en el byte 3 y 4 del mapa de memoria.
Q 2.3	Señal de salida tipo bit localizada en el byte 2, bit 3 del mapa de memoria.
C 4	Contador no. 4.
T 5	Temporizador no. 5.
PB	20 Bloque de programa no. 20.

Un operando queda identificado por dos informaciones, la etiqueta del tipo de operando o tipo de señal y su dirección. Ejemplos de tipos de operandos son:

I	Entrada.
Q	Salida.
F	Bandera.
D	Dato.
T	Temporizador.
C	Contador.
P	Periferia (tarjetas analógicas).

K Constante.
OB, PB, etc. Bloques.

La parte operacional de una instrucción es utilizada en conjunto con los operandos cuando se programa en representación STL; y es la que describe el trabajo o función a realizar. Por ejemplo:

A And.
O Or.
= Asignar un resultado,
C Llamar un bloque de datos.
JU Saltar incondicionalmente a un bloque determinado.

Ejemplos de instrucciones pueden ser:

A I 1.1
O F 3.0
= Q 2.3
JU PB20.

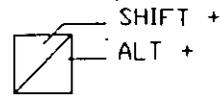
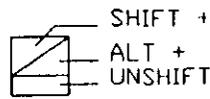
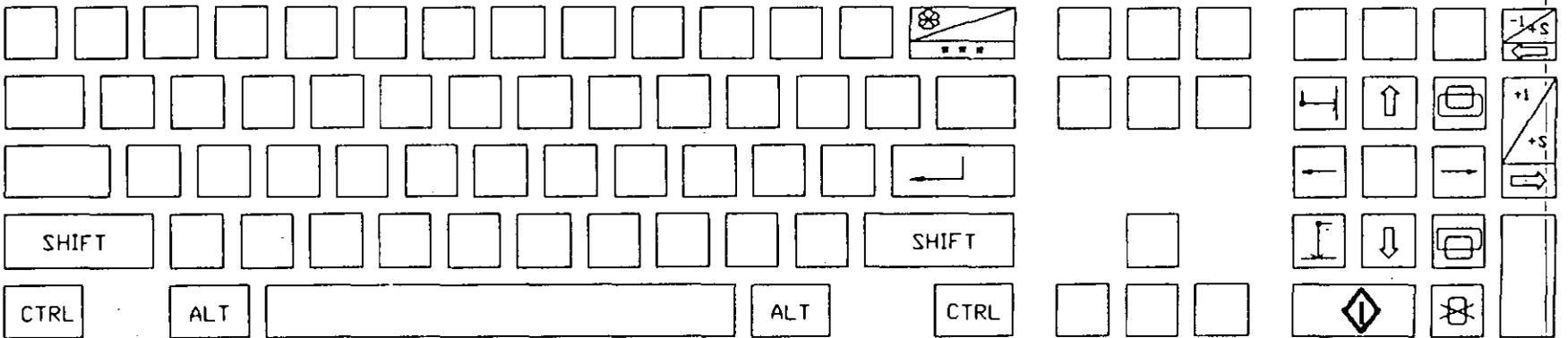


Figura 9. Constitución de una instrucción en STL.

– Programador.

El programador de PLC's disponible consiste de una microcomputadora, la cual tiene cargado el lenguaje de programación STEP 5, y cuenta con la interfase necesaria para tener comunicación con el PLC.

El teclado de la computadora será la herramienta mediante la cual se accederán los comandos de programación. Dicho teclado presenta una correspondencia tecla-función diferente a la que se puede observar. La configuración del teclado para STEP 5 es el mostrado en la siguiente figura.



– Acceso a STEP 5.

Dentro del sistema operativo de la microcomputadora, se escribe el comando S5 para acceder a STEP 5. A continuación aparecerá la primera pantalla de trabajo, la cual recibe el nombre de KOMI, y es donde se presentan todas las opciones con que cuenta el programador. La selección de una tarea determinada se realiza posicionando el cursor delante de la opción deseada y presionando la tecla funcional F1 (PACKAGE).

S E L E C T P A C K A G E				SIMATIC S5 / KOMI			
LAD, CSF, STL V3.0				D:\S5PXS01X.CMD			
TTY / AS 511 - INTERFACE (STANDARD)							
F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
PACKAGE	UTILITY	INFO	VERSION	INTERFACE	DRIVE	NEW SEL	RETURN

Figura 11. Pantalla de selección de opciones (KOMI).

Todo el software S5 que se utilice a partir de este punto se caracteriza por el uso de pantallas con una misma estructura. En la parte superior de la pantalla se indica en todo momento la función que se está realizando y la información, si es necesario, del archivo correspondiente. En la parte inferior se encuentra la región de diálogo con el usuario, compuesta básicamente de dos subregiones: el menú con la correspondencia de función-tecla de función; y la línea de avisos y mensajes de error. En la parte central de la pantalla se desarrolla propiamente la función de programación.

FUNCION				ARCHIVO			
MENSAJES							
F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
		M	E	N	U		

Figura 12. Estructura de las pantallas de STEP 5.

Nota: En todo momento de la programación se puede recurrir a la tecla de ayuda **HELP** que se encuentra en la parte superior derecha del teclado (F10).

Para desarrollar los programas de aplicación S5 en cualquiera de sus tres formas de representación se selecciona la opción LAD, CSF, STL que aparece en la pantalla KOMI.

A continuación aparece una pantalla denominada máscara de ajustes previos (PRESETS). En ella se fijan las condiciones de trabajo: nombre del archivo, tipo de representación, modo de operación, etc.

P R E S E T S				SIMATIC S5 / PES01			
REPRESENT. : (LAD, CSF STL)				PROGRAM FILE : D:#####STL.S5D [RV]			
SYMBOLS : (NO, YES)				SYMBOLS FILE :			
COMMENTS : (YES, NO)				FOOTER FILE :			
FOOTER : (NO, YES)				PRINTER FILE :			
CHECKSUM : (NO, YES)							
MODE : (OFF, ON)							
PATH NAME :				PATH FILE :			
F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
		SELECT			ENTER	INFO	

Figura 13. Máscara de ajustes previos (PRESETS).

S E L E C T F U N T I O N				SIMATIC S5 / PES01			
REPRESENT. : (LAD, CSF STL)				PROGRAM FILE : D:#####STL.S5D [RV]			
SYMBOLS : (NO, YES)				SYMBOLS FILE :			
COMMENTS : (YES, NO)				FOOTER FILE :			
FOOTER : (NO, YES)				PRINTER FILE :			
CHECKSUM : (NO, YES)							
MODE : (OFF, ON)							
PATH NAME :				PATH FILE :			
F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
INPUT	OUTPUT	TEST	PC FCT	PC INFO	PRESETS	AUX FCT	RETURN

Figura 14. Máscara de Selección de Funciones.

El nombre del archivo debe tener como máximo 6 caracteres. El tipo de representación se selecciona presionando la tecla F3.

El modo de operación tiene dos opciones ON y OFF. ON indica que la comunicación programador-PLC está activada y OFF que se encuentra desactivada. Al igual que para el tipo de representación, el modo de operación se selecciona con F3.

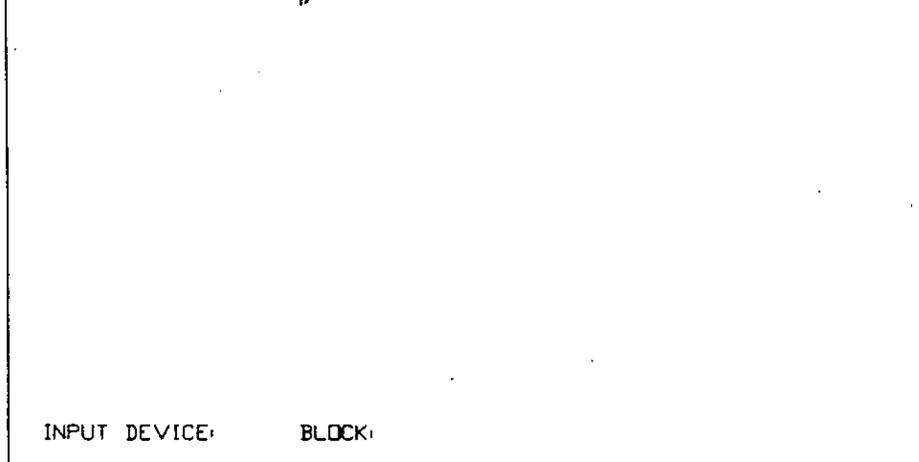
Una vez hechos y aceptados los ajustes de la máscara PRESETS aparece en la pantalla el menú principal LAD, CSF, STL. En este punto se puede ejecutar cualquier función disponible en el menú. Por ejemplo: F1 INPUT para empezar a crear un bloque; F2 OUTPUT para acceder un bloque anteriormente realizado; F3 TEST para probar el funcionamiento de bloques;; F8 RETURN para regresar a la pantalla KOMI.

– **Edición de un programa nuevo: modo INPUT.**

Para introducir un programa por primera vez se selecciona en el menú principal la opción F1 INPUT. Esta función tiene a su vez un submenú con las operaciones F1 BLOCK y F4 MASK. Con F1 se pasa a una pantalla donde se selecciona el dispositivo de entrada (PC = PLC, PG = programador o FD = disco duro o flexible), y el tipo y número de bloque a editar (OB, PB, etc.).

I N P U T				SIMATIC S5 / PES01			
F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
BLOCK			SCR FORM				RETURN

(a)



(b)

Figura 15. Acceso a modo INPUT (F1).

– Edición en representación CSF.

Para efectos de edición CSF, la pantalla está dividida en 8 niveles horizontales, donde puede situarse un símbolo funcional o un operando. Verticalmente no hay límite de niveles.

Los símbolos básicos que se utilizan son: compuertas AND y OR, complementados con Flip-Flops, Timers, Contadores.

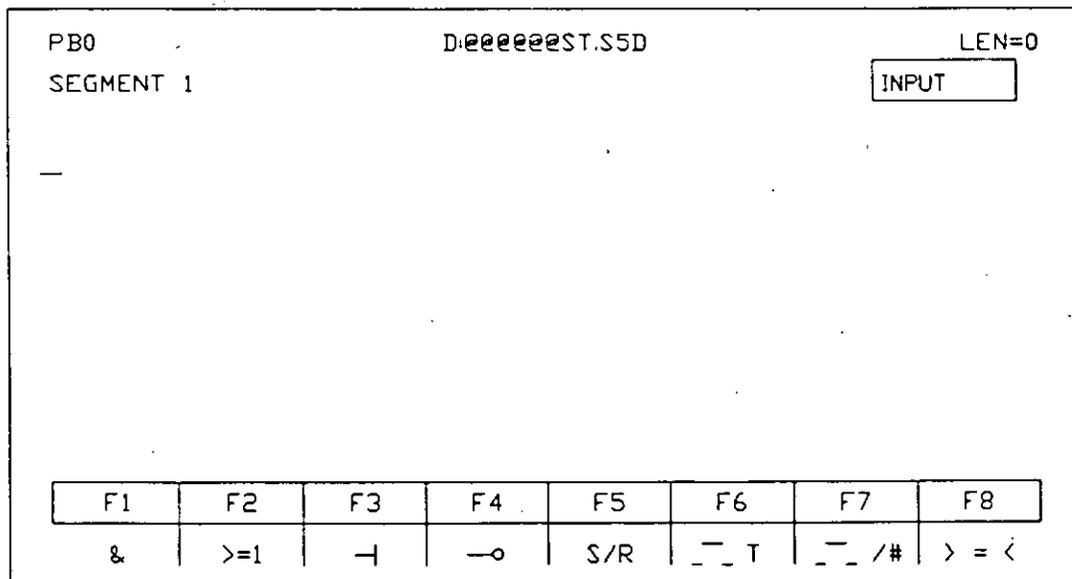


Figura 16. Pantalla de programación en CSF.

– Edición en representación LAD.

La pantalla en una representación LAD se encuentra dividida de la misma manera que para CSF. Los elementos eléctricos característicos de la representación LAD son contactos y bobinas. Los tipos de contactos con los que se cuenta son dos: normalmente cerrados y normalmente abiertos.

De la interconexión de contactos y bobinas se pueden realizar diferentes tipos de operaciones lógicas, como AND's y OR's, ya que los demás símbolos son similares, tanto en edición CSF como en LAD.

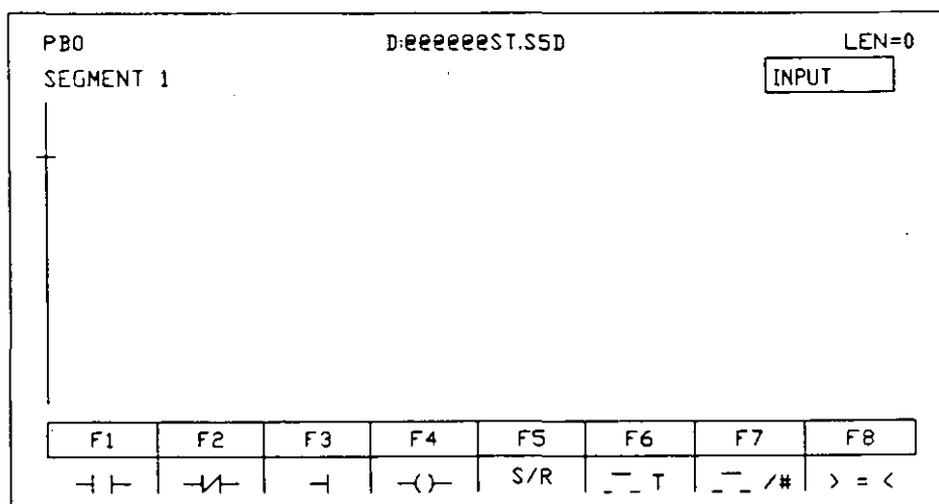


Figura 17. Pantalla de programación en LAD.

– Edición en representación STL.

Cuando se trabaja en representación STL, en lugar de utilizar gráficos se utilizan listas de instrucciones, esto es, mnemónicos similares a los que se utilizan en lenguaje ensamblador.

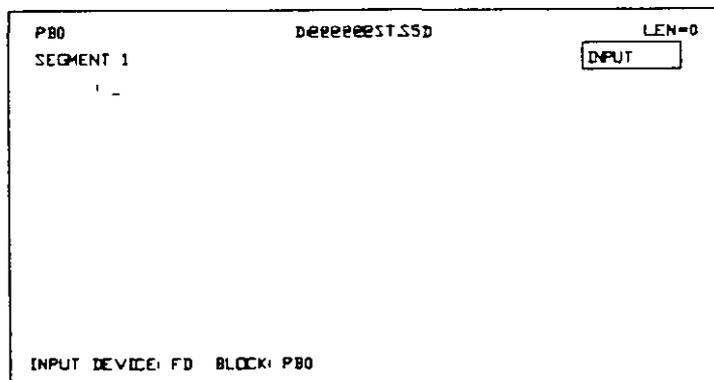


Figura 18. Pantalla de programación en STL.

hacer un corrimiento en numeración a los segmentos bajo el segmento insertado.

Para borrar segmentos de un programa ya creado se selecciona desde el menú principal el modo OUTPUT. Se posiciona el cursor al principio del segmento que se desea borrar y se oprime la tecla X, y el sistema pregunta si en realidad se desea borrar. Para aceptar el borrado del segmento se oprime la tecla de aceptación total.

– **Corrección de un segmento: modo CORRECT.**

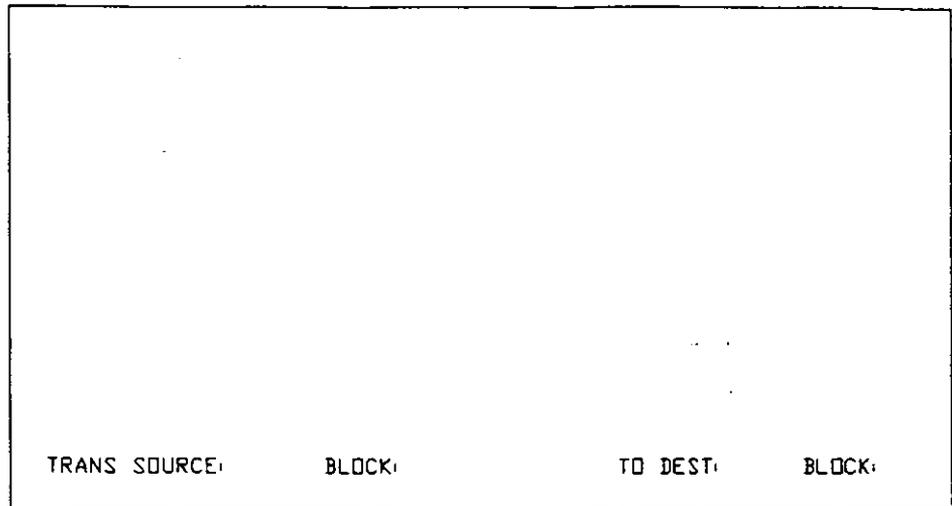
Para corregir segmentos de un programa ya creado se selecciona desde el menú principal el modo OUTPUT. Se posiciona el cursor en el segmento que se desea corregir y se presiona la tecla CORR. Se realiza la corrección del segmento. La corrección total debe aceptarse con la tecla de aceptación total.

– **Transferencia de un programa: modo TRANSFER.**

Para transferir un programa residente en disco duro o en disco flexible al PLC se selecciona desde el menú principal la función F7 AUX FCT (Funciones Auxiliares), el cual a su vez tiene un submenú conformado por la siguientes opciones: F1 TRANSFER, F2 DELETE, F3 DIR, F6 PRG FIL y F8 RETURN. Con F1 se pasa a una pantalla donde se piden fuente del programa, bloque a transferir, destino de transferencia y nombre del bloque en el destino. La transferencia es realizada cuando se escribe toda la información que el programador requiere y se presiona la tecla de aceptación total. La figura 20 muestra los pasos a seguir (por medio de pantallas) para realizar este procedimiento.

A U X I L I A R Y F U N T I O N S						S I M A T I C S 5 / D E S 0 A	
F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
TRANSFER	DELETE	DIR			PRG FILE		RETURN

(a)



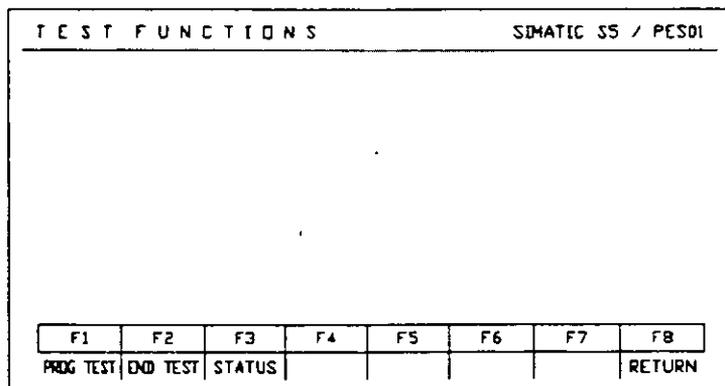
(b)

Figura 20. Máscara de Transferencia de un Programa.

– **Prueba de un programa: modo TEST/STATUS.**

El programador tiene una función que permite verificar el funcionamiento de un programa residente en el PLC. Esta función consiste en verificar en tiempo real el estado lógico de las diferentes señales involucradas en los bloques que conforman el programa.

Para entrar a dicha función es necesario localizarse en el menú principal y oprimir la función F3 TEST, la cual tiene un submenú con las opciones: F1 PRO CTRL, F2 PRO CTRL, F3 STATUS y F8 RETURN. Con F3 se pasa a una pantalla que pide la información del bloque y el segmento a analizar. Si no se da el número de segmento se empezará a partir del número 1. Con aceptación total se despliega el segmento del bloque solicitado. Dentro de esta función se tiene la posibilidad de realizar correcciones.



(a)

STATUS BLOCK:

SEARCH:

(b)

Figura 21. Función TEST/STATUS (F3).

– **Tipo de operaciones.**

Existen tres tipos de operaciones en STEP5:

- operaciones complementarias
- operaciones sistema
- operaciones básicas

– **Operaciones Complementarias.**

Las operaciones complementarias comprenden funciones complejas tales como instrucciones de sustitución, funciones de prueba de bit, operaciones de desplazamiento y transformación, las cuales sólo pueden programarse en STL.

– **Operaciones de Sistema.**

Las operaciones de sistema accesan directamente al sistema operativo, y también sólo son programables en STL.

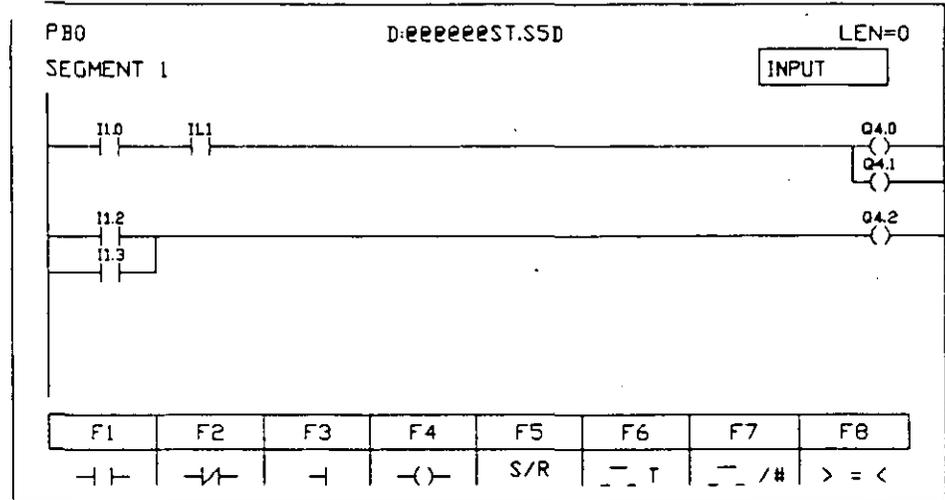
– **Operaciones Básicas.**

Las operaciones básicas comprenden funciones ejecutables en los diferentes tipos de bloques. Pueden ser programadas en los tres tipos de representación.

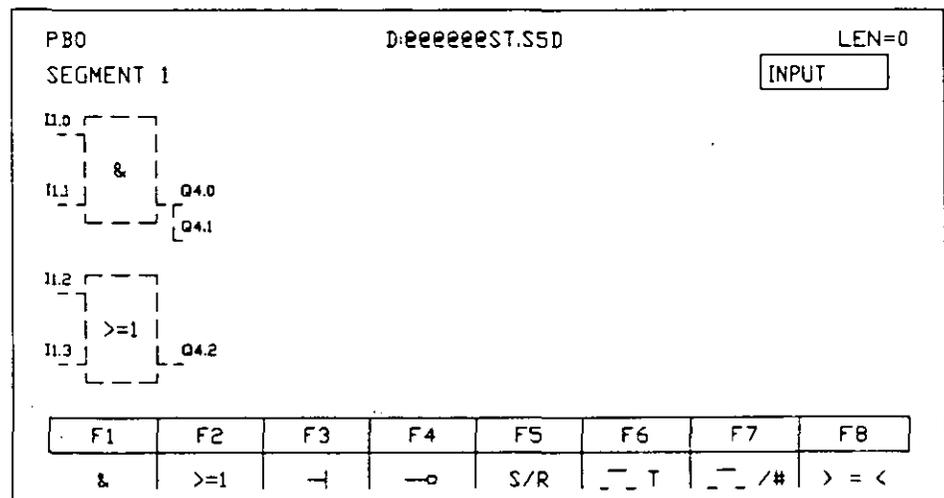
Las operaciones básicas de las tres representaciones son: AND, OR, funciones de memoria R-S, temporizadores, contadores y comparadores.

AND. Ejemplo de una AND en las tres representaciones se puede observar en las figuras 22(a), 22(b) y 22(c).

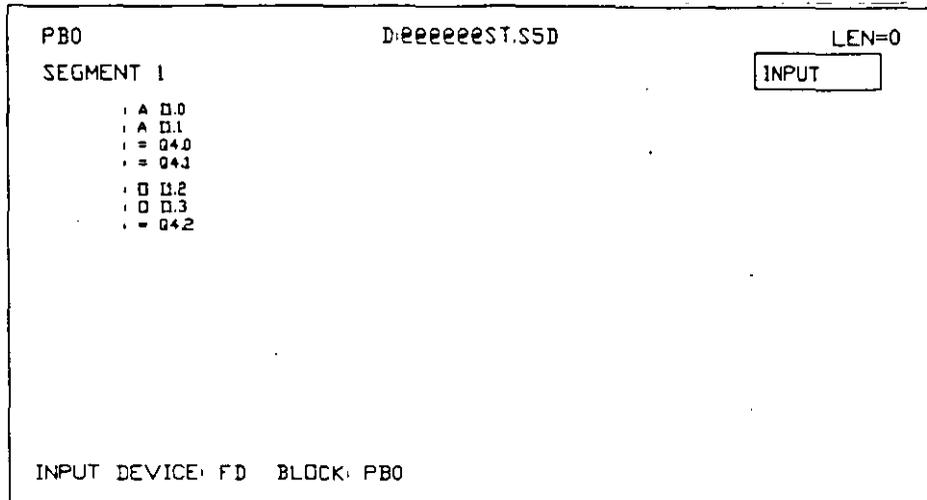
OR. Una OR se puede representar como se muestra en las figuras 22(a), 22(b) y 22(c).



(a) Formas de representación de una Compuerta AND y una OR en LAD.



(b) Formas de representación de una Compuerta AND y una OR en CSF.



(c) Formas de representación de una Compuerta AND y una OR en STL.

Figura 22. Formas de representación de una Compuerta AND y una OR.

Función de memoria R-S. La función de memoria R-S consiste en un flip-flop R-S que funciona con transición de estado bajo a alto. Este dispositivo cuenta con dos opciones de prioridad: prioridad al set y prioridad al reset.

La prioridad al set proporciona un "1" a la salida mientras el set este activado (estado lógico alto). Sin importar la entrada del reset.

La prioridad al reset proporciona un "0" a la salida mientras el reset este activado (estado lógico alto). Sin importar la entrada del set.

Su representación gráfica es la misma para CSF y LAD, mientras que para STL es necesario conocer las instrucciones necesarias para poder programarlo.

S	R	Q
0	0	Q_{t-1}
0	1	0
1	0	1
1	1	0

(a) Flip-Flop con prioridad al Reset

R	S	Q
0	0	Q _{n-1}
0	1	1
1	0	0
1	1	1

(a) Flip-Flop con prioridad al Set

Figura 23. Tablas de verdad de las funciones de memoria R-S.

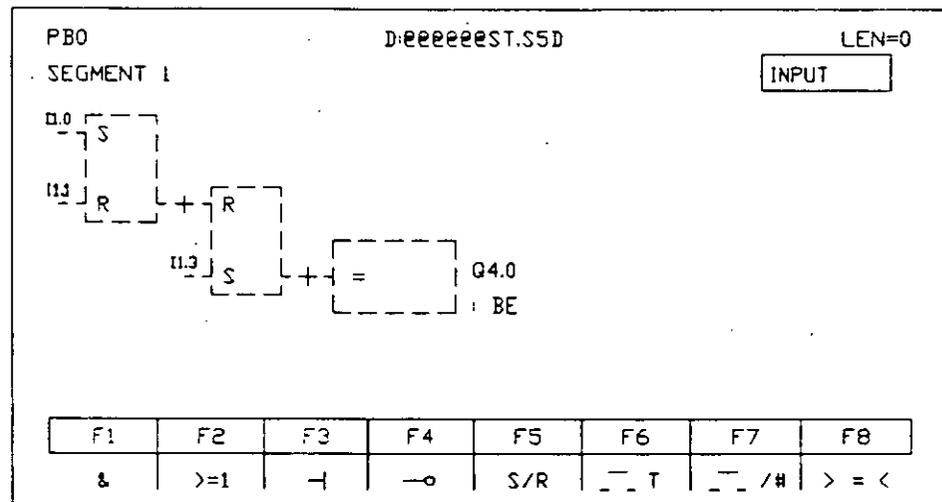


Figura 24. Funciones de memoria R-S.

Temporizadores (Timer's). Un temporizador es un dispositivo que funciona como reloj. La mitad de los que existen dentro del CPU son remanentes y la otra mitad no lo es.

Maneja los siguientes parámetros de programación:

- **I (arranque).** Sirve para inicializar el temporizador. Se habilita con transición bajo alto y tiene que ser una entrada tipo bit, ya sea entrada, salida o bandera.

- **TV (tiempo variable).** Proporciona el tiempo de conteo. Requiere una señal de entrada, la cual puede ser de tipo constante o tipo variable. La entrada de tipo constante tiene la forma $KT \#.*$, donde KT indica que es una entrada tipo constante, $\#$ puede tomar un valor de 0-999, y $*$ es un escalador que puede ir de 0-3 (0=0.01 s, 1=0.1 s, 2=1 s y 3=10 s). De tal forma, que el número $\#$ es multiplicado por $*$.

La entrada de tipo variable puede ser una DW (dato tipo palabra), IW (entrada tipo palabra), QW (salida tipo palabra), o FW (bandera tipo palabra).

- **R (reset)**. Pone en cero la salidas.

- **BI (cuenta binaria)**. Proporciona el conteo en forma binaria. Debe direccionarse a una señal tipo palabra.

- **DE (cuenta BCD)**. Proporciona el conteo en forma BCD. Debe direccionarse a una señal tipo palabra.

- **Q (salida)**. Proporciona un "1" cuando se está realizando el conteo y un "0" antes de empezar o después de terminar.

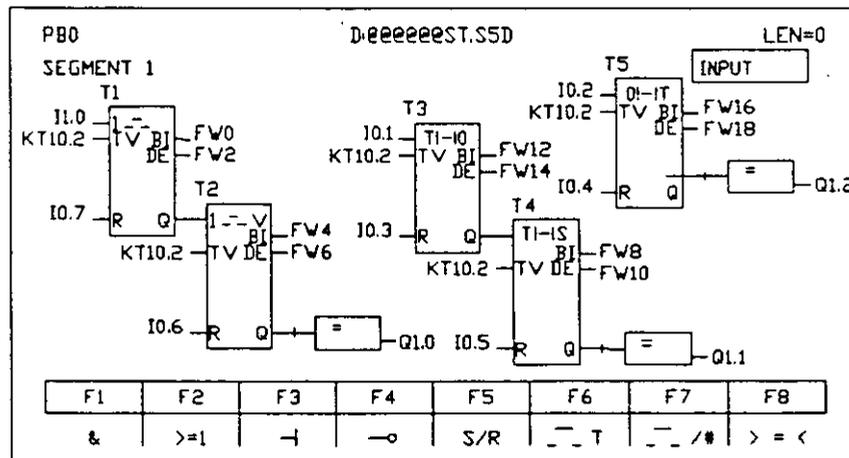


Figura 25. Bloque Temporizador

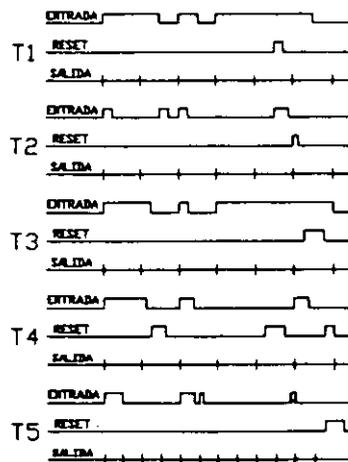


Figura 26. Diagrama de tiempo de los diferentes temporizadores

Existen 5 tipos de temporizadores:

- **SP (impulso)**. Mientras exista un "1" en el arranque el temporizador contará, en el momento que la señal de arranque pase a "0" se inicializará el temporizador. En caso de presentarse un reset el temporizador no contará hasta que se vuelva a arrancar.
- **SE (impulso prolongado)**. Funciona igual que el SP, pero no necesita que el pulso de arranque permanezca en "1" para seguir contando.
- **SR (retardo a la conexión)**. Funciona igual al SP, pero este empieza a contar después de transcurrir la constante de tiempo establecida.
- **SS (retardo a la conexión memorizada)**. Funciona igual que el SR, sólo que no requiere que el pulso de arranque permanezca en "1", durante el conteo.
- **SF (retardo a la desconexión)**. Funciona con un cambio de flanco alto bajo. No necesita que el pulso de arranque permanezca en "1".

Contadores. Es un dispositivo similar de conteo a los que se conocen de electrónica digital, y puede contar hacia adelante o hacia atrás. La mitad de los que existen dentro del CPU son remanentes y la otra mitad no lo es.

Para poder usarlo en forma adecuada es necesario programar los siguientes parámetros:

- **CU (Conteo hacia Adelante)**. Cuando se presenta una señal de tipo bit en la entrada CU, se incrementa la cuenta en 1 hasta un valor máximo de 999; después los cambios de estado en la entrada no afectan más. Esta función se habilita con un cambio de flanco positivo (de "0" a "1").
- **CD (Conteo hacia Atrás)**. Cuando se presenta una señal de tipo bit en la entrada CD, se decrementa la cuenta en 1 hasta un valor mínimo de 0; posteriormente los cambios de estado en la entrada no afectan más. Esta función se habilita con un cambio de flanco positivo (de "0" a "1").

- **S (Carga del Contador).**

- **R (Borrado del Contador).** Sirve para borrar la cuenta existente en el contador, tiene prioridad, ya que mientras exista un 1 en la entrada "R" no se efectúa ninguna función de conteo.

- **BI (Conteo Binario).** Guarda la cuenta en forma binaria, por lo cual se direcciona a una señal tipo palabra.

- **DE (Conteo en BCD).** Proporciona el conteo en forma codificada BCD, por lo cual se requiere direccionar como una señal tipo palabra.

- **Q (Salida).** Proporciona un 1 cuando se realiza la cuenta, en algún otro caso se tiene un 0.

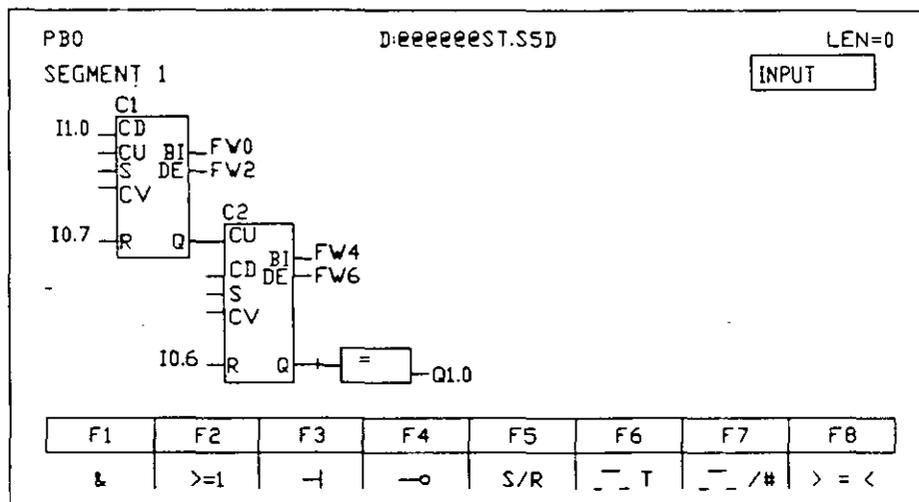


Figura 27. Bloque contador

Comparadores. Esta función como su nombre lo indica sirve para "comparar" el estado de un par de señales, que pueden ser del tipo byte o del tipo palabra, sin importar si son entradas, salidas o banderas.

Un comparador requiere de los siguientes parámetros para funcionar:

- **C1 (valor 1).** Es el valor (tipo byte o palabra) que se va a comparar contra C2.

- **C2 (valor 2)**. Es el valor (tipo byte o palabra) contra el que se va a comparar C1.

- **Q (salida)**. Proporciona el resultado de la comparación entre C1 y C2.

Existen diferentes criterios de comparar las señales:

- **!= (igual)**. En este caso la salida proporciona un 1 sólo si el par de señales en las entradas son iguales, en cualquier otro caso la salida es 0.

- **< > (distinto)**. Existe un 1 en la salida cuando el par de señales son diferentes, de alguna otra forma la salida es 0.

- **> = (mayor-igual)**. La salida será igual a 1 en el caso en que el valor de C1 sea mayor o igual al valor de C2, de no ser así la salida será 0.

- **> (mayor)**. Se tendrá un 1 en la salida en el caso de que C1 sea mayor a C2, de otra manera la salida será 0.

- **< = (menor-igual)**. La salida será igual a 1 en el caso en que el valor de C1 sea menor o igual al valor de C2, de no ser así la salida será 0.

- **< (menor)**. Se tendrá un 1 en la salida en el caso de que C1 sea menor a C2, de otra manera la salida será 0.

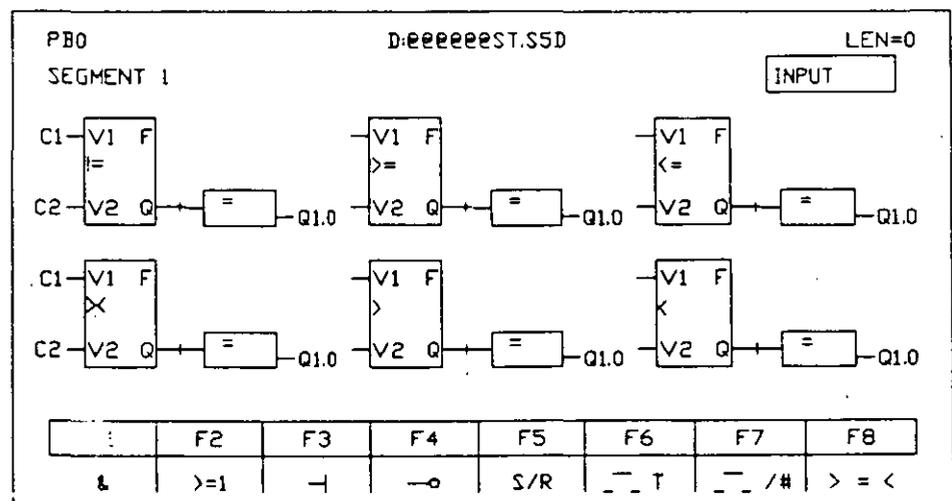


Figura 28. Bloque comparador

CAPITULO 7

APLICACIONES DE LOS CONTROLADORES LOGICOS PROGRAMABLES

Areas Típicas de Aplicación de los Controladores Lógicos Programables

Desde su concepción primaria al final de la década de los años 60 los controladores programables, han sido utilizados prácticamente en todo tipo de industrias. Esto quizá se deba a la facilidad que brindan en su instalación, manejo y programación. Enseguida se listan algunas de las áreas de aplicación:

Industria Química y Petroquímica

- Procesos en lote
- Manejo de materiales
- Pesado
- Mezclado
- Manejo de productos terminados
- Tratamiento de aguas residuales
- Control de tuberías
- Perforación de pozos

Industria Manufacturera y de Maquinado

- Demanda de energía
- Maquinado en tornos
- Bandas transportadoras
- Máquinas de ensamblado
- Molinos
- Desbastado de materiales
- Manejo de grúas viajeras
- Galvanoplastia (electrodeposición)
- Máquinas soldadoras

Pintado
Moldeo por inyección y soplado
Fundición

Industria Minera

Bandas transportadoras de materiales
Procesamiento de minerales
Carga y descarga
Manejo de aguas residuales

Industria de la Pulpa y el Papel

Digestores en lote
Manejo de astillas
Recubrimientos
Empacado y sellado.

Industria del Vidrio y Películas

Proceso
Formado
Acabado
Empacado y sellado
Paletizado
Manejo de materiales
Pesado en tolvas

Industria Alimenticia y de Refrescos

Manejo de materiales en masa
Industria cervecera
Destilado
Mezclado de fluídos
Manejo de contenedores
Empacado

Llenado
Pesado
Manejo de productos
Bandas ordenadoras
Bandas acumulativas
Carga de formado
Paletizado
Retiro y almacenamiento en bodegas de materia prima
Enlatado

Industria Metalúrgica

Control de hornos de arco
Formado continuo
Rolado en frío
Cámaras de hidratación (Soaking pit)

Generación de Energía Eléctrica

Manejo de carbón
Control de quemadores
Control de combustibles
Separadores de carga
Ordenadores
Procesos de soplado
Desvastado de madera
Cortadores longitudinales

Aplicaciones Específicas

Industria Hulera y del Plástico

Monitoreo de prensas de neumáticos.- El controlador programable lleva a cabo por tiempo el monitoreo de presión y temperatura en forma individual de las prensas, durante el ciclo de prensado de neumáticos. La información concerniente al estado de las máquinas se almacena en tablas, para su posterior uso, a la vez que alerta al operador acerca del mal funcionamiento de las prensas. También genera reportes impresos para cada ciclo, donde se resume las veces en las que el ciclo se terminó satisfactoriamente, así como los tiempos en que la prensa dejó de operar debido a mal funcionamiento.

Fabricación de neumáticos.- En este caso el PLC se puede utilizar en el proceso de curado y prensado de neumáticos, para controlar la secuencia de eventos que deben ocurrir para transformar la materia prima (caucho) en neumáticos listos para ser montados en automóviles. Dicho control incluye el moldeo del patrón de cuerdas y curado del caucho para obtener las características de resistencia al camino. La aplicación del controlador programable reduce sustancialmente el espacio físico requerido e incrementa la confiabilidad y la calidad del producto.

Producción de caucho.- Un controlador programable dedicado provee un control preciso de peso, de las funciones lógicas de mezclado, control la fórmula múltiple de operación del carbón negro, así como la aplicación de aceite y pigmentos usados en la producción de caucho. El sistema maximiza la utilización de las máquinas-herramientas durante la secuencia de producción, así como poder llevar a cabo inventarios en línea, con lo que se ahorra tiempo y se reduce el personal requerido para supervisar la producción evitando la generación manual de reportes al final de cada turno.

Moldeo por inyección de plástico.- El controlador programable se emplea para monitorear variables tales como temperatura y presión, las que son usadas para optimizar el proceso de moldeo por inyección. El sistema provee control de inyección en lazo cerrado, tal que se pueden tener varios niveles de velocidad para mantener un llenado consistente, reduciendo los defectos superficiales y el esfuerzo requerido lo que se traduce en una reducción en el tiempo del ciclo. El sistema también puede acumular datos producción para uso futuro.

Industria Química y Petroquímica

Procesamiento de amoníaco y etileno.- Los controladores programables en este caso monitorean y controlan grandes compresores, que se usan para la manufactura de amoníaco, etileno y otros productos químicos. También se emplean para monitoreo de la temperatura en rodamientos, velocidad de compresores, consumo de potencia, vibración, temperaturas de descarga, presión, flujos de succión y consumo de gases combustibles.

Colorantes (dyes).- Los PLC's monitorean y controlan el procesamiento de colorantes utilizados en la industria textil. Estos proveen un procesamiento preciso de mezclado e igualado de colores.

Reactores continuos en lote.- El PLC controla la relación de dos o más materiales en proceso continuo. El sistema determina la razón de descarga de cada material, así como, lleva a cabo registro de información para inventario y de otros datos de interés. Se pueden almacenar también recetas, las cuales pueden ser reutilizadas automáticamente o por orden del operador.

Control de ventiladores.- El controlador programable opera automáticamente los ventiladores en medios ambientes con atmósferas peligrosas, basándose en los niveles de gases tóxicos. El sistema también provee mediciones efectivas de gases de expulsión cuando un nivel previamente establecido de contaminación se alcanza. También el PLC controla el arranque y paro de ventiladores, así como ciclos preestablecidos de los mismos, además de la velocidad, para mantenerla dentro de ciertos niveles cuando se trata de minimizar el consumo de energía.

Transmisión y distribución de gas.- En este caso el controlador programable monitorea y regula la presión y flujo en sistemas de transmisión y distribución de gases, también puede ser utilizado como colector de datos y mediciones de campo.

Perforación en campos petroleros.- El PLC provee in-situ información acerca de las características tales como, profundidad del pozo y densidad de los lodos extraídos una vez que ha procesado las mediciones de campo. También controla y monitorea las maniobras y operaciones en el proceso de

perforación, pudiendo avisar al operador de cualquier posible mal funcionamiento.

Control de estaciones de tuberías de bombeo.- El PLC controla las bombas principales y de succión empleadas en la distribución de petróleo crudo. También puede llevar a cabo mediciones de flujo, succión, descarga y límites altos o bajos en tanques (sólo por mencionar algunas tareas). También puede establecer comunicación con sistemas SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) para tener una supervisión total de las tuberías.

Generación de Energía Eléctrica

Plantas generadoras.- El controlador programable regula la apropiada distribución de la electricidad disponible, gas o vapor. Adicionalmente, el PLC monitorea las facilidades de potencia en la planta, la distribución de energía y puede generar reportes de la misma. El PLC controla la carga durante la operación de la carga, así como, también el proceso automático de tirar carga y reestablecimiento durante salidas de la misma.

Manejo de energía.- A través de la lectura de temperaturas en el interior y exterior de la planta el PLC controla los sistemas de aire acondicionado. El sistema basado en el PLC controla las cargas, pudiendo llevar a cabo ciclos preestablecidos de encendido y apagado de los sistemas de aire acondicionado, pudiendo generar reportes de la cantidad de la energía utilizada por dichos sistemas.

Proceso de pulverización de carbón.- El controlador puede monitorear que tanta energía se genera a partir de una cantidad dada de carbón y regula el triturado y mezclado del mismo en los molinos de bolas. El PLC monitorea y controla a los quemadores, así como, la temperatura en los generadores de vapor, el secuenciado de válvulas y el control analógico de las válvulas a chorro (jet).

Control de eficiencia de compresores.- El PLC controla varios compresores localizados en estaciones típicas de estos. El sistema maneja los interlocks, las secuencias de arranque y paro, los ciclos de los compresores y los mantiene trabajando a su máxima eficiencia utilizando las curvas no lineales de dichos compresores.

Industria Metalúrgica

Producción de acero.- El PLC controla y opera a los altos hornos a fin de que estos produzcan el metal con las especificaciones preestablecidas. El controlador también calcula los requerimientos de oxígeno, adición de chatarra y requerimientos de potencia.

Cargado y descargado de altos hornos.- A través de secuencias precisas de pesado y cargado de materiales el sistema controla y monitorea la calidad del carbón, chatarra y metales a ser fundidos. También puede ser controlada la secuencia de descarga del acero en carros torpedo.

Formado continuo.- El controlador programable direcciona el acero al rojo vivo a través de las guías de transporte hacia las máquinas de formado continuo, donde el acero es vaciado en moldes con agua fría para su solidificación.

Rolado en frío.- Los PLC's en este caso son utilizados para la conversión de productos semiterminados en productos terminados a través de las máquinas de rolado en frío. El sistema controla la velocidad de los motores para garantizar la tensión correcta y proveer un adecuado perfil del material rolado.

Manufactura de aluminio.- El controlador monitorea el proceso de refinación en el que son retiradas las impurezas de la bauxita mediante calor y químicos. El sistema puede mezclar y pulverizar el metal con químicos que posteriormente son bombeados hacia recipientes presurizados, donde son calentados, filtrados y combinados con más químicos para producir el aluminio.

Industria de la Pulpa y el Papel

Mezclado de pulpas.- El PLC controla la secuencia de operación, medición de las cantidades de los ingredientes, así como, de almacenar las recetas para el proceso de mezclado. El sistema permite al operador modificar las entradas de los lotes de cada una de las cantidades, si es necesario, y proporciona reportes impresos para el control de inventarios y para el conteo de ingredientes utilizados.

Preparación de materias primas para el proceso de fabricación del papel.- Este tipo de aplicaciones incluye el control del sistema de

preparación de pulpa para la fabricación de papel. Los procedimientos a seguir para cada uno de los tanques se seleccionan y ajustan desde la consola del operador. El sistema también puede controlar la lógica de realimentación para la adición de químicos basándose en las mediciones de nivel de los tanques. Al término de cada ciclo completo el controlador programable puede proporcionar reportes de manejo y uso de materiales.

Digestores de papel.- Sistemas basados en PLC's llevan a cabo completamente el control de los digestores de pulpa para el proceso de pulpa de papel a partir de astillas de madera. El sistema calcula y controla la cantidad de astillas tomando como base la densidad de la mezcla y el volumen del digestor, también calcula el porcentaje de los licores de cocción y las cantidades requeridas se alimentan en secuencia. El PLC aumenta y mantiene la temperatura de cocción hasta que dicho proceso se ha completado. Toda la información concerniente al proceso es transmitida hacia el PLC para posteriormente generar reportes.

Producción de papel.- El controlador regula la base de peso promedio y humedad para el grado (peso) del papel. El sistema manipula las válvulas de vapor, ajusta las válvulas stock para regular el peso, así como monitorea y controla el flujo total.

Industria de Procesamiento del Vidrio

Mezclado de materias primas.- Los PLC's controlan el pesado de materias primas de acuerdo con las fórmulas de composición del tipo de vidrio que se desee producir. El sistema también controla a los alimentadores electromagnéticos, ya sea para depositar o extraer material de la tolvas de pesado.

Pesado del cullet (pedacería de vidrio).- Los PLC's direccionan los sistemas de pedacería de vidrio controlando los alimentadores vibratorios así como las básculas de banda y las bandas transportadoras. Todas las secuencias de operación e inventario de las cantidades pesadas son almacenadas en el PLC para su uso posterior.

Industria Automotriz

Monitoreo de máquinas de combustión interna.- El sistema adquiere información de los sensores localizados en las máquinas de combustión interna entre las que se pueden considerar, la temperatura del agua de enfriamiento, temperatura de aceite, velocidad angular, par, temperatura de gas de expulsión, presión de aceite, presión en el cigüeñal y tiempo de la máquina.

Prueba de carburadores.- Los PLC's proveen un análisis en línea para carburadores de automóviles en el ensamble. Estos sistemas reducen significativamente el tiempo de prueba, mientras que pueden asegurar un alto nivel de calidad de los carburadores. Algunas de las variables bajo prueba son: presión, vacío, así como el flujo de aire y combustible.

Industria Manufacturera y de Maquilado

Producción de máquinas.- El PLC controla y monitorea la producción de máquinas a altas tasas de rendimiento. El estado de la máquina y el conteo de piezas producidas también se monitorea y se pueden tomar acciones correctivas de manera inmediata si una falla es detectada por el controlador.

Máquinas embobinadoras.- El controlador monitorea el tiempo de los ciclos de encendido y apagado de la máquina embobinadora. El sistema provee el control de sincronización y aumento de velocidad de los drivers de los motores. Todos los ciclos son registrados y se generan reportes sobre la demanda, a fin de obtener la eficiencia de la máquina que previamente ha calculado el PLC.

Intercambio de herramientas de corte.- El PLC controla una máquina de desbastado de metales que cuenta con varios grupos de herramientas de corte. El sistema mantiene la secuencia de cuando es necesario que la herramienta sea reemplazada, tomando como base el número de partes a manufacturar. También puede mostrar la cuenta y número de reemplazos de todos los grupos de herramientas de corte.

Pintado con pistolas de aire.- Los PLC's controlan la secuencia de pintado en armadoras de vehículos automotores. La información de color y estilo es alimentada por el operador y los vehículos transitan a lo largo de una banda transportadora hasta que alcanzan la pistola de aire. El controlador decodifica la información referente a las partes del vehículo y controla las pistolas de aire para que dichas partes sean pintadas. El movimiento de la

pistola de aire se optimiza para mantener un pintado uniforme de todas las partes.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

INSTRUMENTACION ELECTRONICA DE PROCESOS INDUSTRIALES

TEMA:

CONTROLADORES INTELIGENTES.

ING. RICARDO GARIBAY JIMENEZ.

3.1.3 .- TRANSMISOR DE PRESIÓN INTELIGENTE LD301 DE SMAR.

Es un transmisor de 2 hilos diseñado para aplicaciones de control de procesos, genera una señal estándar de corriente de 4 a 20 mA proporcional o caracterizada a la presión diferencial que se le aplique. Dicha señal se transmite por un par de alambres torcidos a través de largas distancias, limitadas por la resistencia de los alambres y la carga del transmisor. Se proporciona también en el transmisor comunicación digital para calibración y monitoreo remotos, sobreponiendo la señal digital al mismo par de alambres que mandan la señal estándar de corriente. El LD301 utiliza como principio de medición la técnica de sensado por capacitancia, mejorada por electrónica basada en microprocesadores.

El transmisor consiste de 2 partes principales: una celda de variación de capacitancia (sensor) y el circuito electrónico.

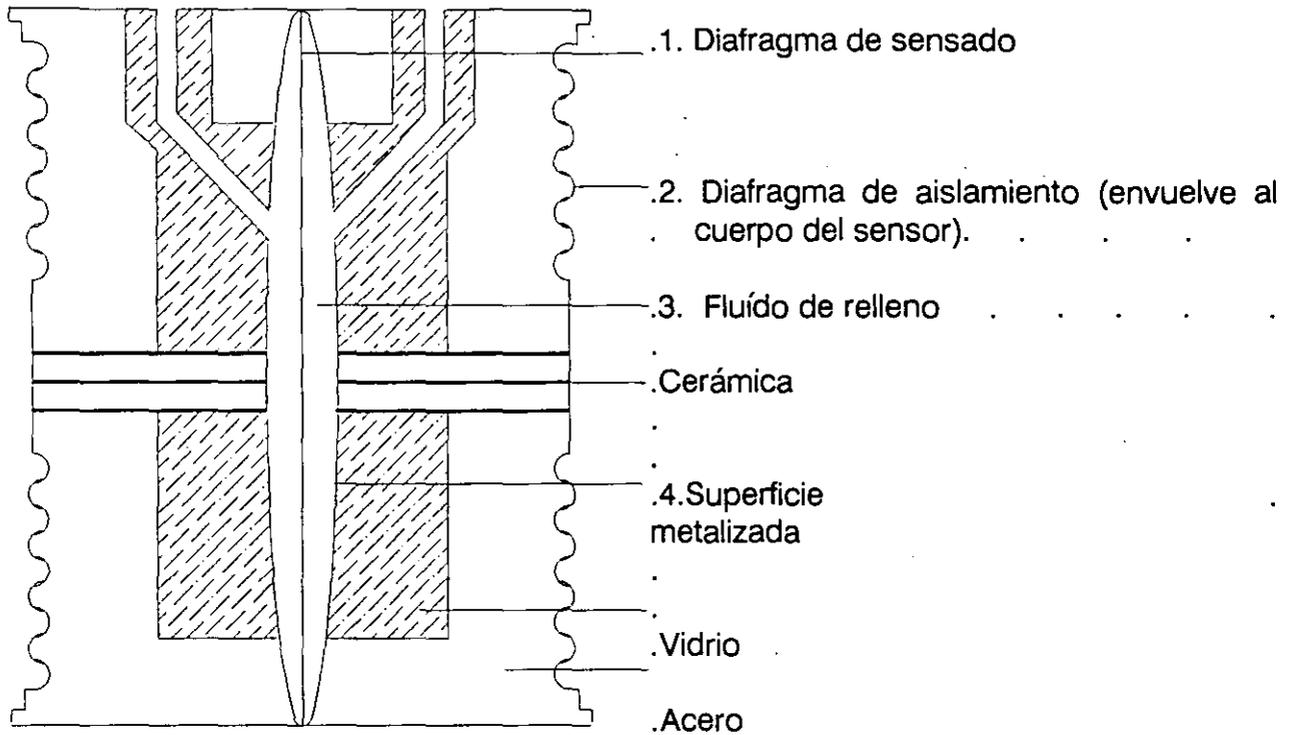


Fig. 11.- Sensor del LD301 (Celda de variación de capacitancia).

Sensor. Es mostrado en la figura 11; el diafragma de sensado (1) se localiza en el centro de la celda de capacitancia; éste se desvía por efecto de la diferencia entre las presiones aplicadas a los lados izquierdo y derecho del sensor; las presiones son directamente aplicadas a los diafragmas aislantes (2), que como su nombre indica proporcionan aislamiento y resistencia contra la corrosión por fluido de proceso; esto se aprecia con más detalle en la figura 12. La presión es transmitida al diafragma de sensado a través del fluido de relleno (3). El diafragma de sensado es también una placa - capacitor movable, y las 2 superficies metalizadas (4) son placas fijas; con esto, la desviación del diafragma provoca una variación en las capacitancias entre las placas

fijas y la placa movable antes mencionadas. En la figura 12 se tiene el esquema de funcionamiento del sensor, donde:

P1 y P2 son las presiones aplicadas y $P1 \geq P2$.

CH = Capacitancia (alta) entre la placa fija en el lado de P1 y el diafragma sensor.

CL = Capacitancia (baja) entre el plato fijo en el lado de P2 y el diafragma sensor.

d = Distancia entre las placas fijas de CH y CL, respectivamente.

Δd = Desviación del diafragma sensor debido a la presión diferencial $\Delta P = P1 - P2$.

Sabiendo que la capacitancia de un capacitor con placas planas paralelas puede ser expresada como una función del área de placa (A) y distancia (d) entre placas, se determina como:

$$C = \frac{\epsilon A}{d}$$

Donde ϵ = constante dieléctrica del medio entre las placas del capacitor.

CH y CL deben ser consideradas como capacitancias de placas paralelas y planas con áreas idénticas, entonces:

$$CH = \frac{\epsilon A}{\frac{d}{2} + \Delta d} \quad y \quad CL = \frac{\epsilon A}{\frac{d}{2} - \Delta d}$$

No obstante, la presión diferencial ΔP aplicada a la celda capacitiva no debe desviar el diafragma sensor mas allá de $d/4$. Es posible asumir que ΔP es proporcional a Δd , esto es:

$$\Delta P \propto \Delta d$$

Desarrollando la expresión $(C_L - C_H)/(C_L + C_H)$ resulta que:

$$\frac{C_L - C_H}{C_L + C_H} = \frac{2\Delta d}{d}$$

Como la distancia d entre las placas fijas C_H y C_L es constante, la expresión $(C_L - C_H)/(C_L + C_H)$ es proporcional a Δd y, por lo tanto, a la presión diferencial medida.

Con ésto se concluye que la celda capacitiva es un sensor de presión formada por 2 capacitores ("alto " y " bajo", en la figura 12) cuyas capacitancias varían de acuerdo con la presión diferencial aplicada.

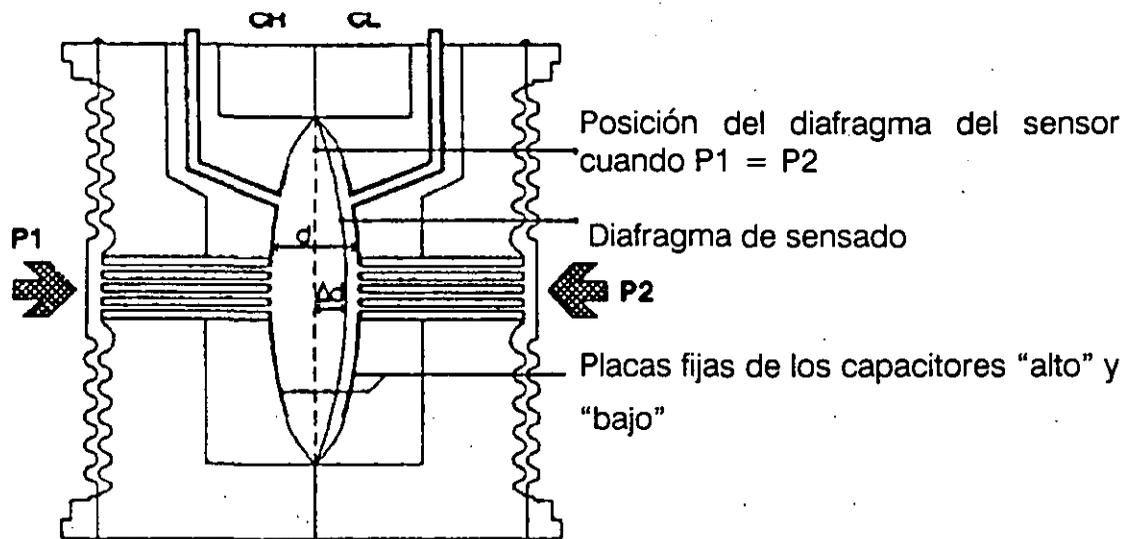


Fig. 12.- Esquema del funcionamiento del sensor.

Circuito electrónico. Mide la variación de la capacitancia entre las placas fijas y móviles del sensor y genera una señal de 4 a 20 mA que puede ser proporcional a la presión diferencial aplicada o caracterizada como una función especial a ella; la figura 13 muestra su diagrama de bloques. Sus partes son las siguientes:

Oscilador, que genera una frecuencia en función de la capacitancias del sensor.

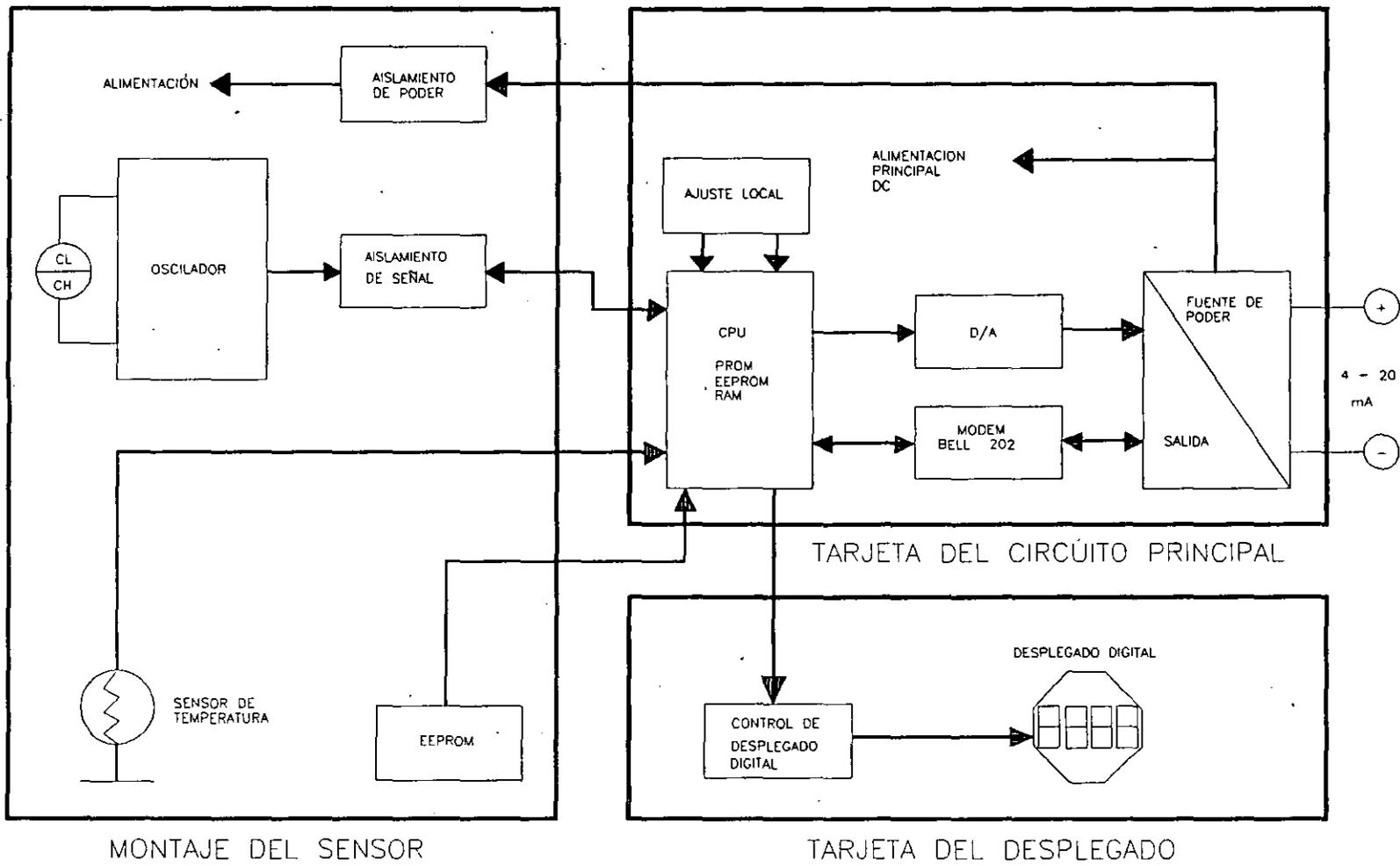


Fig. 13.- Diagrama de bloques del transmisor LD301.

Aislador de señal; aquí la señal del oscilador es transferida a través de un transformador y las señales de control del CPU se transfieren a través de optoacopladores.

CPU (unidad central de procesamiento, siglas en inglés), que es la parte inteligente del transmisor, responsable de la dirección y operación de los otros bloques del circuito, linealización y comunicación, su programa se almacena en una memoria PROM interna; para almacenamiento temporal de datos hay también una memoria RAM interna cuyos datos se borran si se quita la alimentación al transmisor. además de esto contiene otra memoria EEPROM no volátil donde los datos se pueden guardar al ser almacenados. Dichos datos pueden ser calibración, configuración o identificación.

Otra EEPROM se localiza dentro del montaje del sensor y contiene datos pertenecientes a las características de los sensores a diferentes presiones y temperaturas. Esto está dado por el fabricante para cada sensor.

Convertidor D/A (digital analógico), que convierte los datos del CPU a una señal analógica con 12 bits de resolución.

Salida, controla la corriente en la línea que alimenta a los transmisores; actúa como una carga resistiva variable cuyo valor depende de el voltaje del convertidor D/A.

Modem, que modula y demodula las señales de comunicación en la línea de corriente; un "1" se representa por 1200 Hz y un "0" se representa con 2200 Hz. La señal de frecuencia es simétrica y no afecta el nivel de la señal de 4-20 mA.

Fuente de poder, toma potencia de la línea de realimentación interna (ver el diagrama de bloques) para accionar la circuitería del transmisor, limitada la corriente a 3.9 mA. No debe confundirse con la alimentación DC principal para todo el dispositivo.

Aislamiento de poder, que aísla la alimentación a la sección de entrada, se logra convirtiendo la alimentación de DC principal en una fuente de AC de alta frecuencia y separándola con un transformador.

Control de desplegado, recibe datos del CPU para visualizar la información en el desplegado (display) de cristal líquido, comandando las señales de control de sus segmentos.

Ajuste local. Dos interruptores que son activados magnéticamente pueden ser activados por su herramienta magnética sin contacto mecánico o eléctrico.

Con los datos anteriores, se simplifica la comprensión del funcionamiento del transmisor. Después de que el sensor envía la información de la presión diferencial vía sus capacitancias, el oscilador manda una frecuencia como función de ellas, cuya señal

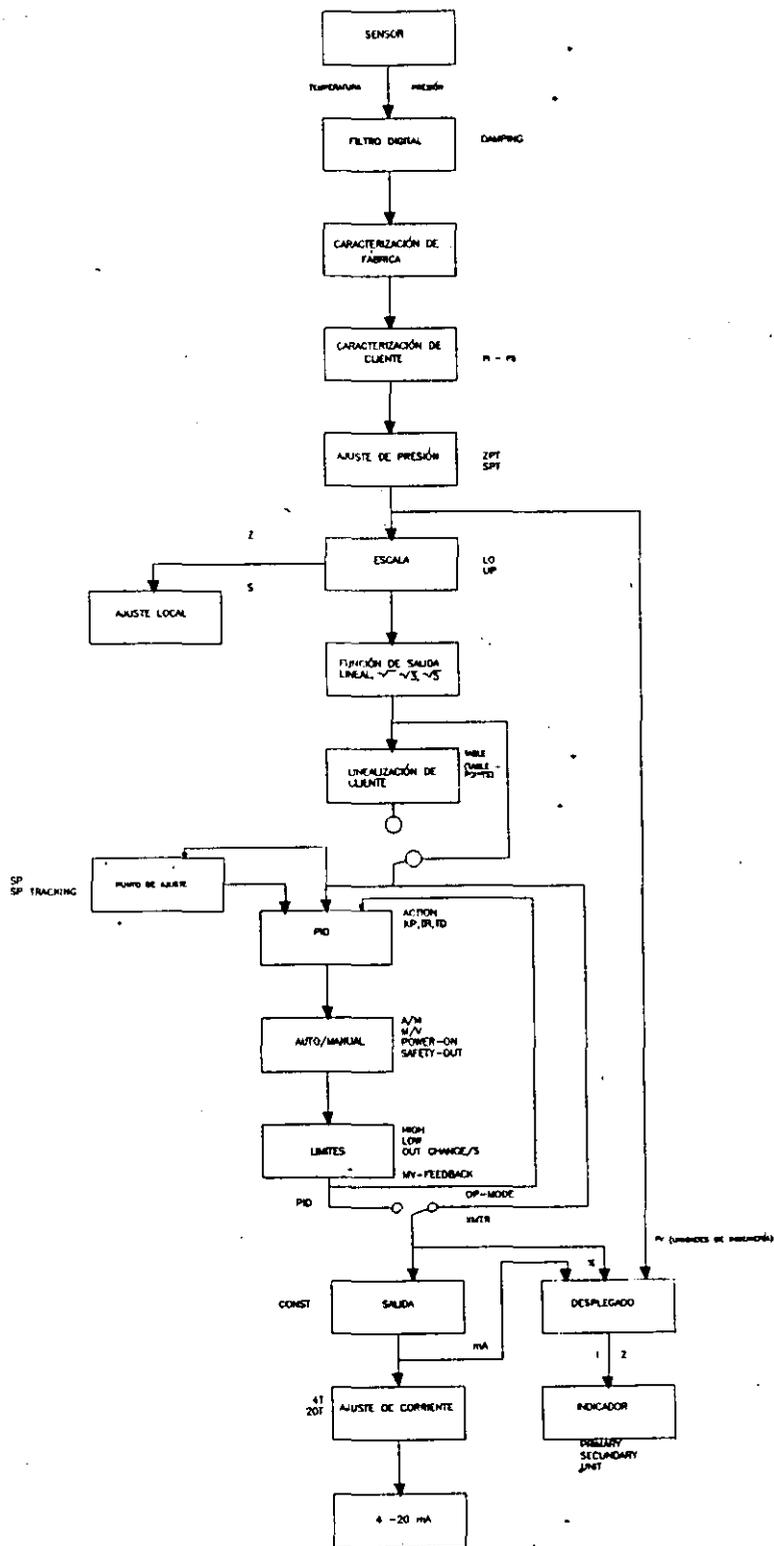


Fig. 14.- Diagrama de bloques del software para el transmisor LD301

se envía por medio de un transformador en el aislador de señales al CPU. Este dispositivo procesa dicha señal mediante la información de la EEPROM externa y el algoritmo programado en el mismo CPU, de aquí la información ya digitalizada y procesada se manda a un convertidor D/A que la vuelve de nuevo analógica y finalmente se va al bloque de salida, bajo supervisión a todo el instrumento de los bloques correspondientes (aislamiento de poder, desplegado digital, modem, etc) que la convierte en la señal estándar de 4-20 mA utilizada en sistemas de control con la señal digital de comunicación montada en ella.

El sensor de temperatura es para compensar las variaciones de temperatura, con ayuda del CPU.

Software y descripción funcional. Su diagrama de bloques se muestra en las figuras 14a y 14b; se divide en las siguientes partes:

Caracterización de fábrica, que calcula la presión real de las capacitancias y las lecturas de temperatura obtenidas del sensor correspondiente, usando los datos de caracterización almacenados en la EEPROM del montaje del sensor mencionado anteriormente.

Filtro digital, que es del tipo paso-bajas, con constante de tiempo ajustable; se usa para alisar (damping) las señales con interferencia.

Caracterización del cliente, aquí los puntos de ajuste para caracterización (P1 y P5; en la figura 14a) se pueden usar para complementar la caracterización original de los transmisores.

Ajuste de presión, Los valores obtenidos por ajuste de presión a valor cero y ajuste de presión a valor superior se usan para corregir al transmisor por la desviación de período largo o el cambio de la lectura del valor cero o del valor superior debidos a la instalación o a una sobrepresión.

Escalamiento, para poner los valores de presión correspondientes a la salida de 4-20 mA en el modo de transmisor o la variable de proceso de 0 a 100 % en el modo de control PID. En el modo transmisor, el valor inferior es el punto que corresponde a 4 mA y el valor superior es el punto correspondiente a 20 mA; para control PID el inferior es 0% y el superior es 100%

Función, aquí dependiendo de la aplicación, la salida del transmisor tiene las siguientes características según la presión aplicada: lineal para presión absoluta, diferencial y medición de nivel, raíz cuadrada para medición de flujo con presión diferencial y raíz cuadrada de la tercera o quinta potencia para flujo en canales abiertos.

Linealización de cliente, relaciona la salida con la entrada según la una tabla de búsqueda de 2 a 16 puntos, la salida es calculada por la interpolación de tales puntos.

Los puntos se dan en la función de puntos de tabla (TABLE POINTS) en porciento de la escala (Xi) y en porciento de la salida (Yi); se usa esto para linealizar, por ejemplo, una medida de nivel o para corregir un número de Reynolds variable.

Punto de ajuste. Se ajusta en la función INDIC. y se puede activar el seguimiento del mismo con la función correspondiente en el transmisor (SP-TRACKING).

PID, esta función es para el transmisor trabajando como controlador. La acción directa o inversa se define en la función ACTION.

Auto/manual. En el modo manual la variable medida para la función como controlador se ajusta para la escala desde el límite bajo al alto en la función INDIC., aquí la opción de prendido (POWER-ON) se usa para determinar en qué modo el controlador se pone al prenderlo.

Límites, este bloque se asegura de que la variable medida no va más allá de los límites establecidos en las funciones nivel bajo y nivel alto, se asegura de que la razón de cambio en modo controlador no se exceda de un valor puesto en la función correspondiente (OUT-CHG/S).

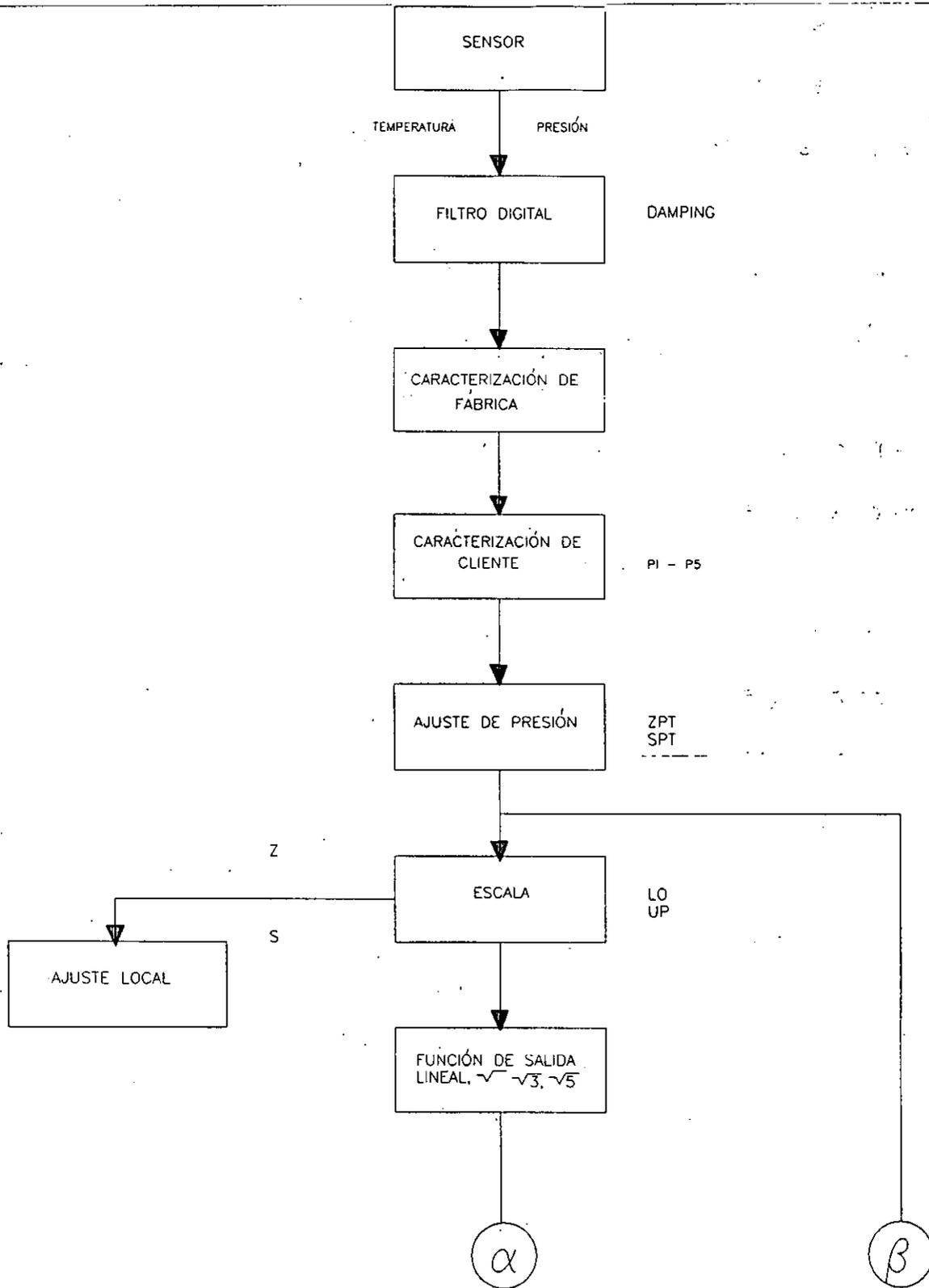


Fig. 14a .- Diagrama de bloques del árbol de software del transmisor LD301.

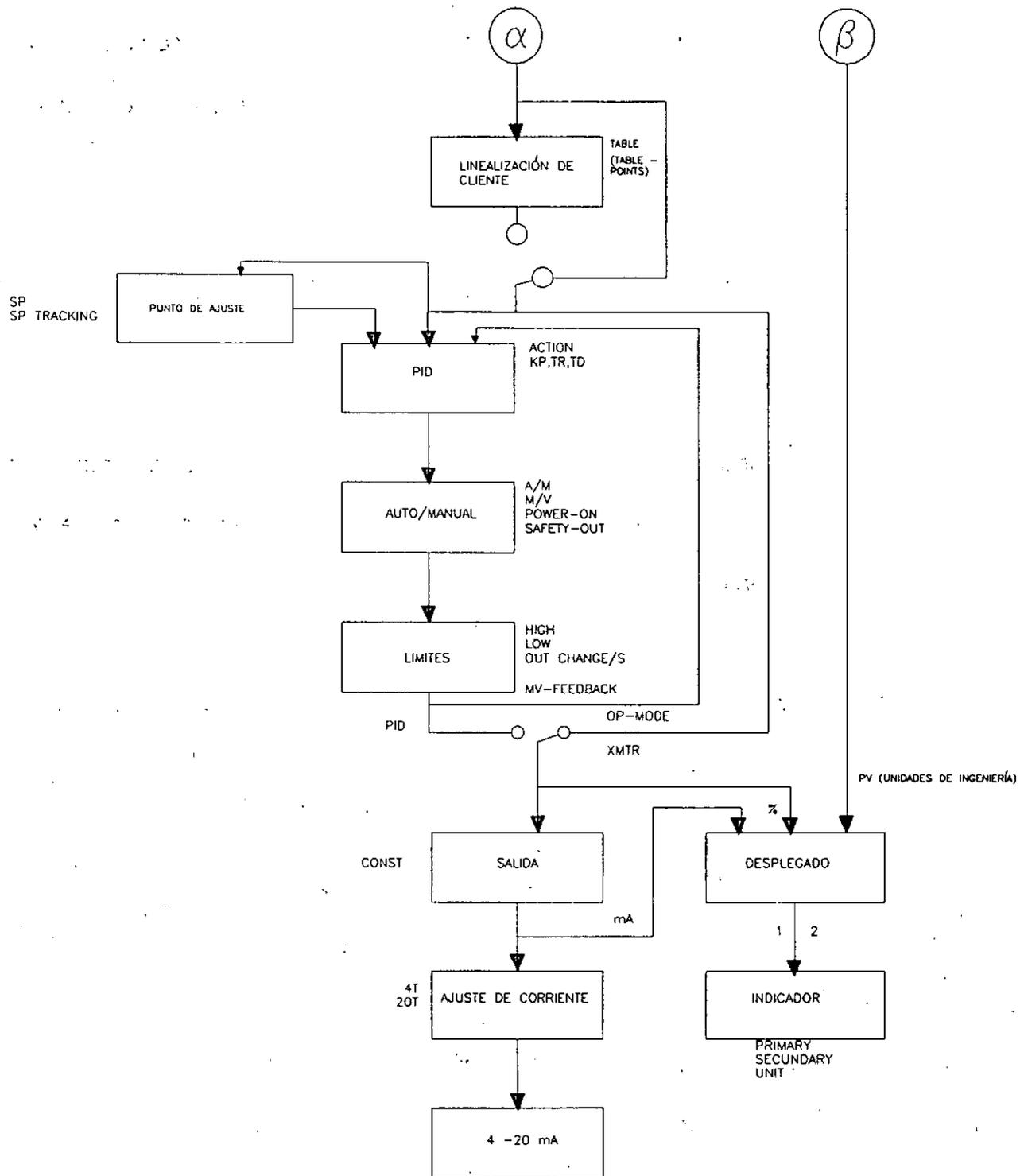


Fig. 14b.- Diagrama de bloques del árbol de software del transmisor LD301.

Salida, que calcula la corriente proporcional a la variable de proceso o variable manipulada a ser transmitida a la salida de 4-20 mA dependiendo de la configuración en la función modo de operación (OP-MODE); también involucra la función de corriente constante configurada en la función salida (OUTPUT).

Ajuste de corriente. El ajuste de 4 y el de 20 mA se usan para que la corriente de transmisor actúe de acuerdo con una corriente estándar.

Desplegado. Puede alternar arriba de 2 indicaciones como está configurado en la función correspondiente; las unidades para ingeniería para la variable de proceso se pueden seleccionar en la función UNIT.

Programación. Se realiza en la terminal de mano que es un accesorio adicional del transmisor, cuya carátula se muestra en la figura 15.

Este dispositivo tiene su propio software que consta de identificación de transmisor y datos de especificación, reescalamiento remoto sin usar una fuente de presión de referencia, funciones de salida para flujo (raíces cuadradas vistas anteriormente), función especial de salida según una curva configurable de 16 puntos, ajuste de corriente constante de 3.9 a 21 mA para pruebas de lazo, monitoreo de la presión en unidades de ingeniería, % y mA, monitoreo de controlador para punto de ajuste, variable de proceso, variable manipulada y estado automático/manual, ajuste de

.datapack o rampack para almacenamiento u otro tipo de configuración, también se puede almacenar información en la memoria RAM de la terminal.

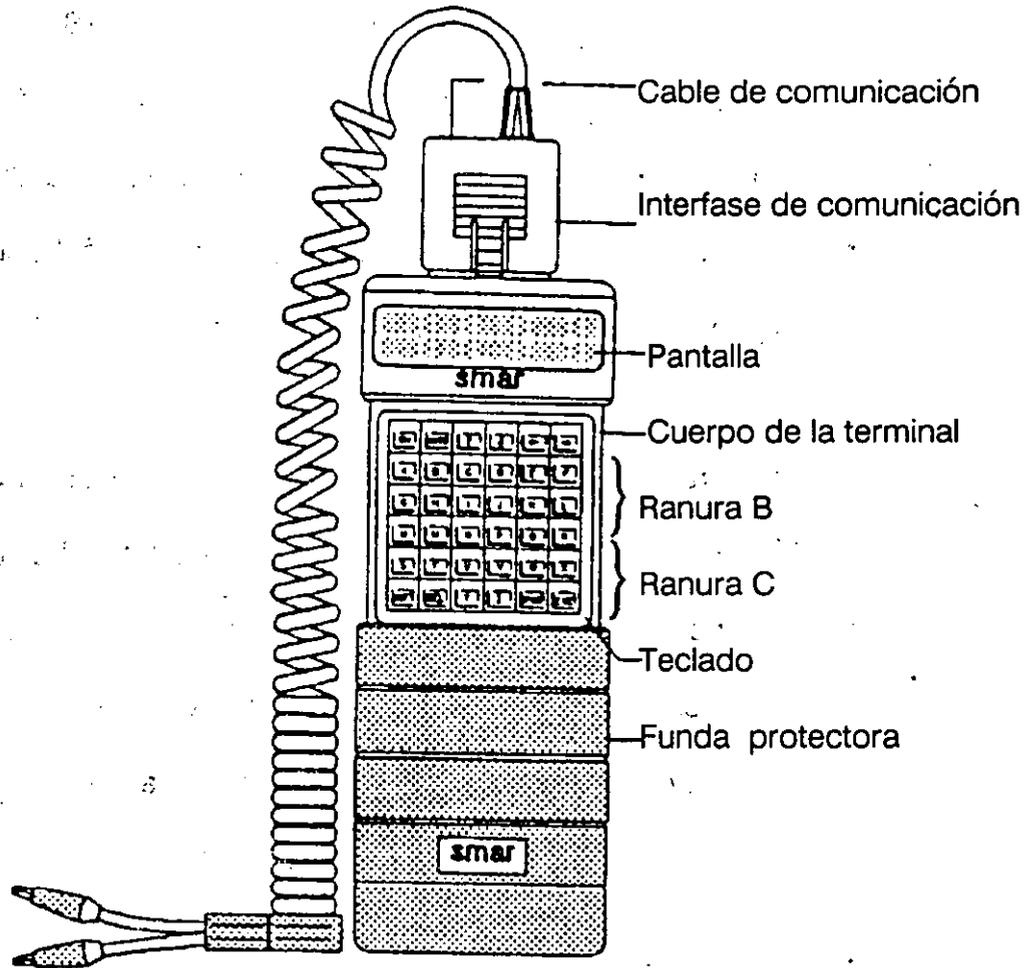


Fig. 15.- Carátula de la terminal de mano del transmisor LD301.

El teclado es muy sencillo. Cada tecla tiene doble función, los niveles de función están en y abajo de la misma tecla y son:

ON, que se usa para prender la terminal o para retornar al nivel anterior de decisión en el menú, para ésto el desplegado muestra el menú disponible. Las FLECHAS son para mover el cursor en el desplegado de la terminal. SHIFT se usa para acceder el nivel de función que se indica abajo de cada tecla apretándose la tecla y SHIFT simultáneamente. DEL es para borrar errores. SPACE es para espacios entre caracteres y finalmente EXE es para confirmar o ejecutar una acción y completar una entrada. Las demás teclas son alfanuméricas.

La figura 16 muestra el árbol de programación de la terminal, cuya estructura muestra 3 niveles (menús) principales de funciones, en el nivel principal más bajo del árbol cada bloque-función tiene sus propias subfunciones (submenús). La programación entonces comienza con el nivel-bloque más alto en el árbol, LD301; para ir a los otros niveles y funciones se utiliza la tecla EXE, que en la figura su flecha indica que se va de un nivel superior a uno inferior en el árbol; en cada nivel EXE sirve para seleccionar una función, y al llegar al nivel inferior del árbol, EXE también selecciona cada subfunción de cada función, que se desee. Para regresar a otro nivel superior o al inicio del árbol, se utiliza la tecla ON, que en la figura su flecha indica que se va de un nivel inferior a otro superior. Las 4 flechas simbolizan las direcciones en las que se mueve el cursor en pantalla para seleccionar una función.

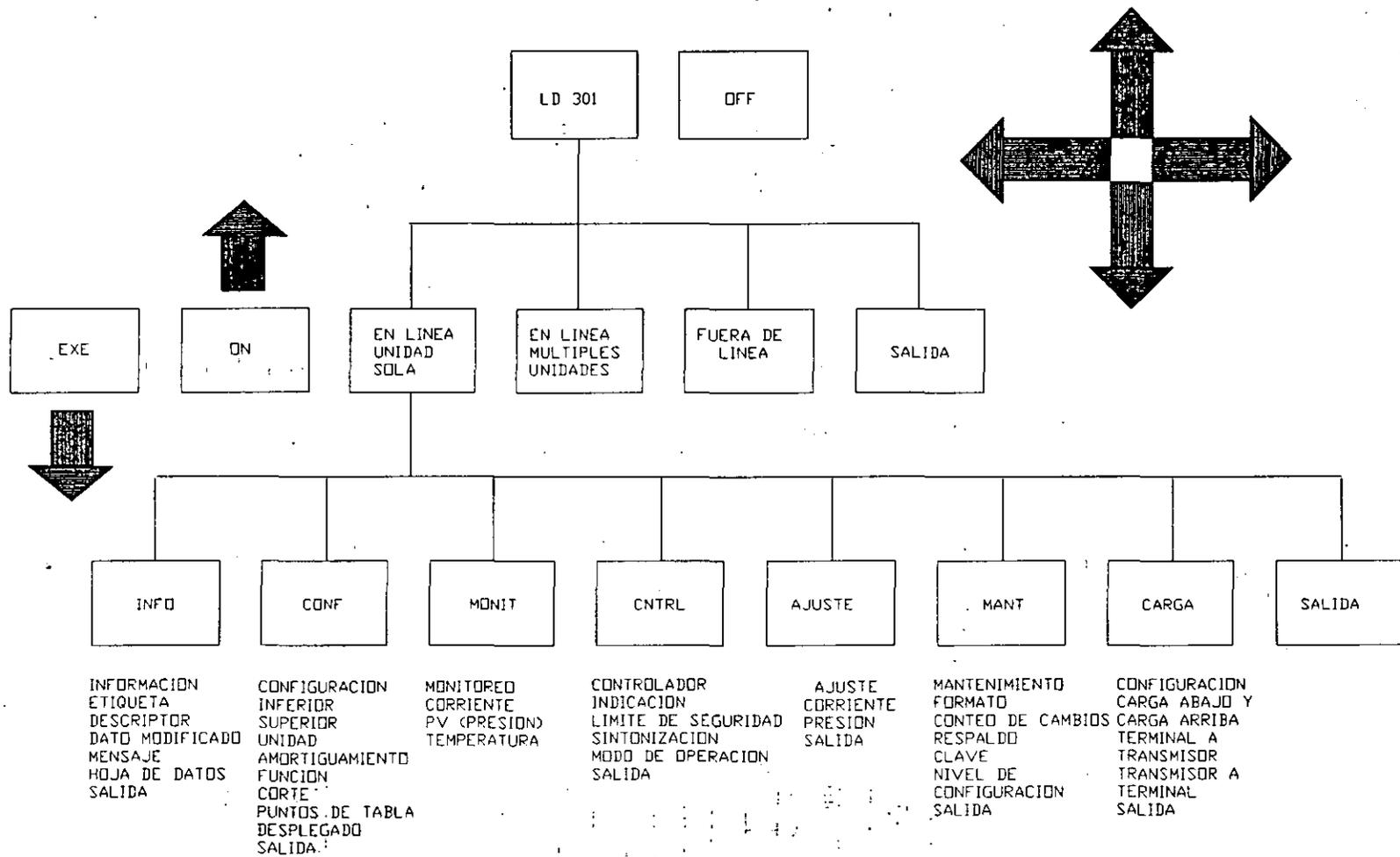


Fig. 16.- Árbol de programación del LD301.

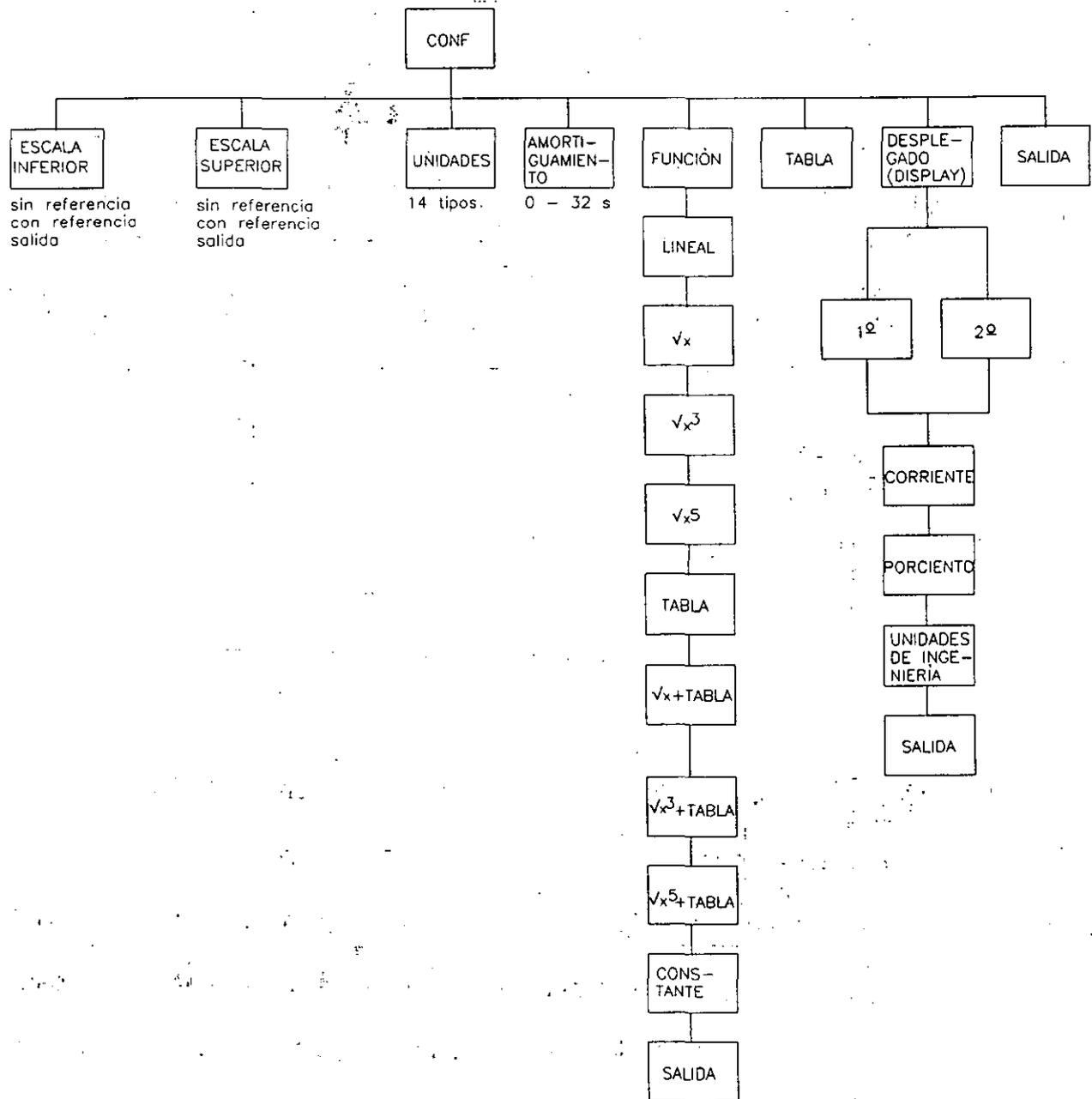


Fig. 17.- Árbol de configuración de LD301.

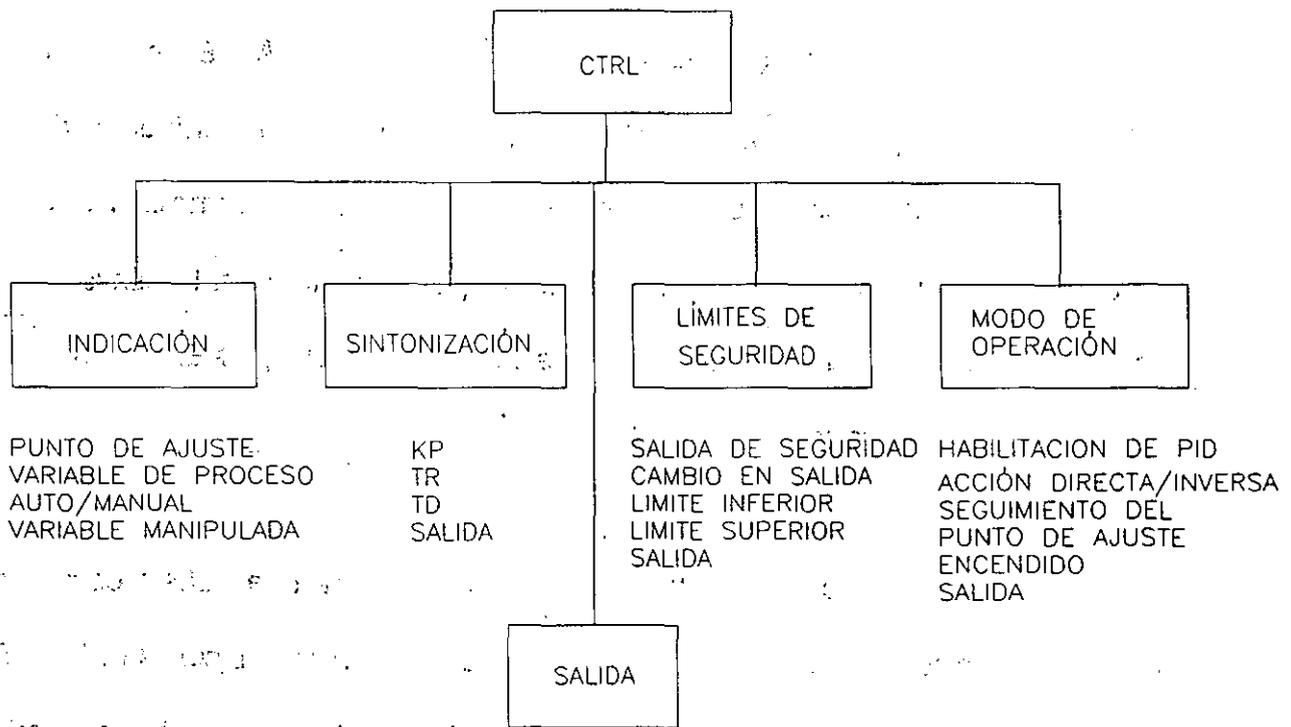


Fig. 18.- Árbol de control del LD301.

Las más importantes funciones del último nivel inferior son CONF (configuración) , cuyo árbol se muestra en la figura 17, y CNTRL (control) que tiene también su árbol correspondiente mostrado en la figura 18. Configuración define las escalas superior e inferior del rango de trabajo deseado para el transmisor con o sin referencia; posibilita escoger 14 tipos de unidades de lectura de presión: pulgadas de agua, pulgadas de mercurio, pies de agua, milímetros de agua, milímetros de mercurio, libras sobre pulgada cuadrada, bars, milibars, gramos sobre centímetro cuadrado, kilogramos sobre centímetro cuadrado, Pascales, kiloPascales, Torr (@ 0 grados Celsius), y atmósferas.

También se pueden seleccionar las funciones para lectura de presión y flujo con FUNCIÓN, y los puntos de tabla (16 pares) en la función TABLA (TABLE) mencionada

anteriormente. Finalmente hay 2 subfunciones, una para manejo de amortiguamiento y otra para los desplegados (displays). Por otra parte es importante la función AJUSTE

(TRIM), que posibilita el ajuste tanto de presión como de corriente en el transmisor. La

figura del árbol de configuración utiliza a las teclas de CURSOR, ON y EXE, de la misma forma que en el árbol de programación.

En la función CNTRL (control) se habilita el transmisor para que trabaje como un controlador electrónico, la importancia de CNTRL radica en la subfunción. MODO DE

OPERACIÓN (OP MODE) donde en su subfunción ENCENDIDO (Power ON) se puede cambiar de modo controlador a modo transmisor y viceversa.

Para trabajar con el dispositivo en el modo transmisor, se conecta la terminal de mano al transmisor como ya se indicó anteriormente, se activa y se hacen las siguientes operaciones en el teclado:

La pantalla muestra las leyendas "LD301" y "Off". Por medio de las teclas FLECHAS se lleva al cursor abajo de "LD301" y se oprime la tecla EXE.

- Después de lo anterior, aparecen 3 leyendas en la pantalla, se pone el cursor abajo de la que dice "On-line single unit" para indicar que se está trabajando con un solo transmisor, y se oprime EXE.

Con referencia: se escoge la función CONF. y se repiten los primeros pasos del caso anterior hasta llegar al ajuste del valor inferior, se escoge la opción "con referencia" y se oprime EXE, para ésto se aplica una presión al transmisor (presión en línea) cuyo valor se le asigna al punto de 4 mA, ya que la pantalla indica que se haga y se esperen unos segundos para la estabilización; hecho esto la terminal pregunta si se pone la presión que se aplicó como el valor inferior y se le indica que sí (Y), luego la pantalla muestra de nuevo la escala con el valor inferior de presión que fué aplicado. Ahora para el valor superior de escala, se pone el cursor en (Up), y se oprime EXE; para meter dicho dato se hace exactamente lo mismo que se hizo para con el valor inferior; con la diferencia de que ahora se aplica al transmisor la presión deseada correspondiente al punto de 20 mA.

Usando los ajustes de cero y span: primero se habilitan los ajustes colocando la conexión móvil (jumper) localizada en la parte superior de la tarjeta electrónica del transmisor en la posición derecha (ya que dicha conexión está en la posición izquierda); para localizar los hoyos de los ajustes se desatornilla la placa de datos del transmisor, localizada en la parte superior, y se rota en sentido de las manecillas del reloj. Para ajustar el cero, se aplica al transmisor una presión con el valor inferior deseado para la escala; se espera la estabilización y se inserta una herramienta magnética (incluída en el equipo) en el hoyo de ajuste de cero, se esperan 2 segundos, el transmisor debe de indicar 4 mA y se quita la herramienta. Para el ajuste del span se aplica la presión del valor superior deseado para la escala al transmisor, se espera la estabilización y se

inserta la herramienta magnética en el hoyo del span; se esperan 2 s para que el transmisor deba indicar 20 mA; finalmente se quita la herramienta.

Ajuste de presión. Se hace con la terminal de mano. Primero debe hacerse el ajuste de cero y luego el de presión superior. Este ajuste se utiliza para igualar la presión leída con la presión aplicada.

Ajuste de la presión a cero. Se selecciona la función TRIM y la opción "pressure"; se iguala la presión en ambas tomas del transmisor y se espera la estabilización (con el objeto de tener presión diferencial cero) y se oprime EXE; la pantalla indica "zero press trim" (ajuste de presión cero) y también que se quite la presión del sensor (transmisor); se le quita y la pantalla indica que se esperen 15 segundos, transcurrido este tiempo la pantalla indica una lectura de presión cero y pregunta si está correcta, si no es el caso se le tecléa a la terminal que no (N) y el circuito del transmisor internamente cambia a un valor entre cero y la lectura anteriormente indicada; se repite la misma pregunta y se hace la aproximación sucesiva hasta que la lectura llegue muy cerca de cero, entonces se responde al instrumento que sí.

Para más exactitud de la lectura digital se recomienda calibrar el ajuste de presión superior con el mismo valor superior de la escala. Se le aplica la presión con dicho valor; con las teclas del cursor y EXE se escoge la función TRIM, la opción "pressure" y en ella la opción "upper pressure" (presión superior); el transmisor da una lectura para

la presión superior y pregunta si es correcta, si no, se le indica que no y el instrumento pide el valor correcto de la presión indicada. El instrumento hace la misma pregunta y se le indica ahora que sí (Y).

En ambos casos, obviamente, hay otros instrumentos acoplados al transmisor indicando la lectura de las presiones que son aplicadas. Esto se aplica también para el reescalamiento con referencia y utilizando los ajustes de cero y span mencionados anteriormente.

Ajuste de corriente. Se conecta un amperímetro al transmisor, se escoge la función TRIM, luego se escoge "current" (corriente) y "4 mA"; la terminal indica que se conecte el amperímetro y pregunta si la lectura de éste es correcta, se contesta que no si es el caso, se oprime EXE y la terminal ahora pregunta el valor de la corriente medida; se tecléa el dato y se oprime EXE. La terminal pregunta otra vez si la lectura del amperímetro es de 4 mA, y si no es el caso se repite el proceso hasta que dicha lectura sea correcta y entonces se le contesta que sí. Luego se escoge la opción de 20 mA y el proceso para este caso es el mismo.

Puntos de tabla. Aunque ya se comentó acerca de ellos, conviene profundizar un poco más; si la opción TABLE (tabla) se escoge en la terminal, la salida seguirá a una curva dada en la opción TABLE POINTS (puntos de tabla). En caso de desear tener los 4 a 20 mA proporcionales al volumen o masa de un fluido dentro de un tanque, se debe

transformar la medida de nivel en volumen (o en masa) usando la siguiente tabla de ligado para el tanque:

Nivel[%]	Volumen[%]
-10	-1.25
0	0
10	7.25
20	15.25
30	25.70
40	38.90
50	50
100	110
110	106

Tabla 1.- Equivalencias de los porcentajes de nivel con respecto a porcentajes de volumen para la función de puntos de tabla (TABLE POINTS).

Para esto se debe seleccionar la opción "TABLE POINTS" y modificar los valores establecidos (por default) por los valores de la tabla de ligado convertidos en el porcentaje de la escala completa (arriba de 16 puntos). Es bueno practicar haciendo que la tabla se extienda más allá de la escala de operación normal.

Función: La opción FUNCTION. (función) se usa para linealizar la presión medida a flujo o volumen. Las siguientes funciones son disponibles y posibilitan la combinación de \sqrt{x} , $\sqrt{x^3}$ o $\sqrt{x^5}$ y la tabla, por si se necesita.

Raíz cuadrada: En el menú de pantalla aparece como SQRT; si se considera la entrada de presión x variando entre 0 y 100 % del span, la salida de raíz cuadrada es $10\sqrt{x}$, esta función tiene un punto de corte ajustable; tras este punto la salida es lineal con la presión diferencial, el punto mínimo de corte es de 4% de span y el máximo es de 100%. Las otras funciones se definen así:

Raíz cuadrada de la tercera potencia (SQRT3):** su salida es $0.1\sqrt{x^3}$.

Raíz cuadrada de la quinta potencia (SQRT5):** su salida es $0.001\sqrt{x^5}$.

Tabla (TABLE): la salida sigue a una curva dada por 16 puntos, los cuales están en la opción TABLE POINTS. Las funciones antes mencionadas se pueden combinar con la tabla.

Constante (CONSTANT): Esta función genera una corriente constante entre 3.9 y 21 mA. para la verificación de lazo en el funcionamiento de transmisor.

Lineal: es la función con la que trabajan normalmente los transmisores cuando miden la presión.

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
CURSOS ABIERTOS

INSTRUMENTACION ELECTRONICA DE PROCESOS INDUSTRIALES
DEL 14 AL 24 DE NOVIEMBRE DE 1994.
DIRECTORIO DE ASISTENTES

1. MARIO C. AGUILERA JIMENEZ
ING. DE PROYECTOS
BECTON DICKINSON, S.A.
KM. 35.5 AUT. MEX. QRO.
CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. MEX.
TEL. 237 12 00
2. NOE CARRASCO FRAGOSO
SAFIRO 10
COL. LA JOYA IXTACALA
54160 TLALNEPANTLA
TEL. 392 12 80
3. J. RICARDO DAMIAN ZAMACONA
ING. MTO. EN ELECTRONICA
CENTRO DE INSTRUMENTOS, UNAM
CIUDAD UNIVERSITARIA
04510 MEXICO, D.F.
TEL. 622 86 02
4. SAMUEL DURAN CORTES
CERRO DEL AGUA 17
COL. ROMERO DE TERREROS
04310 MEXICO, D.F.
TEL. 554 27 97
5. ABRAHAM GONZALEZ GUTIERREZ
CATEDRATICO
INST. TEC. DE QUERETARO
AV. TECNOLOGICO ESQ. ESCOBEDO
COL. CENTRO
76000 QUERETARO, QRO.
TEL. 16 30 39
6. ASUR GUADARRAMA SANTANA
ING. EN MTO. ELECTRONICO
CTO. DE INSTRUMENTOS, UNAM
CIUDAD UNIVERSITARIA
04510 MEXICO, D.F.
TEL. 622 56 02
7. CARLOS GUTIERREZ RAMIREZ
GERENTE
BRAK ING. ALIMENTARIA, S.A.C.V.
FUENTE DE CIBELES 57
COL. FUENTES DEL VALLE
TULTITLAN, EDO. DE MEXICO
TEL. 879 02 98
8. ARTURO HIDALGO ARAUZ
JEFE DE SERV. Y EQ. MEDICO.
LABORATORIOS ABBOTT
AV. COYOACAN 1622
COL. DEL VALLE
15400 MEXICO, D.F.
TEL. 795 01 59
9. ADOLFO PRIEGO HERNANDEZ
ING. DE MANTENIMIENTO
BECTON DICKINSON
AUT. MEX. QRO. KM. 37.5
CUAUTITLAN, EDO. DE MEXICO
TEL. 873 05 99, 237 12 00
10. JUAN RAMON RICO NUÑEZ
PICACHO 371
COL. JARD. DEL PEDREGAL
01900 MEXICO, D.F.
TEL. 568 85 29

GENARO ROMERO SANTIILLAN
GERENTE DE MANTENIMIENTO
SECTOR DICKINSON
KM. 37.5 AUT. MEX. QRO.
CUAUTITLAN ISCALLI, EDO. MEX.
TEL. 873 05 99 EXT. 1501

12. J. MANUEL TORRES GUTIERREZ
LAGO VIEDMA 740
COL. MEXICO NUEVO
11260, MEXICO, D.F.
TEL. 399 21 24

13. SALVADOR SANDOVAL MORENO
ING. DE MANUFACTURA
SECTOR DICKINSON
KM. 37.5 AUT. MEX. QRO.
CUAUTITLAN ISCALLI, EDO. MEX.
TEL. 873 05 99

14. MARCOS SOTO VILLALOBOS
VIGILANTE
UNAM
CIUDAD UNIVERSITARIA
04510 MEXICO, D.F.
TEL. 622 24 30

15. [Illegible Name]
[Illegible Title]
[Illegible Address]
[Illegible Phone Number]

16. [Illegible Name]
[Illegible Title]
[Illegible Address]
[Illegible Phone Number]

17. [Illegible Name]
[Illegible Title]
[Illegible Address]
[Illegible Phone Number]

18. [Illegible Name]
[Illegible Title]
[Illegible Address]
[Illegible Phone Number]