



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

A LOS ASISTENTES A LOS CURSOS

Las autoridades de la Facultad de Ingeniería, por conducto del jefe de la División de Educación Continua, otorgan una constancia de asistencia a quienes cumplan con los requisitos establecidos para cada curso.

El control de asistencia se llevará a cabo a través de la persona que le entregó las notas. Las inasistencias serán computadas por las autoridades de la División, con el fin de entregarle constancia solamente a los alumnos que tengan un mínimo de 80% de asistencias.

Pedimos a los asistentes recoger su constancia el día de la clausura. Estas se retendrán por el periodo de un año, pasado este tiempo la DECFI no se hará responsable de este documento.

Se recomienda a los asistentes participar activamente con sus ideas y experiencias, pues los cursos que ofrece la División están planeados para que los profesores expongan una tesis, pero sobre todo, para que coordinen las opiniones de todos los interesados, constituyendo verdaderos seminarios.

Es muy importante que todos los asistentes llenen y entreguen su hoja de inscripción al inicio del curso, información que servirá para integrar un directorio de asistentes, que se entregará oportunamente.

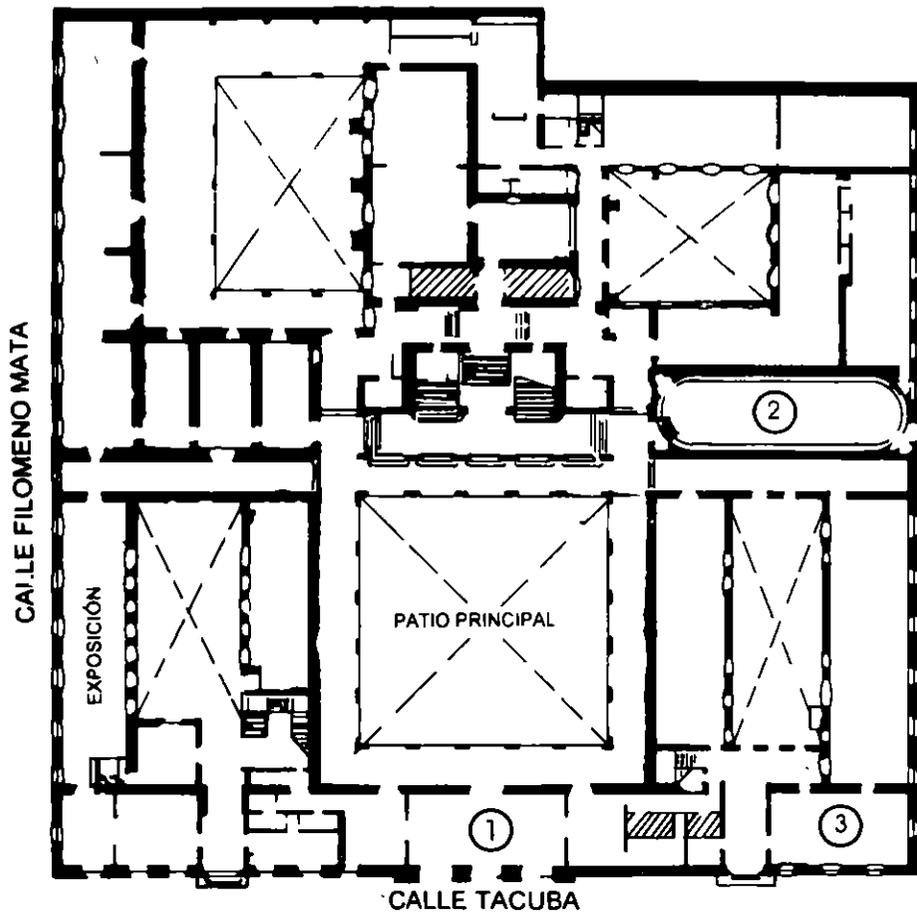
Con el objeto de mejorar los servicios que la División de Educación Continua ofrece, al final del curso deberán entregar la evaluación a través de un cuestionario diseñado para emitir juicios anónimos.

Se recomienda llenar dicha evaluación conforme los profesores impartan sus clases, a efecto de no llenar en la última sesión las evaluaciones y con esto sean más fehacientes sus apreciaciones.

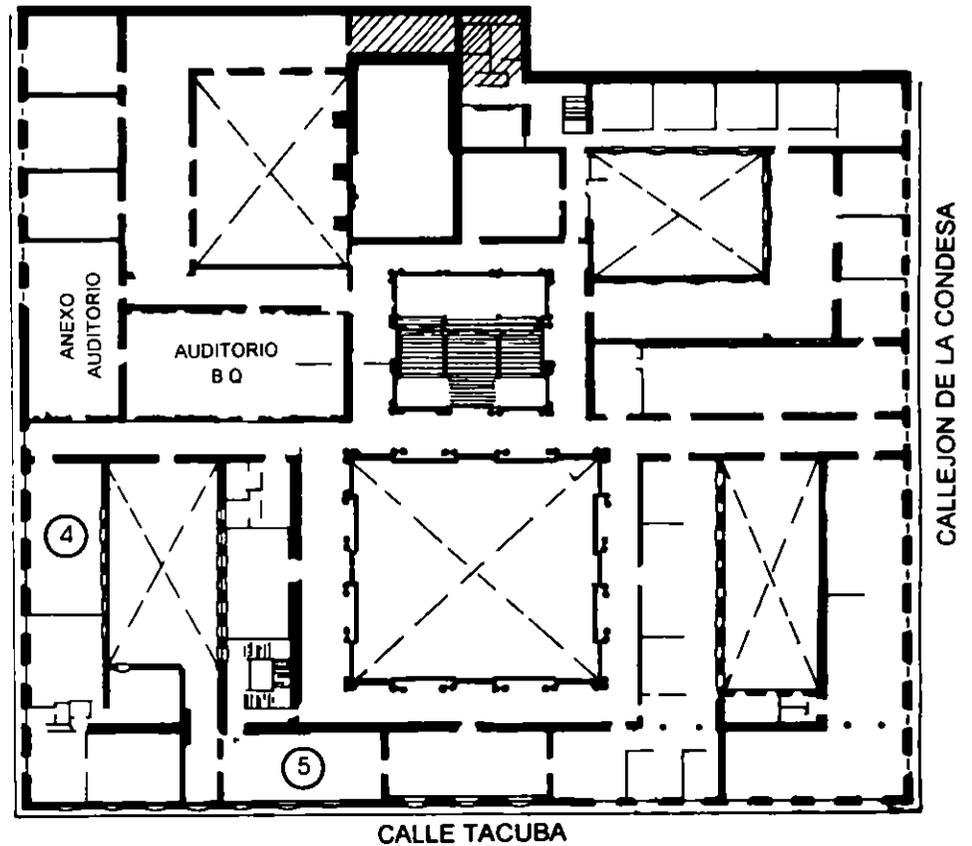
Atentamente

División de Educación Continua.

PALACIO DE MINERIA

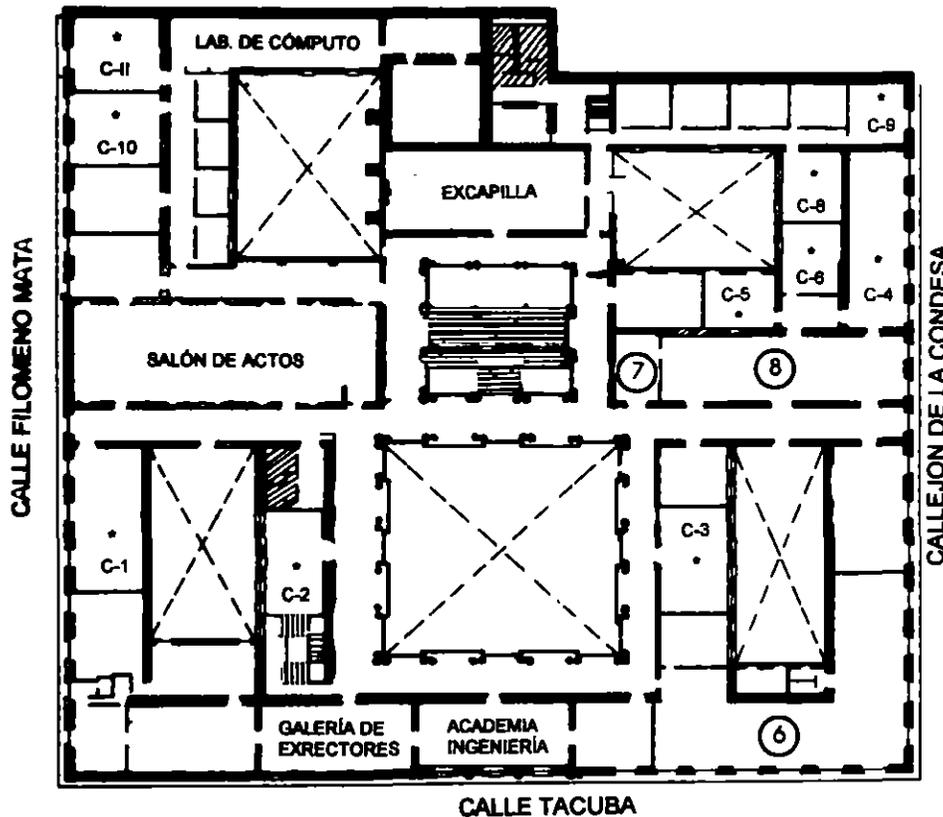


PLANTA BAJA



MEZZANINNE

PALACIO DE MINERÍA



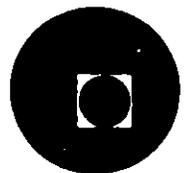
GUÍA DE LOCALIZACIÓN

1. ACCESO
 2. BIBLIOTECA HISTÓRICA
 3. LIBRERÍA UNAM
 4. CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN "ING. BRUNO MASCANZONI"
 5. PROGRAMA DE APOYO A LA TITULACIÓN
 6. OFICINAS GENERALES
 7. ENTREGA DE MATERIAL Y CONTROL DE ASISTENCIA
 8. SALA DE DESCANSO
- SANITARIOS
- * AULAS

1er. PISO



**DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERÍA U.N.A.M.
CURSOS ABIERTOS**



1. ¿Le agradó su estancia en la División de Educación Continua?

SI

NO

Si indica que "NO" diga porqué:

2. Medio a través del cual se enteró del curso:

Periódico <i>Excélsior</i>	<input type="checkbox"/>
Periódico <i>La Jornada</i>	<input type="checkbox"/>
Folleto anual	<input type="checkbox"/>
Folleto del curso	<input type="checkbox"/>
Gaceta UNAM	<input type="checkbox"/>
Revistas técnicas	<input type="checkbox"/>
Otro medio (Indique cuál)	<input type="checkbox"/>

3. ¿Qué cambios sugeriría al curso para mejorarlo?

4. ¿Recomendaría el curso a otra(s) persona(s) ?

SI

NO

5. ¿Qué cursos sugiere que imparta la División de Educación Continua?

6. Otras sugerencias:



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

INSTRUMENTACION ELECTRONICA DE PROCESOS INDUSTRIALES

I N T R O D U C C I O N

**EXPOSITOR ING. RICARDO GARIBAY
JIMENEZ**

**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, ORREGIR 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

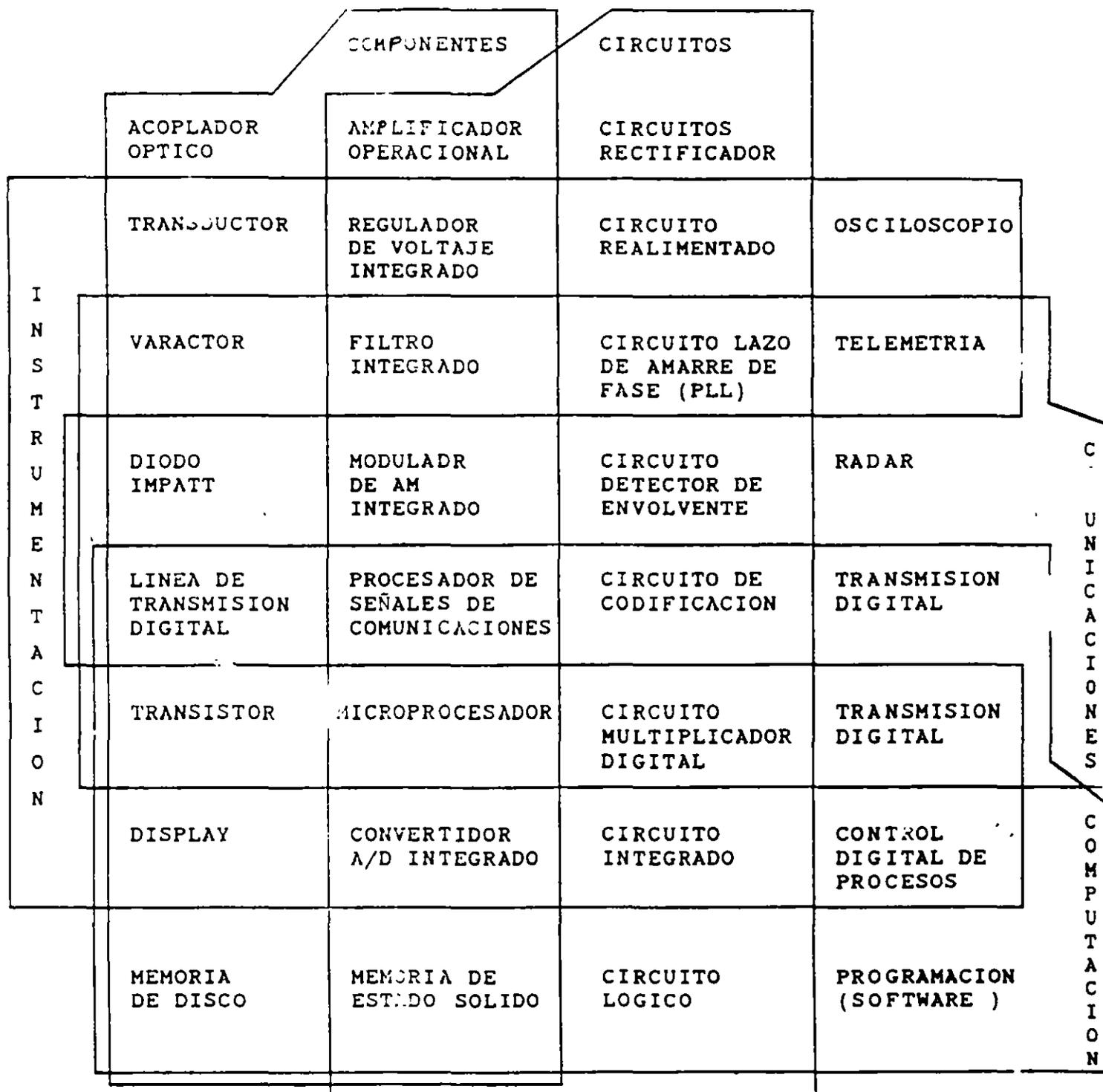
ELEMENTOS Y TEORIA

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



COMPONENTES DISCRETOS Y MODULARES

CIRCUITOS INTEGRADOS

CIRCUITOS ELECTRONICOS

SISTEMAS ELECTRONICOS

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.

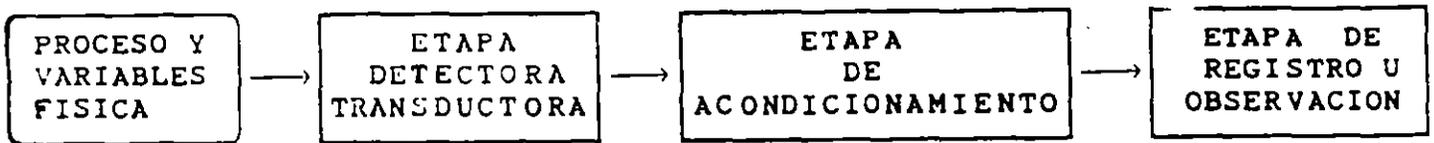
LA COMPUTACION, POR OTRO LADO, ES EL AREA VINCULADA AL DESARROLLO Y APLICACION DE LAS COMPUTADORAS, SIN CONSIDERAR, POR SUPUESTO, LO QUE ACTUALMENTE SE CONOCE COMO CIENCIA DE LA COMPUTACION QUE HA ADQUIRIDO FUERZA E INDEPENDENCIA.

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.

LOS SISTEMAS DE MEDICION (SM).

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 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 RESULTE 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).

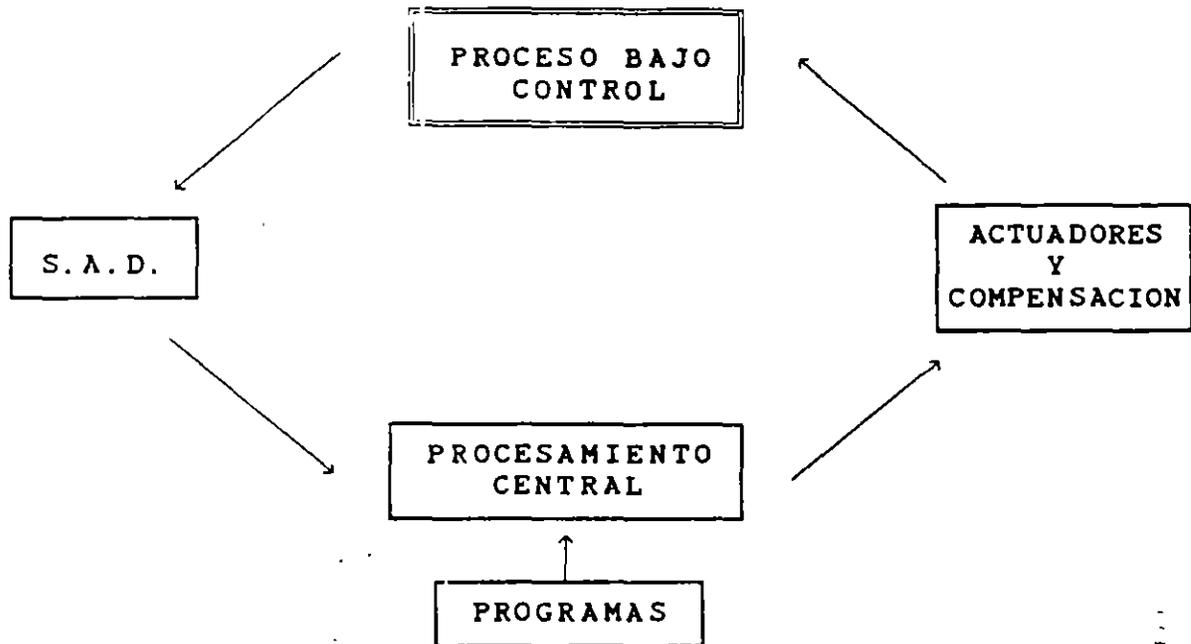
EN LA FIGURA 6 SE OBSERVA UN DIAGRAMA ESQUEMATICO DE UN SA OBTENIDO EN FORMA NATURA Y POR EVOLUCION DESDE EL **SM**. SE HA QUERIDO DESTACAR AL PROCESAMIENTO COMO EL PUNTO MAS IMPORTANTE DEL SISTEMA, POR QUE SE LE HA DIVIDIDO EN UN **SAD**, LA UNIDAD DE PROCESAMIENTO CENTRAL, LA CORRESPONDIENTE PROGRAMACION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

LOS SISTEMAS AUTOMATICOS (SA)



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 MANIPULADORES) [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 MANIPULADORES 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 SIMPLES, 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 OBTENER 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 HUMANA, 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 CONSIDERACION 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 PROBLEMÁTICA 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 CINEMATICO 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', INTERNACTIONAL 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

SISTEMA MINIMO DE MICROPROCESADOR CONTROLADO POR UNA MICROCOMPUTADORA

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 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 .

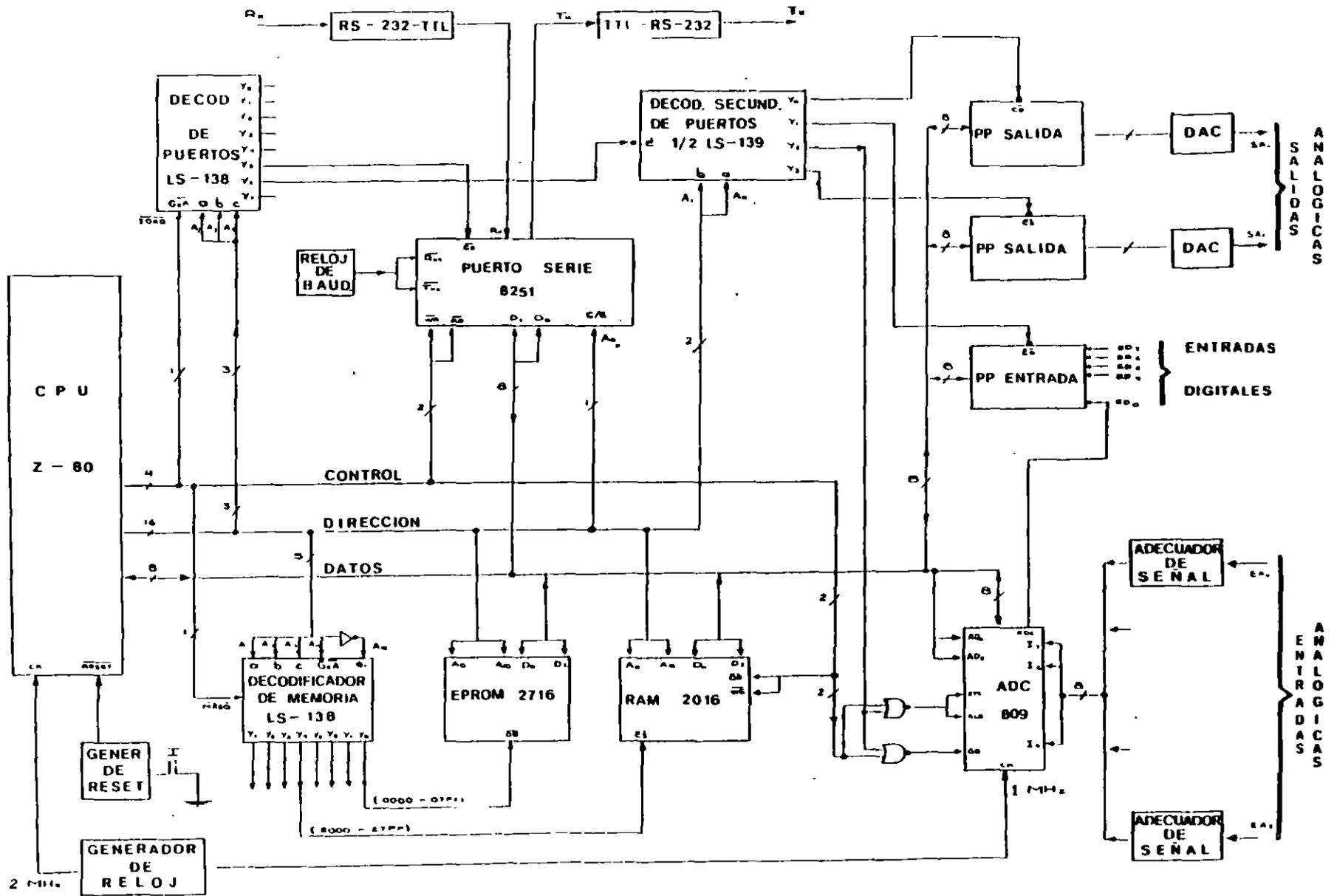


FIGURA 1: DIAGRAMA DE BLOQUES SIMPLIFICADO DEL SISTEMA
 MINIMO DE MICROPROCESADOR SIMMP-1

0 0 0 0	E P R O M	2 7 1 6
0 7 F F	E X P A N S I O N	F U T U R A
0 8 0 0	E X P A N S I O N	F U T U R A
0 F F F	E X P A N S I O N	F U T U R A
1 0 0 0	E X P A N S I O N	F U T U R A
1 7 F F	E X P A N S I O N	F U T U R A
1 8 0 0	E X P A N S I O N	F U T U R A
1 F F F	E X P A N S I O N	F U T U R A
2 0 0 0	R A M	
2 7 F F	E X P A N S I O N	F U T U R A
2 8 0 0	E X P A N S I O N	F U T U R A
2 F F F	E X P A N S I O N	F U T U R A
3 0 0 0	E X P A N S I O N	F U T U R A
3 7 F F	E X P A N S I O N	F U T U R A
3 8 0 0	E X P A N S I O N	F U T U R A
3 F F F	E X P A N S I O N	F U T U R A

FIGURA 2 **MAPA DE MEMORIA**
DEL SIMP - 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.

PAGINACION DE PUERTOS

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

0 0	EXPANSION	FUTURA
0 3	EXPANSION	FUTURA
0 4	EXPANSION	FUTURA
0 7	EXPANSION	FUTURA
0 8	EXPANSION	FUTURA
0 B	EXPANSION	FUTURA
0 C	EXPANSION	FUTURA
0 F	EXPANSION	FUTURA
1 0	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.

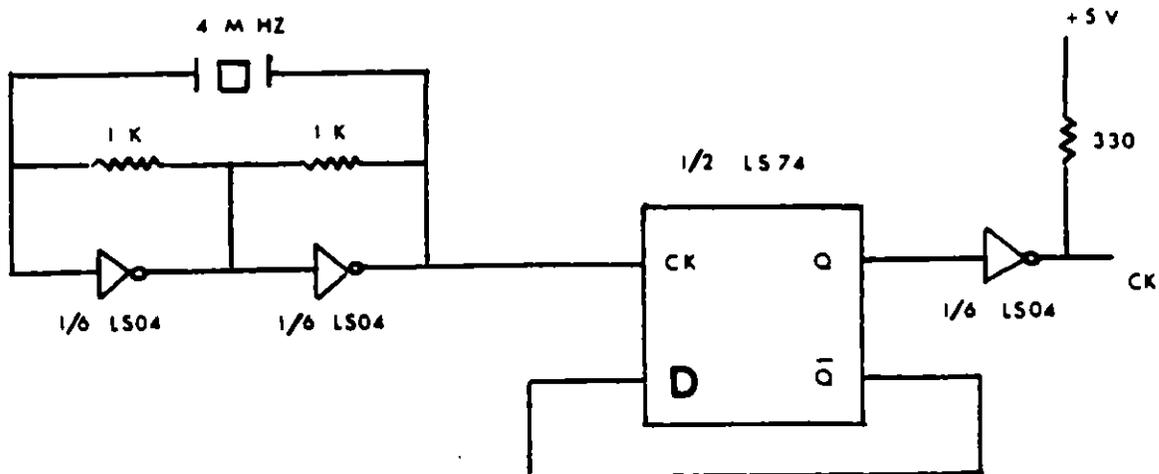


FIGURA 4 C I R C U I T O E M P L E A D O P A R A G E N E R A R L A
S E Ñ A L D E R E L O J D E L S I M M P - I

Para generar la señal correspondiente al reloj de baudaje se emplearon circuitos digitales convencionales que dividen la señal de reloj original de 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.

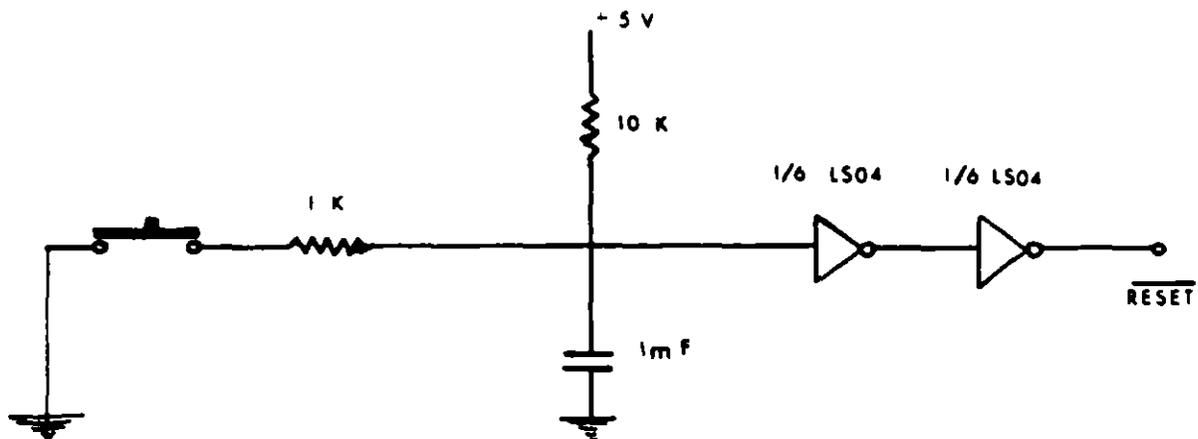


FIGURA 5 CIRCUITO DE RESTABLECIMIENTO

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 .

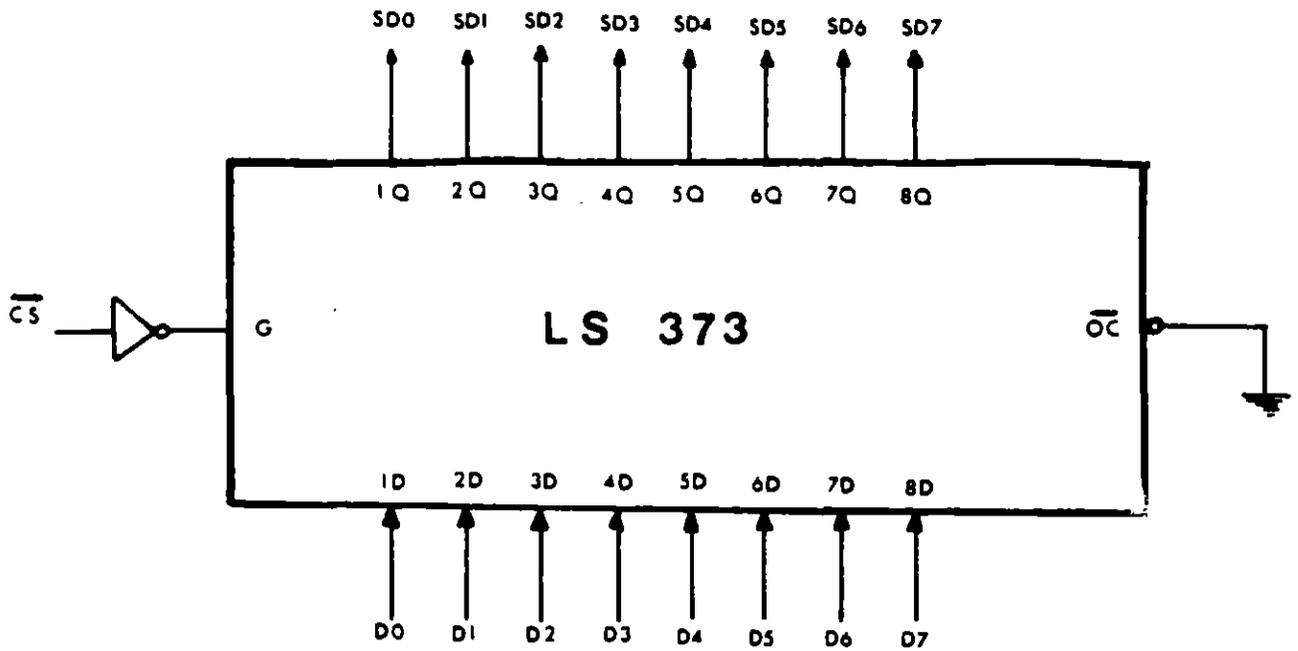


FIGURA 6 PUERTO PARALELO DE SALIDA

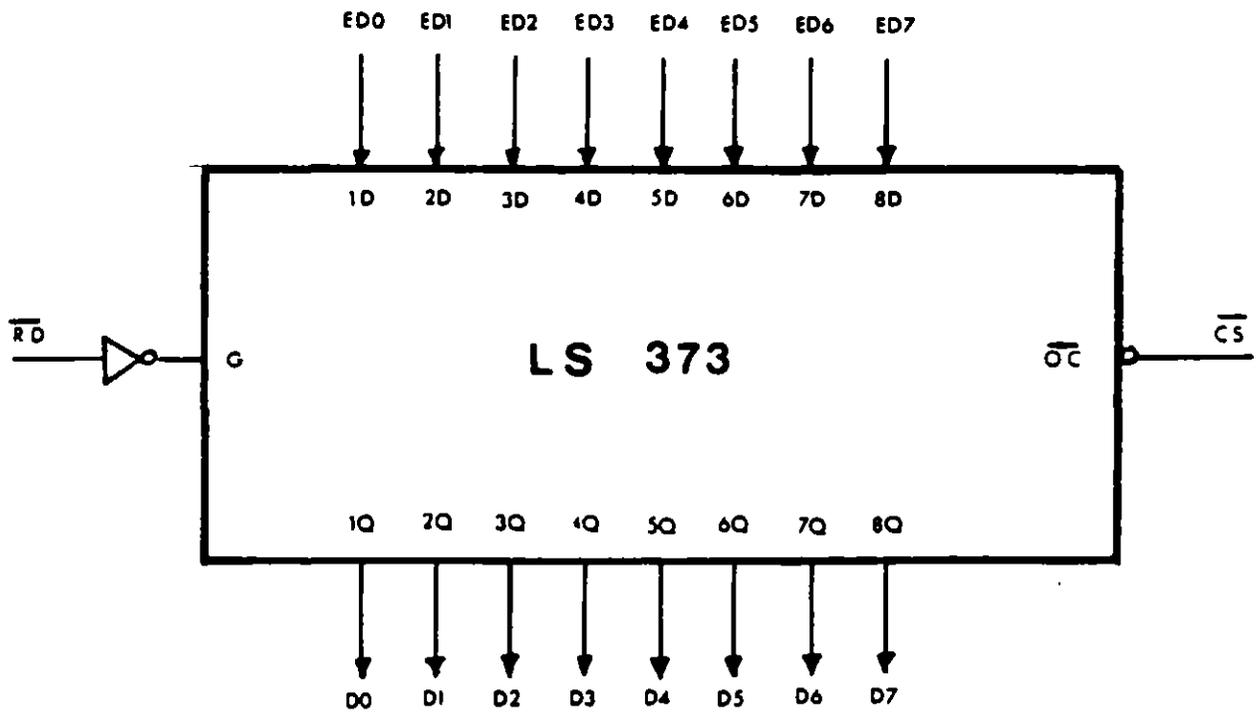


FIGURA 7 PUERTO PARALELO DE ENTRADA

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 .

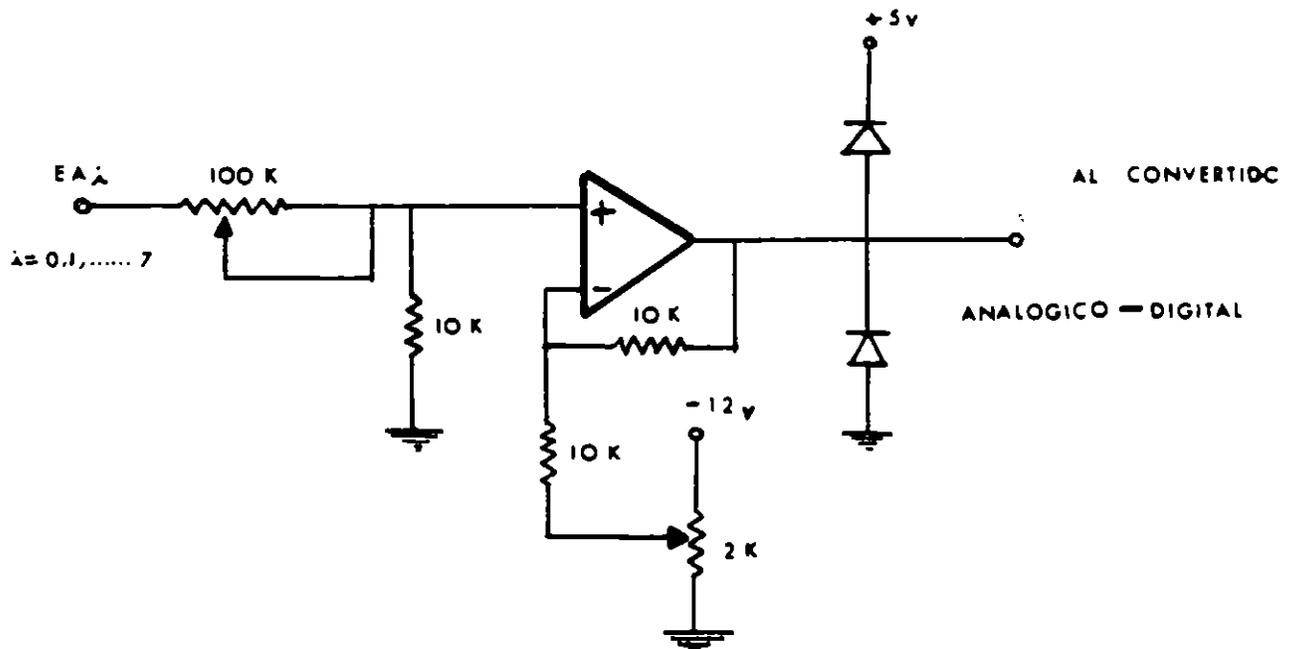


FIGURA 8

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, autoejecutándose 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 automáticamente 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 .

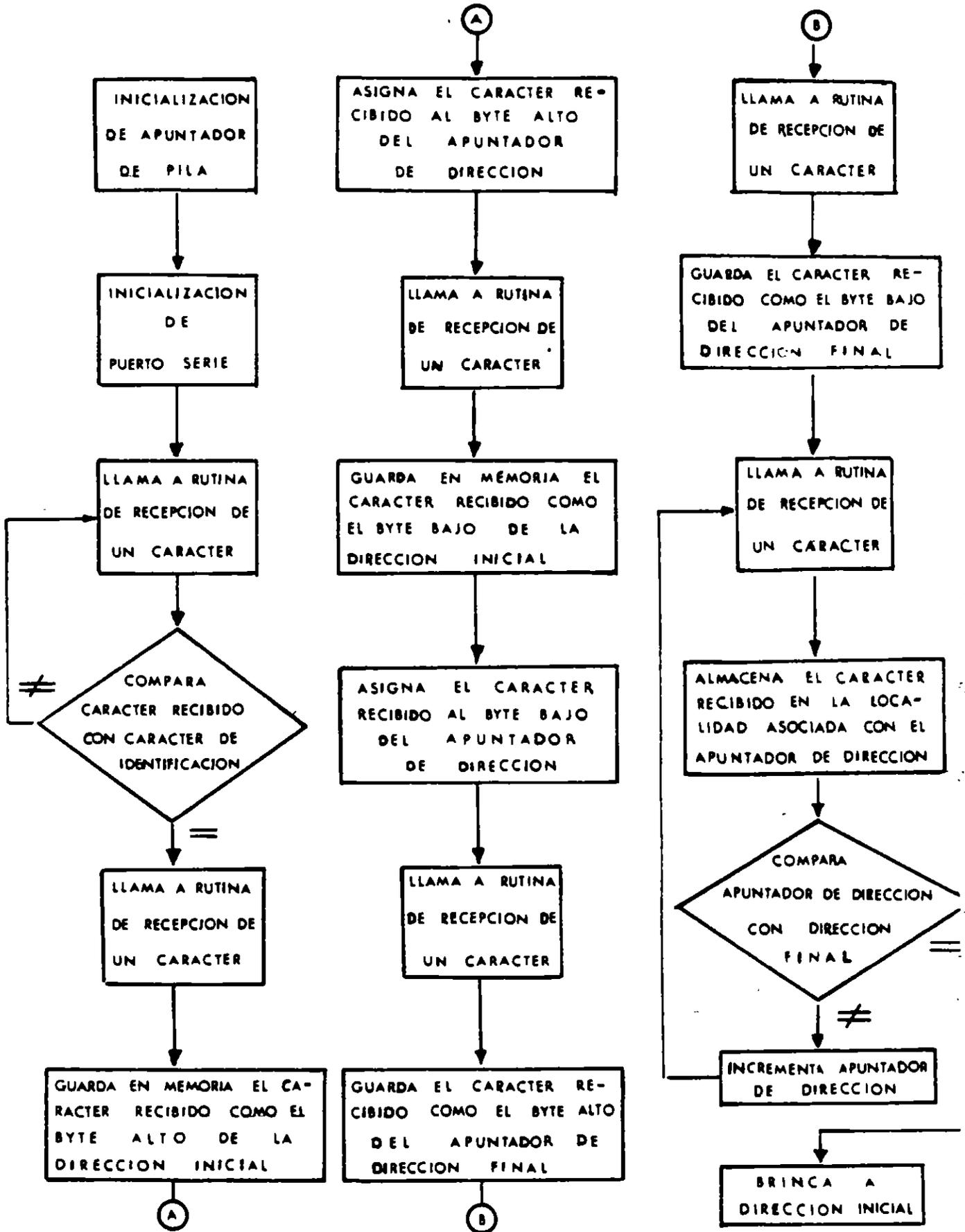


FIGURA 9

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA DE VACIADO Y AUTOEJECUCION DE PROGRAMAS A TRAVES DE UNA MICROCOPUTADORA EN EL SIMMP-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 .

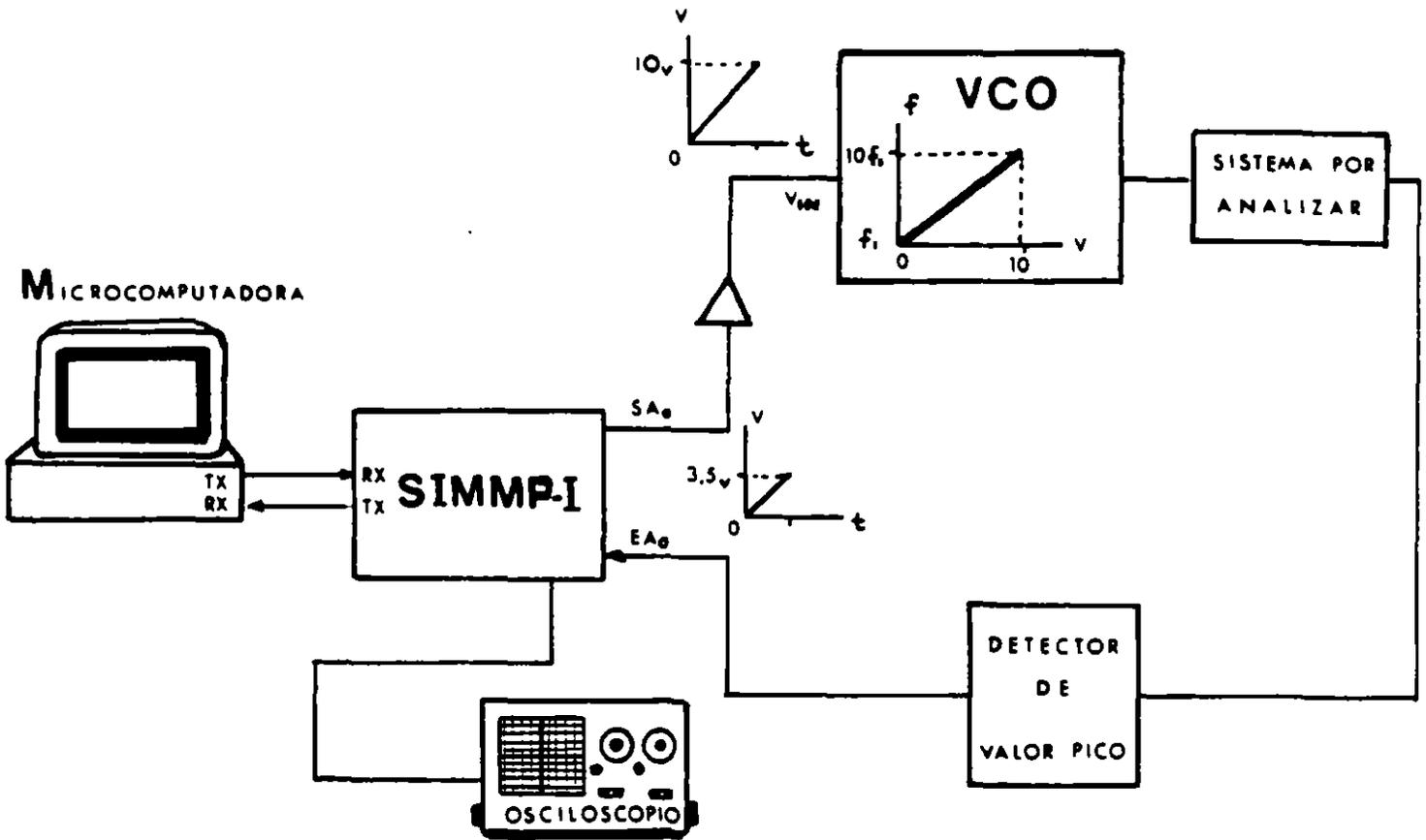
Si se toma la acción 1 el usuario retorna al menú de edición, si se toma la acción 2 el usuario retorna al menú principal ó de comandos. Cabe señalar que una vez que se ha ejecutado cualquiera de las opciones 1 a 6 del menú de comandos, el submenú descrito en este párrafo aparece nuevamente .

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 varía de 0 a 10 volts. Dado que la salida analógica del SIMMP-1 varía 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 efectua 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

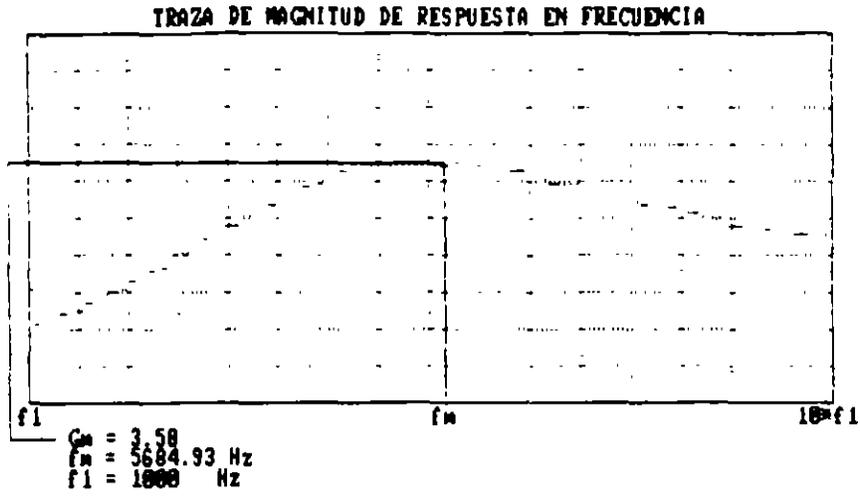


Figura 11: Respuesta en frecuencia del circuito de la figura 12 obtenida mediante el sistema de la figura 10

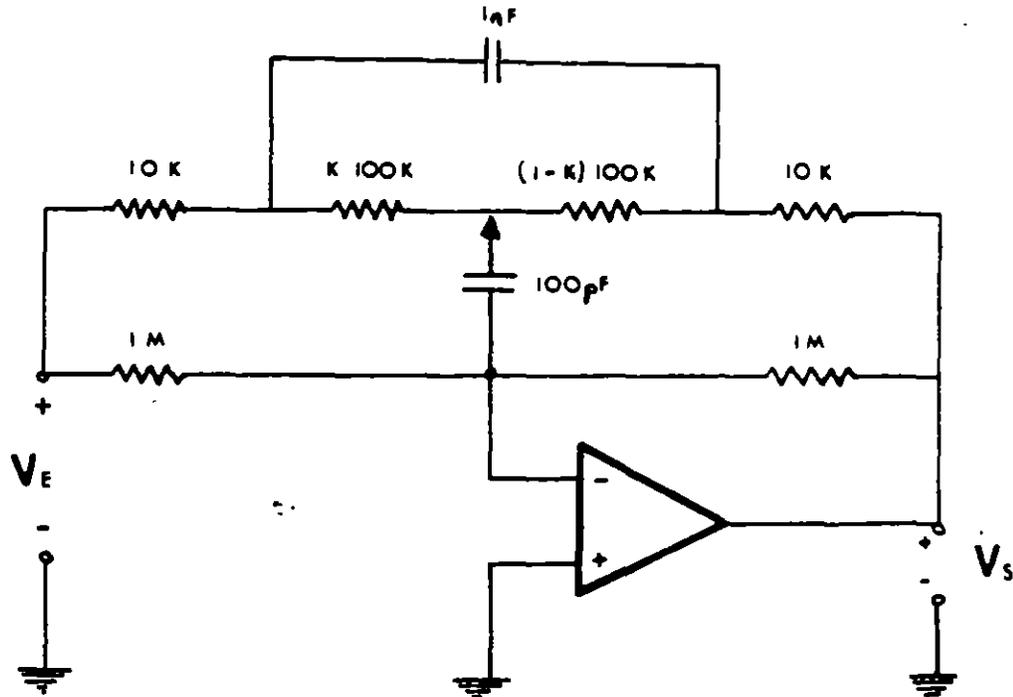


FIGURA 12

CIRCUITO ANALIZADO EN FRECUENCIA
POR EL BUD

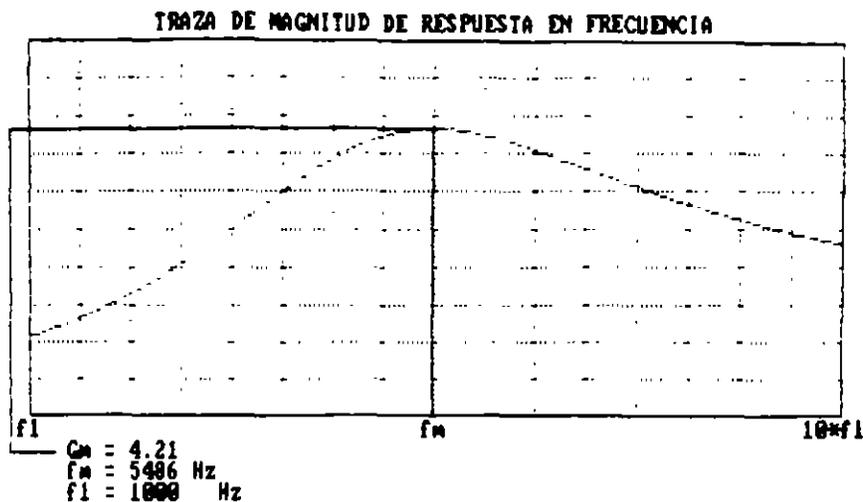


Figura 13: Respuesta en frecuencia teorica del circuito de la figura 12

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

Actualmente los autores trabajan en el desarrollo de un sistema que anali ce respuesta en frecuencia empleando un generador de funciones monolitico al cual se le pueda agregar la circuiteria analogica 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 fue_ ra de linea en una microcomputadora empleando un lenguaje de alto nivel.
- b) Procesamiento en tiempo real de senales 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

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 (Astrom 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:

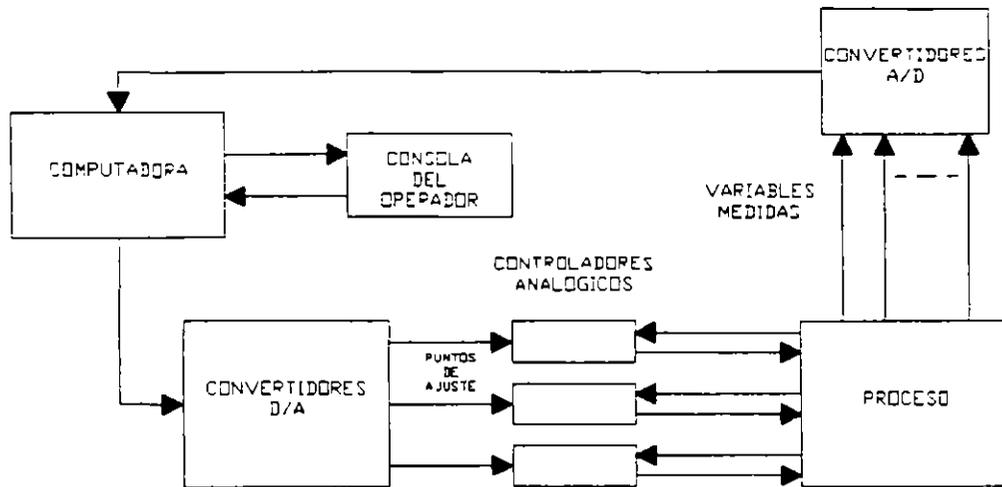


Figura 1.1 Esquema de Control Supervisorio

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.

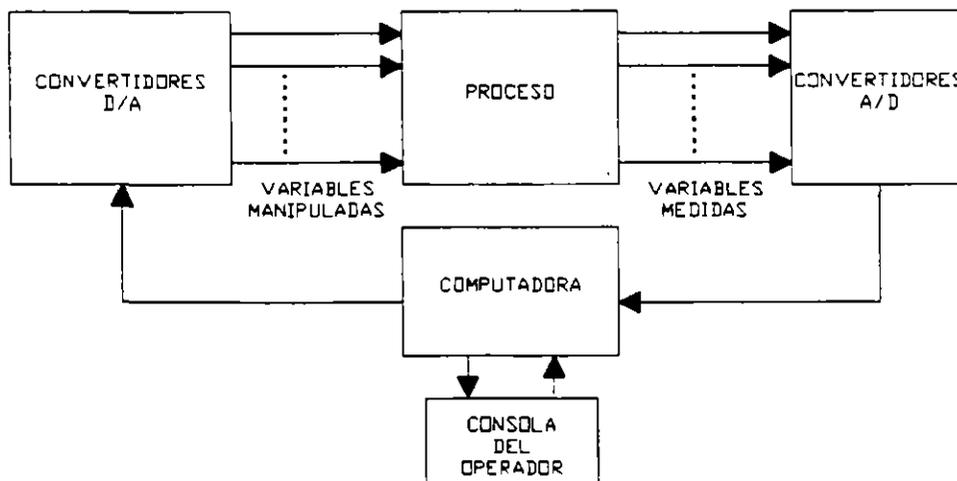


Figura 1.2 Esquema de Control Digital Directo

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 reemplazando, 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 determinadamente 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

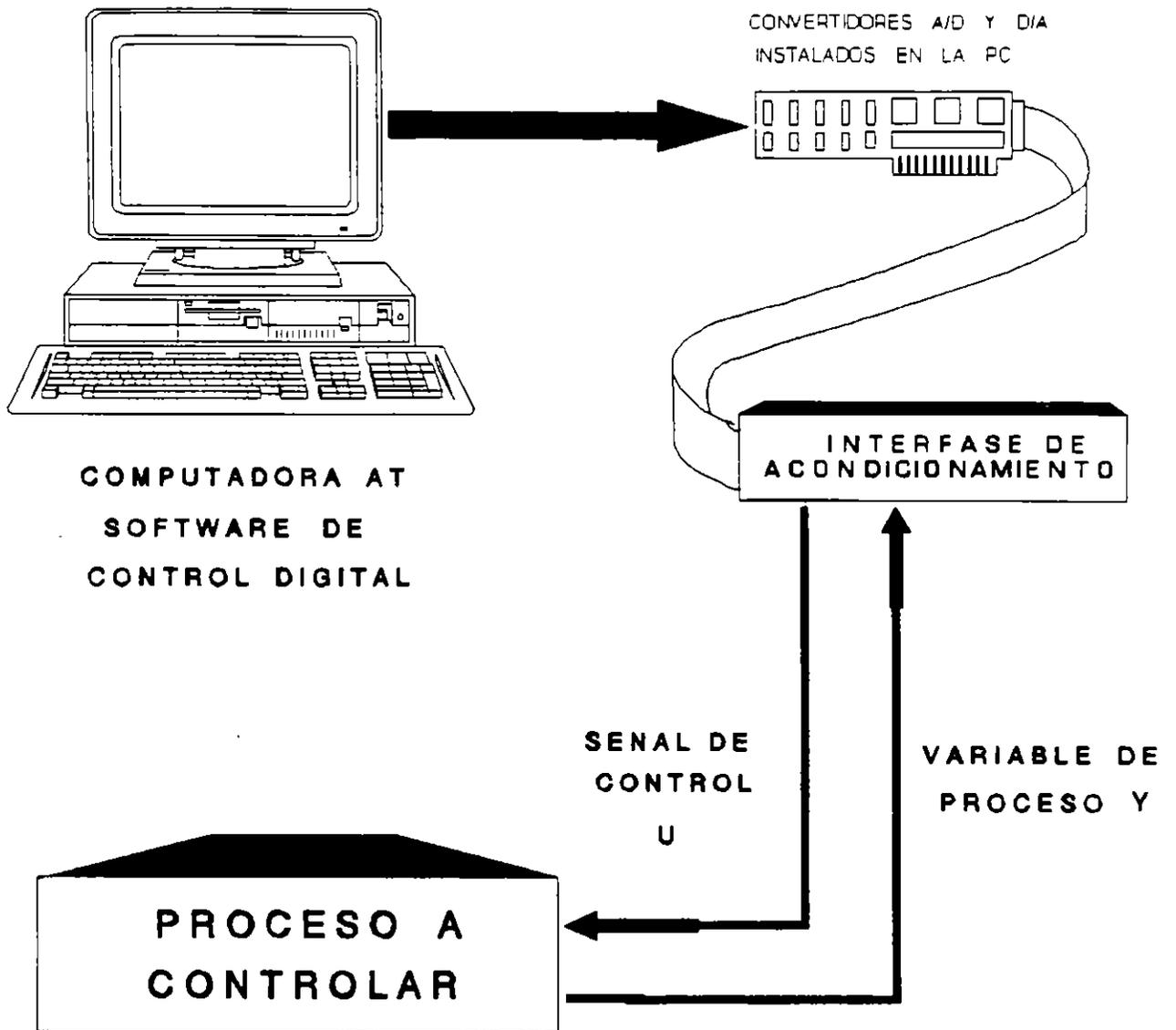
1950	PRIMERA APLICACION: CONTROL DE MISILES Y DISPOSITIVOS AEROSPACIALES. ANALIZADORES DIFERENCIALES DIGITALES (DDA): COMPUTADORAS DE CARACTER ESPECIFICO APLICADAS A NAVEGACION ESPACIAL.
1956-1959	PRIMERA APLICACION EN CONTROL DE PROCESOS: CONTROL DE UNA UNIDAD DE POLIMERIZACION EN LA REFINERIA DE PORT 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 esta 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.
- Reioj de 12 MHz.
- Monitor cromatico 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 mas 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 período de muestreo.
 k es elemento de los enteros no negativos.

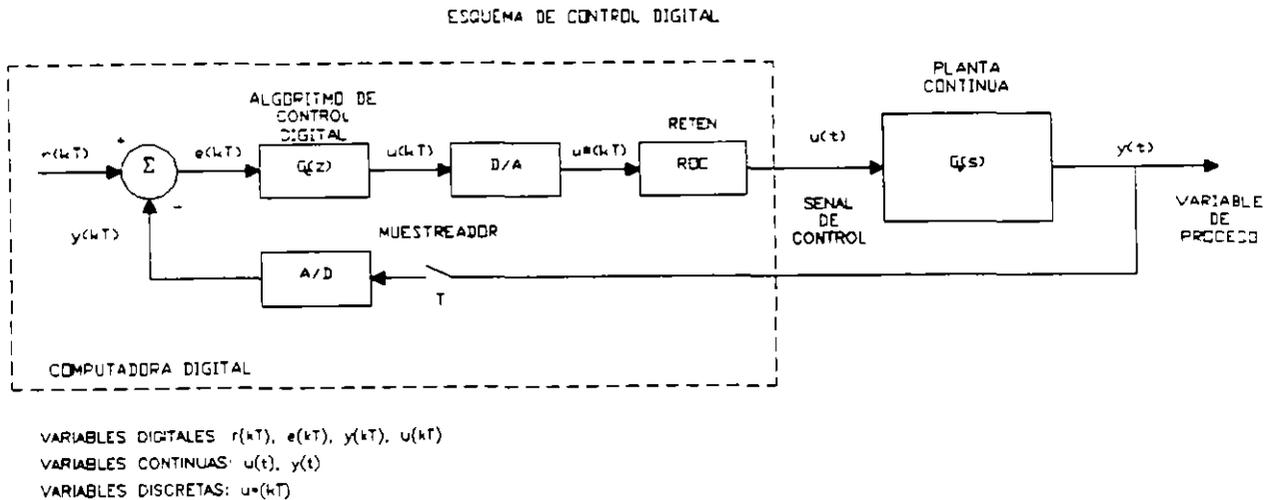


Figura 2.1 Esquema de Control Digital

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 comúnmente 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).

$$\text{acción proporcional:} \quad K \quad (E)$$

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

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

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:	$\frac{K}{T_i s}$	$\frac{a z^{-1}}{(1 - z^{-1})}$
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.

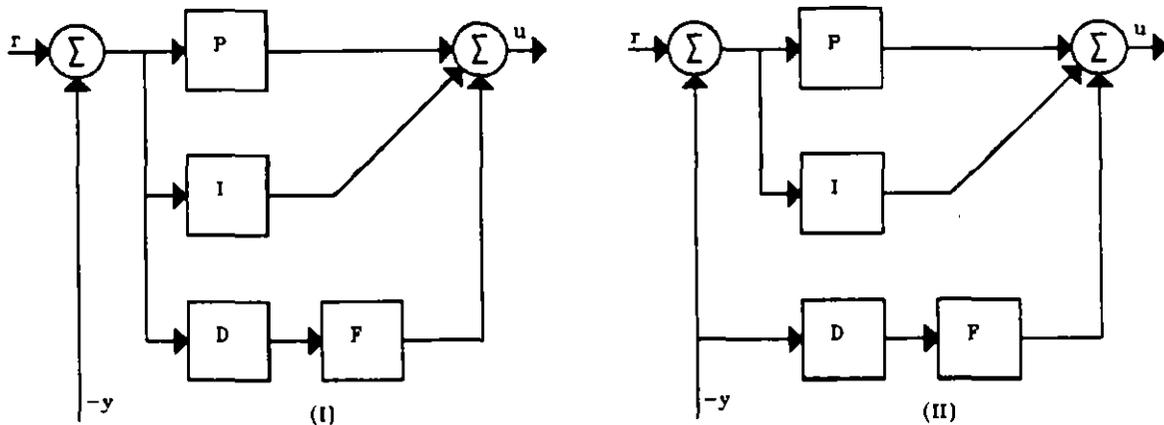


Figura 2.2 Estructuras de acción PID

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.

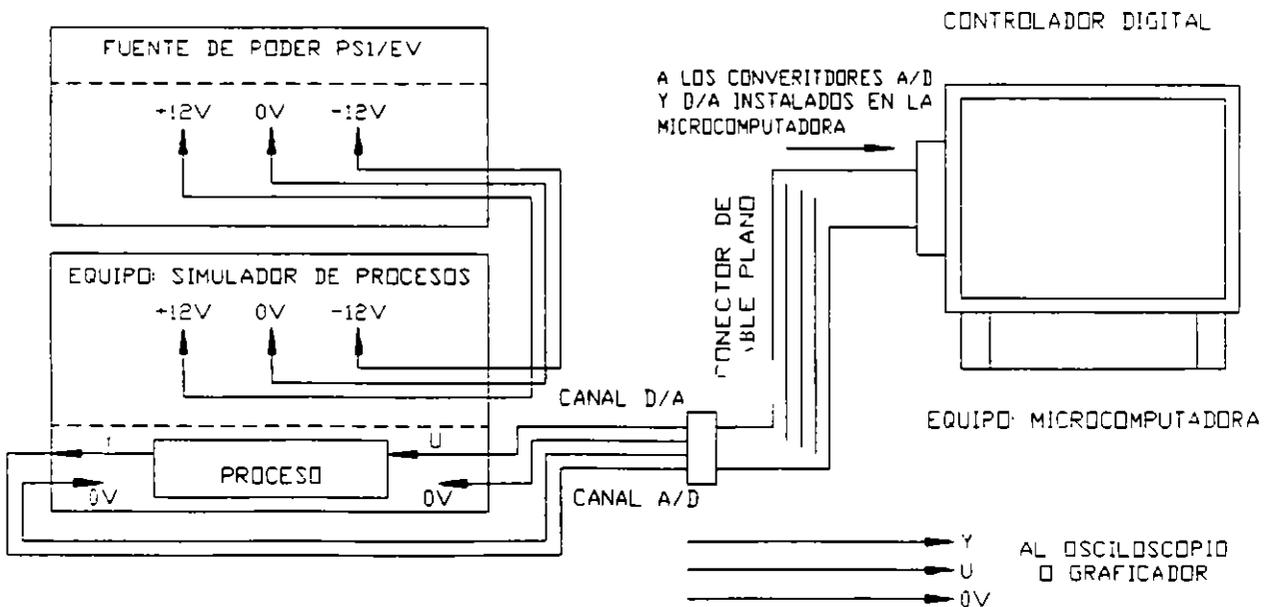


Figura 4.1 Equipo Y Diagrama de Conexiones

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 subdirectorío 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 grafica 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 grafica sean las correctas.
- Cambiar el parametro: $T_i = 0.5$ 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.

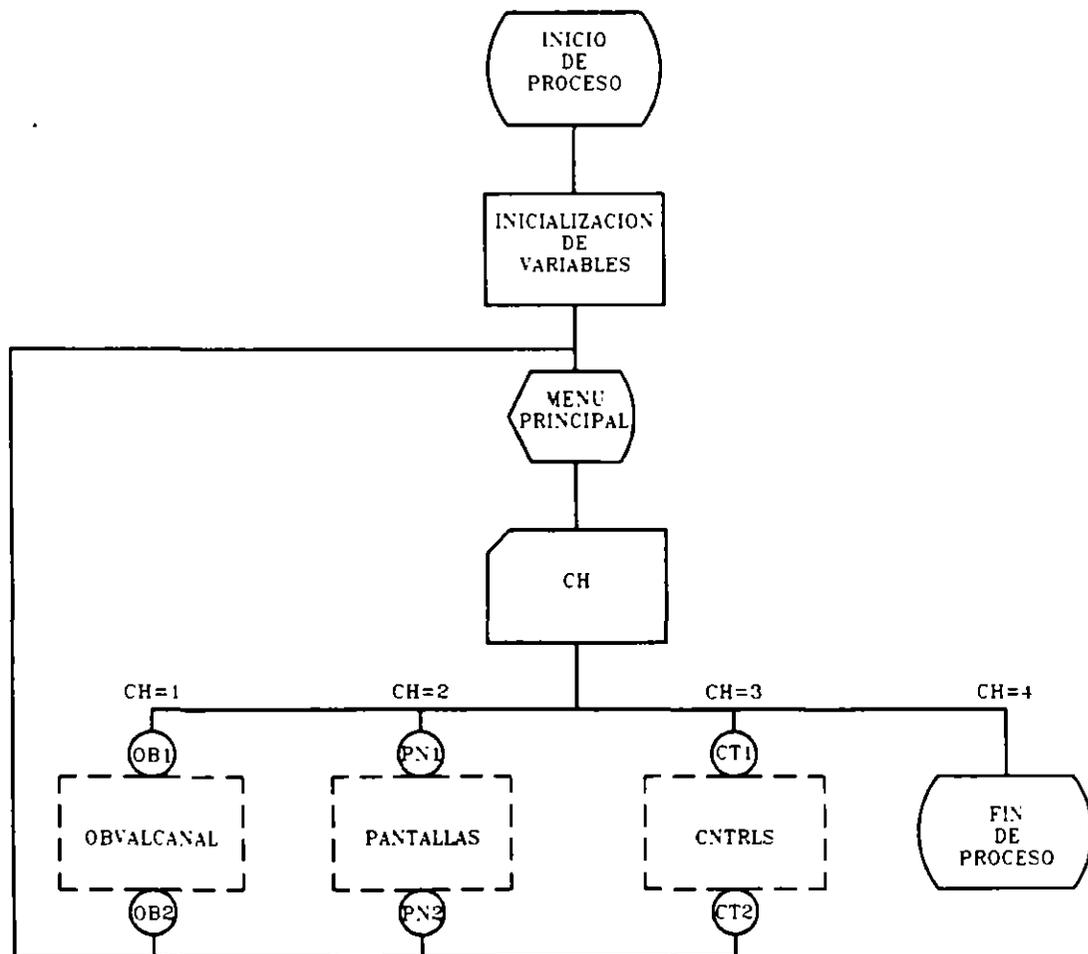
OBJETIVO: Ensambla todas las rutinas y controla la ejecución de éstas.

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.

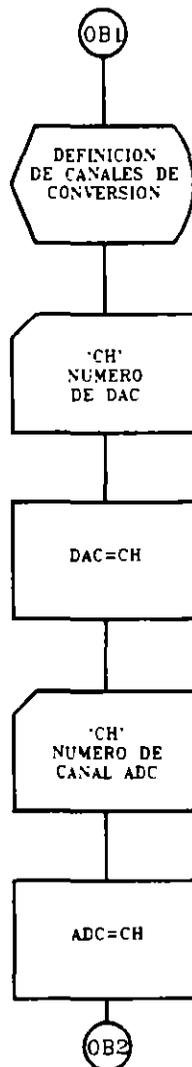
OBJETIVO: Definir los canales de conversión A/D y D/A.

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.

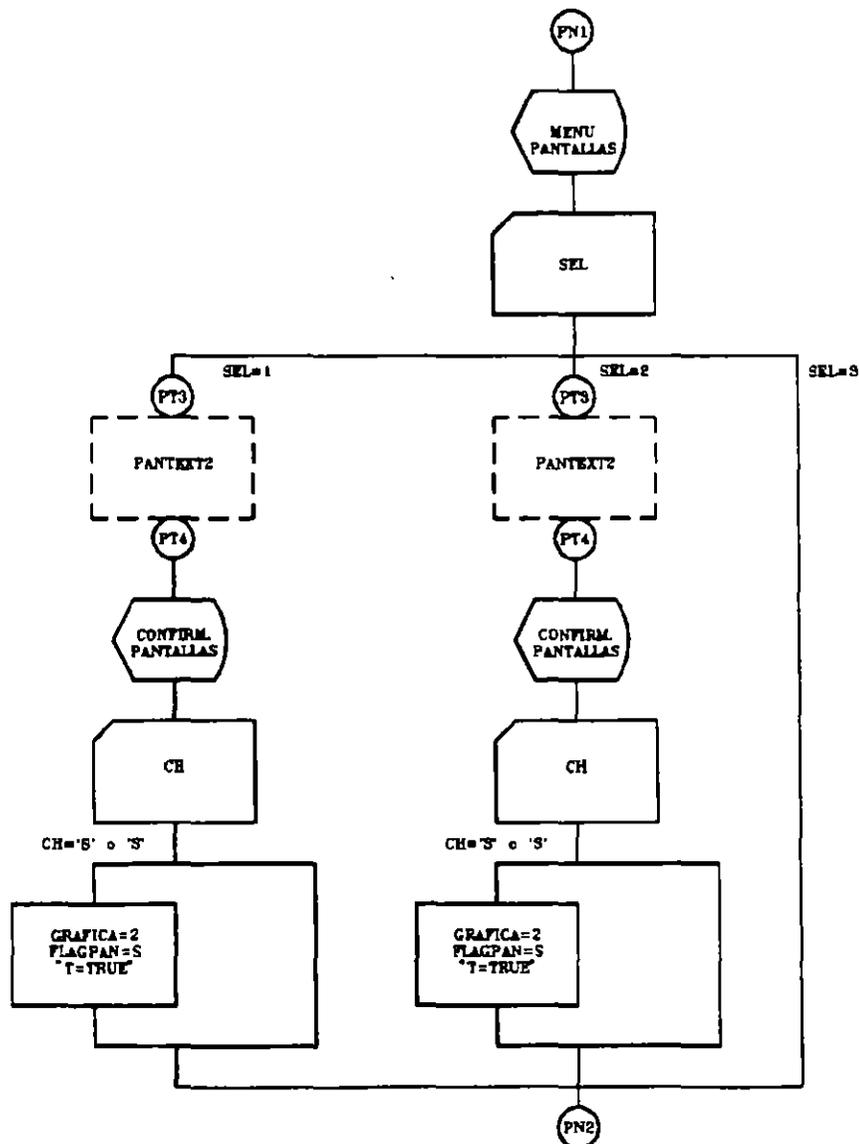
OBJETIVO: Desplegar las graficas de seguimiento de las variables continuas del sistema de control.

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.

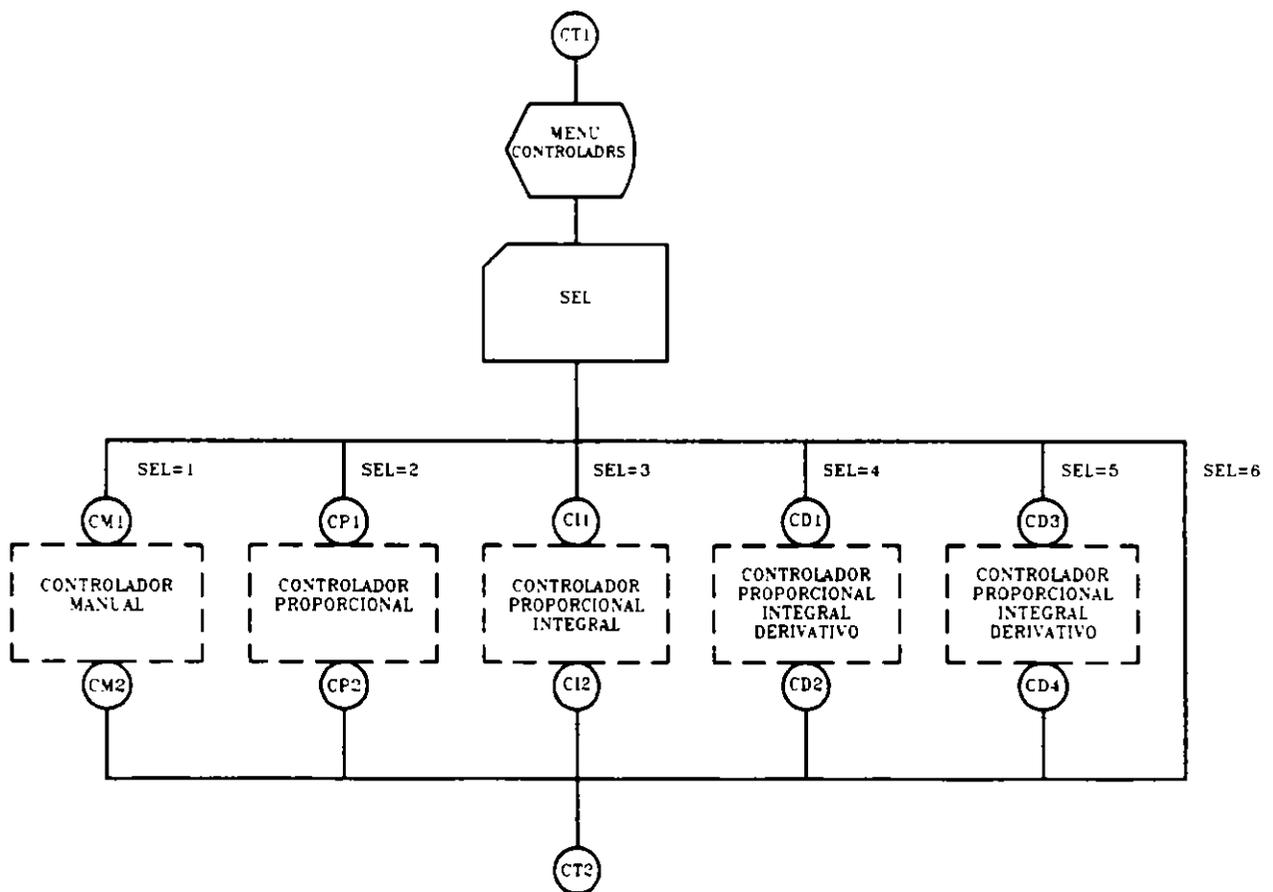
OBJETIVO: Seleccionar el algoritmo de control.

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 cc 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:

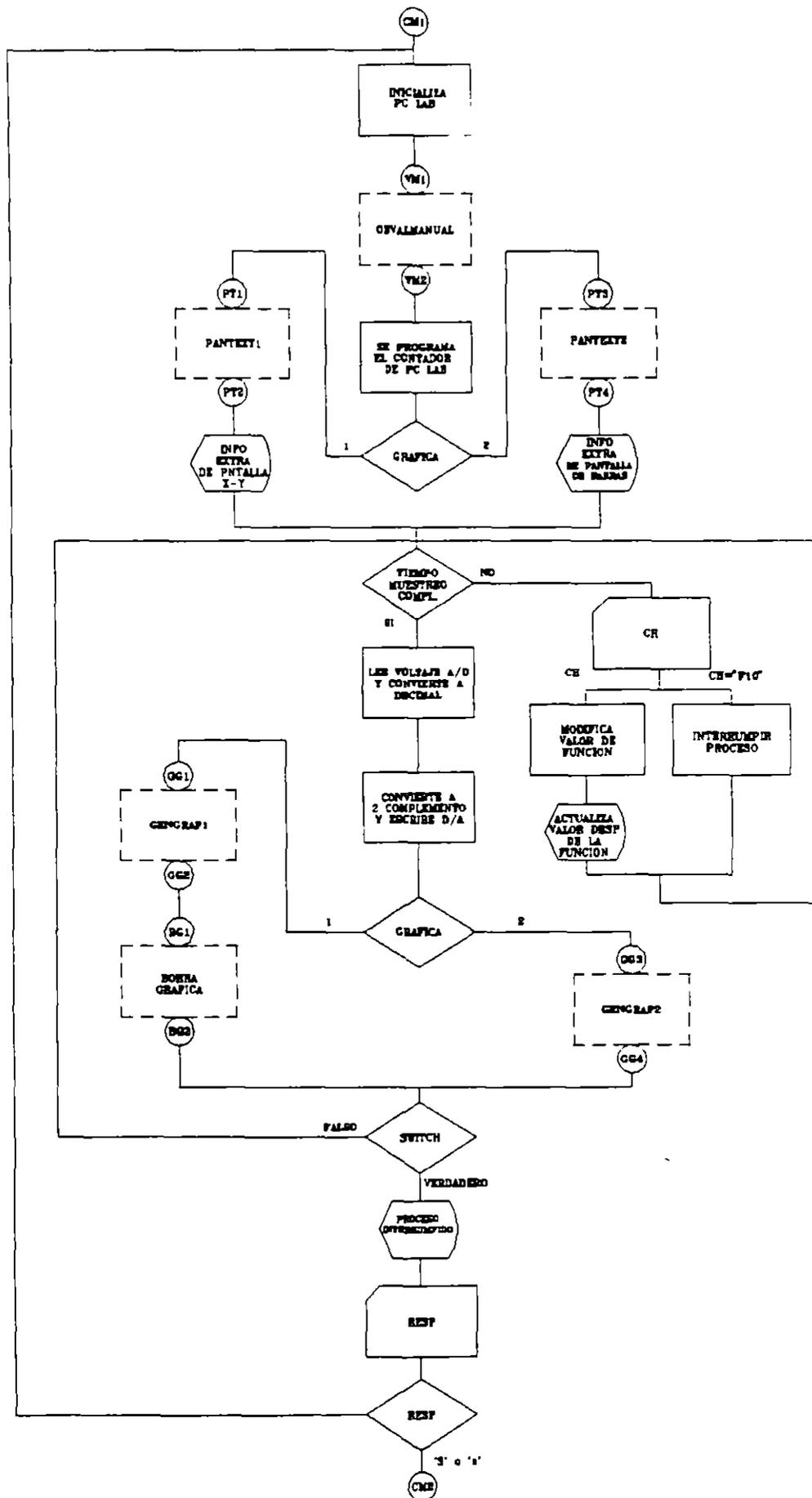
- Espera a que el temporizador indique el fin del período de muestreo anterior y simultáneamente barre el teclado por si se oprime alguna tecla. En este caso, efectúa la operación solicitada, actualizando valores desplegados.

- 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 periodo 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 periodo 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.

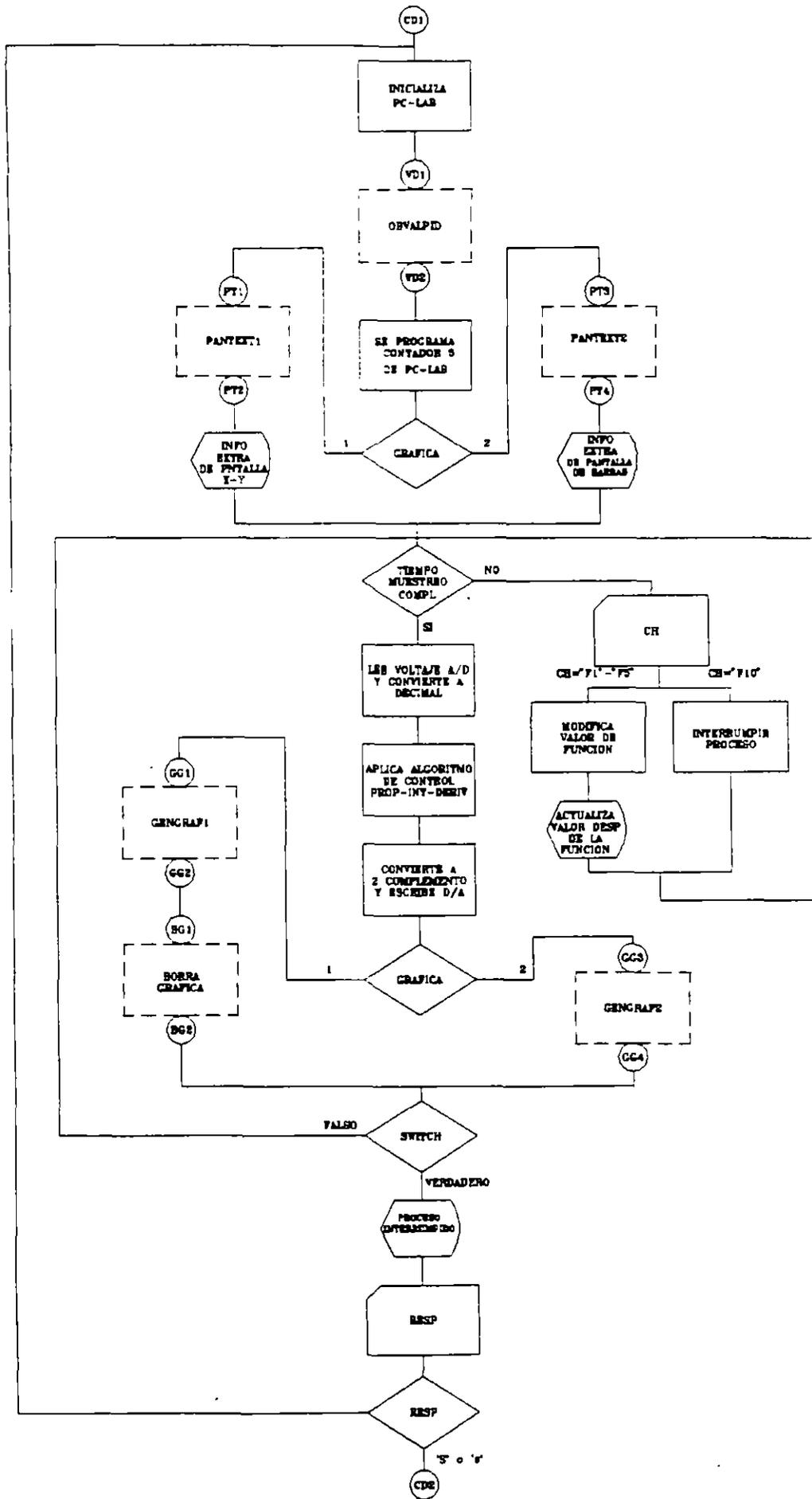
Y : voltaje de planta en el tiempo.

(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
CURSOS ABIERTOS
INSTRUMENTACION ELECTRONICA DE PROCESOS INDUSTRIALES**

CONTROLADORES LOGICOS PROGRAMABLES

**ING. FRANCISCO RODRIGUEZ RAMIREZ
CESAR ARMANDO CARBAJAL PEÑA**

CAPITULO

CONTROLADORES LOGICOS PROGRAMABLES

Introducción.

Los sistemas lógicos basados en transistores poseen generalmente las mismas ventajas de los circuitos electrónicos de estado sólido como son: seguridad, confiabilidad, rapidez, pequeño volúmen y barátos. Su única falla, desde un punto de vista industrial, es que ellos no son fácilmente modificables o reconfigurables. Si alguna modificación se requiere, es necesario cambiar el alambrado actual o las conexiones de cableado entre los dispositivos lógicos, o cambiar los propios dispositivos. Tales cambios de hardware son indeseables debido a que requieren de mucho tiempo y su complicación puede ser extrema.

En años recientes, ha surgido una nueva y mejor forma de diseñar e implantar físicamente los sistemas electrónicos de tipo industrial, el cual ha cobrado una gran importancia y popularidad. En este nuevo enfoque, se cuenta con dispositivos y sistemas completos totalmente programables y por tanto ciento por ciento reconfigurables, donde las decisiones que debe tomar el sistema son cargadas desde fuera por un código o lista secuencial de instrucciones, las cuales son grabadas en una memoria de tipo electrónico (chips) y ejecutados por un microprocesador o un conjunto de ellos, según la complejidad del sistema.

Ahora si el sistema debe de ser modificado, únicamente el código de instrucciones deberá de ser cambiado. Tales cambios son llamados modificaciones en software y son fácilmente realizables de una manera rápida cuando se hacen por medio de un teclado.

Evolución Histórica de los Controladores Programables.

Las especificaciones para diseñar el primer controlador lógico fueron establecidas en 1968 por la División Hydromatic de la General Motors Corporation. El primer punto a considerar era eliminar el alto costo asociado con los sistemas poco flexibles basados en relevadores. Las especificaciones requerían de un sistema de estado sólido con la flexibilidad de los equipos de cómputo, capaz de trabajar en ambientes industriales.

que fuera fácilmente programado y mantenido por ingenieros y técnicos de la planta.

Los primeros controladores programables fueron sólo sistemas basados en relevadores con capacidad de control de dos posiciones (encendido/apagado) solamente. De 1970 a 1974, las primeras innovaciones en la tecnología de fabricación de los microprocesadores contribuyó grandemente a incrementar la flexibilidad y capacidad para la toma de decisiones de los controladores programables, así como el contar con una interface con el operador más amigable, funciones aritméticas de mayor sofisticación, manipulación de datos y comunicación con computadoras. El programar apoyado en equipos de cómputo permitió al usuario realizar programas de control utilizando símbolos de relevadores más conocidos por el personal de planta, más que cualquier otro lenguaje de programación.

Los avances obtenidos entre 1975 y 1979, en hardware y software agregan características, tales como gran capacidad de memoria, entradas y salidas remotas, control analógico y de posición, comunicación con el operador y enriquecimiento del software. Estos avances hicieron a los controladores programables apropiados para un rango amplio de aplicaciones y contribuyeron grandemente a la reducción de alambrado y costo de instalación. Los sistemas de expansión de memoria permitieron almacenar grandes cantidades de datos y programas más extensos.

A principios de la década de los '80 se tuvieron grandes avances en los controladores programables en forma paralela a la tecnología de microprocesadores debido a la competitividad de los fabricantes de estos equipos.

Los avances en Hardware en los controladores actuales son:

Tiempos de scan muy cortos utilizando tecnología bit-slice. PLC's pequeños y de bajo costo que reemplazan de 4 a 10 relevadores. Sistemas de entrada/salida de alta densidad que reduce el espacio necesario. Interfaces inteligentes de entrada/salida que posibilitan al equipo para el control de procesos distribuidos, así como la comunicación manual en ASCII, etc. Interfaces especiales que permiten a ciertos dispositivos ser conectados directamente al controlador. Otro avance significativo fue el desarrollar

familias de controladores, estas familias consisten de una línea de controladores desde los de pequeña capacidad de apenas 10 entradas/salidas, hasta los de gran capacidad, capaces de manejar unas 8000 entradas/salidas y 128 K palabras de memoria. Los miembros de cada familia utilizan el mismo sistema de entrada/salida y programación de periféricos. Este concepto ayudó a disminuir el costo de desarrollo por parte del usuario.

Los avances en Software son:

Lenguajes de alto nivel tales como BASIC usados para comunicación con equipos periféricos. Lenguajes híbridos de alto nivel para programas de control. Se extiende en el sistema de diagnóstico (el cual verifica el mal funcionamiento del controlador). Cálculos matemáticos complejos de punto flotante. Instrucciones para manipulación de datos.

Como se puede apreciar el controlador programable ahora es un sistema mucho más completo del especificado en el inicio, ahora es capaz de comunicarse con otros sistemas de control, proveer reportes de producción, diagnosticar sus propias fallas y las de máquina o procesos.

5.1 Definición de Controlador Lógico Programable.

Un controlador lógico programable (PLC, del inglés Programmable Logic Controller) está definido por la International Electromechanical Commission como :

" Un sistema electrónico operado digitalmente, el cual está diseñado para su uso en ambientes industriales, contiene una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones (del usuario), para implantar funciones específicas de lógica, secuenciación, temporización, conteo y aritméticas, para llevar a cabo el control de diversos tipos de máquinas y procesos a través de entradas (analógicas y/o digitales), produciendo las correspondientes salidas (analógicas y/o digitales). El controlador lógico programable y sus periféricos asociados han sido diseñados para su fácil integración y uso en sistemas de control a nivel industrial, para llevar a cabo las funciones para las que fue programado"

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.

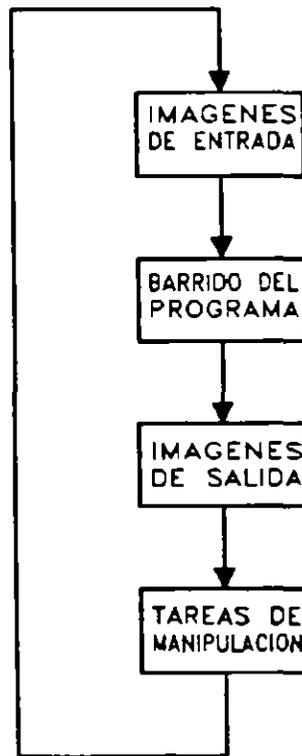
3.- Los datos actualizados de las imágenes de salida se transfieren a las interfaces, controladores de lazo cerrado y/o algún otro dispositivo de control.

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.

La International Electromechanical Commission (IEC) ha especificado estándares en los rangos de voltaje para las fuentes de alimentación, entradas y salidas digitales para los controladores programables. La tabla 1 muestra dichos rangos de operación:

RANGO DE VOLTAJE	FUENTE DE ALIMENTACION	SEÑALES DE E/S	NOTAS
24 VCD 48 VCD	SI SI	SI SI	1
24 VCA 48 VCA 120 VCA 230 VCA 400 VCA	NO NO SI SI SI	NO NO SI SI NO	2

Tabla 1

Notas:

(1) La tolerancia permitida en los voltajes de corriente directa es de -15 a +20%.

(2) La tolerancia permitida en los voltajes de corriente alterna es de -15 a +10 %. Los voltajes de corriente alterna están en Vrms.

La IEC también especificó los rangos de voltaje para entradas y salidas analógicas, estos datos se presentan en las tablas 2 y 3, así como los de impedancia de entrada e impedancia de carga, respectivamente.

RANGO DE LA SEÑAL	IMPEDANCIA DE ENTRADA
-10 V a +10 V	$\geq 10 K \Omega$
0 V a +10 V	$\geq 10 K \Omega$
+1 V a +5 V	$\leq 5 K \Omega$
4 mA a 20 mA	$\leq 300 \Omega$

Tabla 2. Entradas Analógicas

RANGO DE LA SEÑAL	IMPEDANCIA DE CARGA
-10 V a +10 V	$\geq 1 K \Omega$
0 V a +10 V	$\geq 1 K \Omega$
+1 V a +5 V	$\geq 500 K \Omega$
4 mA a 20 mA	$\leq 600 \Omega$

Tabla 3. Salidas Analógicas

Estándares para Controladores Lógicos Programables.

La International Electromechanical Commission estableció una serie de estándares, referentes a las funciones estándar que deben contemplarse para el diseño y fabricación de controladores programables. Los rubros que la IEC consideró fueron, los que a continuación se enlistan:

FUNCIONES ESTANDAR DE LA IEC PARA PLC's Funciones numéricas

Nombre Estándar	Función
ABS	Valor absoluto
SQRT	Raiz cuadrada
LN	Logaritmo natural
LOG	Logaritmo en base 10
EXP	Exponencial natural
SIN	Seno
COS	Coseno
TAN	Tangente
ASIN	Angulo cuyo seno es
ACOS	Angulo cuyo coseno es
ATAN	Angulo cuya tangente es
ADD o +	Adición
SUB o -	Sustracción
MUL o *	Multipliación
DIV o /	División
MOD	Módulo
EXPT o **	Exponenciación

Funciones con cadenas binarias

Nombre Estándar	Función
SHL	Corrimiento a la izquierda, llenando el espacio con cero
SHR	Corrimiento a la derecha, llenando el espacio con cero
ROL	Rotación circular a la izquierda
ROR	Rotación circular a la derecha
AND o &	And booleana entre cadenas binarias.
OR o = 1	Or booleana entre cadenas binarias
XOR o = 2k + 1	Or exclusiva booleana entre cadenas binarias
NOT	Complemento booleano en cadenas binarias

{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 ≥	Mayor o igual a
EQ o =	Igual a
LE o ≤	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	Flanco 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.

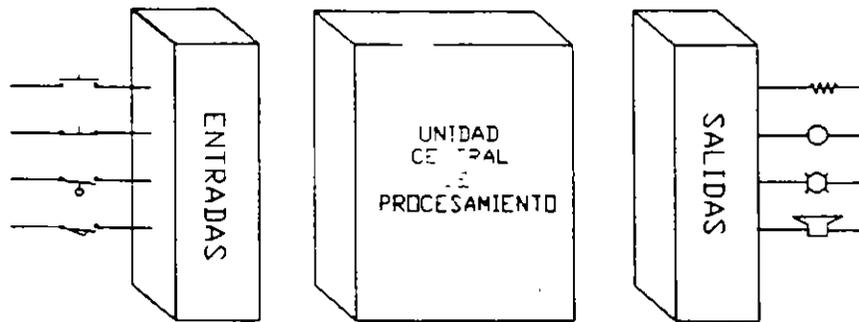


DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE

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.

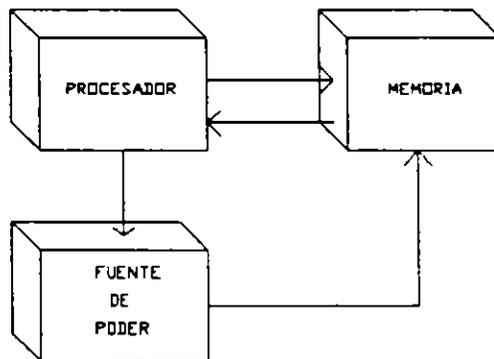


DIAGRAMA DE BLOQUE DEL CPU

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 sustancia 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 algunos 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 fue 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, temporizadores 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 está 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 están parados en un tiempo muy corto. Sin embargo, dependiendo del ambiente en el cual el PLC está 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 esten bien y que el módulo este 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 cuándo 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

Componentes de estado sólido
Memoria programable

Tamaño reducido

Está basado en un microprocesador

Temporizadores y contadores programables .

Control de relevadores programables

Arquitectura modular

Gran variedad de interfaces de E/S

Estaciones de E/S remotas

Beneficios

Alta confiabilidad

Simplicidad en los cambios.

Flexibilidad en el control

Requerimientos mínimos de espacio

Capacidad de comunicación.

Alto nivel de desempeño.

Productos de alta calidad.

Capacidad multifuncional

Reducción del hardware

Facilidad de cambio de los parámetros iniciales

Reducción de costo en el alambrado del hardware.

Reducción en los requerimientos de espacio

Flexibilidad en la instalación.

Facilidad en la instalación.

Compra de hardware minimizado

Expansibilidad.

Controla una diversidad de dispositivos.

Permite el control personalizado

Simplicidad en el alambrado externo, evitando alambres de gran longitud

Indicadores de diagnóstico

Reduce el tiempo en la localización de fallas.

Apropiada operación de la señalización

Interface E/S modular

Apariencia clara del panel de control.

Facilidad en el mantenimiento.

Conexión y desconexión rápida de E/S

Facilidad de alambrado

Facilidad de servicio de cables dañados

Todas las variables del sistema están almacenadas en memoria mantenimiento.

Facilidad de manejo y

Las variables pueden ser

obtenidas en forma de reporte

CAPITULO 6

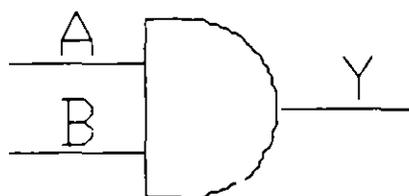
PRINCIPIOS DE PROGRAMACION DE CONTROLADORES LOGICOS PROGRAMABLES.

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.

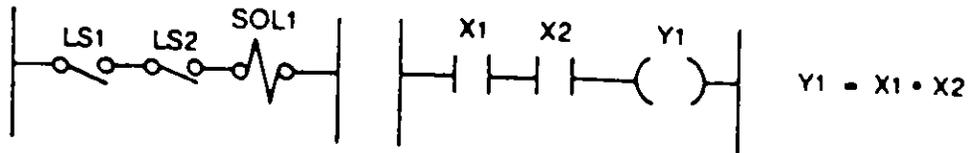
La función AND (Y o producto booleano)

La figura siguiente muestra el simbolo de una compuerta AND empleado para representar graficamente la función AND, así como su tabla de verdad:



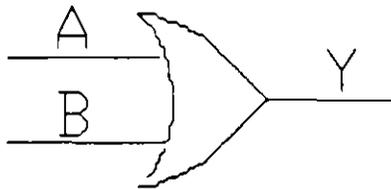
A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

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:



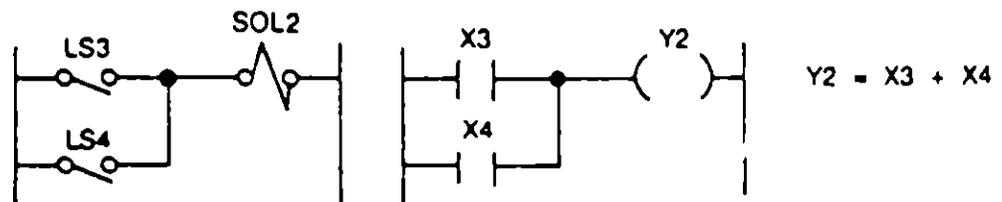
La función OR (O o también suma booleana)

La siguiente figura muestra el simbolo de una compuerta OR así como su tabla de verdad:



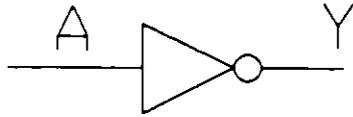
A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

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 Álgebra Booleana.

Operaciones básicas.

1.- Las compuertas básicas llevan a cabo funciones lógicas sencillas. Cada compuerta lógica es presentada a través de un símbolo, 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 absorbción

$$A \cdot (A + B) = A + A \cdot B = A$$

Leyes de Morgan

$$\overline{(A + B)} = \overline{A} \cdot \overline{B}$$

$$\overline{A \cdot B} = \overline{A} + \overline{B}$$

$$\overline{\overline{A}} = A,$$

$$\overline{1} = 0,$$

$$\overline{0} = 1$$

$$A + \overline{A} \cdot B = A + B$$

$$A \cdot B + A \cdot C + B \cdot \overline{\overline{C}} = A \cdot C + B \cdot \overline{C}$$

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:

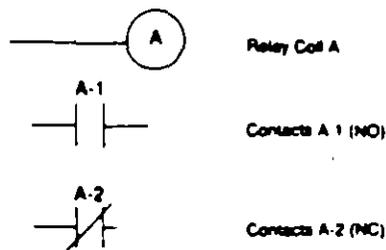
"1"	"0"	Ejemplo
Encendido	Apagado	Alarma
Abierto	Cerrado	Válvula
Suena	No suena	Campana
Presencia	Ausencia	Indicador límite
En marcha	Detenido	Motor
Ilumina	No ilumina	Lámpara

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 alamburada 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.

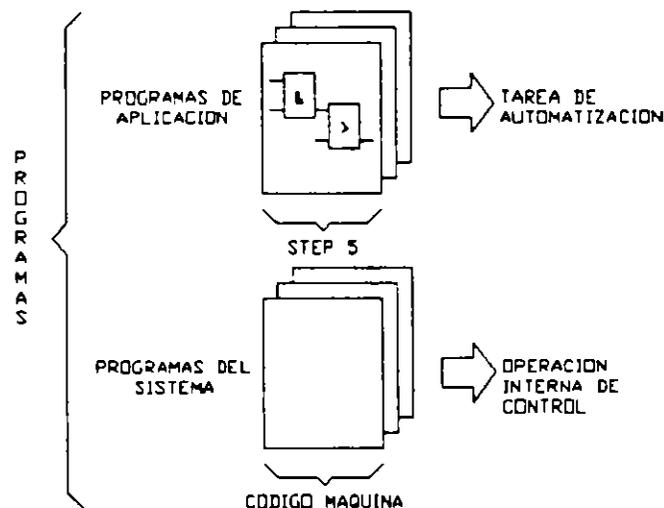


Figura 1. Tipos de programas en STEP 5.

– 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.

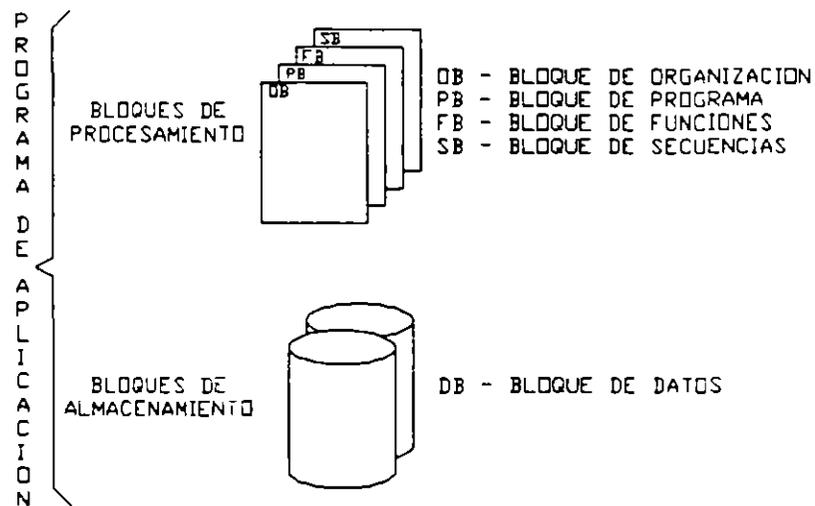


Figura 2. Tipos de bloques en los programas de aplicación.

– **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.

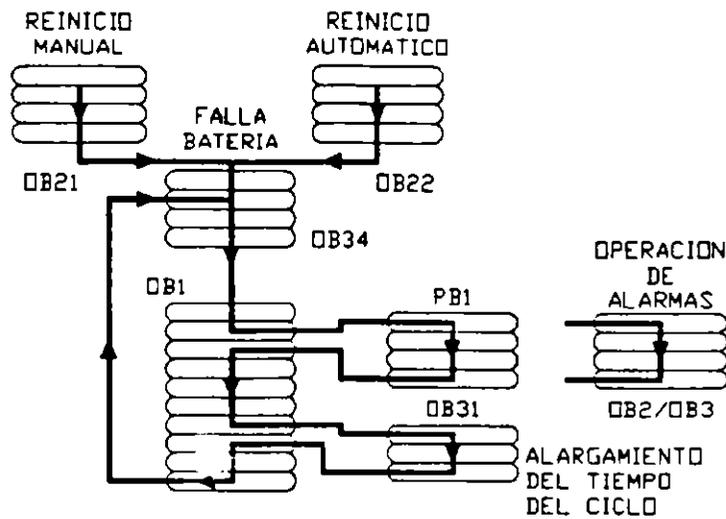


Figura 3. Bloques de organización.

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.

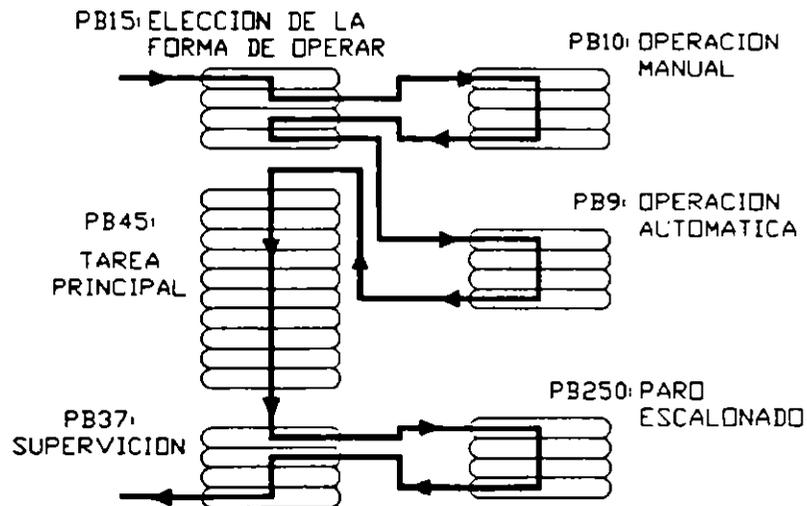


Figura 4. Bloques de programa.

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.

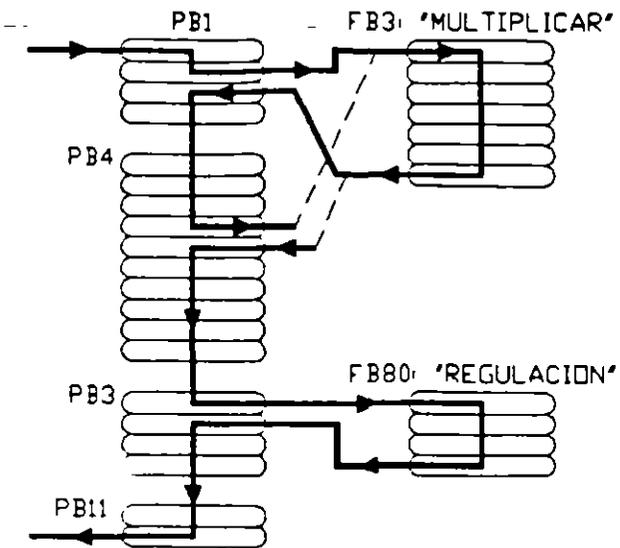


Figura 5. Bloques de funciones.

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 contienen 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.

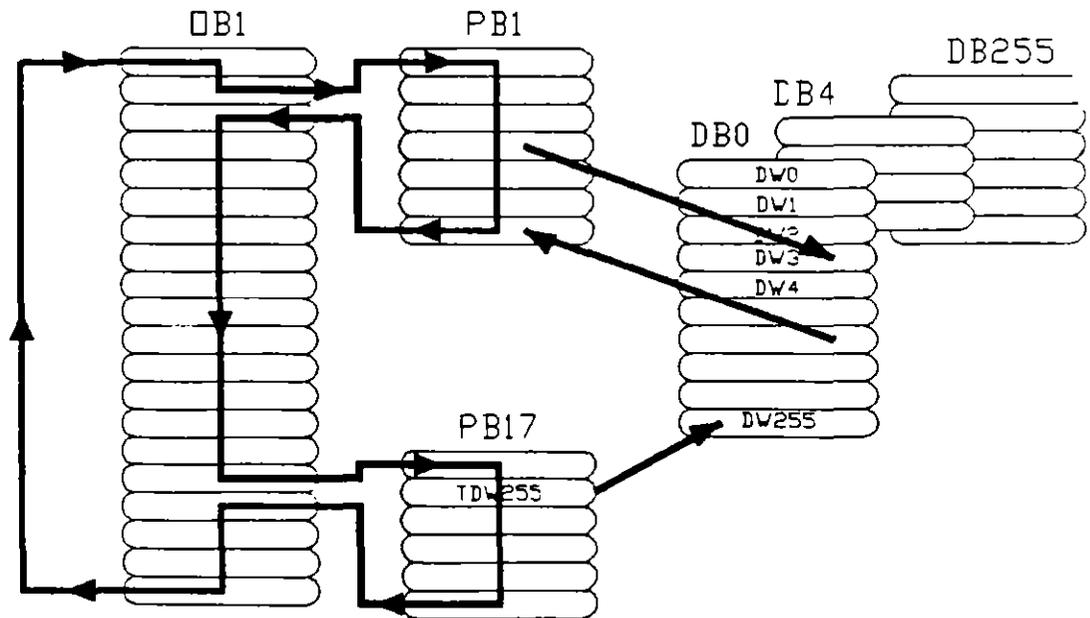


Figura 6. Bloques de datos.

– 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.

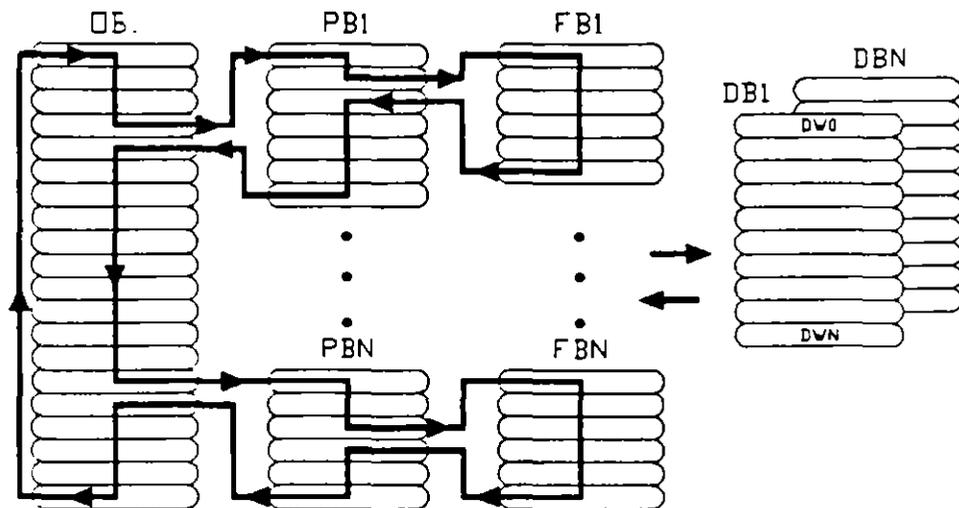


Figura 7. Estructura de un programa de aplicación.

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.

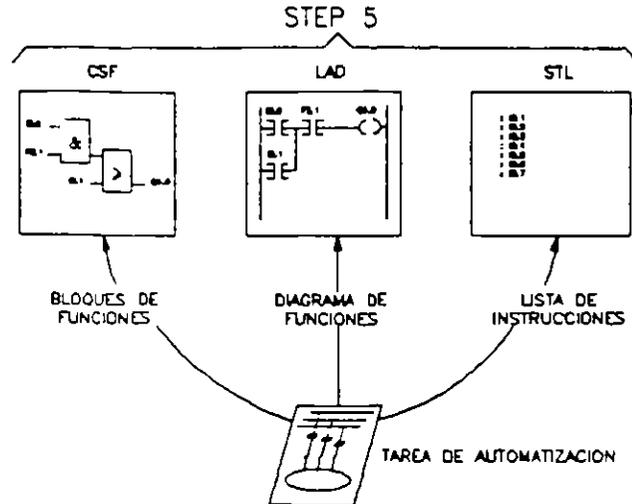


Figura 8. Formas de representación en STEP 5.

– 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.

\overline{A} $\overline{I 0.1}$

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 accesarán 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).

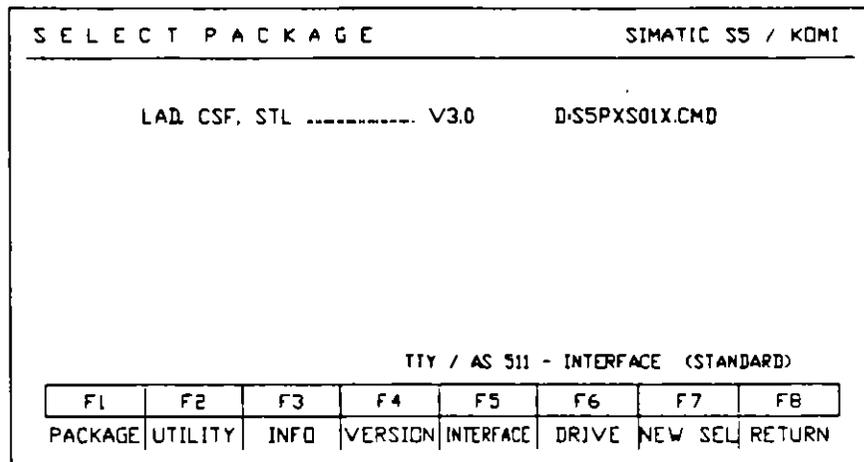


Figura 11. Pantalla de selección de opciones (KOMI).

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.

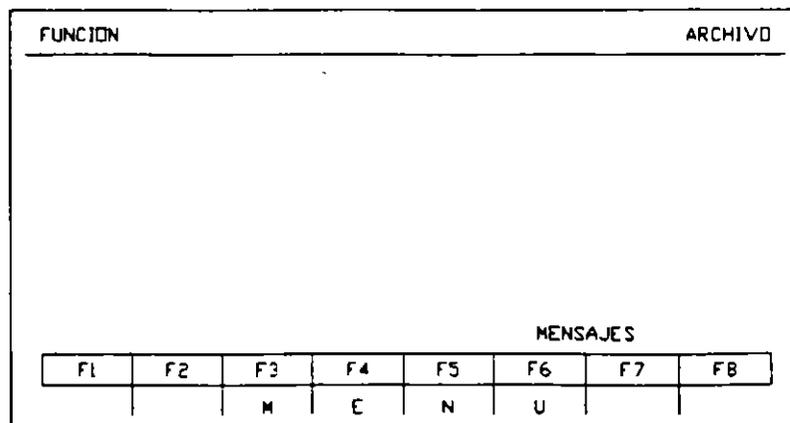


Figura 12. Estructura de las pantallas de STEP 5.

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:000000EST.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 C I O N				SIMATIC S5 / PES01			
REPRESENT.	: (LAD, CSF STL)			PROGRAM FILE	: D:000000EST.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.

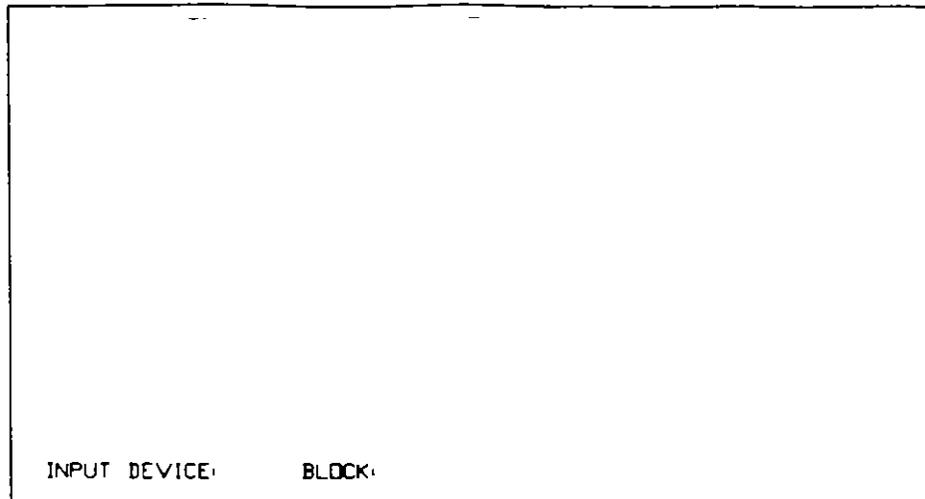
Una vez hechos y aceptados los ajustes de la máscara PRESETS aparece en la pantalla el menú principal LAD, CSF, STL. En este punto se puede ejecutar cualquier función disponible en el menú. Por ejemplo: F1 INPUT para empezar a crear un bloque; F2 OUTPUT para acceder un bloque anteriormente realizado; 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.

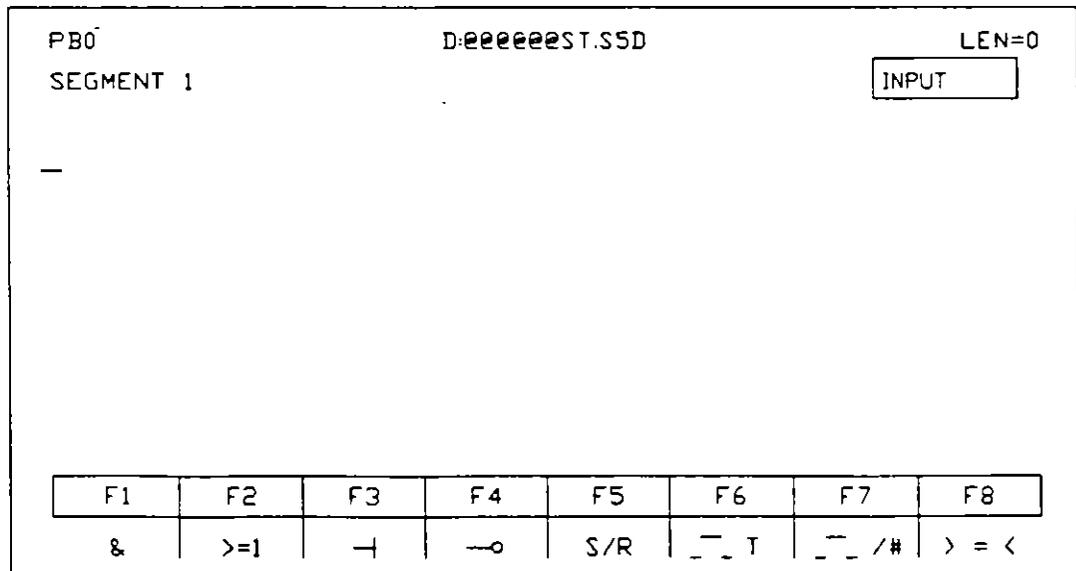


Figura 16. Pantalla de programación en CSF.

– 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.

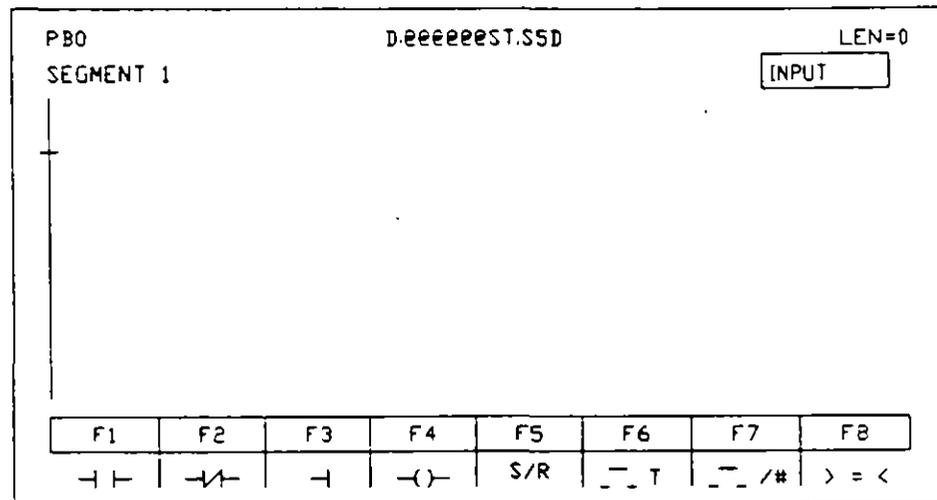


Figura 17. Pantalla de programación en LAD.

– 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.

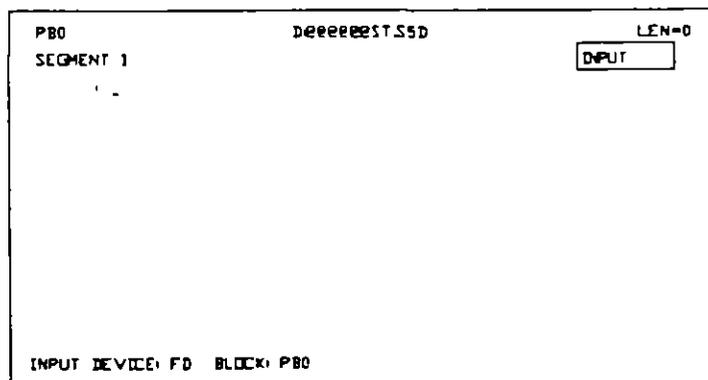


Figura 18. Pantalla de programación en STL.

– **Listar programa ya creado: modo OUTPUT.**

Para listar un programa ya creado se selecciona desde el menú principal la función F2 OUTPUT. Esta función tiene a su vez un submenú con la opciones F2 BLOCK y F4 MASK. Con F2 se pasa a una pantalla donde se selecciona el dispositivo donde se encuentra almacenado el programa, el tipo y número de bloque, y el número de segmento a visualizar.

O U T P U T				SIMATIC S5 / PES01			
F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
BLOCK			SCR FORM				RETURN

(a)

OUTPUT DEVICE:	BLOCK:	SEARCH:	PTR:

(b)

Figura 19. Acceso a modo OUTPUT (F2).

– **Inserción y borrado de segmentos: modo INSERT y DELETE.**

Para insertar segmentos a un programa ya creado se selecciona desde el menú principal el modo OUTPUT. Se posiciona el cursor donde se desea realizar la inserción y se oprime SHIFT F10. En este momento se borra la pantalla y se puede editar el segmento deseado. Una vez editado el segmento se oprime la tecla de aceptación total. El sistema se encarga de

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.**

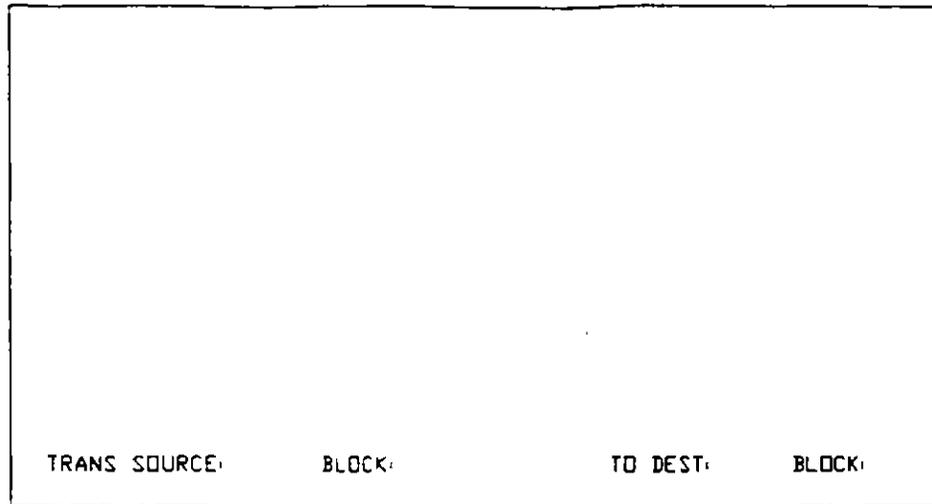
Para corregir segmentos de un programa ya creado se selecciona desde el menú principal el modo OUTPUT. Se posiciona el cursor en el segmento que se desea corregir y se presiona la tecla CORR. Se realiza la corrección del segmento. La corrección total debe aceptarse con la tecla de aceptación total.

– **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 las 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							SIMATIC SS / DES0A	
F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	
TRANSFER	DELETE	DIR			PRG FILE		RETURN	

(a)



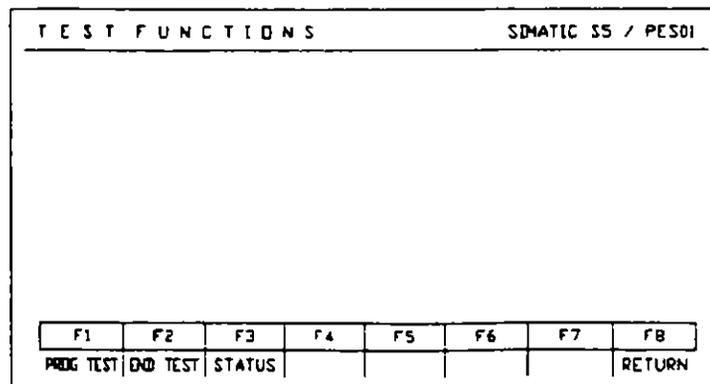
(b)

Figura 20. Máscara de Transferencia de un Programa.

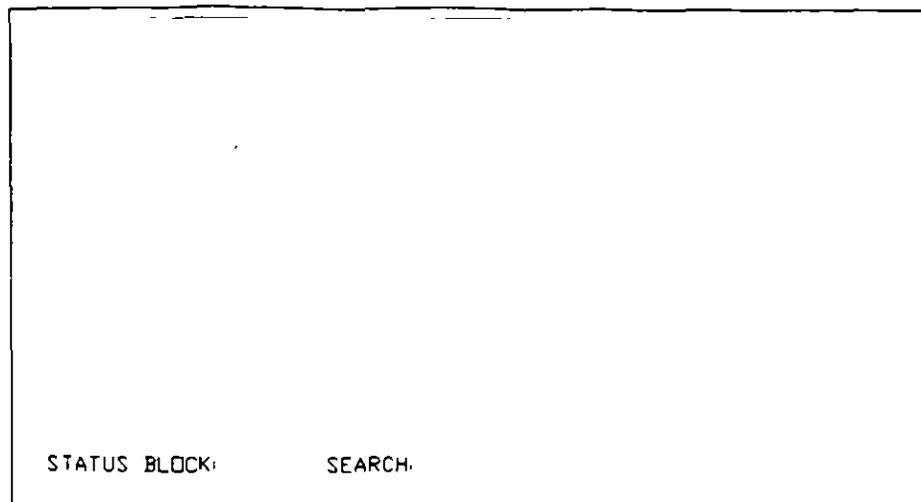
– **Prueba de un programa: modo TEST/STATUS.**

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)



(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, transformación, las cuales sólo puede programarse en STL.

– **Operaciones de Sistema.**

Las operaciones de sistema accesan directamente al sistema operativo, y también sólo son programables en STL.

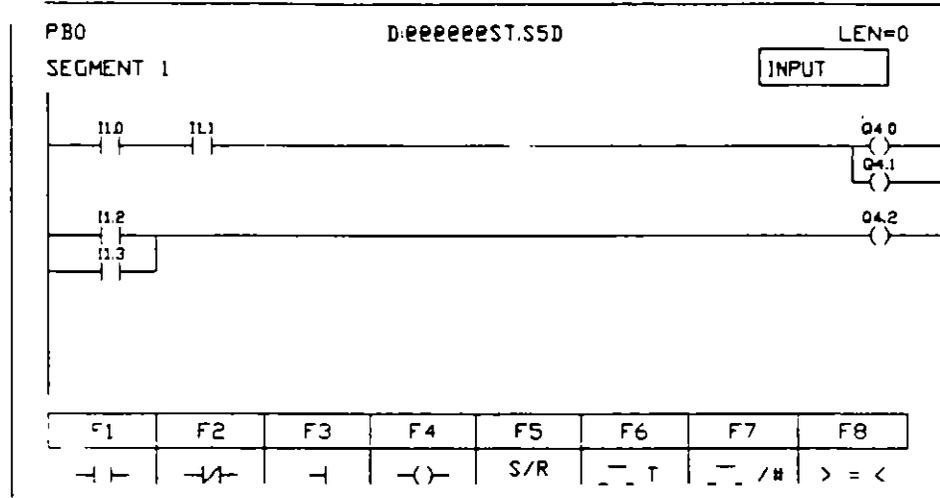
– **Operaciones Básicas.**

Las operaciones básicas comprenden funciones ejecutables en los diferentes tipos de bloques. Pueden ser programadas en los tres tipos de representación.

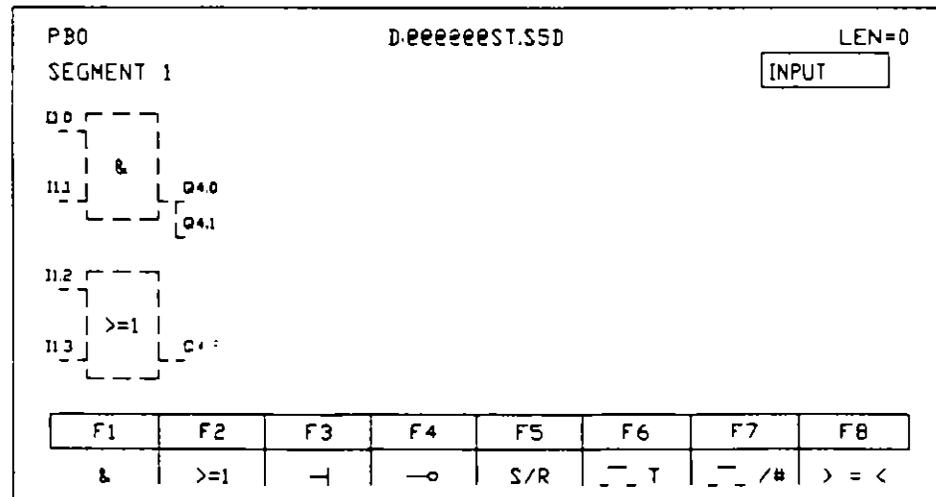
Las operaciones básicas de las tres representaciones son: AND, OR, funciones de memoria R-S, temporizadores, contadores y comparadores.

AND. Ejemplo de una AND en las tres representaciones se puede observar en las figuras 22(a), 22(b) y 22(c).

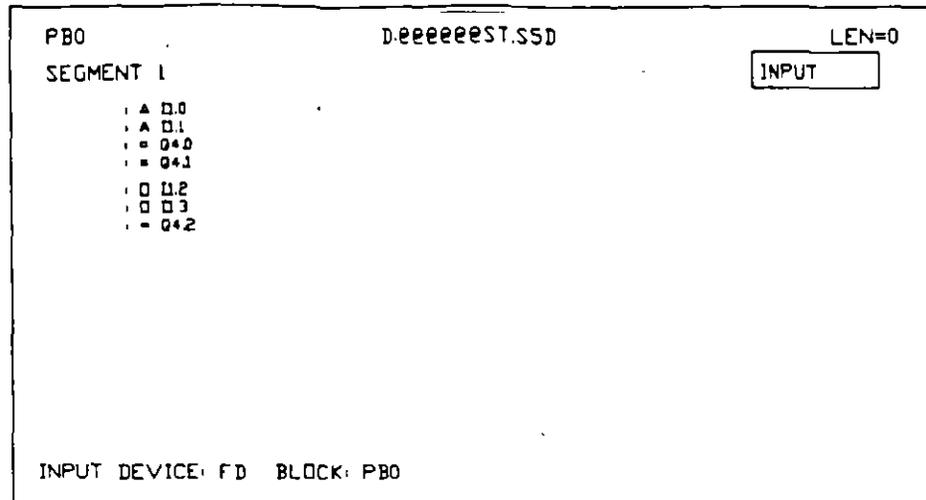
OR. Una OR se puede representar como se muestra en las figuras 22(a), 22(b) y 22(c).



(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	
	0	0
	1	1

(a) Flip-Flop con prioridad al Set

Figura 23. Tablas de verdad de las funciones de memoria R-S.

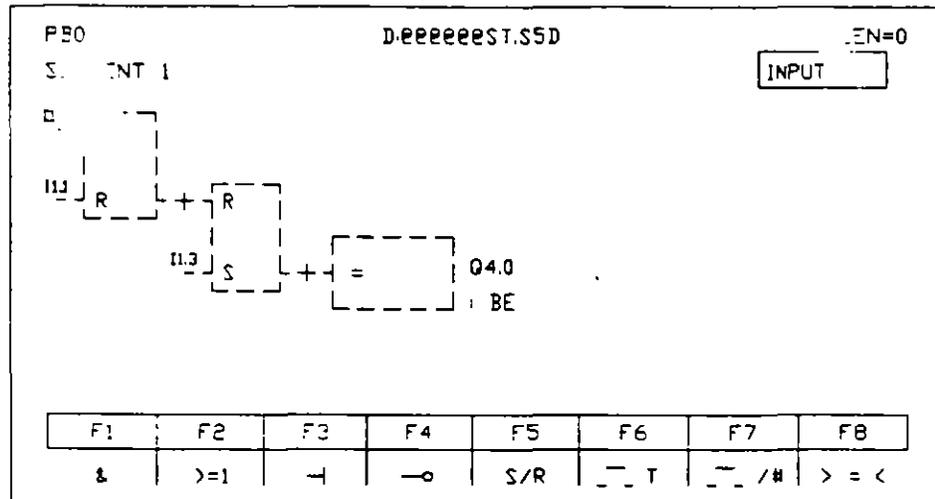


Figura 24. Funciones de memoria R-S.

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.

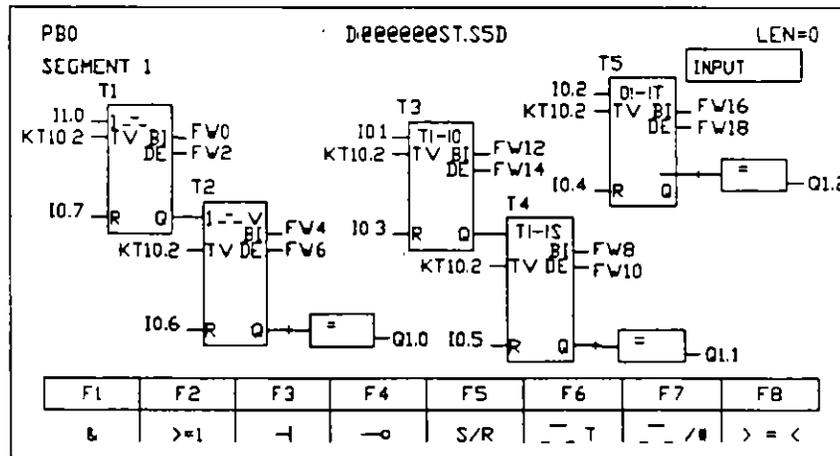


Figura 25. Bloque Temporizador

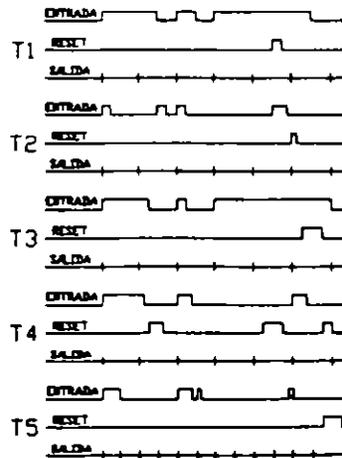


Figura 26. Diagrama de tiempo de los diferentes temporizadores

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 una 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 una 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.

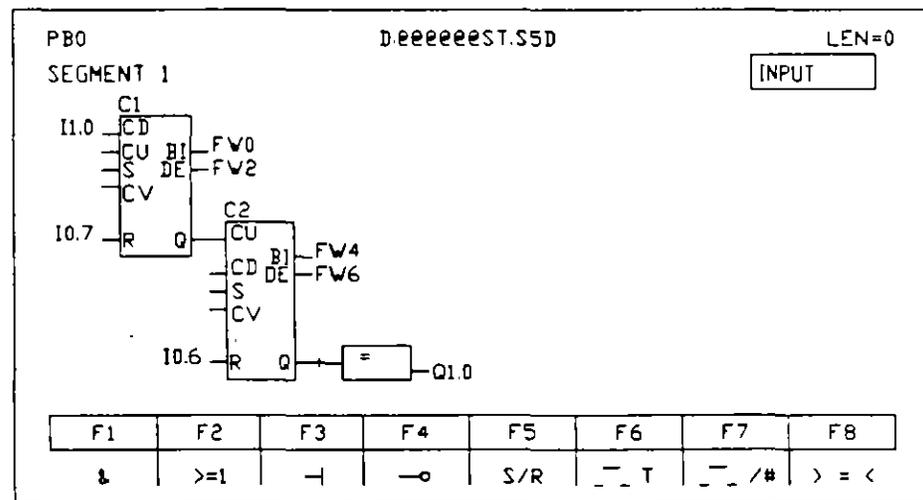


Figura 27. Bloque contador

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.

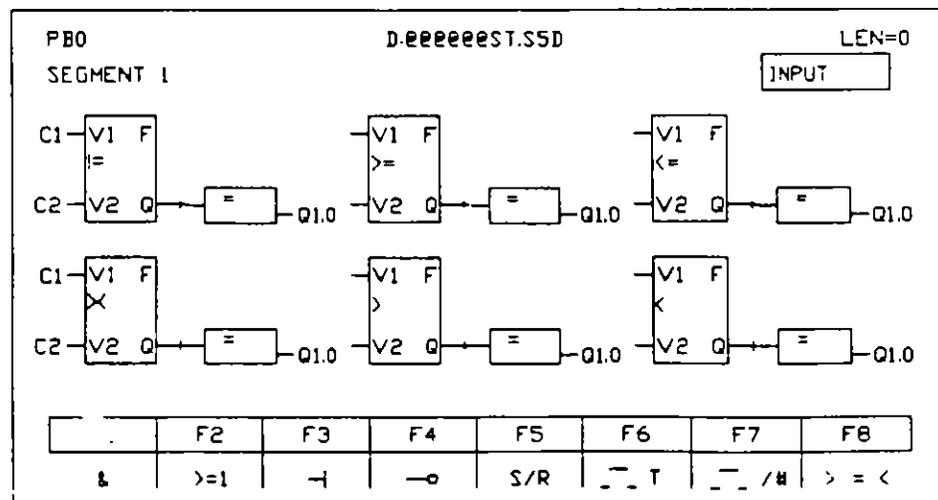


Figura 28. Bloque comparador

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 fluidos
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

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 prácticamente 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.

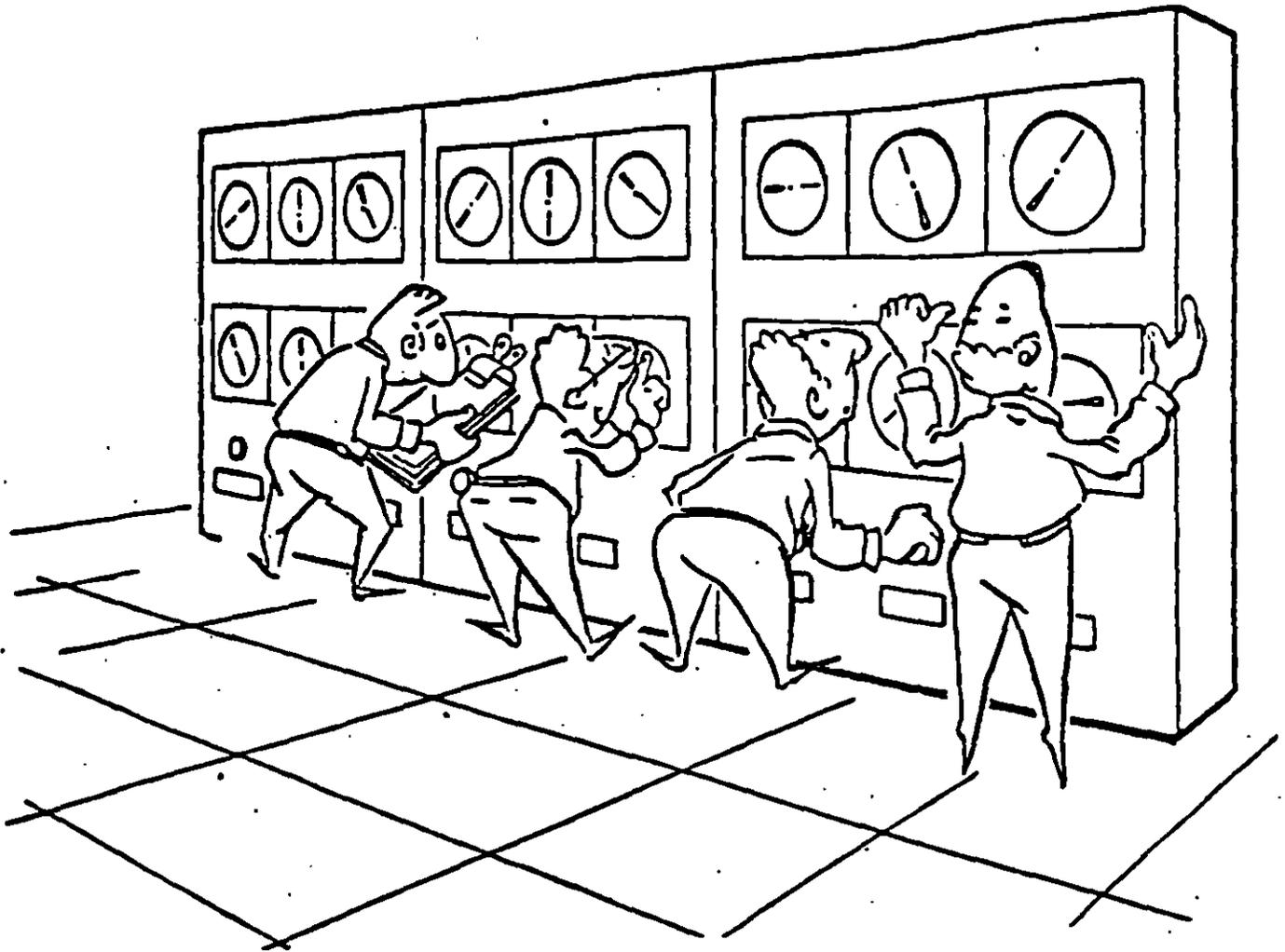


Fig. #1

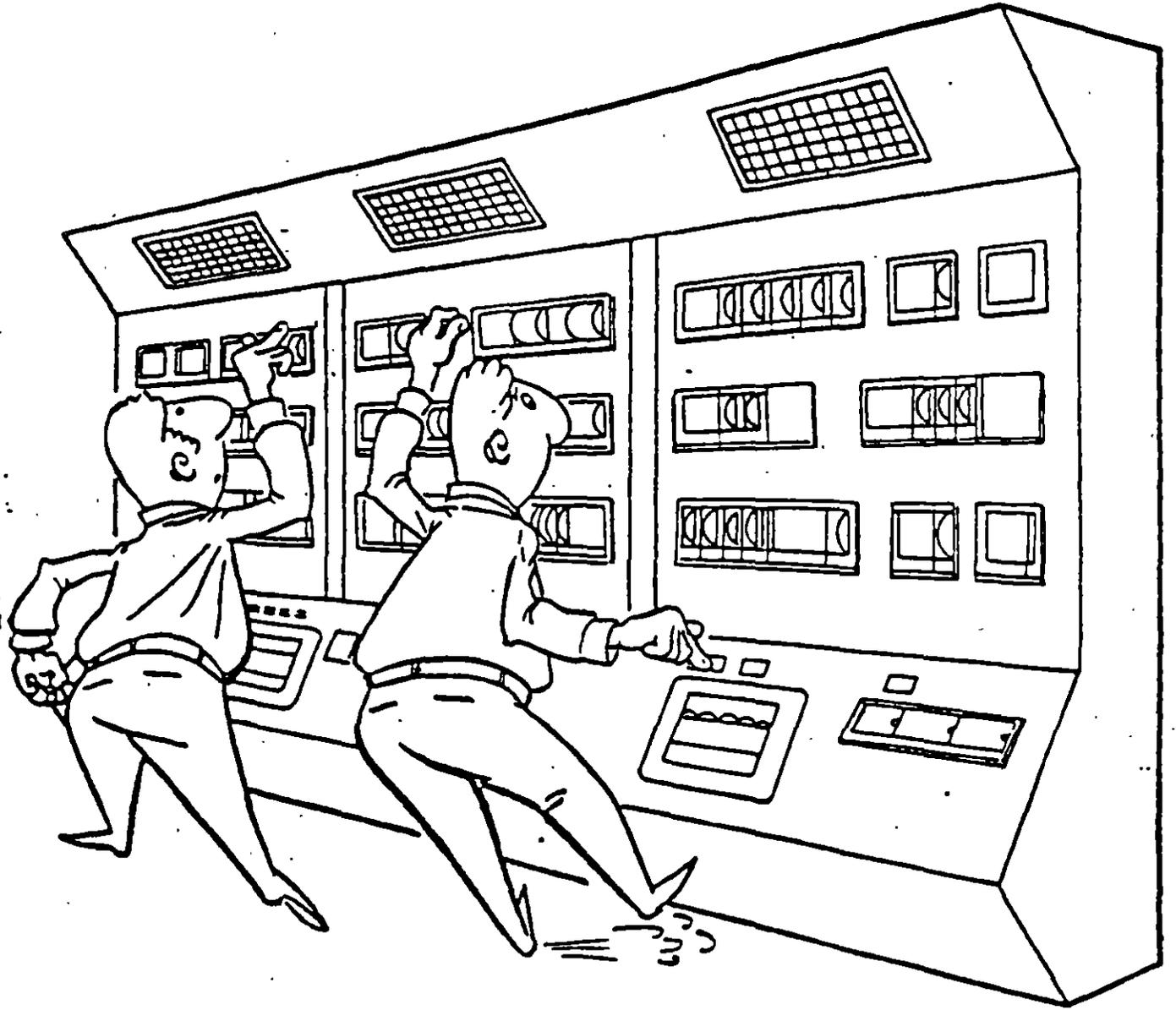
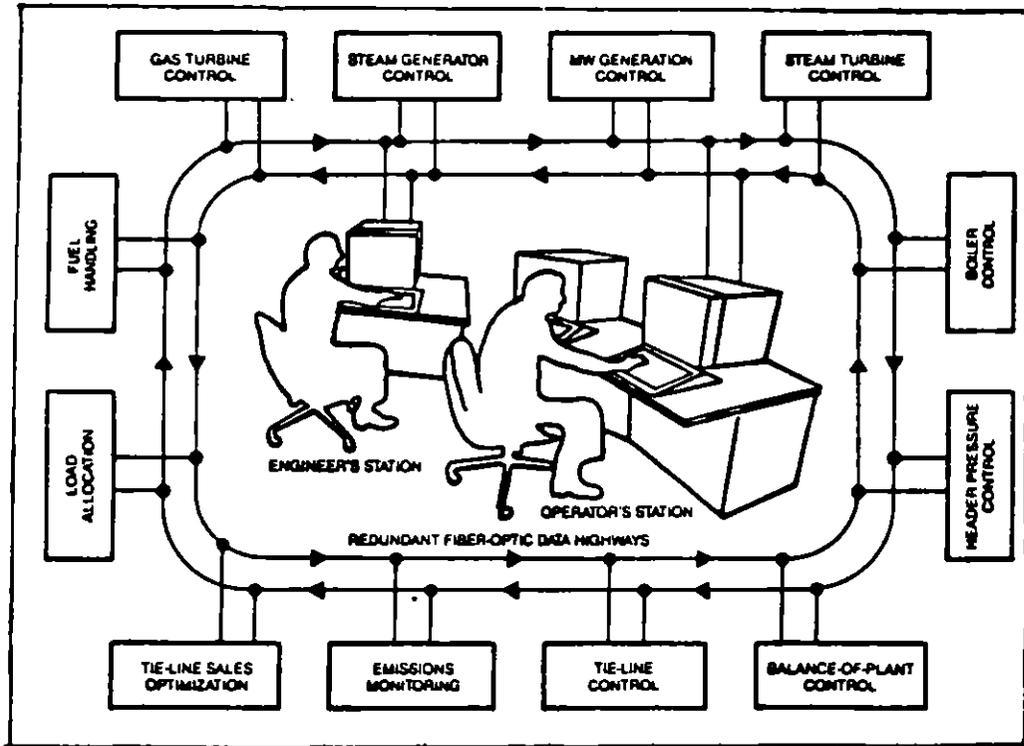
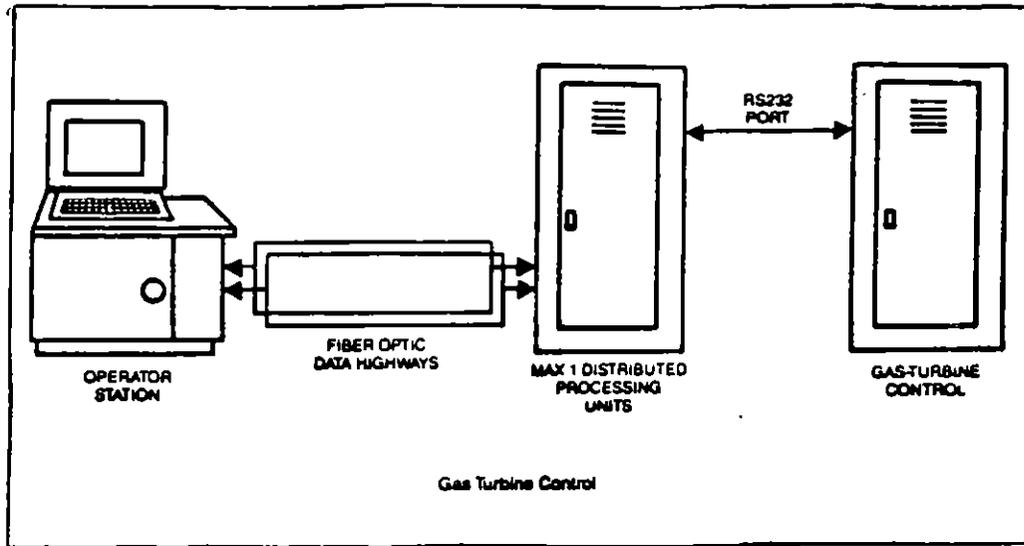


Fig. # 2



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

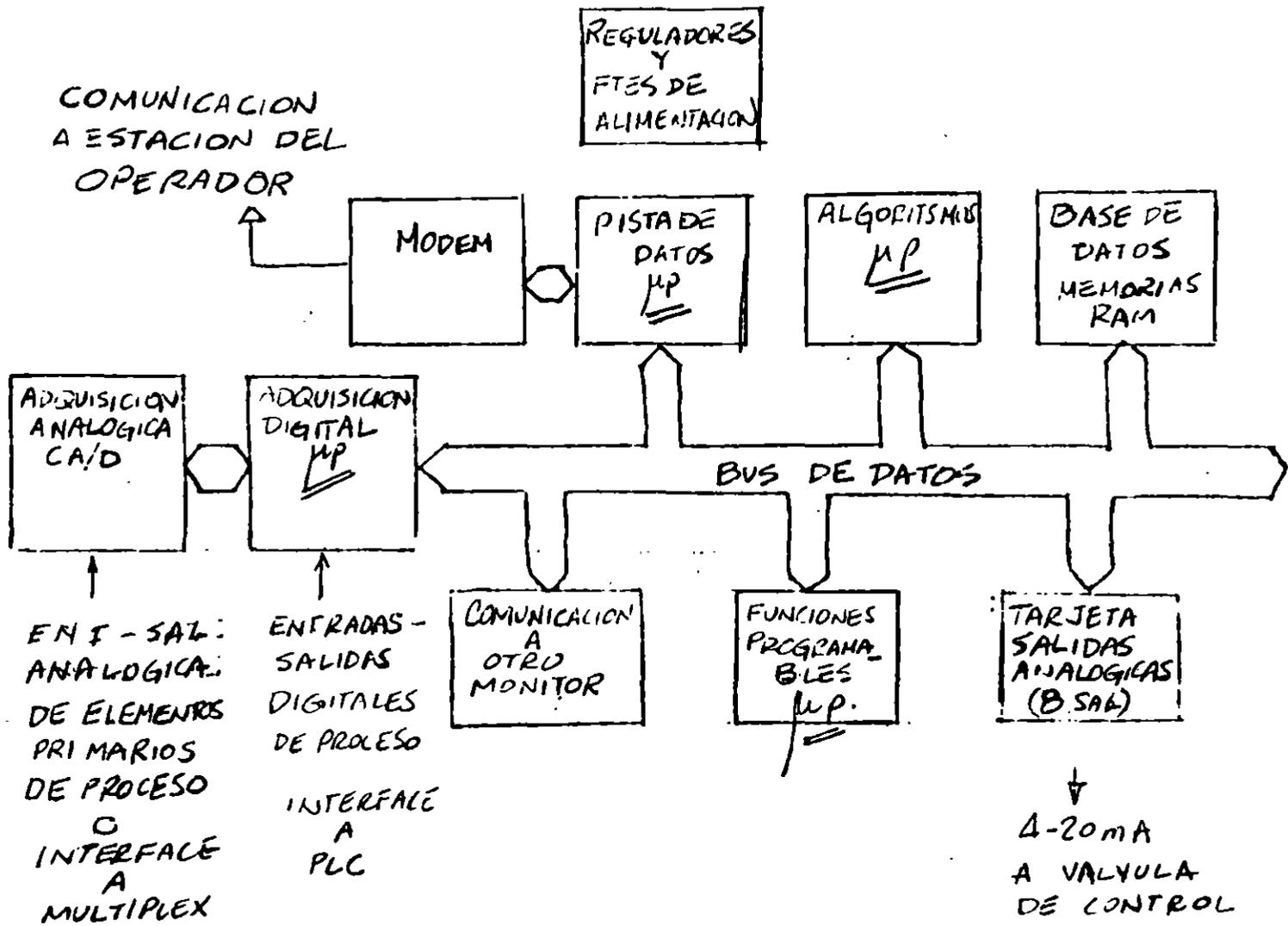


Fig #5

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-

RV/tag'

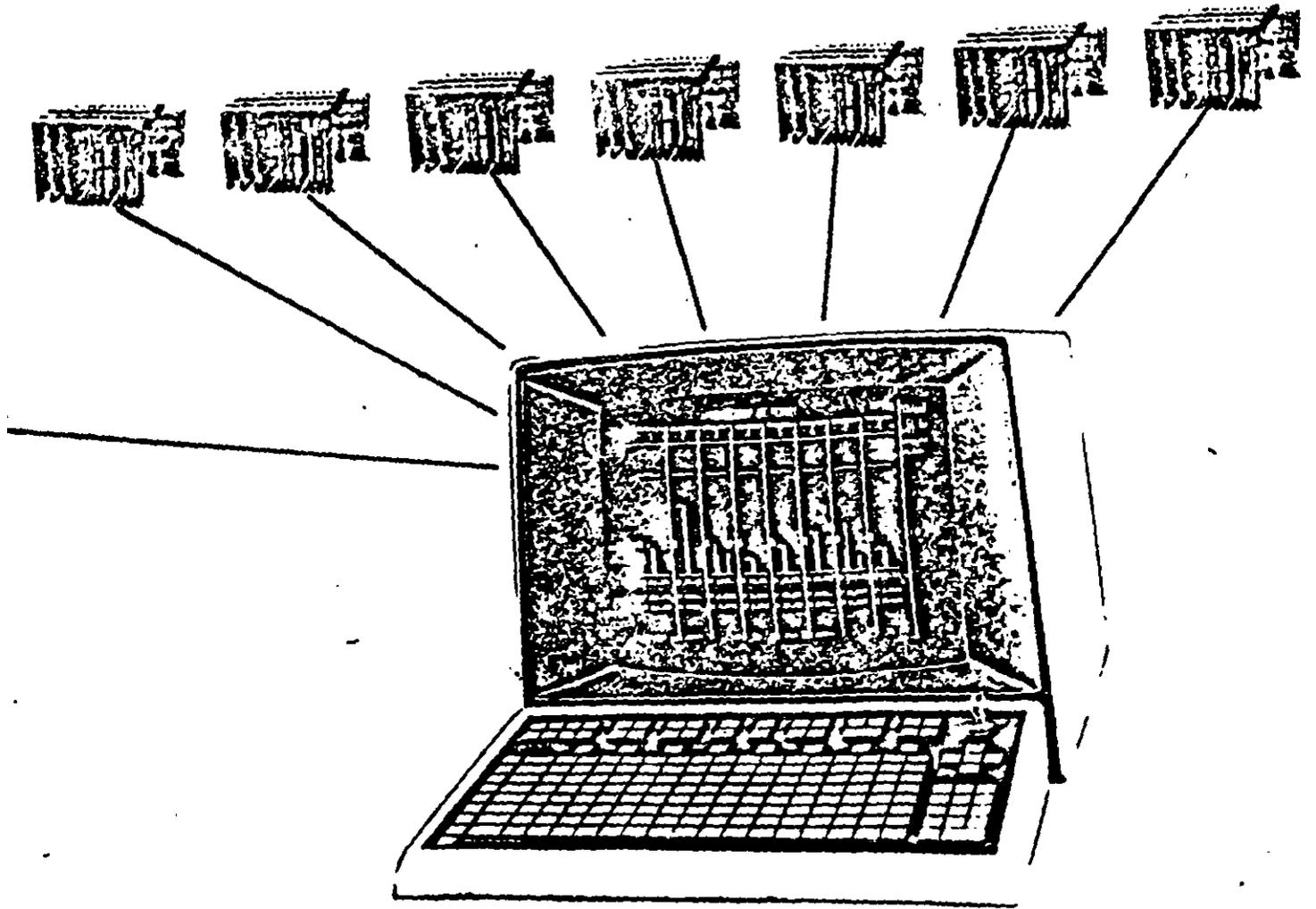
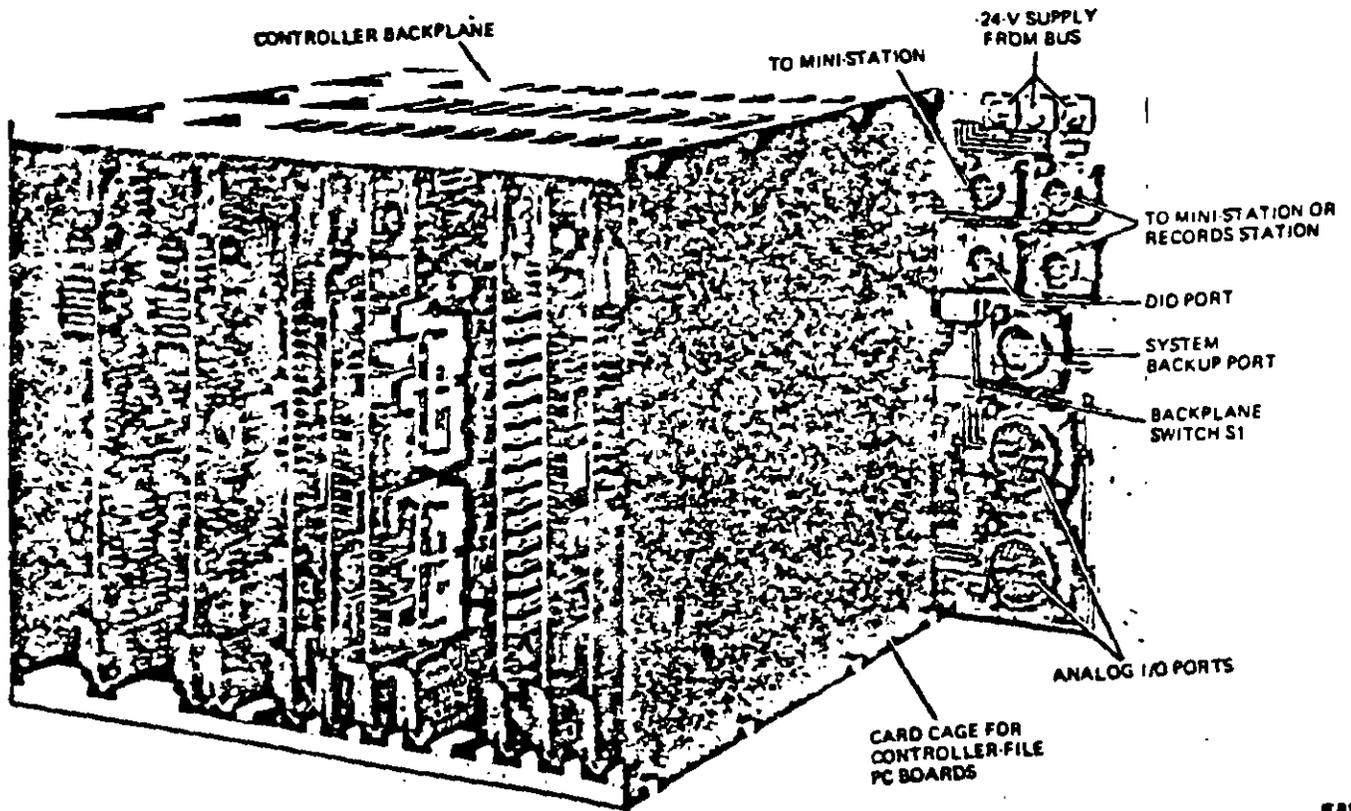


fig #6



E8916

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

Fig # 7

RV/tag'

cesarios, fuentes de alimentación, tablillas 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-

RV/tag

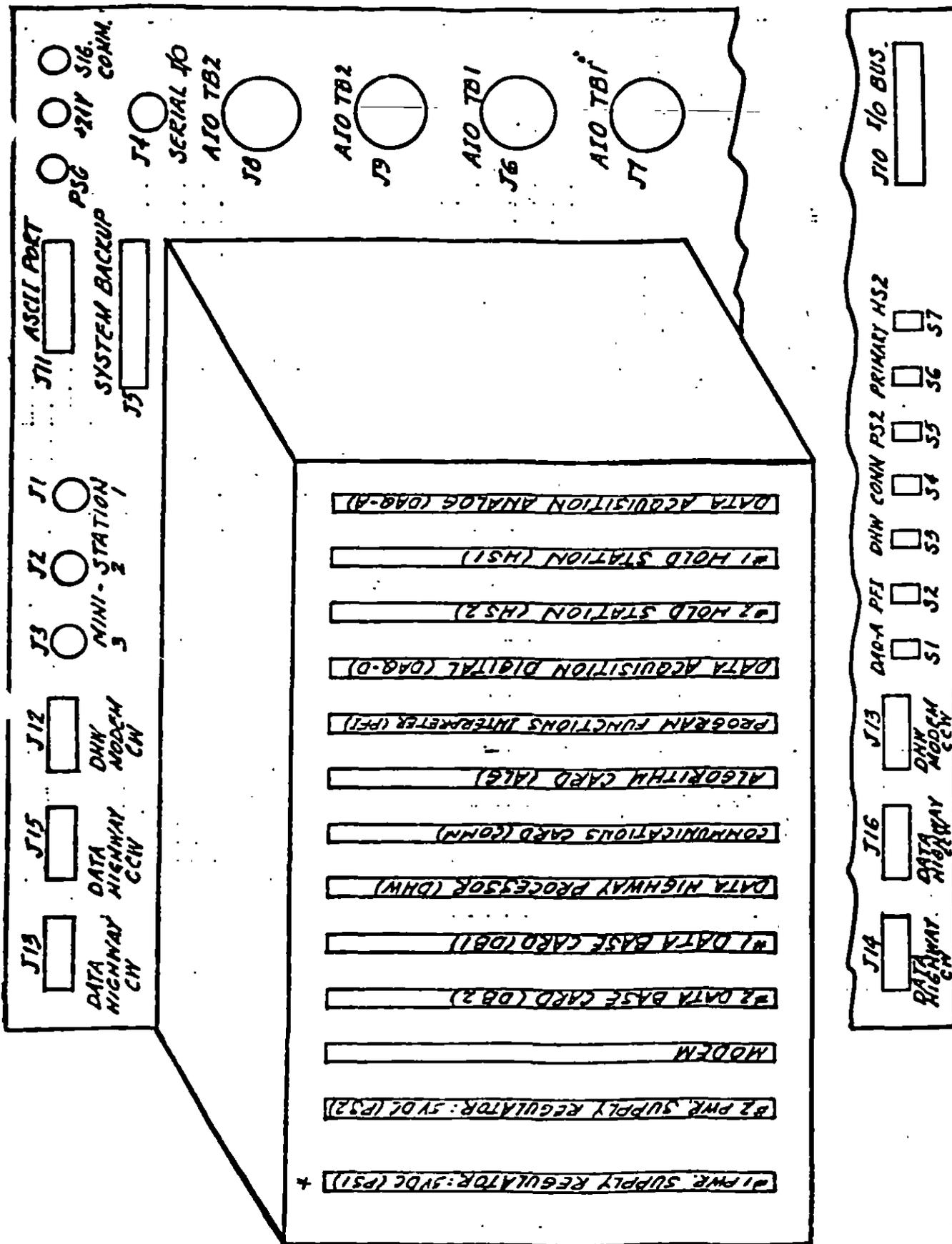


fig #8

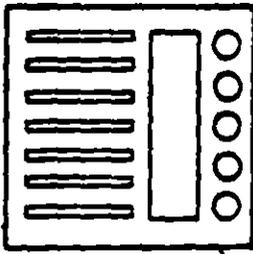
MAX 1 FUNCTIONAL CIRCUIT CARDS

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**



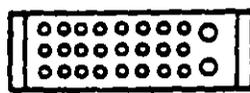
**CAT 561
DIO**



**CAT 562
PAT OUTPUT**



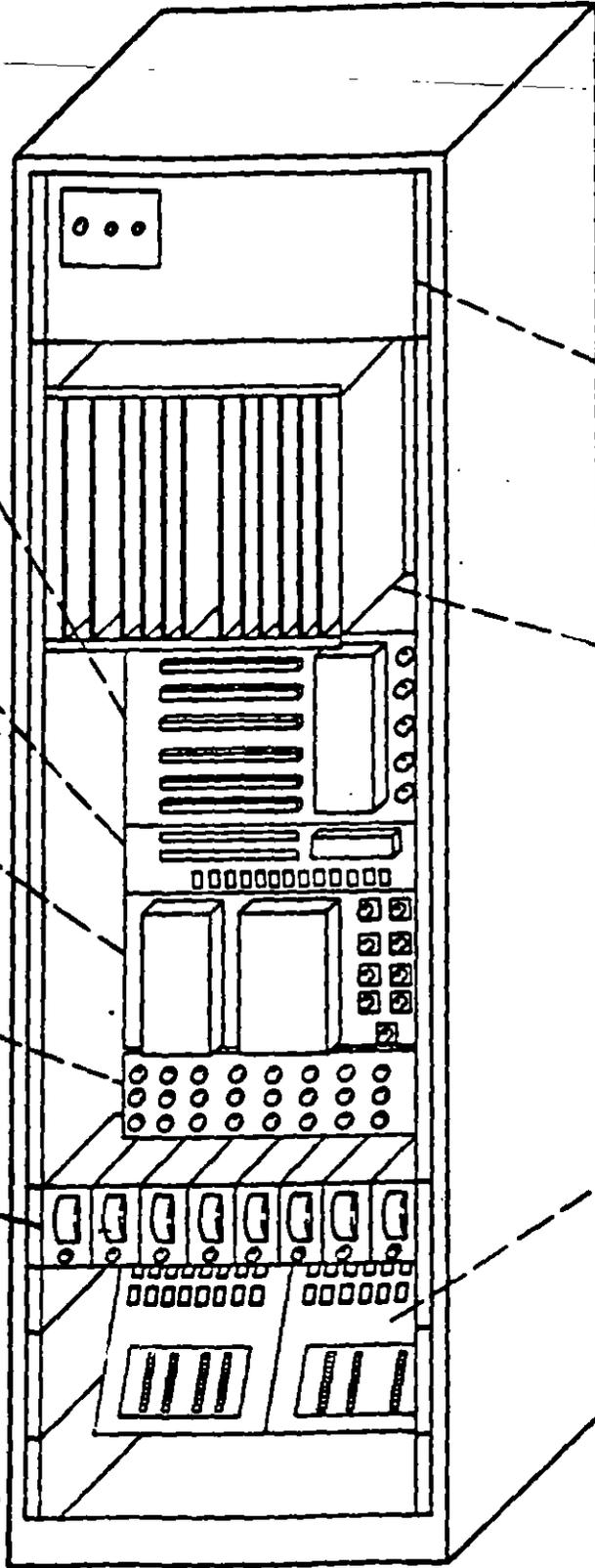
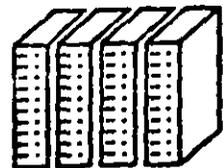
**CAT 568
MAN. STA. JN. PNL.**



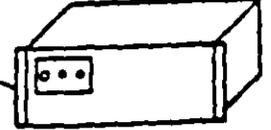
**CAT 567
MANUAL
STATION**



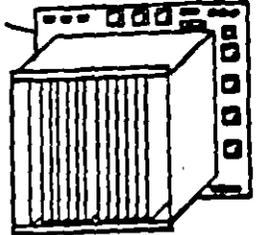
**CAT 564
I/O SYSTEM**



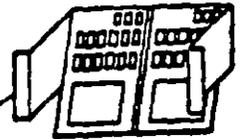
**CAT 594
POWER SUPPLY**



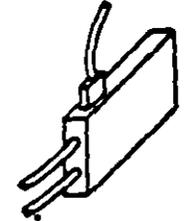
**CAT 552
CONTROLLER**



**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 tráfaco 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.

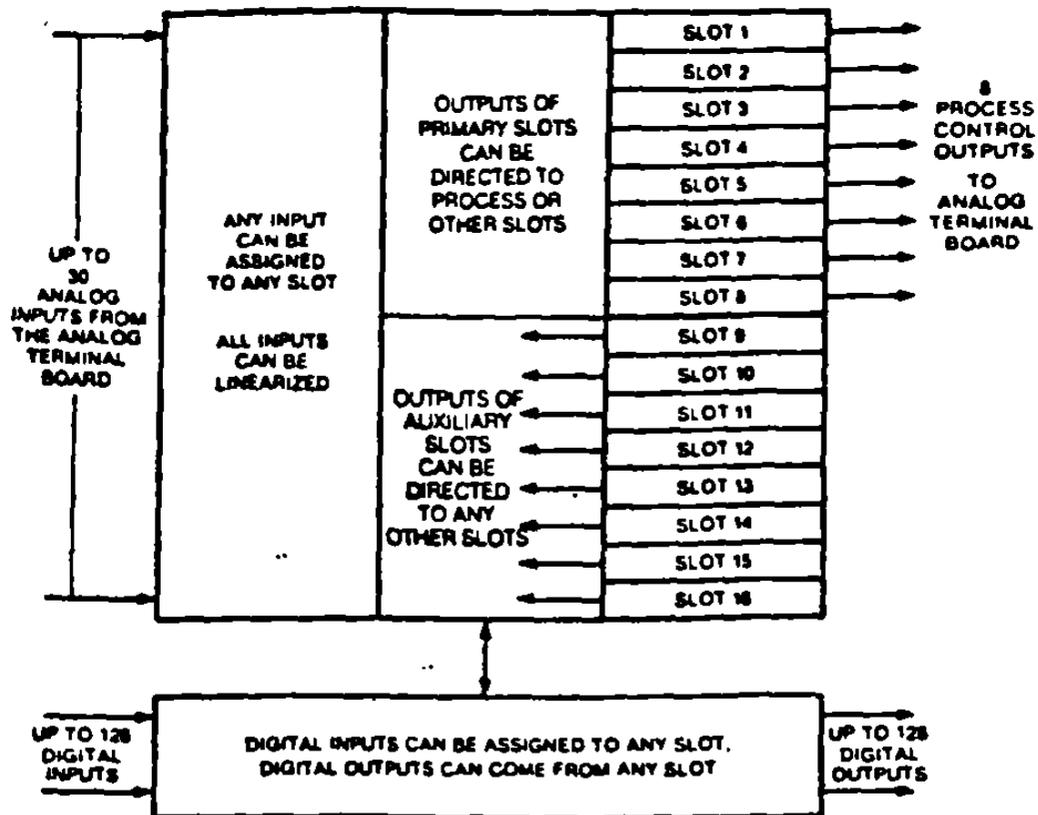
También debe contener un nivel razonable de rutinas de diagnóstico que auxilie en el soporte del sistema.

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

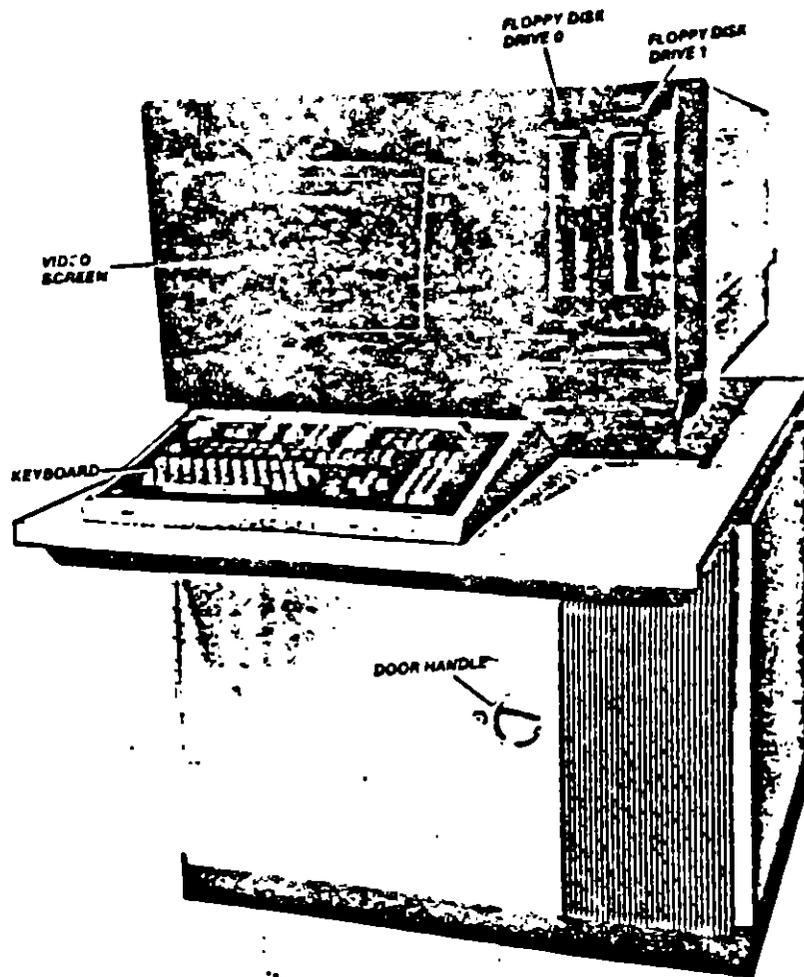
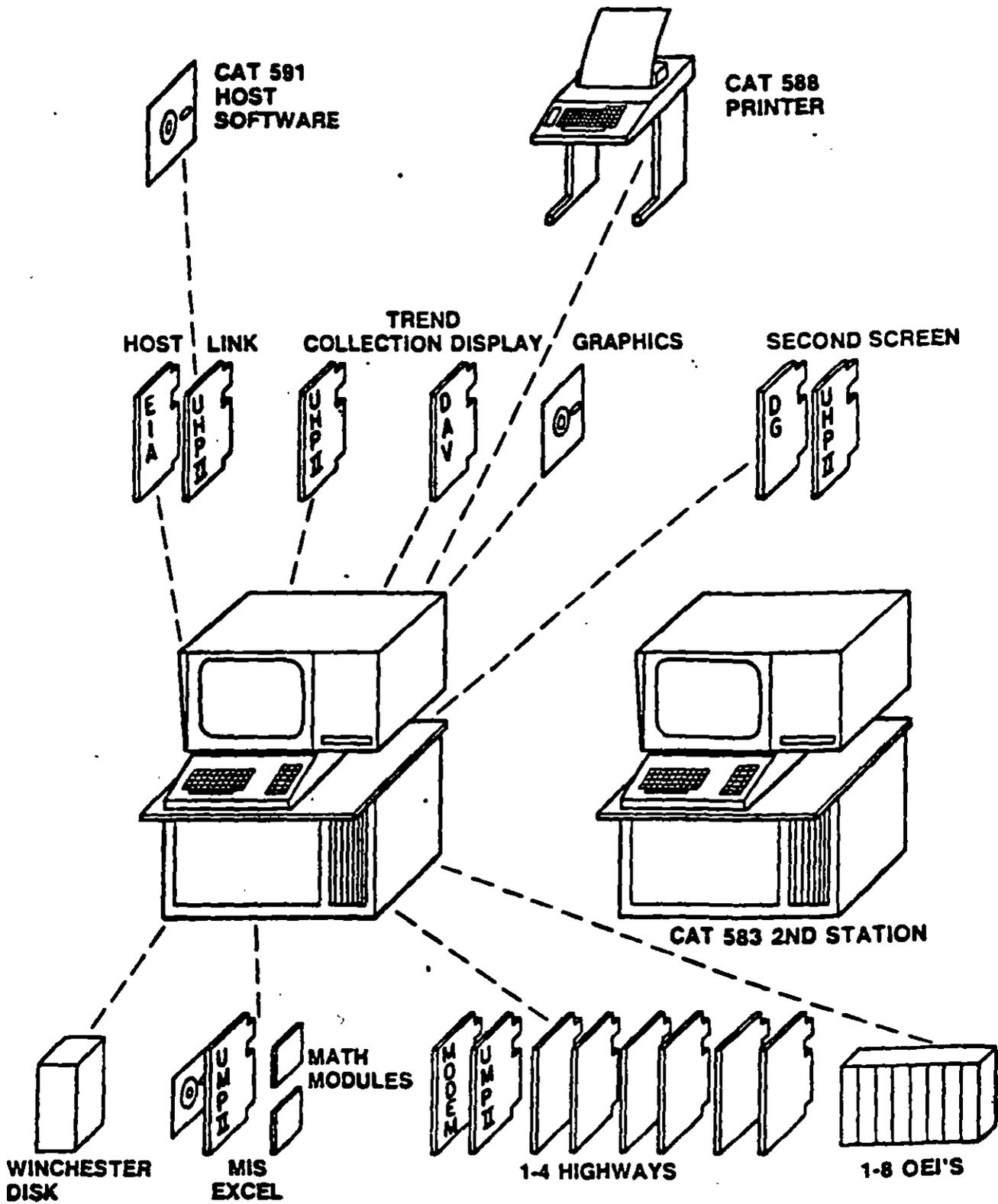


fig #10



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.

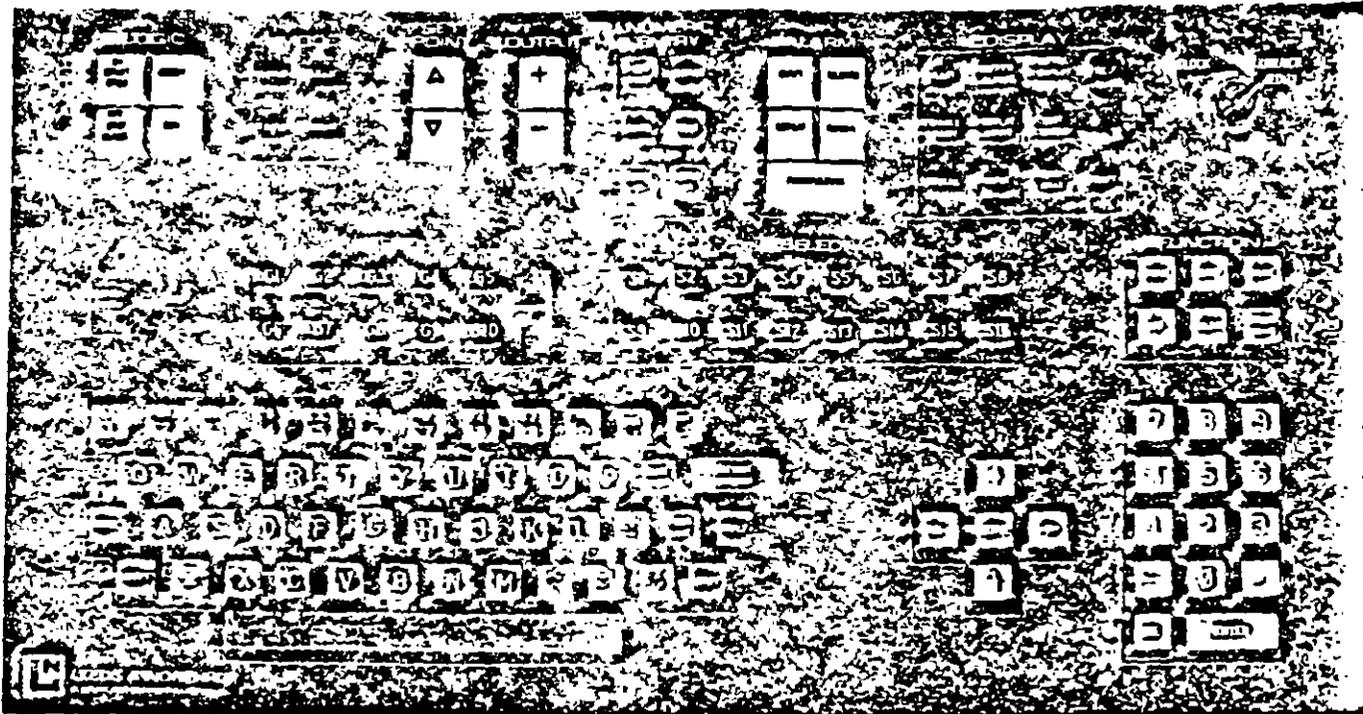
La biblioteca de algoritmos, en la mayoría de los casos se localiza en memoria ROM no volátil. La configuración de el sistema, los resultados de cálculo, y la base de datos se mantienen en la memoria principal, la cual puede o no ser volátil. Se están usando memorias volátiles de estado sólido, debido 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 otro 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.

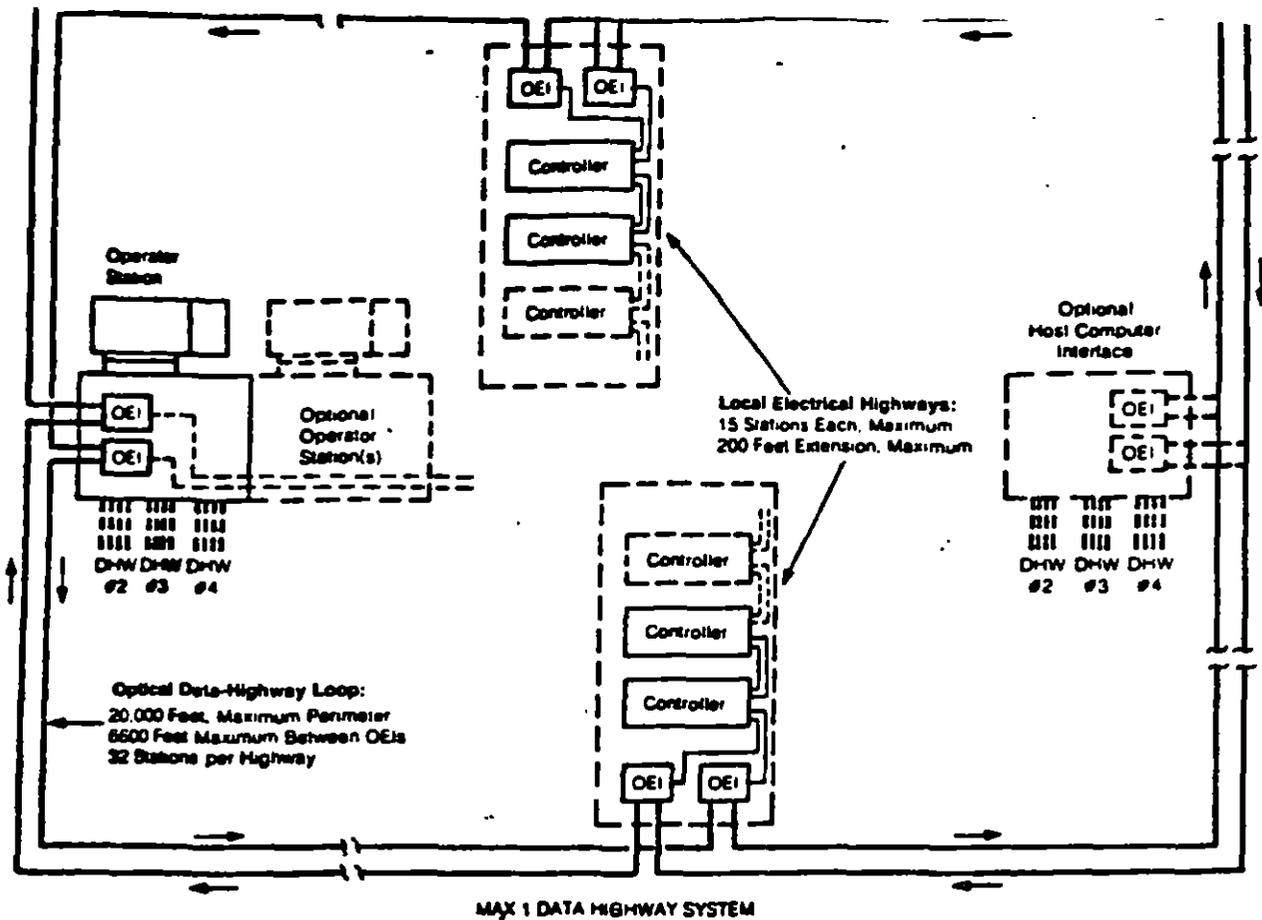
Continuamente se corren programas de diagnóstico:

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 de 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

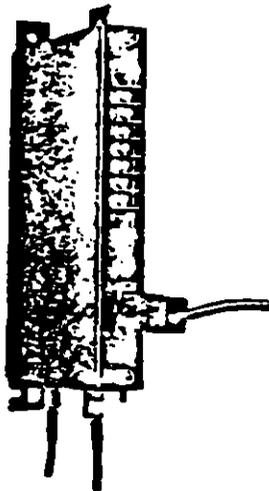


fig #13

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.

Filosofía de Direccionamiento.

Estación del Operador

Descripción del UMP

Medio ambiente.

Tarjetas, Descripción y Hardware

Capacidad.

=====

RV/tag'

CONTROL DISTRIBUIDO

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 Anfitrión.
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, interfases 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 haber 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 modo, 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)

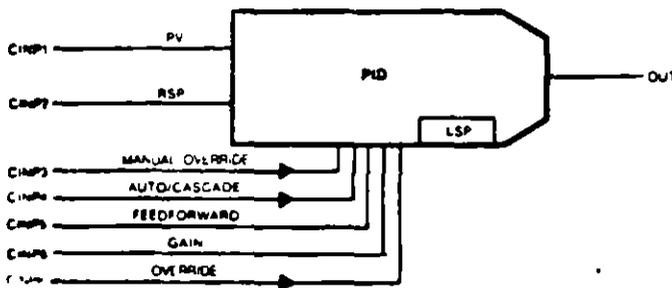
Control Algorithms

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.

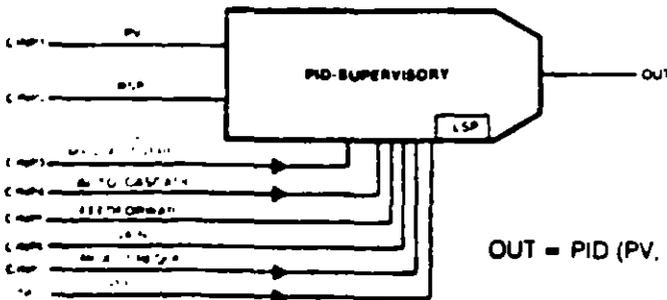
Manual override (automatic transfer relaying), set-point clamping, and automatic mode-switching on the basis of logic conditions within the MAX 1 Controller, plus feed forward capability, are also provided.



$$OUT = PID (PV, SP) + Feedforward$$

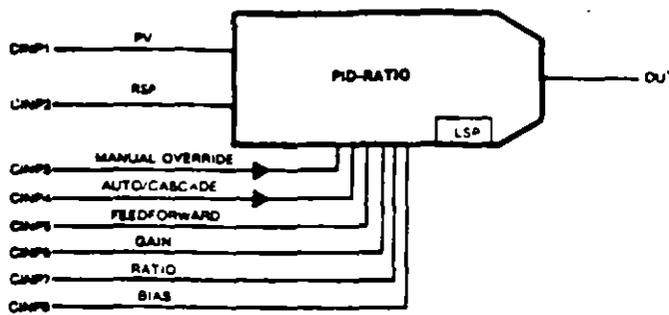
05 PID SUPERVISORY CONTROLLER

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.



$$OUT = PID (PV, Computer Set Point) + Feedforward$$

**02,
03,
04** PID RATIO CONTROLLER



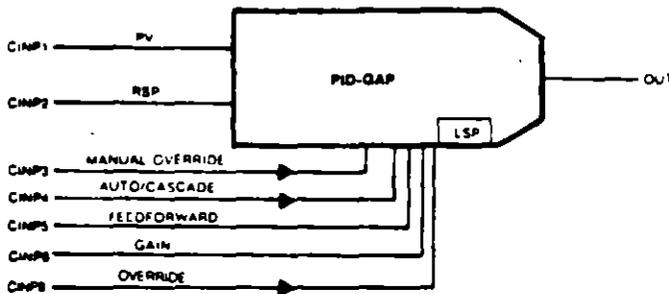
$$OUT = PID (PV, RSP \times Ratio + Bias) + Feedforward$$

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.

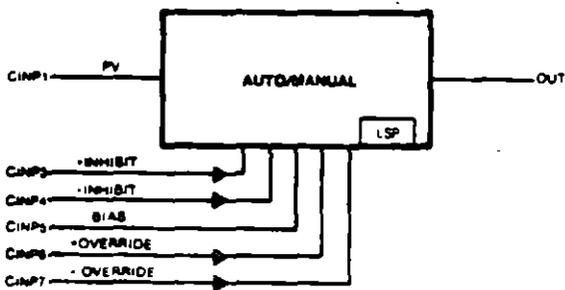
The Ratio Controller has all the optional capabilities of the basic PID controller.



$$OUT = PID (Modified Deviation) + Feedforward$$

06 PID GAP CONTROLLER

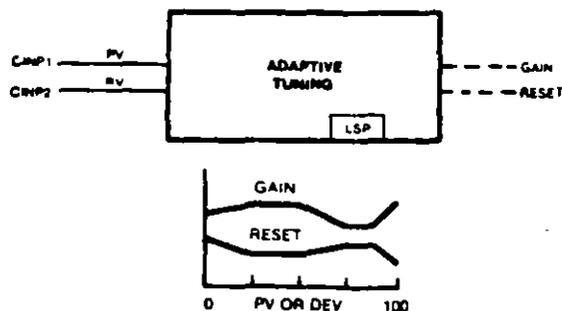
The PID Gap Controller algorithm provides the basic capabilities of the PID Controller, with the addition of a second gain (at an adjustable preset value) within a deviation zone around zero. This second gain can be set at zero value, if desired.



$$OUT = PV + Bias + External Bias$$

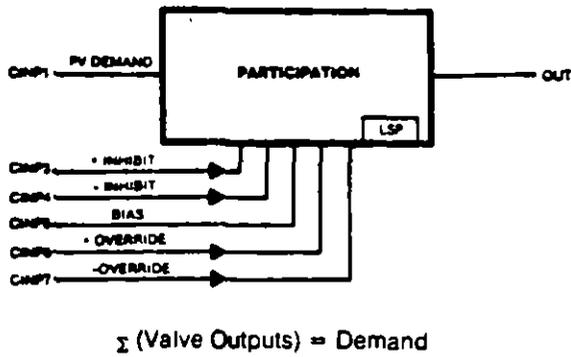
11 AUTO/MANUAL/BIAS

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.

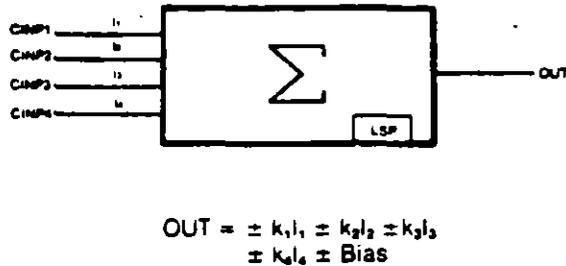


12 PARTICIPATION

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.

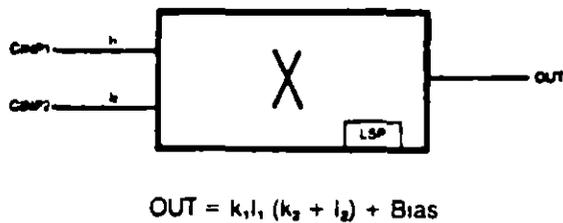
The Participation algorithm can be specified to maintain ratios and reduce demand at this point, or to maintain demand by failing to observe the strict ratio of the output channels. In addition, the Participation algorithm provides feedback to the primary controller (its input source) to prevent windup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

Loop Auxiliary Algorithms



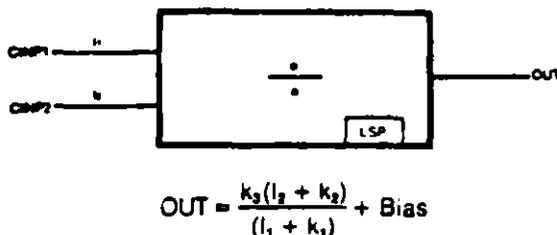
13 SUMMER

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

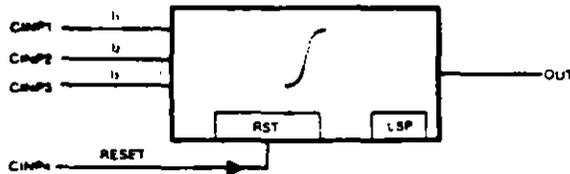
The Divider algorithm provides division of Input 2 by Input 1 and adds a bias. If initialization is specified, Input 1 will be back-calculated to maintain bumpless transfer of upstream controller algorithms.



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

16 MASS FLOW

The Mass Flow algorithm computes the mass flow of a compressible fluid, using an expression based on the Gas 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

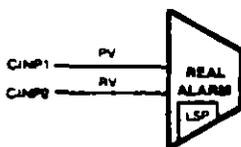
The Integrator algorithm provides the weighted time-integration of up to three inputs, and maintains the integrated value in a special holding register which can be read out at the CRT. In addition to the three analog inputs, it accepts a digital input which can reset the output to a preset value.



$$OUT(S) = \frac{(1 + T_{LD}S)}{(1 + T_{Ld}S)} I(S)$$

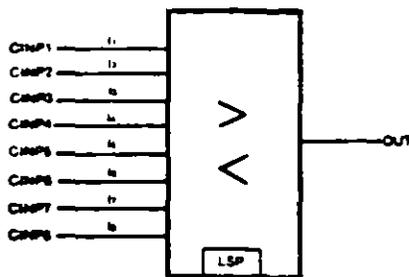
18 LEAD/LAG

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



20 REAL ALARM

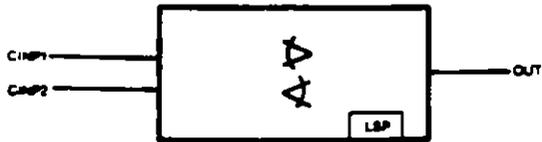
The Real Alarm algorithm permits multiple-level alarm on process inputs or other variables. It provides not only high and low alarms, but also high-high, low-low and rate-of-change alarms. As with all algorithms, alarm-status condition bits can be channeled to the digital I/O drivers.



OUT_{hi} = Max Input
OUT_{lo} = Min Input

24, 25 OVERRIDE

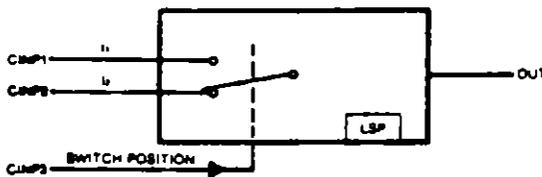
The Override algorithm selects the minimum (25) or maximum (24) of up to eight inputs as its output. Non-selected inputs can be prevented from deviating from the value of the output by more than the override limit (a constant specified by the user), to prevent windup of upstream controllers.



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

21, SELECT
22

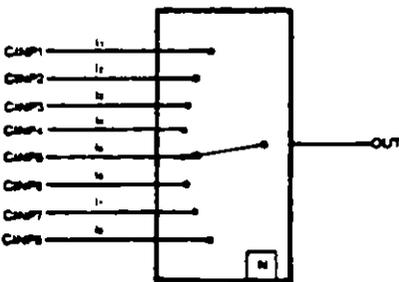
Like the Override, the Select algorithm selects maximum (21) or minimum (22) of its inputs, using weighted values of Input 1 and Input 2.



OUT = Selected Input

23 TWO-POSITION SWITCH

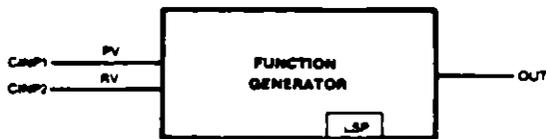
The Two-Position Switch algorithm selects as its output one of two weighted inputs, on the basis of the state of a digital input.



OUT = Selected input

26 EIGHT-POSITION SWITCH

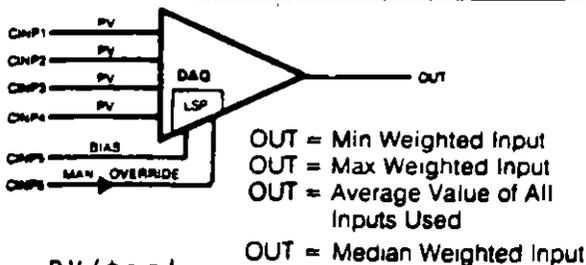
The Eight-Position Switch algorithm selects as its output one of up to eight inputs, on the basis of the Local Set Point, which must be an integer value of 1 through 8.



OUT = F_n(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)



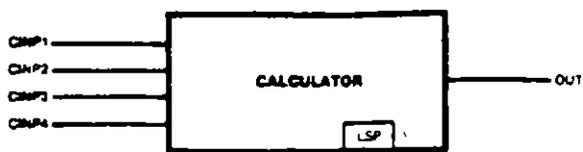
OUT = Min Weighted Input
 OUT = Max Weighted Input
 OUT = Average Value of All Inputs Used
 OUT = Median Weighted Input

RV/tag'

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.

Batch Logic Control Algorithms

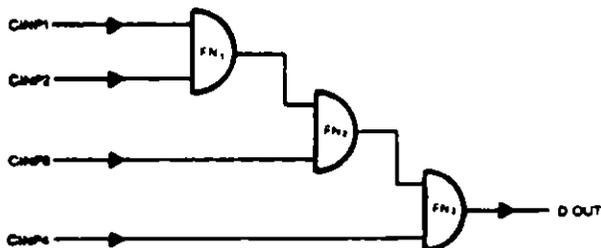


$$OUT = F_n (I_1, I_2, I_3, I_4)$$

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

$$OUT = \frac{k_1(I_1 + k_2)(k_3 + k_4 I_2 + k_5 I_3)}{(k_6 + I_4)}$$

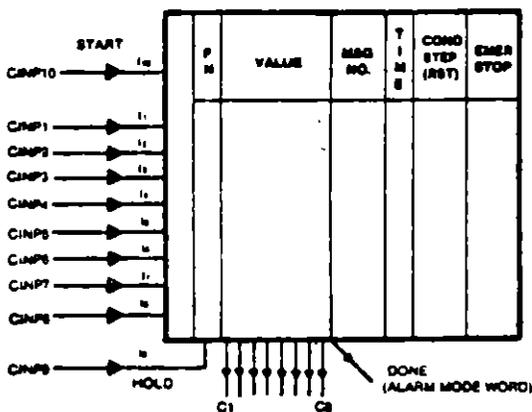


$$OUT = I_4 F_{n3} (I_3 F_{n2} (I_2 F_{n1} I_1))$$

$F_n = \text{AND, OR, EXOR}$

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.

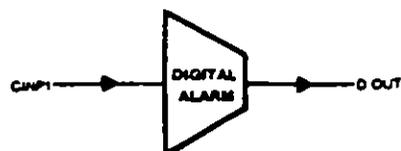


OUT = Logical State of 8 Discrete Outputs, C₁ Through C₈

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)

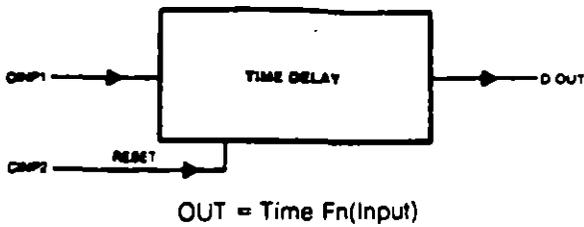
The Digital Status/Alarm algorithm provides eight independent channels of alarm, or status monitoring, of digital inputs.

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

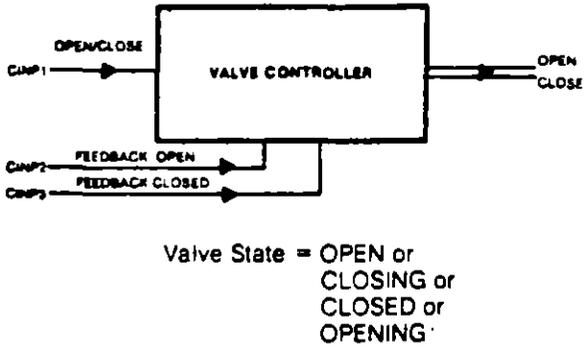
To create physical output signals at the Digital I/O Terminal Board



33 TIME DELAY (4-Channel)

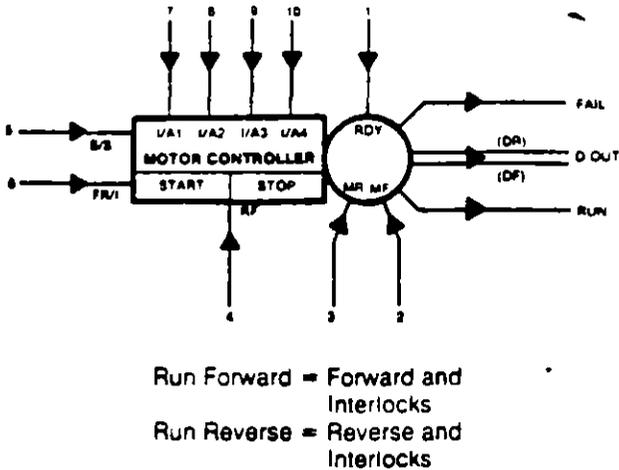
The Time Delay algorithm provides four essentially independent channels of time-delay-type functions on four digital inputs. Each of these delay functions may be specified as one of four types:

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



35 VALVE CONTROLLER (4-Channel)

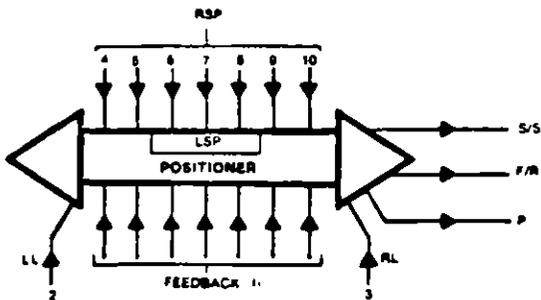
The Valve Controller algorithm provides four independent channels of valve control for solenoid-actuated (on/off) valves. Checks of position feedback and positioning time are made by the algorithm to detect failure conditions and initiate alarms.



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.

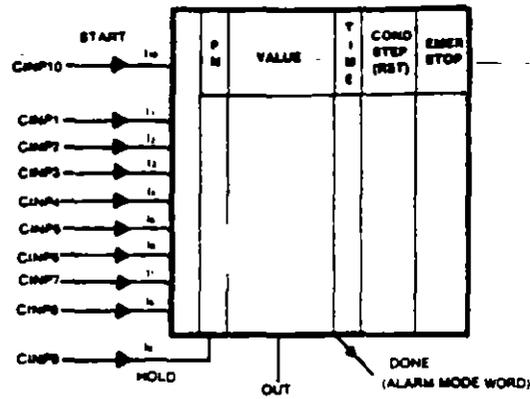
In manual mode, it responds only to "START/STOP REVERSE" from the Operator Station. In auto mode, it responds to the control signal inputs from within the loop or a motor-control device. In computer mode, it responds only to computer commands for start and stop.



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.

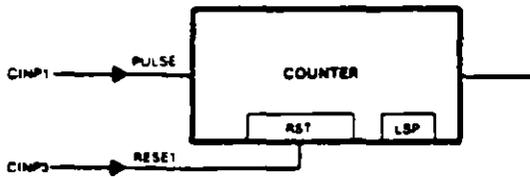
Output Position Feedback = Set-Point Position
RV/taq'



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.

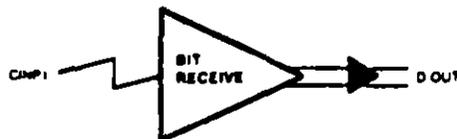
Communication Algorithms



OUT = Output of Remote Analog Point

19 ANALOG RECEIVE

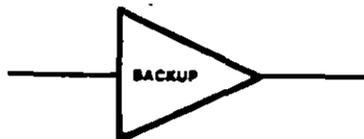
The Analog Receive algorithm permits acquiring values from another controller or other station on the data highway. These may be input values, output values of primary or auxiliary slots, or local set points. The user specifies the station and point number and the particular item of data required. This 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 a 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.

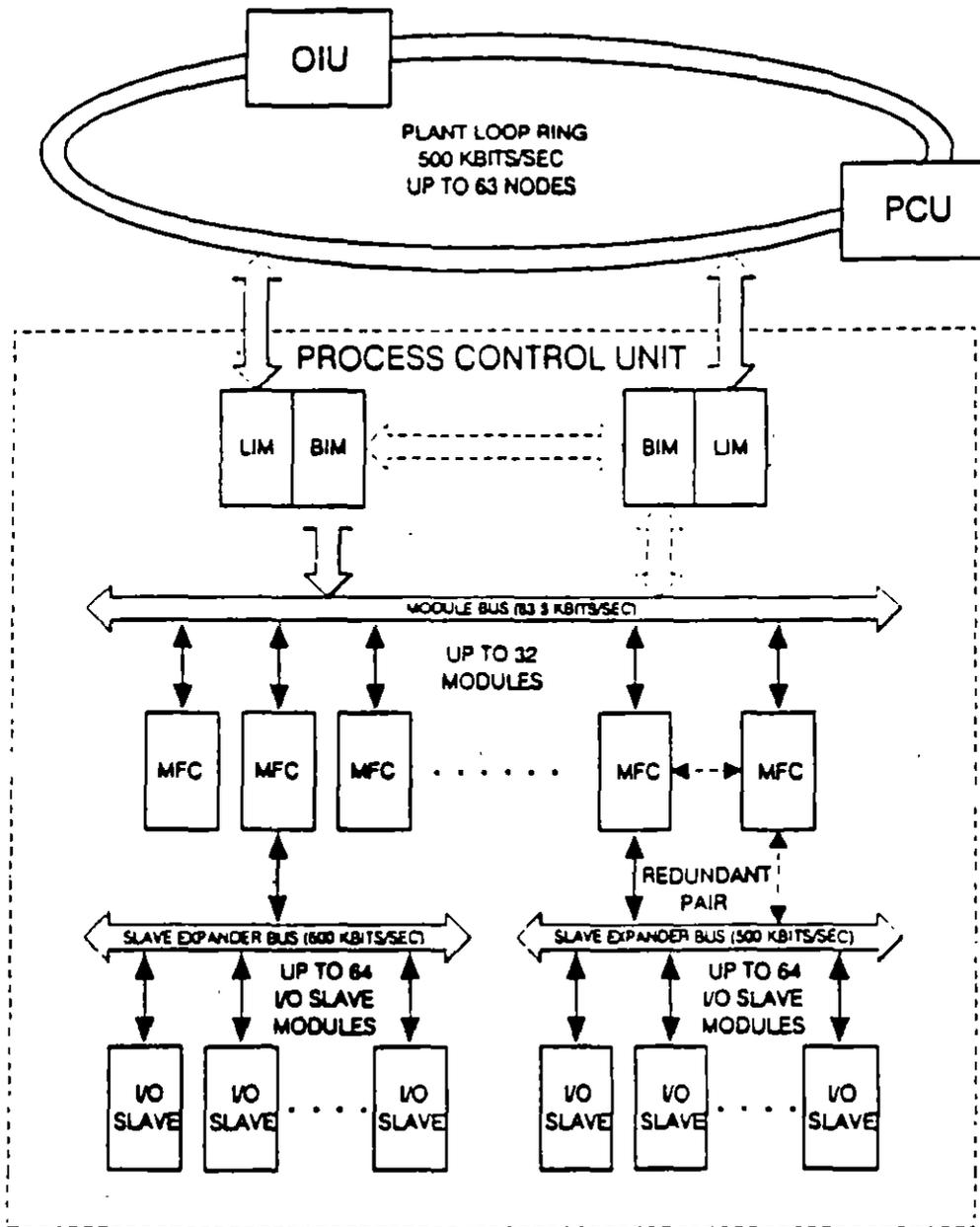
Así, puede decirse que los elementos del S.C.D. en los ejemplos anteriores pueden ser:

	<u>INFI 90</u>	<u>WESTINGHOUSE 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

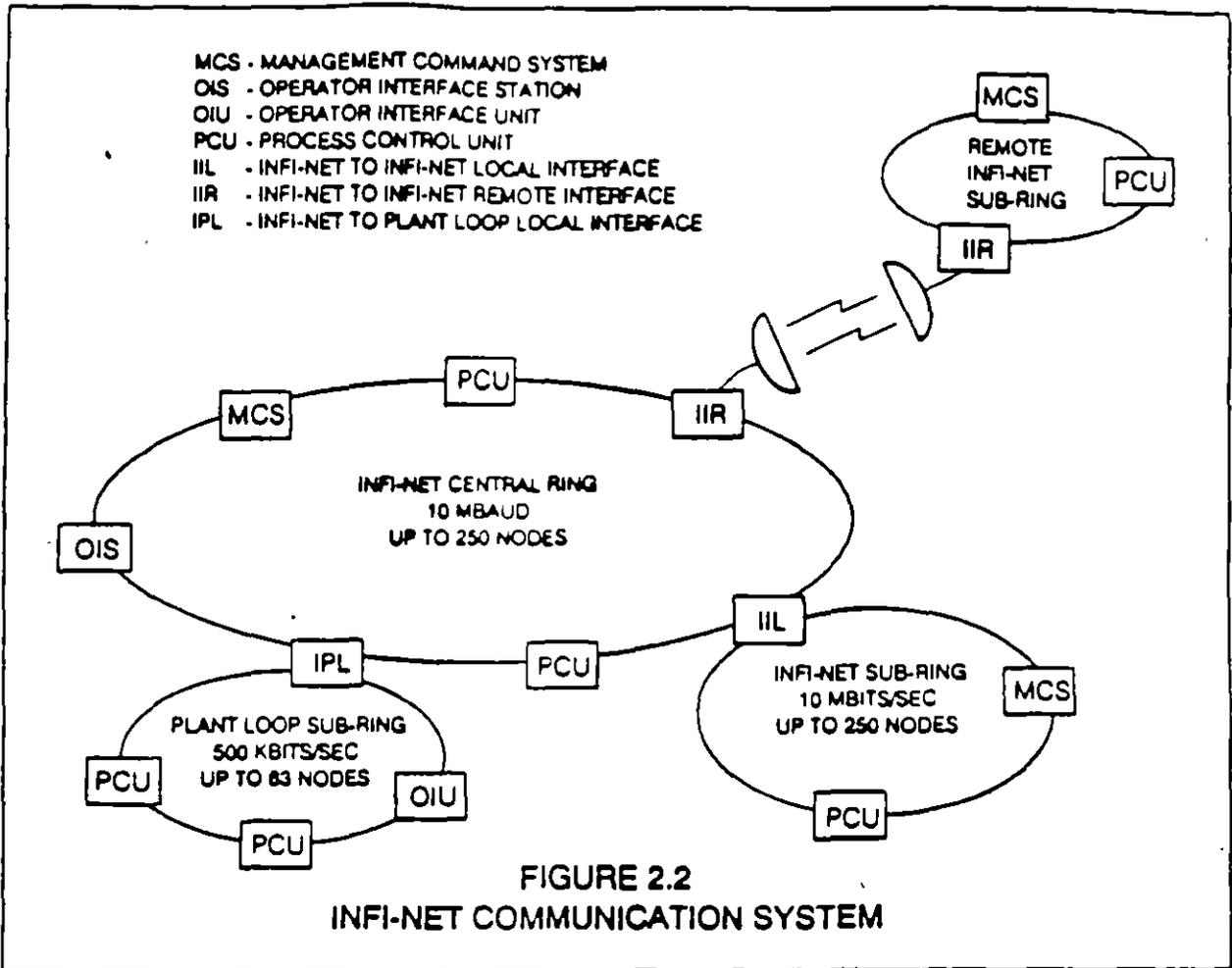
Varias cosas resaltan de la secuencia de figuras anteriores:

- (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



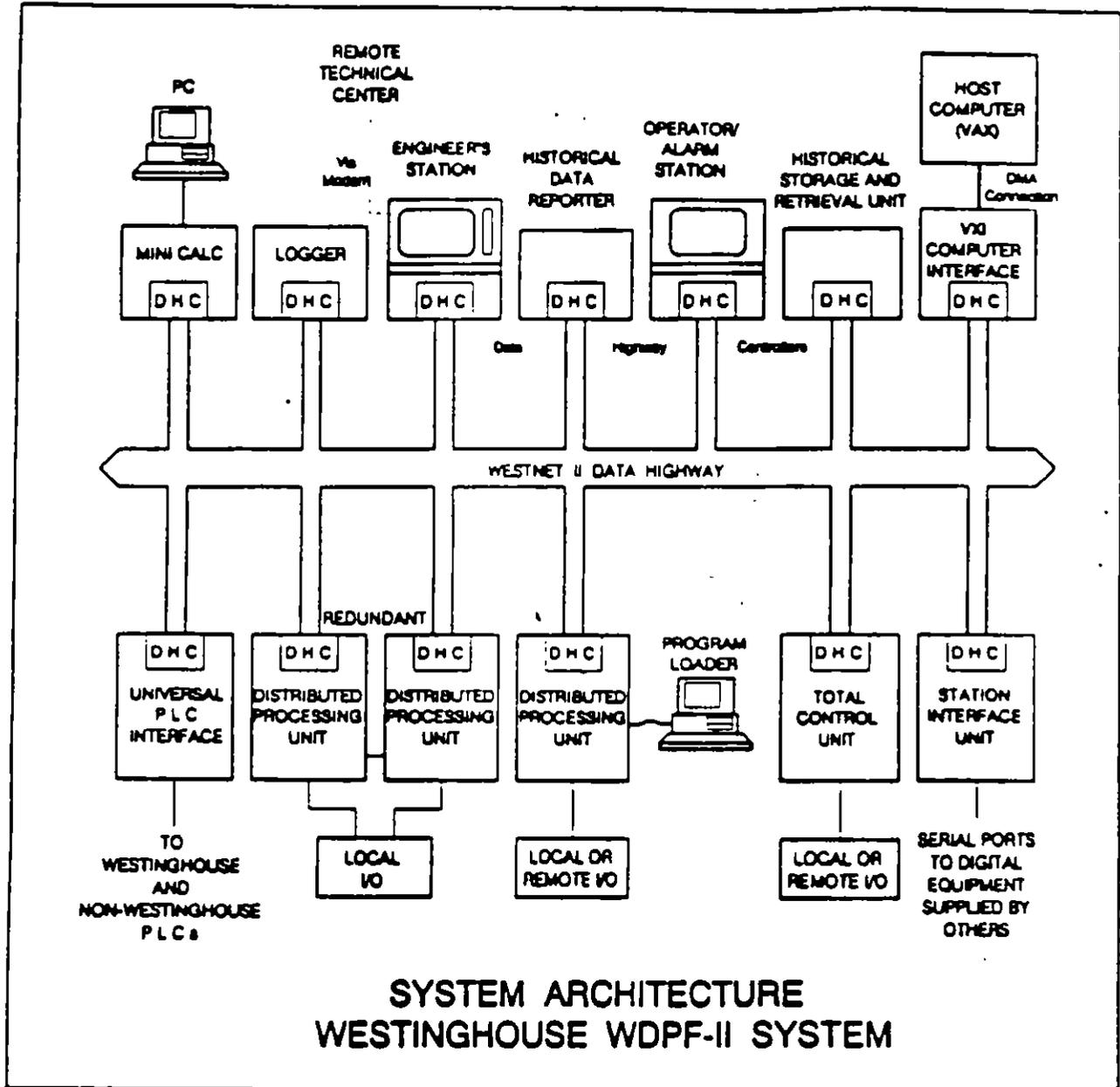
PLANT LOOP AND REDUNDANT PROCESS CONTROL UNIT ARCHITECTURE

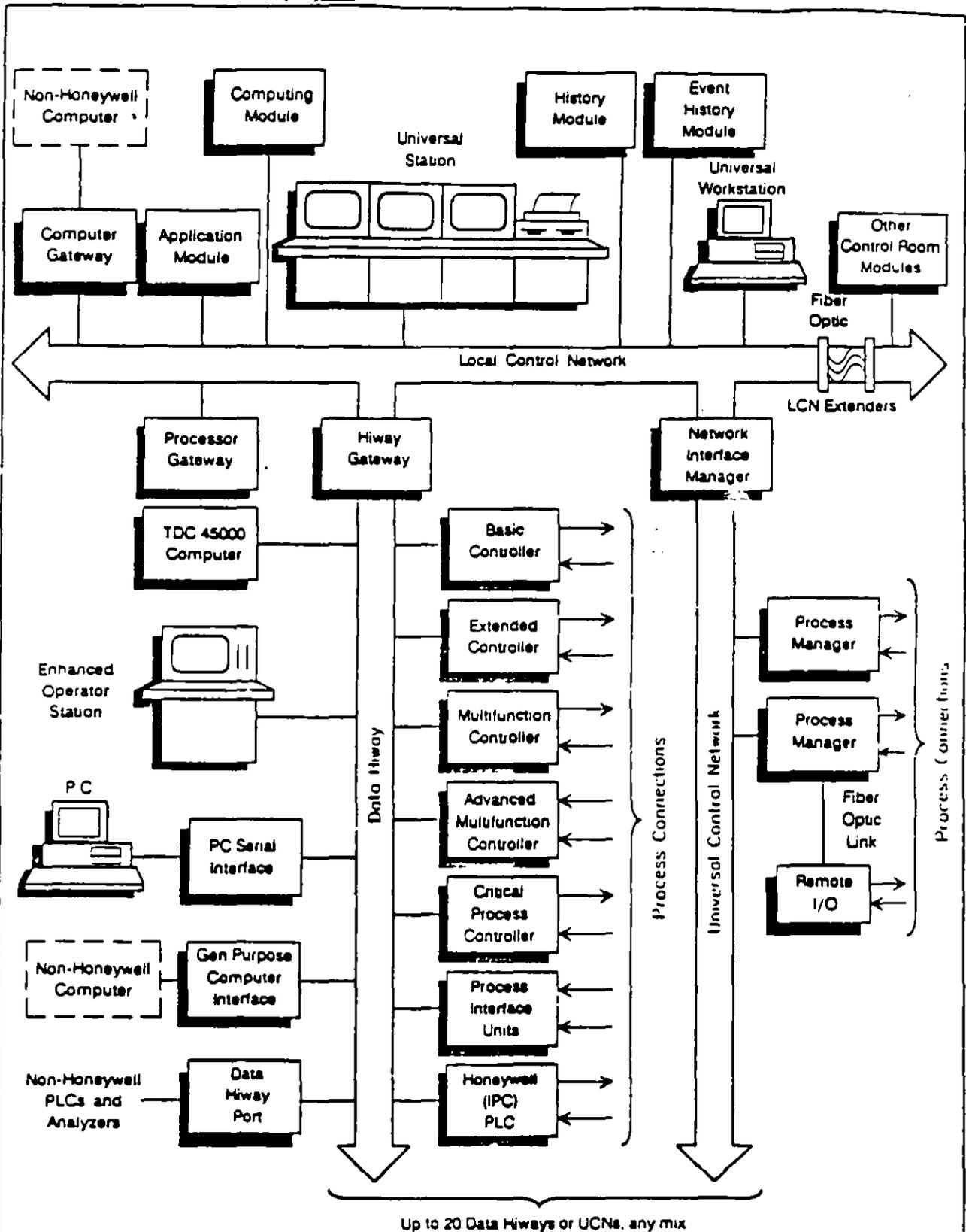


TERMINOLOGY CROSS-REFERENCE

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 Controller	ControlWay Multi-Function Processor	—	Module Bus Multi-Function Controller	—
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.





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 <u>secuencias</u> 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, interfases 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 a mayor 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, <u>reemplazo</u> 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 CAPACIDAD: 8 Salidas de control 16 Ranuras logicas para algoritmos 30 Entradas analogicas 4-20 mA CD. Linearizadas 120 Entradas digitales, 120 salidas digitales. PERIODO DE EJECUCION: $\frac{1}{2}$ segundo. 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 CAPACIDAD: 16 Salidas de control 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.</p>

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 ti po barra limitadas.
1982	575	Estación de registro para discos flexibles de 8".
1983-84	580	Estación del operador. <ul style="list-style-type: none"> * 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 grá- ficas 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 <ul style="list-style-type: none"> * 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 grá- ficas y tendencias. * Dos pantallas. * Sistema de información gerencial usando Ex- cell. * Interface a computador externo. HARDWARE: (.) 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:

- * Microprocesador 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 lógico. 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**

**CURSOS ABIERTOS
INSTRUMENTACION ELECTRONICA DE PROCESOS INDUSTRIALES**

TEMA : ANEXO

ING. FRANCISCO RODRIGUEZ RAMIREZ

APENDICE

La siguiente tabla muestra algunas características principales de los Controladores Lógicos Programables (PLC) existentes en el mercado, no es una lista completa debido a que cada año aparecen nuevos modelos, sus precios son muy variados; por ejemplo: la familia de PLC compact-984 (984-120,984-130 y 984-145) de Modicon cuyos precios van desde los \$ U.S. 400 hasta los \$1,300.

El encabezado denominado Métodos se refiere al tipo de programación disponible.

Nota: Abreviaturas utilizadas para la columna de tipo de interfaz de comunicación.

A=RS-232C, B=RS232/422, C=RS-488, D=RS-485, E=RS-449, F=20mA, G=10mA, H=Fibra óptica, I=RS423, J=RS-422, K=ASCIINET, L=DH-485, M=DH+

Nota: Abreviaturas utilizadas en la columna de tipo de LAN.

A=Arcnet, B=Ethernet, C=Bibus, D=Modbus, E=C-line, F=Paranet, G=Easynet, H=Multinet, I=GENET, J=R-NET, K=DCS NET, L=DH-485, M=SY/NET, N=WESTNET

O=PLC Highways, P=Multidrop, Q=propio del PLC, r=Meisec, S=Peer to peer, T=RS-422, U=Modbus Plus, V=TIWAY I, W=IEEE-488

Fabricante	Modelo	Sistema total E/S	Sistema E/S discreta	Sistema E/S analógicas	Métodos			Capacidad PID	Control de movimiento	Tipo interfaz de comunicación	Scan rate /Ik	Tamaño de la memoria		Tipo de LAN	Origen
					Diagrama de escalera	Alto nivel	Booleana					de Programación	de Datos		
ABB IND'L SYSTEMS	MP51	64	64		SI		SI			J	2ms	999	definido usuario		Suecia/US
	MP100	128	128	64	SI	SI		SI	SI	B		64K			Europa/US
	MP200/1	4000	2000	2000	SI	SI		SI	SI	B		3.5 MB	definido usuario	B	Europa/US
APV CREPACO	Accos 30	4000	4000	4000	SI	SI	SI	SI		B/D	Variable	600K	600K	B F O	U.K
	Accos 33/36	512	512	512	SI	SI	SI	SI		B/O	Variable	100K		B F O	U.K
ASC COMPUTER	ASC/88	512	512	256	SI	SI	SI	SI	opcional	A/H	10ms	512K	128K	B	U.S.A
ACCULEX CORP	D-100	14	34	2	SI					J	15ms	2K			Japón
ACTIVE SYSTEMS GROUP															
	Stepladder	24	24		SI		SI			A	30ms	0.5K	88		U.S.A
ADATEK INC	System 10	1272	1176	96	SI					B	5ms	48k		D	U.S.A
ALLEN-BRADLEY	PLC 3	8192	8192	4096	SI	SI	SI	SI	SI		2.5ms	2M	2M	Q	U.S.A
	PLC 3/10	8192	8192	4096	SI	SI	SI	SI	SI		2.5ms	128K	128K	Q	U.S.A
	PLC 2/02	128	128	128	SI	SI	SI	SI	SI		12.5ms	2K	2K	Q	U.S.A
	PLC 2/16	256	256	256	SI	SI	SI	SI	SI		12.5ms	4K	4K	Q	U.S.A
	PLC 2/17	512	512	256	SI	SI	SI	SI	SI		12.5ms	7750	7750	Q	U.S.A
	PLC 2/30	1792	1792	896	SI	SI	SI	SI	SI		5ms	16K	16K	Q	U.S.A
	PLC 5/10	512	512	256	SI	SI	SI	SI	SI	M	2ms	6K	6K	Q	U.S.A
	PLC 5/12	512	512	256	SI	SI	SI	SI	SI	M	2ms	6K	6K	Q	U.S.A
	PLC 5/15	1024	1024	512	SI	SI	SI	SI	SI	M	2ms	14K	14K	Q	U.S.A

PLC 5/25	1920	1920	1024	SI	SI	SI	SI	SI	M	2ms	21K	21K	Q	USA	
PLC 5/40	2048	2048	2048	SI	SI	SI	SI	SI	BIM	0.5ms	48K	48K	Q	USA	
PLC 5/60	3072	3072	3072	SI	SI	SI	SI	SI	BIM	0.5ms	64K	64K	Q	USA	
PLC 5/250	4096	4096	4096	SI	SI	SI	SI	SI	BIM	< 1ms	384K	384K	BQ	USA	
PLC 5/VME	512	512	512	SI	SI	SI	SI	SI	M	2ms	14K	14K	Q	USA	
SLC 100	112	112	24	SI					J	27ms	853			Japón	
SLC 150	112	112	24	SI					J	4ms	1200			Japón	
SLC 500	72	72	4	SI					L	8ms	1K	4K	L	US/Japón	
SLC 5/01	256	256	104	SI				SI	L	8ms	4K	16K	L	US/Japón	
SLC 15/02	480	480	104	SI			SI	SI	L	8ms	4K	16K	L	USA	
AMERICAN AUTOGARD															
E6550	32	32	12		SI	SI		SI	F	200µs	2K	2K	Q	USA	
E6600	32	32	12		SI	SI		SI	F	160µs	2K	2K	Q	USA	
ANDERSON CORNELIUS															
APC-3	240 x cfr	240 x cfr	240 x cfr	SI	SI	SI		SI	BH	01s				USA	
MCU-500F	240 x cfr	240 x cfr	240 x cfr	SI	SI			SI	BH	01s				USA	
RPC	240 x cfr	240 x cfr	240 x cfr	SI	SI			SI	H	01s				USA	
APPLIED TECH SYSTEMS															
AP41	0	0		SI	SI		SI		A		8K			USA	
APRIL S.A./CODY															
PB80	320	320		SI	SI	SI	SI	SI	BF	1.5ms	2K	5K	JBUS LAN	Francia	
AUTOMATION INC															
SMC35	304	304	152	SI	SI	SI	SI	SI	AF	2.5ms	8K	3K	JBUS LAN	Francia	
SMC50	288	288	72	SI	SI	SI	SI	SI	AF	2.5ms	8K	3K	JBUS LAN	Francia	
SMC 600	2048	2048	256	SI	SI	SI	SI	SI	AF	1.7ms	32K	12K	JBUS LAN	Francia	
A2000	256	256	54	SI	SI	SI	SI	SI	AD		84K	16K	JBUS LAN	Francia	
A5000	1024	1024	512	SI	SI	SI	SI	SI	AD	< 1ms	128K	96K	JBUS LAN	Francia	
A7000	4096	4096	2048	SI	SI	SI	SI	SI	AD	< 1ms	320K	400K	JBUS LAN	Francia	
AUGUST SYST. LTD															
Trigard/CS330S	7000	7000	3000	SI	SI	SI		SI	B	15µs	750K			USA	
AUTOMATIC TIMING															
3 CONTROLS ATCOM 64	72	64	8		SI		SI	SI	AD	2.7 ms	8K	14x50	Q	USA	
AUTOMATION SYSTEMS															
PAC-5	1024	1024	512		SI	SI	SI	SI	B	1.1ms	64K	768K		USA	
B & R INDUSTRIAL															
AUTOMATION Minicontrol	180	180	18	SI	SI	SI	SI	SI	BDF	4ms	16K	16K	Mininet	Austria	
M264	264	264	40	SI	SI	SI	SI	SI	BDF	2.5ms	42K	42K	H	Austria	
Midicontrol	192	192	64	SI	SI	SI	SI	SI	BDF	4ms	16K	16K	H	Austria	
Multicontrol CP40	1024	1024	128	SI	SI	SI	SI	SI	BDF	4ms	16K	64K	H	Austria	

Multicontrol CP60/80	1536	1536	128	SI	SI	SI	SI	SI	B D F	2ms	42K	128K	H	Austria
BAILEY CONTROLS														
IMMFP02	1024	1024	1024	SI	SI	SI	SI		A D	20ms	320K	250K	B O	USA
IMMFP01	1024	1024	1024	SI	SI	SI	SI		A D	20ms	370K	372K	B O	USA
CSC01	64	64		SI	SI	SI			A	20ms	144K	128K	O	USA
BASICON SBC-64A	64	64		SI	SI	SI	SI		B		8K	8K		USA
BLUE EARTH RESEARCH														
MICRO-440	21	14	14		SI	SI		SI	A		32K	32K		USA
R. BOSCH CORP														
CL100	64	64		SI				SI	F	10ms	1K			RFA
CL300	1024	1024	64	SI			SI	SI	B	10ms	32K			RFA
PC600	4096	4096	64	SI		SI	SI	SI	B	3.5ms	64K			RFA
BOSTON GEAR														
Mac One Plus	168	168	24	SI	SI	SI		SI	B	12ms	3.7K	144		USA
Mac 90-30	512	512	128	SI	SI	SI		SI	B	0.4ms	8K	2K	GENUS LAN	USA
BRIT. BROWN-BOVARI														
K200	128	128			SI			SI		5ms	2K			RFA
Procontic B	1024	1024	256	SI	SI	SI	SI	SI	B	2.5ms	512			RFA
DP 800	4000	4000	1000		SI	SI	SI	SI	B	1ms				UK
P214	1164	1100	64		SI	SI	SI	SI	B I	2ms	700K			UK
CEGELEC AUTOMATION														
INC.														
MICROGEM60	160	160							F	1.25ms	2K	2000		UK
GEM80/131	512	512	32	SI					B D F	0.40ms	256K	24000	O	UK
GEM80/140	2048	2048	128	SI	SI	SI	SI	SI	B D F	1.25ms	256K	15000	O	UK
GEM80/160	16384	16384	1024	SI	SI	SI	SI	SI	B D F	1.25ms	512K	36000	O	UK
GEM80/300/310	16384	16384	1536	SI	SI	SI	SI	SI	B D F	1.25ms	512K	24000	O	UK
GEM 80/730	32768	32768	2560	SI	SI	SI	SI	SI	B,D,F	1.25ms	512K	24000	O	UK
CINCINNATI MILACRON														
ELECTR. SYST														
APC500 RELAY	512	512	64	SI	SI		SI	SI	B D	1ms	128K		O	USA
APC500 MCL	2048	2048	64	SI	SI	SI	SI	SI	B D	1ms	64K		O	USA
CONTROL SYST. INTL														
Syst 7400	78	48	28	SI		SI	SI		O	14	17K	17K	B	USA
CONTROL TECH														
2200XM	240	160	80		SI		SI	SI	A		8K	2.5K	B	USA
2600	240	160	80		SI		SI	SI	A		12K	4K	B	USA
2600-10	480	320	160		SI		SI	SI	A		12K	4K	B	USA
2800IE	1280	1024	256		SI		SI	SI	A		12K	4K	B	USA
CREATIVE CONTROL														

SYST.	DC1	52	48	4		SI			SI	A		32K			USA
CROUZET CONTROLS															
	CMP-31	32	32	8		SI			SI		7ms	2K		Q	Francia
	CMP-34	256	256	64		SI			SI		7ms	4K		Q	Francia
	CMP-340	512	512			SI			SI		7ms	8K		C	Francia
DATEM LTD.															
	dDCX530	11	8	3		SI	SI	SI	SI		1ms	40K		C	Canada
	dDCX531	22	16	6		SI	SI	SI	SI		1ms	40K		C	Canada
	dDCX535	19	18	3		SI	SI	SI	SI		1ms	40K		C	Canada
	dDCX536	38	32	6		SI	SI	SI	SI		1ms	40K		C	Canada
	dDCX537	24	24			SI	SI	SI	SI		1ms	40K		C	Canada
	dDCX538	84	84			SI	SI	SI	SI		1ms	40K		C	Canada
	dDCX2000	160	160	84		SI	SI	SI	SI		1ms		40K		Canada
	Ultimate 64	84	84			SI	SI	SI	SI	A	1ms	40K		C	Canada
DI-AN MICRO SYSTEMS															
	DMS563	128	128	84		SI			SI	B		48K			U.K.
DIGITROM SIXNET IOMUX															
	IOMUX	16K	512	256		SI	SI	SI	SI	B	2ms	256K	128K	Q	USA
	IOMUX-RTU	16K	512	256		SI	SI	SI	SI	B	2ms	256K	128K	Q	USA
DIVELBISS CORP															
	Boss Bear	256	256	56								128K	128K		USA
	Baby Bear	58	58			SI	SI		SI	A					USA
	Bear Bones	249	249			SI					5ms	4K			USA
	PIC Bear Bones	749	749			SI					2ms	16K			USA
E. DOLD & SOHNE															
	AR3000	80	80						SI		2ms	1K			R.F.A.
	TK3100	80	80						SI	A	25ms	16K	8K		R.F.A.
	TE3150	128	128	12		SI	SI		SI	A	25ms	16K	8K		R.F.A.
DYNAGE/OAKLEAF INC.															
	SAFE 8000	2176	2048	128		SI	SI		SI	B		40K			USA
EAGLE SIGNAL CONTROLS															
	Micro 190	128	128			SI			SI	A.D	3ms	16K	1K	Q ECOM Net	USA
	Micro 190+	128	128	28		SI		SI	SI	A.D	3ms	16K	1K	Q ECOM Net	USA
	Eptak 225	128	128			SI			SI	D	3ms	14K	1K	Q ECOM Net	USA
	Eptak 245	128	128	32		SI		SI		D	3ms	14K	1K	Q ECOM Net	USA
	Eagle 1	896	896			SI			SI	B.D	0.75ms	36K	10K	Q ECOM Net	USA
	Eagle 2	896	896	250		SI		SI	SI	B.D	0.75ms	36K	10K	Q ECOM Net	USA
	Eagle 3	2048	2048	1144		SI		SI	SI	B.D	0.75ms	36K	10K	Q ECOM Net	USA
	Eptak 7000	2048	2048	1144		SI	SI	SI	SI	B.D	0.75ms	48K	48K	Q ECOM Net	USA
	CP 8000	2048	2048	1144		SI	SI	SI	SI	B.D	0.75ms	36K	10K	Q ECOM Net	USA
EATON CORP.															
	D100														
CUTLER-HAMMER															
	CR14	34	34	2		SI				B	10ms	1K			USA/Japan

CR20A	40	40	2	SI					B	10ms	1K			U S / Japon
CR40A	80	80	2	SI					B	10ms	1K			U S / Japon
CR40H	120	120		SI					B	3ms	1K			U S / Japon
D200														
PR4	240	240		SI		SI		SI	A	0.8ms	4K	1516	G	U S / Japon
PR4C	240	240	32	SI				SI	B	0.8ms	4K	1516	G	U S / Japon
D500														
CPU25A	992	992	64	SI		SI		SI	B	0.9ms	4K	1516	G	U S / Japon
CPU50A	1504	1504	96	SI		SI		SI	B	0.9ms	8K	1516	G	U S / Japon
ELECTROMATIC														
CONTROLS CORP 230816	56	56		SI						30ms	15K			Dinamarca
330816	56	56		SI						30ms	15K			Dinamarca
30606	12	12		SI						30ms	15K			Dinamarca
PLCF 223232	64	64	4	SI						30ms	15K			Dinamarca
PLCF 323232	64	64	4	SI						30ms	15K			Dinamarca
ENCODER PROD CO														
7152/7252	360	360	210	SI		SI		SI	B D		52K		C	U S A
Synergy	14000	12000	2000	SI	SI	SI		SI	B D		4MB	4MB	C	U S A
ENTERTRON INDUST														
SK-1600R	56	56		SI	SI					15ms	6K	1K		U S A
SK-1600R-SA	56	56	2	SI	SI				A	15ms	6K	2K		U S A
SK-1600	64	64		SI	SI					15ms	4K	1K		U S A
SK-1800	68	68		SI	SI			SI		1.6ms	6K	2K		U S A
FESTO CORP														
FPC-101AF	36	36	10	SI	SI				A	0.8ms	32K			R F A
FPC-101B	36	36		SI	SI				A	0.8ms	32K			R F A
FPC-202C	128	128		SI	SI				A F	1.2ms	32K			R F A
FPC-404	384	384	60	SI	SI		SI	SI	A C F	1.6ms	32K		Taken pass n	R F A
FF-ELEKTRONIIKA														
AL32	64	64	18	SI	SI	SI	SI	SI	B	20ms	4K	4K		Finlandia
FREDRIKSSON KY														
AL38	164	164	8	SI		SI	SI	SI	B	15ms	4K	4K		Finlandia
AL64	176	176	64	SI		SI	SI	SI	B	20ms	2K	4K		Finlandia
AL2048	2048	2048	512	SI	SI	SI	SI	SI	B	3ms	16K	20K	A	Finlandia
FURNAS ELECTRIC														
PC/96	256	256	56	SI		SI		SI	C J	5ms	2K			U S A
PC/96 Plus	480	480	56	SI		SI	SI	SI	C J	5ms	4K			U S A
96JM12	32	32		SI					J	6ms	1K			Japon
96KM20	40	40	8	SI	SI		SI	SI	B	6ms	1K			Japon
96KM40	80	80	10	SI	SI		SI	SI	B	6ms	2K			Japon
96KM60	120	120	20	SI	SI		SI	SI	B	6ms	2K			Japon

GE FANUC	Series ONE JR	96	96		SI		SI			J	40ms	700		I	Japón
AUTOMATION	Series ONE	112	112		SI		SI			J	40ms	17K		I	Japón
	Series ONE/E	112	112	24	SI	SI	SI			J	12ms	17K		I	Japón
	Series ONE PLUS	168	168	24	SI	SI	SI			J	12ms	3.7K		I	Japón
	Series FIVE	2048	2048	512	SI	SI		SI	SI	B	1ms	16K		I	
	Series SIX PLUS	6000	8000	992	SI	SI		SI	SI	B	0.8ms	64K	0	I	
	Series 90 Model 20/211	28	28		SI		SI			DJ	18ms	1K	258		USA
	Series 90 Model 30/311		80	96	SI		SI	SI		DJ	18ms	3K	512	Genius LAN	USA
	Series 90 Model 30/331		512	192	SI	SI	SI	SI		DJ	0.4ms	8K	7K	Genius LAN	USA
	Series 90 Model 70/731		512	256	SI	SI	SI	SI		B	0.4ms	16K	16K	B Genius LAN	USA
	Series 90 Model 70/771		2048	1024	SI	SI	SI	SI		B	0.4ms	256K	16K	B Genius LAN	USA
	Series 90 Model 70/781		12K	4K	SI	SI	SI	SI		B	0.4ms	256K	16K	B Genius LAN	USA
G & L	PIC4.9	45	40	5	SI	SI		SI	SI	B	0.75ms	68K		Q PicNet	USA
ELECTRONICS	PIC49	232	232	120	SI	SI	SI	SI	SI	B	0.57ms	288K		Q PicNet	USA
	PIC409	2032	2032	120	SI	SI	SI	SI	SI	B	0.57ms	288K		Q PicNet	USA
	PIC0	128	128	32	SI	SI	SI	SI	SI	B	6ms	7K		Q PicNet	USA
	PIC900	2816	2816	704	SI	SI	SI	SI	SI	B	0.38ms	256K	256K	A NetNet	USA
	PIC900 Turbo	2816	2816	704	SI	SI	SI	SI	SI	B	0.19ms	256K	256K	A NetNet	USA
GRAYHILL INC.															
	PromMux/72-PMO-2	4096	4096		SI	SI	SI			DJ			8K		USA
HMW ENTERPRISES															
	MPC II	512	512	30	SI	SI		SI	SI	A	State mach	28K	62K		USA
	MPC II-T	256	256	32	SI	SI		SI	SI	A	State mach	256K	300K	LU	USA
	MPC II-E	512	512	30	SI	SI		SI	SI	A	State mach	768K	1.3M	B LU	USA
HAWKER SIDDELEY															
	SEQUEL	4840	4096	544		SI	SI		SI	A		56K			UK
	SM-PLC	25	19	8		SI	SI		SI	A		8K			UK
HONEYWELL INDUST.															
CONTROLS DIV	620-12	256	256	256	SI	SI		SI	SI	DK	2.5ms	2K		P	USA
	620-16	1024	1024	1024	SI	SI		SI	SI	DK	2.5ms	8K		P	USA
	620-35	2048	2048	2048	SI	SI		SI	SI	AD	2.5ms	32K		P	USA
	620-36	2040	2040	2040	SI	SI		SI	SI	DK	2.5ms	37K		P	USA
IDEC SYSTEM & CONTROLS CORP	Micro-1	28			SI		SI			A	8.2ms				Japón
	FA-2J	256	256		SI					A	3ms	4K			Japón
INDUST. CNTL. LKS.															
	ICL-1100	512	512	128	SI	SI				B	1ms	48K			USA
	ICL-1100/OEM	4000	4000	128	SI	SI				B	1ms	48K			USA

INDUST. INDEXING SYSTEMS	VME-1000		4				SI	SI	AF	< 3ms				USA
	MM-10+		10	8				SI	AF	< 3ms				USA
	MSC-100		40				SI	SI	AF	< 3ms	12K			USA
	MSC-800		72	96			SI	SI	AF	< 3ms	16K			USA
INTL. PARALLEL MACHINES	IP1610	28	28	4			SI	SI	A	20ms				USA
	IP1612	28	28	4			SI	SI	A	20ms				USA
	IP1612-DC	28	28	4			SI	SI	A	20ms				USA
JOHNSON YOKOGAWA CORP.	FA500	2048	2048	808			SI	SI	B	0.16ms	280K	4K	Q ML-Bus	Japón
KEYENCE CORP.	KX10	10	10				SI	SI		200µs	0.6K	0.3K		Japón
	KX16	18	18				SI	SI		200µs	0.6K	0.3K		Japón
KLOCKNER-MOELLER CORP.	PS3	152	128	70			SI	SI	D	< 1.5ms	3.6K	4K	Suconet	R.F.A.
	PS31G	3344	3056	288			SI	SI	D	0.5ms	32K	32K	Suconet	R.F.A.
	PS32	3360	3072	288			SI	SI	B.D	2ms	32K	32K	Suconet	R.F.A.
LEEDS & NORTHRUP	Micromax	3600	3600	1200			SI	SI	D	100ms			L	USA
MEGASYSTEMS	ACE	256	256	256			SI	SI	B		750K		Q	USA
McGILL MFG CO.	ELEC. DIV.													
	1701-2000	472	472	16			SI		A	3.4ms	4K			USA
	1701-7000	512	512	32			SI		A	3.4ms	8K			USA
MILLER FLUID POWER	Epic 24	48	48				SI		B	7ms	1000			Japón
	Epic 40	120	120				SI		B	7ms	1000			Japón
MINARIK ELECTRIC	LS 1000A	120	120				SI	SI	J	4.3ms	3K	1K		USA
	WP6200	24	24				SI				512			USA
MITSUBISHI ELECT SALES AMERICA	F1	120	120	18			SI	SI	A	12ms	1K	128		Japón
	FX	128	128	24			SI	SI	B	0.74ms	8K	3308		Japón
	A1S	256	256				SI	SI	B.D				M Net	Japón
	A2C	512	512				SI	SI	B				M Net	Japón
	A1N	256	256				SI	SI	B				A	Japón
	A2N	512	512				SI	SI	B				A	Japón
	A3N	2048	2048				SI	SI	B				A	Japón
	A3M	2048	2048				SI	SI	B				A	Japón
	A2A	512	512				SI	SI	B				A	Japón
	A3A	2048	2048				SI	SI	B				A	Japón

MODICON INC	Micro984	120	112	17	SI	SI				A	5ms	6K	2K		Japón
	984-120	1024	256	64	SI	SI		SI	SI	A	5ms	15K	2K		USA
	984-130	1024	256	64	SI	SI		SI	SI	A	5ms	4K	2K		USA
	984-145	1024	256	64	SI	SI		SI	SI	A	5ms	8K	2K	U	USA
	984-380	1024	512	64	SI	SI		SI	SI	A	5ms	6K	2K		USA
	984-381	1024	512	64	SI	SI		SI	SI	A	5ms	6K	2K		USA
	984-385	1024	1024	448	SI	SI		SI	SI	A	5ms	6K	2K	S U	USA
	984-480	7168	1024	448	SI	SI		SI	SI	A	5ms	8K	2K		USA
	984-485	7168	1024	1920	SI	SI		SI	SI	A	5ms	8K	2K	S	USA
	984-680	32768	2048	1920	SI	SI		SI	SI	A	3ms	16K	4K	S	USA
	984-685	32768	2048	1920	SI	SI		SI	SI	A	3ms	16K	4K	S	USA
	984X	32768	2048	1920	SI	SI		SI	SI	A	0.75ms	8K	2K	S	USA
	984A	32768	16384	4096	SI	SI		SI	SI	A	0.75ms	32K	2K	S	USA
	984-780	65536	16384	4096	SI	SI		SI	SI	A	1.5ms	32K	12K	S	USA
984-785	65536	16384	4096	SI	SI		SI	SI	A	1.5ms	32K	12K	S	USA	
984B	65536	16384	4096	SI	SI		SI	SI	A	0.75ms	64K	12K	S	USA	
OMRON SYSTEM	C20K	140	140	16	SI		SI			B H	10ms	1.2K	64		USA
	C28K	140	140	16	SI		SI			B H	10ms	1.2K	64		USA
	C40K	140	140	16	SI		SI	SI	SI	B H	10ms	1.2K	64		USA
	C20H	140	140	36	SI		SI	SI	SI	B H	0.75ms	2.8K	2K		Japón
	C28H	148	148	36	SI		SI	SI	SI	B H	0.75ms	2.8K	2K		Japón
	C40H	160	160	36	SI		SI	SI	SI	B H	0.75ms	2.8K	2K		Japón
	C20	64	64		SI		SI			B H	10ms		2K		Japón
	C200H	384	384	40	SI		SI	SI	SI	B H	0.75ms	6.6K	2K	System netw	Japón
	C500	512	512	64	SI		SI	SI	SI	B H	5ms	6.6K	512	System netw	Japón
	C1000H	1024	1024	64	SI		SI	SI	SI	B H	0.4ms	32K	4K	System netw	Japón
C2000H	2048	2048	64	SI		SI	SI	SI	B H	0.4ms	32K	6.6K	System netw	Japón	
PHILIPS B. V.	MC30	120	120		SI	SI				B D	2ms	2K		P	Países Bajos
	PC20	2000	2000	300	SI	SI		SI	SI	B D	1ms	16K		P	Países Bajos
PHOENIX DIGITAL CORP															
	DPAC 80	1152	384	768	SI	SI	SI	SI	SI	B	Variable	192K	128K		USA
PRO-LOG CORP															
	BusBox/IPLC	8000	4096	832	SI	SI		SI	SI	B	< 1ms	96K	96K	A B	USA
RELIANCE ELECTRIC															
	Shark X	60	60	4	SI						5ms	1K	384		Japón
	Shark XL	160	160	16	SI						5ms	2K	512		Japón
	AutoMate 15	64	64		SI					A	10ms	1K	56	J	USA

AutoMate 15E	64	64	16	SI					A	10ms	2K	512	J	USA
AutoMate 20	256	256		SI	SI				A	10ms	2K	512	J	USA
AutoMate 20E	256	256	64	SI	SI	SI			A	2ms	4K	2044	J	USA
AutoMate 30	512	512	128	SI	SI	SI			A	0.8ms	8K	5120	J	USA
AutoMate 40	8192	8192	2048	SI	SI		SI		A		104K	58K	J	USA
DCS 5000	12K	12K	4K	SI	SI		SI		A		80K	84K	B,D,J,K	USA
AutoMax DCS	12K	12K	4K	SI	SI		SI	SI	A		150K	84K	B,D,J,K	USA
ROBBINS & MYERS/														
ELECTR. PRO-400/450	25	24	1		SI		SI	SI	B		8-32K			USA
SATTCONTROL/ CU05-25	240	240	54	SI		SI	SI		B,D	3ms	32K	4344	Q	Suecia
ALFA-LAWAL INC. CU05-45	240	240	54	SI		SI	SI	SI	B,D	3ms	32K	4344	Q	Suecia
CU05-65	240	240	54	SI	SI	SI	SI	SI	B,D	3ms	32K	15K	Q	Suecia
CU05SB	240	240	54	SI		SI	SI		B,D	3ms	32K	4344	Q	Suecia
CU05-45SB	240	240	54	SI		SI	SI	SI	B,D	3ms	32K	4344	Q	Suecia
OP45	240	240	64	SI		SI	SI	SI	B,D	3ms	32K	4344	Q	Suecia
OP45-SB	240	240	64	SI		SI	SI	SI	B,D	3ms	32K	4344	Q	Suecia
OP-65	240	240	64	SI	SI	SI	SI	SI	B,D	3ms	32K	15K	Q	Suecia
SC15-10X	512	512	128	SI	SI	SI	SI	SI	B,D	3ms	27K	15K	Q	Suecia
SC15-20X	512	512	128	SI	SI	SI	SI	SI	B,D	3ms	27K	15K	Q	Suecia
SC60	4096	4096	1536	SI	SI	SI		SI	B,O	1.1ms	3.5M	26.4K	D,Q	Suecia
SC115	2560	512	64	SI	SI	SI		SI	B	0.8ms	16K	8K	D,Q	Suecia
SC125	4096	4096	128	SI	SI	SI		SI	B	0.4ms	64K	37K	Q	Suecia
SC31-10	2560	2560	960	SI	SI	SI	SI	SI	B,D,H	1.8ms	64K	8447	Q	Suecia
SC31-50	2368	2368	888	SI	SI	SI	SI	SI	B,D,H	1.8ms	1024K	8447	D,Q	Suecia
SC31-90	2560	2560	960	SI	SI	SI	SI	SI	B,D,H	1.1ms	2M	8447	D,Q	Suecia
SELECTRON LYSS AG														
PMC 10	180	180	36	SI	SI	SI	SI	SI	A	2.5ms	25K	1K		Suiza
PMC 20	144	144	41	SI	SI	SI	SI	SI	A,D	2.5ms	25K	1K	C	Suiza
PMC 30	256	256	128	SI	SI	SI	SI	SI	B,D	2.5ms	4K	1K	C,U	Suiza
PMC 40	1408	1408	704	SI	SI	SI	SI	SI	B,D	2.5ms	16K	5000	C	Suiza
SIEMENS														
ENERGY & S5-90U	16	168		SI	SI	SI			B	< 2ms		4K	T	R.F.A
AUTOMATION S5-95U	41	32	9	SI	SI	SI			B	< 2ms		8K	T	R.F.A
5-100U Usando CPU102	256	256	16	SI	SI	SI			B	7ms	4K	4K	Q	R.F.A
5-100U Usando CPU103	256	256	32	SI	SI	SI	SI		B	1.8ms	20K	20K	Q	R.F.A
S5-115U CPU841	512	512	128	SI	SI	SI		SI	B	30ms	18K	18K	J,D,B	R.F.A
S5-115U CPU 942	2048	2048	128	SI	SI	SI	SI	SI	B	18ms	42K	42K	Q,B	R.F.A

S5-135U CPU 928B	2048	2048	192	SI	SI	SI	SI	SI	B				QB	RFA
S5-135U CPU 928	2048	2048	192	SI	SI	SI	SI	SI	B	1.1ms	64K	64K	QB	RFA
S5-135U CPU 922	2048	2048	192	SI	SI	SI	SI	SI	B	20ms	64K	64K	QB	RFA
S5-135U CPU 921	2048	2048	192	SI	SI	SI	SI	SI	B	1.3ms	64K	64K	QB	RFA
S5-135U CPU 920	2048	2048	192	SI	SI	SI	SI	SI	B	20ms			QB	RFA
S5-155U CPU 946/947	10000	10000	384	SI	SI	SI	SI	SI	B	1.4ms	2M	2M	AB	RFA
S5-155H (≈2 155U)	10000	10000	384	SI	SI	SI	SI	SI	B	1.4ms	2M	2M	AB ₂	RFA
SOLID CONTROLS INC.														
EPIC 1	520	512	8					SI		2.5ms				USA
SYSTEM 10	136	128	8					SI		2.5ms				USA
EPIC 8B	584	384	200				SI	SI	BD	1.5ms				USA
SPRECHER & SCHUH														
SESTEP 390	180	180	120	SI					A	20ms	2K			Japón/Suiza
SESTEP 490	2080	2080	108	SI	SI			SI	B	9.8ms	7.6K			Japón/Suiza
SESTEP 590	2432	2432	240	SI	SI			SI	B	9.8ms	15.7K			Japón/Suiza
SESTEP 690	3840	3840	768	SI	SI			SI	B	5.1ms	48.5K			Japón/Suiza
SESTEP 330	128	128		SI					A	5ms	2K			Japón
SESTEP 430	144	144	32	SI					A	50ms	16K			Suiza
SESTEP 530	1024	1024	64	SI					A	45ms	16K			Suiza
SPECTRASCAN R7-10B														
CIC-488SE	48	40	16		SI	SI	SI	SI	AC	1µs	128K	32K	A	USA
CIC-488PB	40	40			SI	SI	SI	SI	C	10µs	32K	32K	W	USA
SQUARE D CO. MICRO-1														
SY/MAX 50	256	256	32	SI		SI			A	8ms	4K	112	M	Japón
SY/MAX 300	256	256	112	SI			SI	SI	A	15ms	2K	4K	M	USA
SY/MAX 400	4000	4000	1792	SI			SI	SI	A	0.7ms	16K	8K	M	USA
SY/MAX 600	8000	8000	1792	SI			SI	SI	A	0.8ms	28K	8K	M	USA
SY/MAX 650	8000	8000	1792	SI			SI	SI	A	0.8ms	28K	8K	BM	USA
SY/MAX 700	14K	14K	3584	SI			SI	SI	A	1.3ms	64K	8K	M	USA
TELE-CONTROL LTD. em2														
MOPS	1024	512	128		SI	SI	SI	SI	B	1ms	256K	64K		Austria
TELEMECANIQUE TSX 17														
TSX 47-10/20	512	512	32	SI	SI	SI	SI	SI	AD	3ms	24K	2K		Francia
TSX 47-30	512	512	32	SI	SI	SI	SI	SI	AD	0.4ms	56K		BQ	Francia
TSX 47-40	1024	1024	32	SI	SI	SI	SI	SI	AD	0.4ms	56K		BQ	Francia
TSX 67-20	1024	1024	168	SI	SI	SI	SI	SI	BD	0.4ms	56K		EQ	Francia
TSX 67-40	2048	2048	128	SI	SI	SI	SI	SI	BD	0.5ms	224K		BQ	Francia

	TSX 87-30	2048	2048	256	SI	SI		SI	SI	B D	0.4ms	128K		B Q	Francia
	TSX 87-40	2048	2048	256	SI	SI		SI	SI	B D	0.32ms	352K		B Q	Francia
	TSX 107-40	2048	2048	256	SI	SI		SI	SI	B D	0.32ms	352K		B Q	Francia
TELETROL SYST.	MINC	1584	5	13		SI	SI	SI		A	0.2ms	32K	16K	Q	USA
	Integrator 186	1584	5	13		SI	SI	SI		A	0.1ms	64K	32K	Q	USA
	Integrator 286	12672	128	128		SI	SI	SI	SI	A	0.02ms	128K	64K	Q	USA
TEMPATRON LTD.															
	TPC 9000	252	252	60		SI		SI	SI	B	10ms	32K			UK
TENOR CO.	100 ICC	252	252	64		SI	SI	SI		B	10ms	48K			UK
TEXAS INSTRUMENTS															
INDUSTRIAL SYST.	T1100	128	128		SI						5ms	1K			Japón
	T1510	40	40		SI						16.7ms	256			USA
	5T1	512	512		SI						8.33ms	4K		Q	USA
	PM550C	512	512	128	SI			SI		B	8ms	7K		Q	USA
	T1520C	512	512	128	SI		SI		Modulo Opc	A	4ms	3.5K		Q	USA
	T1530T	1023	1023	1023	SI				Modulo Opc	B	0.93ms	20K		Q	USA
	T1525	1023	1023	1023	SI				Modulo Opc	A	3.8ms	6K		Q	USA
	T1535	1023	1023	1023	SI				Modulo Opc	B	0.93ms	20K		Q	USA
	T1545	1024	1024	1024	SI	SI		SI		B D	0.78ms	96K	86K	V	USA
	560	8192	8192	8192	SI				Modulo Opc	B	2.2ms	384K		Q	USA
	565	8192	8192	8192	SI	SI		SI	Modulo Opc	A K	4.2ms	384K		Q	USA
	T1315	74	74	24	SI	SI				J	20ms	700		Q	Japón
	T1325	168	168	24	SI	SI				J	8ms	17K		Q	Japón
	T1330	168	168	24	SI	SI				J	8ms	37K		Q	Japón
	T1425	640	640	40	SI	SI				J	3ms			Q	Japón
	T1435	640	640	40	SI	SI				J	0.49ms			Q	Japón
TOSHIBA	EX14B	36	34	2	SI					B	60ms	1K	300		Japón
HOUSTON	EX20-PLUS	42	40	2	SI					B	60ms	1K	300		Japón
	EX40-PLUS	60	60	2	SI					B	60ms	1K	300		Japón
	EX100	1052	992	60	SI			SI	SI	B	0.9ms	4K	3K		Japón
	EX250	800	768	32	SI	SI		SI	SI	B	0.9ms	4K	3K		Japón
	EX500	1224	1024	200	SI	SI	SI	SI	SI	B	0.75ms	8K	3K		Japón
TRICONEX	3002	2368	2336	2336	SI	SI	SI	SI		A	0.5ms	400K		B	USA
TURNBULL CONTROLS															
	6433	32	32	32		SI		SI		J		8K			UK
	T100	4096	4096	4096		SI		SI	SI	B					UK
UTICOR TECH	DIR 4002	64	64	64	SI			SI	SI	B	10ms	8K	768		USA

Sociedad de Instrumentistas de América

DIR 4001	384	384	128	SI			SI	SI	B	10ms	8K	1K		USA
6001	4096	4096	512	SI			SI	SI	B D	2.45ms	256K	45K		USA
VEEDER-ROOT CO. V12	120	120	15	SI						40ms	844			Japón
V12 CPU Extendido	80	80	8	SI				SI		45ms	832			Japón
WESTINGHOUSE PC-500	128	128	8	SI		SI			F	70ms	1K	1K		RFA
ELECTRIC CO. PC-502	256	256	16	SI		SI			F	7ms	2K	2K	L1 net	RFA
PC-503	256	256	32	SI	SI	SI	SI		F	2ms	10K	2K	L1 net	RFA
PC-900	256	256	32	SI					A	20ms	25K	1706	N	USA
PC-700	512	512	64	SI			SI		A	7ms	8K	1706	N	USA
PC-1100	128	128	16	SI			SI		A	7ms	35K	1706	N	USA
PC-1200	256	256	128	SI			SI		A D	4ms	18K	1706	N	USA
PC-1250	512	512	256	SI			SI		A D	1ms	18K	1706	N	USA
PC-2000	2048	2048	128	SI		SI	SI			< 3ms	48K	48K	L1	RFA
HPPC-1500	8192	8192	512	SI			SI		A	1ms	224K	32K	N	USA
HPPC-1700	8192	8192	512	SI			SI		A	1ms	224K	32K	N	USA
WIZDOM SYST / ENGINEERING TOOLS														
86-SPLIC-JR	16	64	16	SI	SI		SI	SI	B	10ms	4K	2K	B	USA
86-SPLIC	32	80	16	SI	SI		SI	SI	B	10ms	8K	4K	B	USA
86-Coprocessor	4096	4096	256	SI	SI		SI	SI	B	1.5ms	8K	4K	B	USA
386-Coprocessor	4096	4096	256	SI	SI		SI	SI	B	0.5ms	8K	4K	B	USA
ZIATECH ZT200L	4096	4096	206	SI			SI	SI	A D	1ms	24K	8K	A	USA
ZT8832L	4096	4096	256	SI			SI	SI	A D	5ms	24K	8K	A	USA



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

INSTRUMENTACION ELECTRONICA DE PROCESOS
INDUSTRIALES

INSTRUMENTACION
AMBIENTAL EN AIRE

ING. RAFAEL RAMOS VILLEGAS

ING. JOSE ZARAGOZA AVILA

EQUIPOS DE MONITOREO CONTINUO DE EMISIONES

1. INTRODUCCION

3 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 TECNOLÓGICA. AL PRESENTE, LOS CONTAMINANTES DE CRITERIO SON:

1. MONOXIDO DE CARBONO
2. PLÓMO
3. BIOXIDO DE NITROGENO
4. OZÓNO
5. BIOXIDO DE AZUFRE Y
6. PARTICULAS CON DIAMETRO AEREODINAMICO MENOR O IGUAL A 10µm (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.

TABLE 1 INDICES ESTANDAR DE CONTAMINACION AMBIENTAL (E.P.A.)

INDICE	1hr O3 µg/m3	8hr CO mg/m3	24hr TSP µg/m3	24hr SO2 µg/m3	TSPxSO2 (µg/m3)1000	1hr NO2 µg/m3
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:

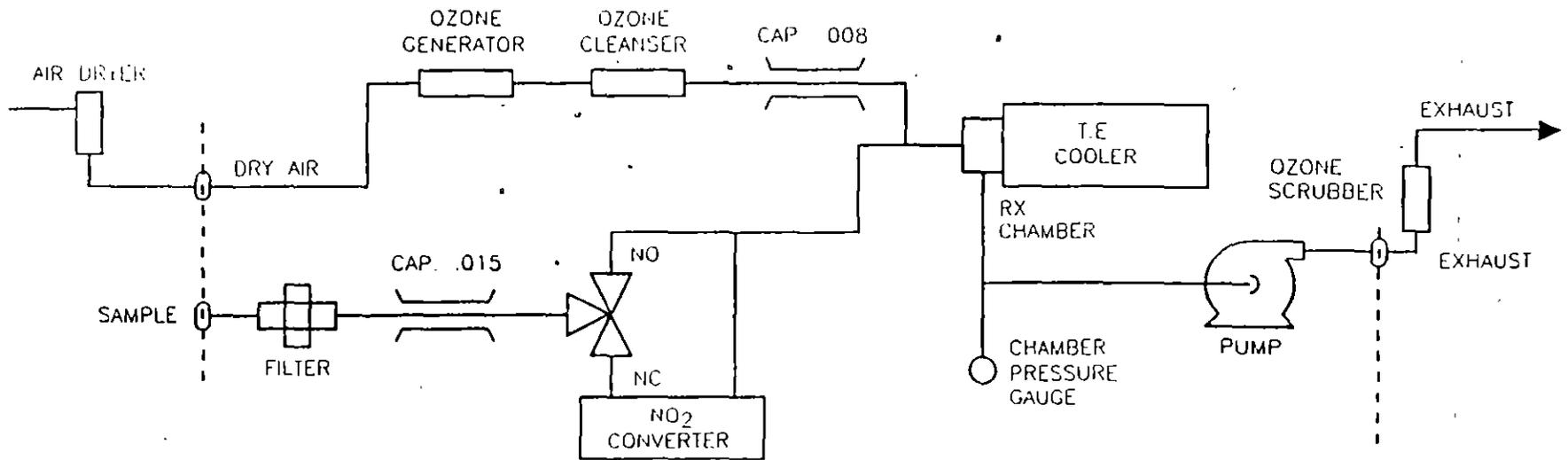


LA EMISION DE LUZ SE PRODUCE CUANDO LAS MOLECULAS EXITADAS DE NO2 DECAEN HACIA ESTADOS DE MENOR ENERGIA.

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:

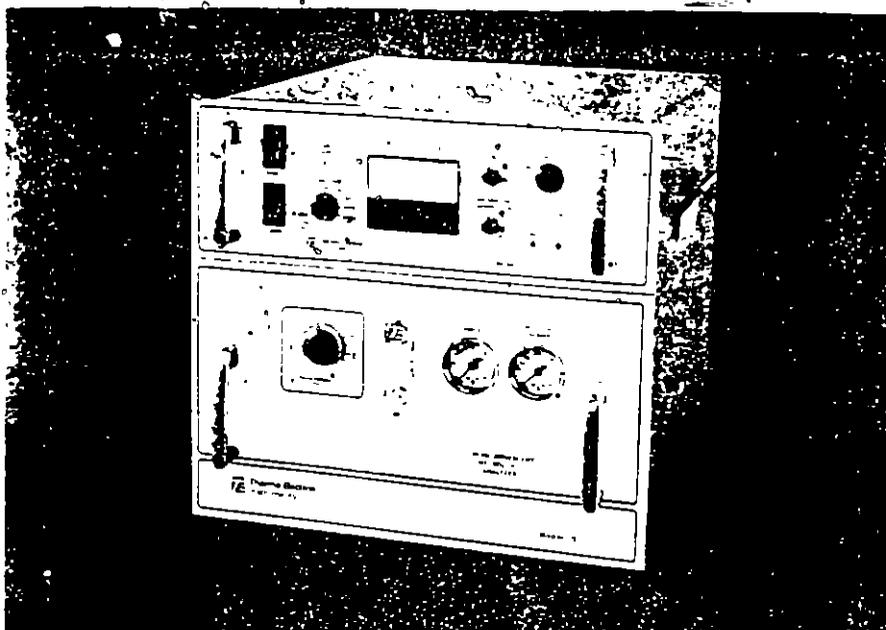


Flow Schematic of Model 42



Chemiluminescent NO/NO_x Analyzer

Model 10 For Continuous Source Gas Monitoring



Thermo Environmental Instruments 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 NO₂-to-NO converter prior to entering the reaction chamber for subsequent analysis.

Key Features

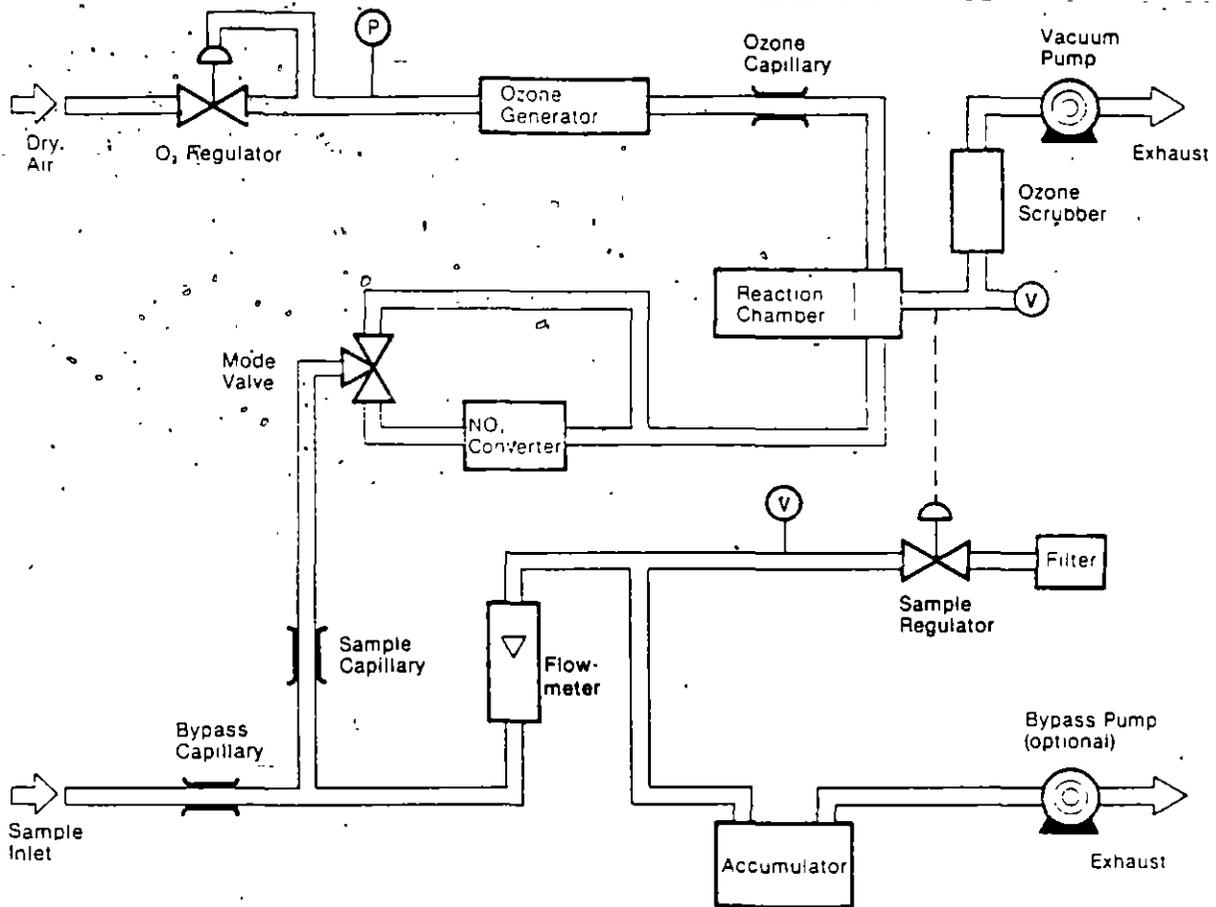
- Selective detection of NO or NO_x
- Eight ranges from 2.5 to 10,000 ppm FS
- Continuous monitoring with rapid response
- Linear on all ranges
- Field proven reliability
- Insensitive to changes in sample flow

Model 10 Specifications*

Ranges	0-2.5 ppm 0-10 ppm 0-25 ppm 0-100 ppm	0-250 ppm 0-1000 ppm 0-2500 ppm 0-10,000 ppm
Minimum Detectable Concentration	±0.05 ppm	
Noise	Less than 1% of FS	
Reproducibility	1% of FS	
Operating Temperature Extremes	0-40°C	
Response Time (8-90%)	- 1.5 seconds NO mode - 1.7 seconds 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 230 ± 15 volts, 50 Hz versions.	
Physical Dimensions	19" wide x 17" high x 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 voltage and subject to change without notice.
** With O₃ Feed. With dry air linearity is 0.25% 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 02036

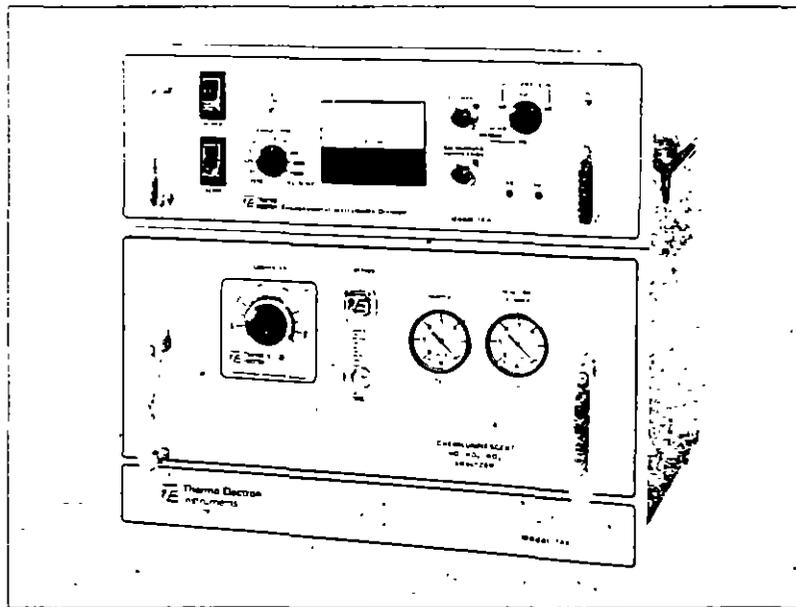
(508) 520-0430
 Telex 200205 THERMO UR

FAX (508) 520-1460

Printed in U.S.A. 3-1-111

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

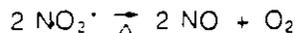
The Thermo Environmental Model 14A chemiluminescent NO-NO₂-NO_x analyzer is based upon the phenomenon that oxidized NO molecules give off a luminescence. The reaction with ozone in the Model 14A is:



= 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 NO₂ 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.

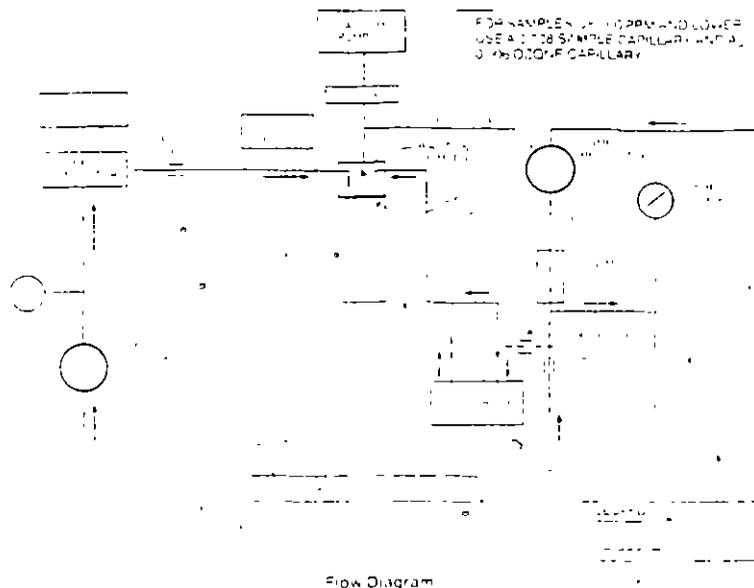
Model 14A Control Unit Sub-Assembly

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).



<p>Ranges</p> <p>Linearity</p> <p>Accuracy:</p> <p>Response time* (0 to 90% at the output of the electronic amplifier)</p>	<p>Nine (9) user selectable linear ranges:</p> <p>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</p> <p>± 1% of full scale</p> <p>Derived from the NO or NO₂ calibration gas ± 1% of full scale, ± 3% in the 0 to 0.01 ppm range</p> <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th>Range</th> <th>Time (seconds)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>NO - NO₂ 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 ₂ 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	<p>Power Requirements</p> <p>Reaction Chamber Vacuum:</p> <p>Sample Vacuum:</p> <p>Flow control:</p> <p>Ozone Generator</p> <p>NO₂ to NO Converter:</p> <p>Specificity:</p> <p>Photomultiplier:</p> <p>Physical Specifications</p>	<p>115 VAC ± 10 VAC, 60Hz, 1500 watts (220 VAC/50 Hz)</p> <p>- 29 to - 30" Hg standard (at sea level)</p> <p>- 5 ± 1" Hg</p> <p>Reaction chamber vacuum pump and bypass pump, regulator and glass capillaries.</p> <p>By silent discharge ozonator operating off dry room air, air cylinder, or oxygen cylinder</p> <p>Catalytic stainless steel converter operated at 650°C. NO₂ to NO conversion efficiency 99%.</p> <p>Selective detection of NO with negligible interference from water vapor, carbon and sulfur compounds</p> <p>Thermo electrically (Peltier) cooled for low background.</p> <p>Completely packaged ready for either rack mounting in a standard 19" wide instrument rack, or operation on a laboratory work table or desk.</p>
Range	Time (seconds)																								
	NO - NO ₂ 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																								
<p>Zero Drift</p> <p>Outputs</p>	<p>± 2% in 8 hours</p> <p>NO, NO₂, NO_x continuous 0-10 VDC standard. Also available 0-5 V, 0-1 V, 0-100 MV, 0-10 MV</p>	<p>S.</p> <p>Weight</p>	<p>19" W x 17" H x 20"</p> <p>Approximately 75 lbs. excluding pumps</p>																						

*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 additional 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 + NO₂ ~ 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 BIXIDO DE AZUFRE

EL PRINCIPIO DE MEDICION DE BIXIDO 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.

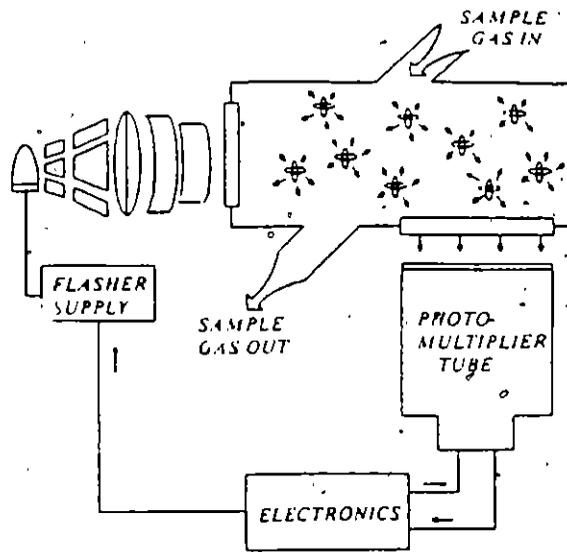


Figure 4 — Principles of Operation

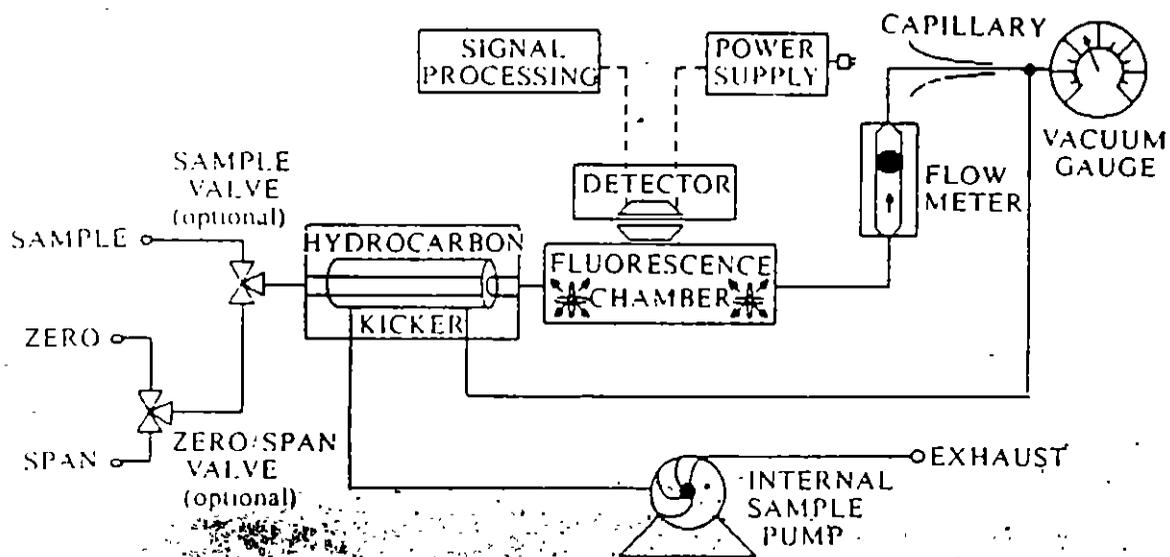


Figure 5 — Gas Flow Schematic

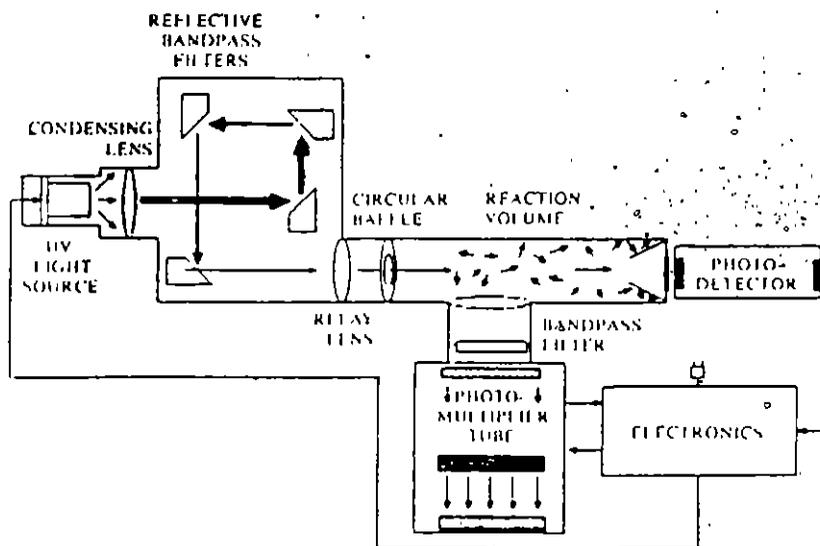
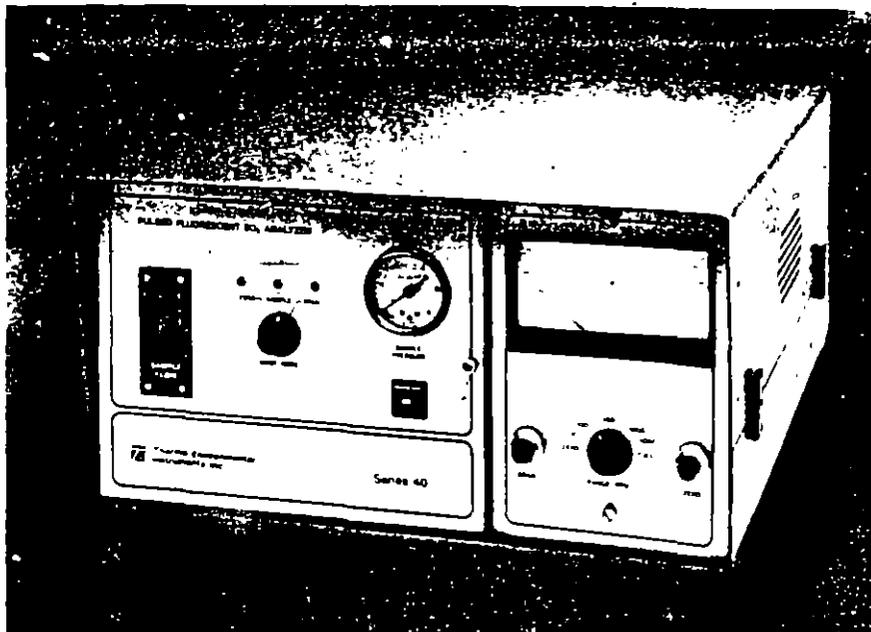


Figure 6 — Optics System Schematic

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

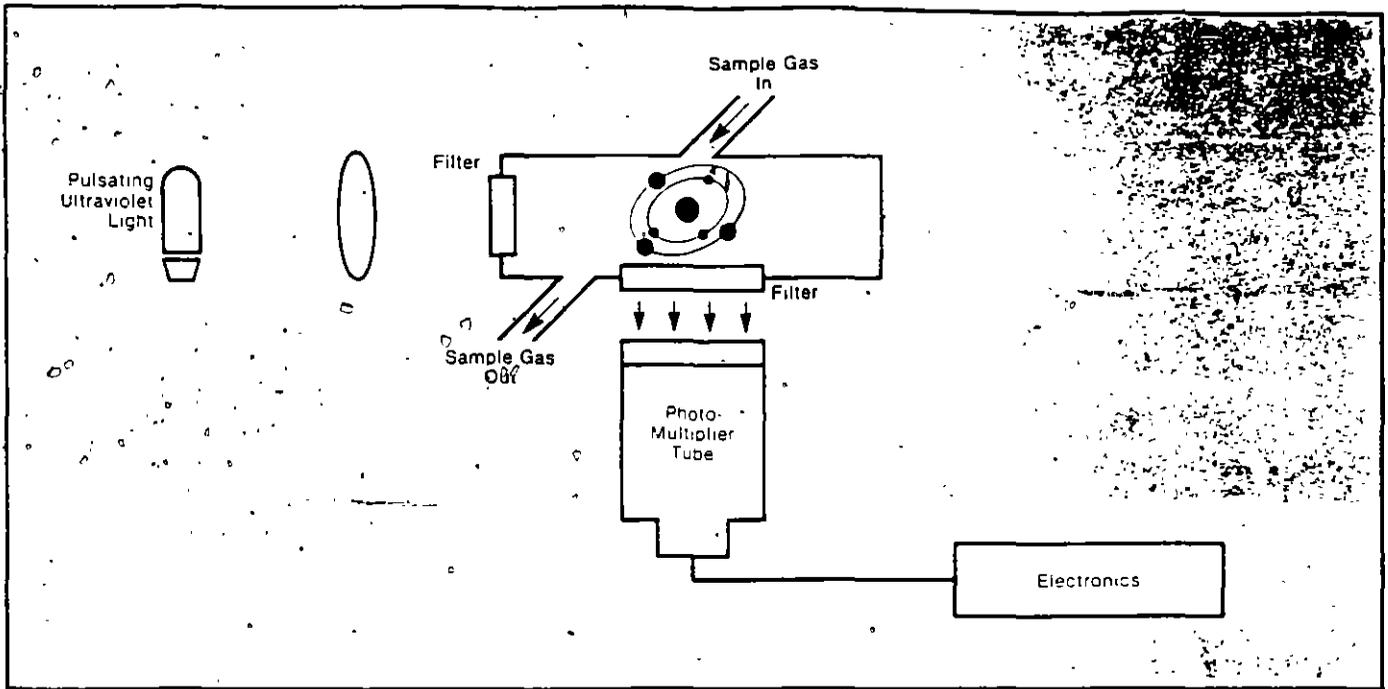
- No consumable gases or chemicals required
- Long-term zero and span stability
- Long-life lamp
- Field-proven reliability
- Insensitive to changes in sample flow
- Specific to SO₂
- Totally self-contained
- 19" rack mountable on chassis sides
- Internal operator-controlled span and zero valves

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 (10-90%)	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 variety of combustion processes do not normally contain interfering compounds which increase the Model 40's response. However, the measurement of SO₂ by fluorescence may vary if certain interfering compounds are present in the sample gas. This effect is commonly known as quenching. Proper calibration for the use of the Model 40 with a Model 100 Sample Conditioner corrects the quenching effect. Call Thermo Environmental for additional information.

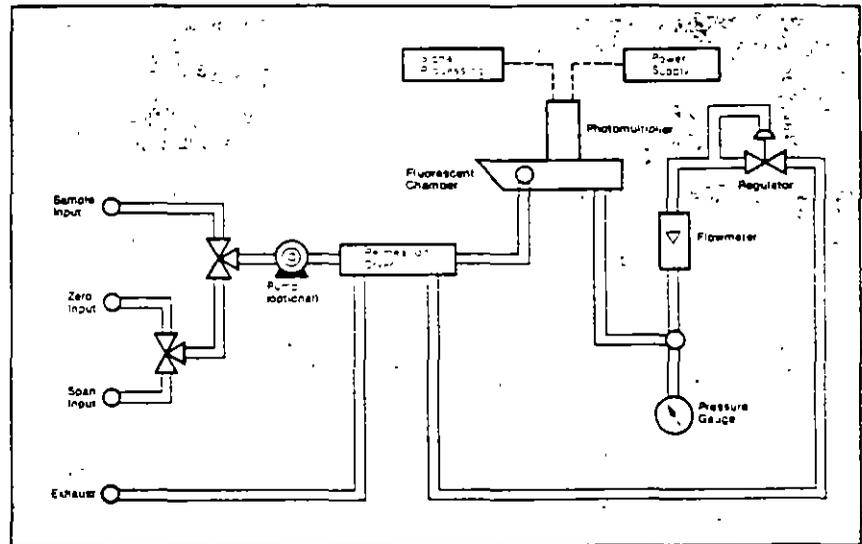


Principle of Operation

As illustrated in the diagrams, pulsed ultraviolet light passes through a narrow bandpass filter to a measurement chamber where it excites SO_2 molecules. As these molecules return to the ground state, they emit a characteristic fluorescence with intensity proportional to the concentration of SO_2 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 THERMO UR

FAX (508) 520-1460

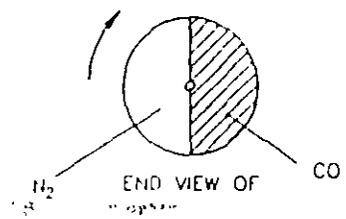
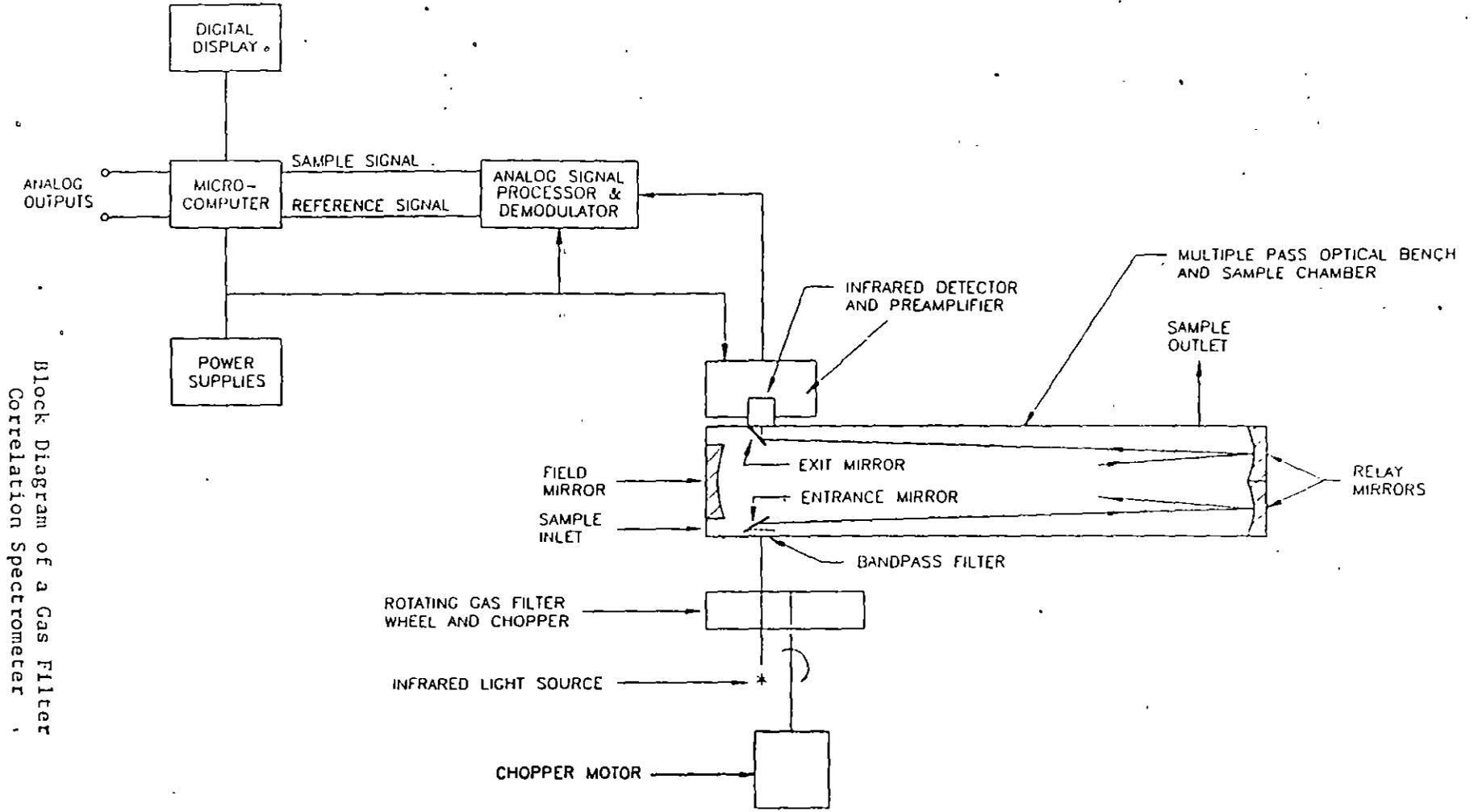
4.3 METODO DE REFERENCIA DE CORRELACION DE FILTRO GASEOSO PARA LA DETERMINACION DE MONOXIDO DE CARBONO

LA ESPECTROGRAFIA DE CORRELACION DE FILTRO GASEOSO SE BASA EN LA COMPARACION DE ESTRUCTURA 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.

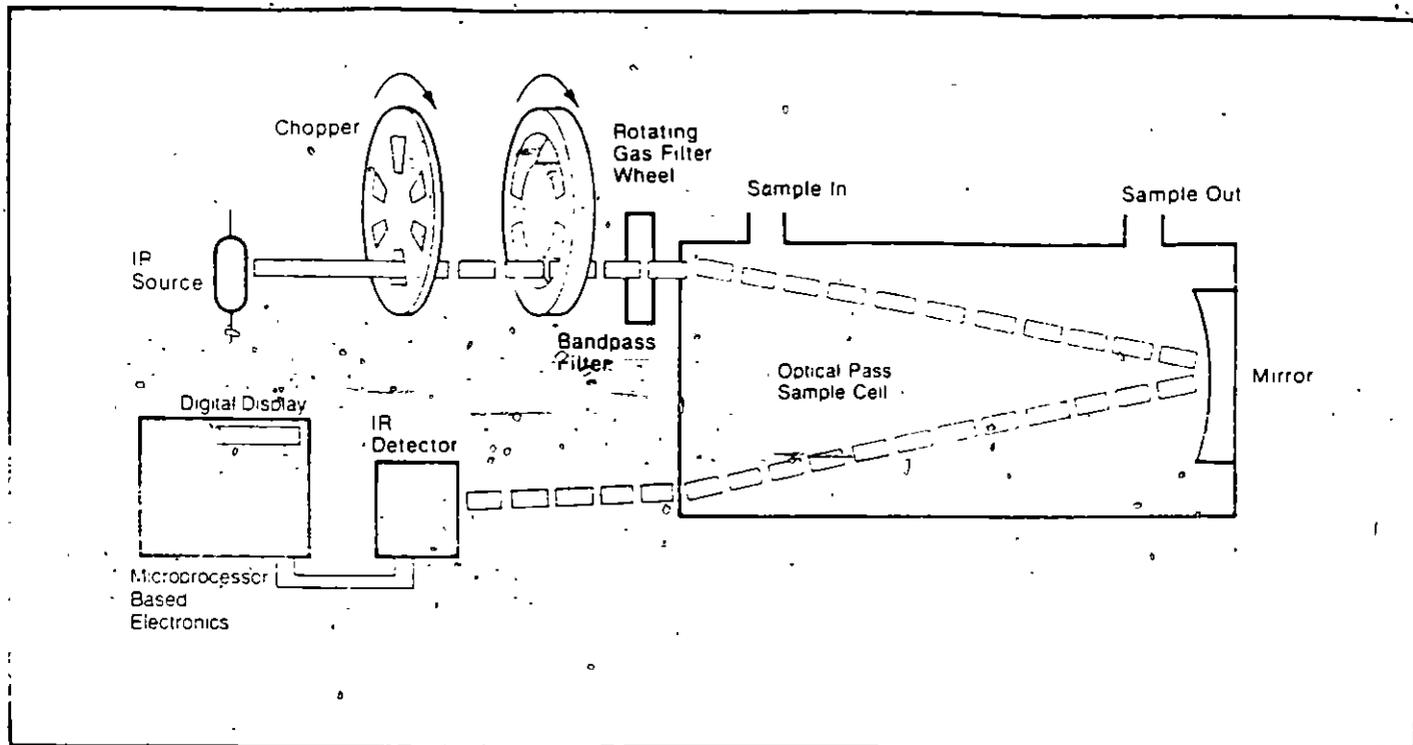
Key Features

- 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 8 3/4" 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

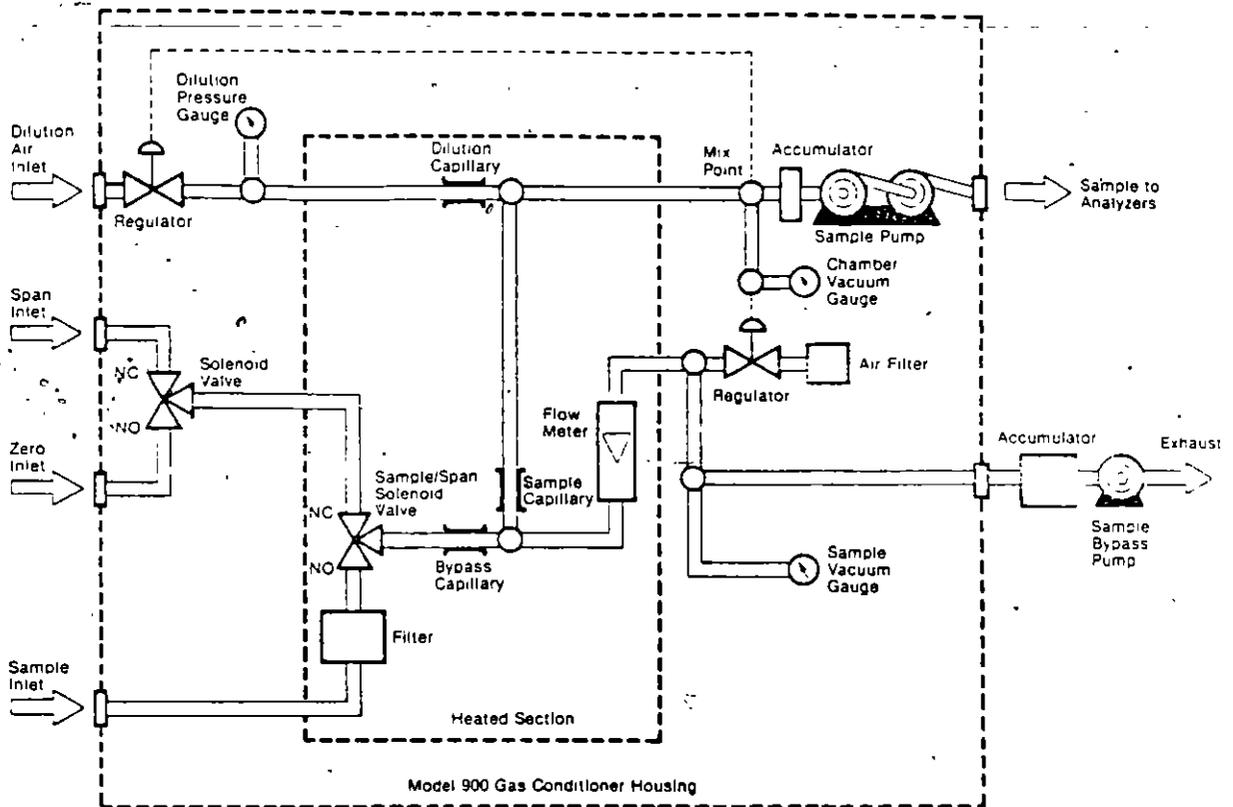


Model 900 Specifications*

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)	3 l/min standard (larger flows available)
Raw Sample Flow (Input)	1 l/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 x 22 1/2" high x 15 1/8" deep
Instrument Weight	72 lbs (includes pumps)
Back Flush (optional)	20 cfm @ 100 PSIG for 20 seconds

*Specifications are typical and may be subject to change without notice.

Model 900 Flow Scheme



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

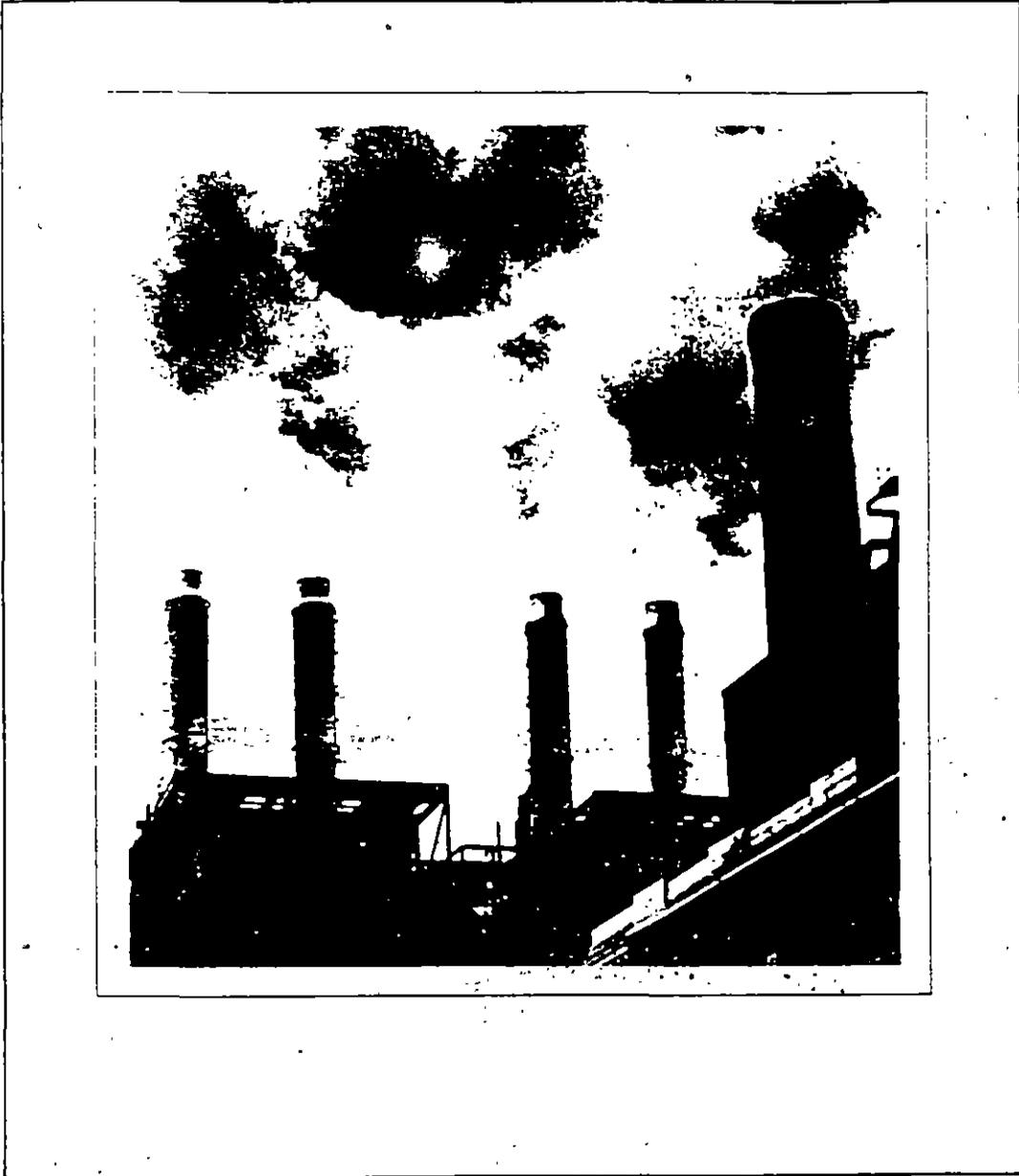
- 900-004** Sample Probe Backflush
Includes valving, plumbing and internal timers which automatically control the timing and sequencing of the backflush operation on an hourly basis.



Environmental Instruments Division

108 South Street
Hopkinton, MA 01748
Telephone (617) 435-5321
Telex 948325

MODEL 1400 EXTRACTIVE STACK GAS ANALYSIS SYSTEM



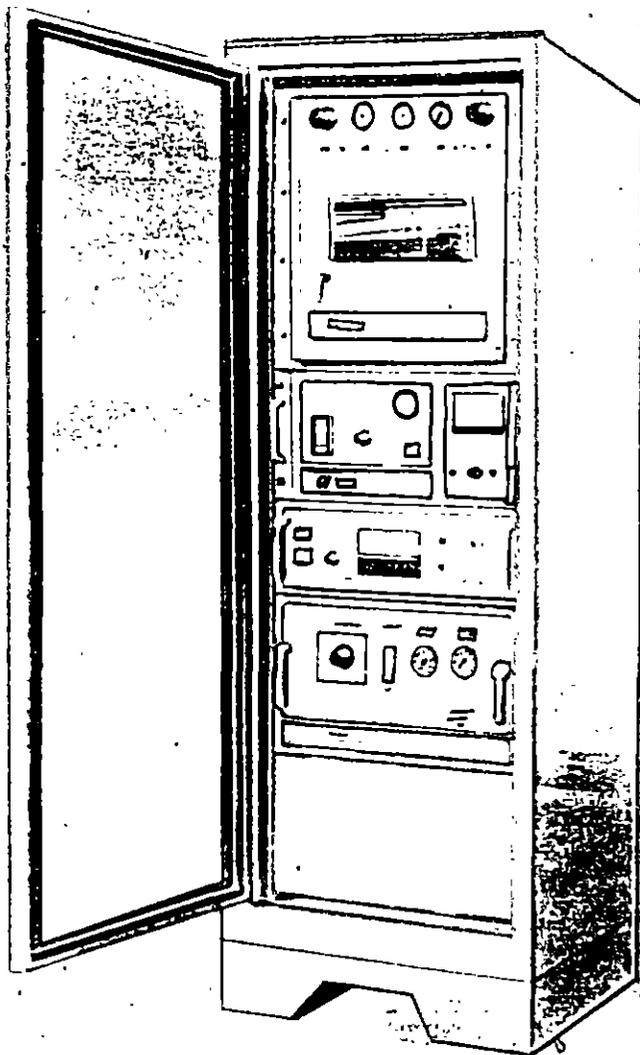
 **Thermo Environmental**
Instruments Inc.

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.

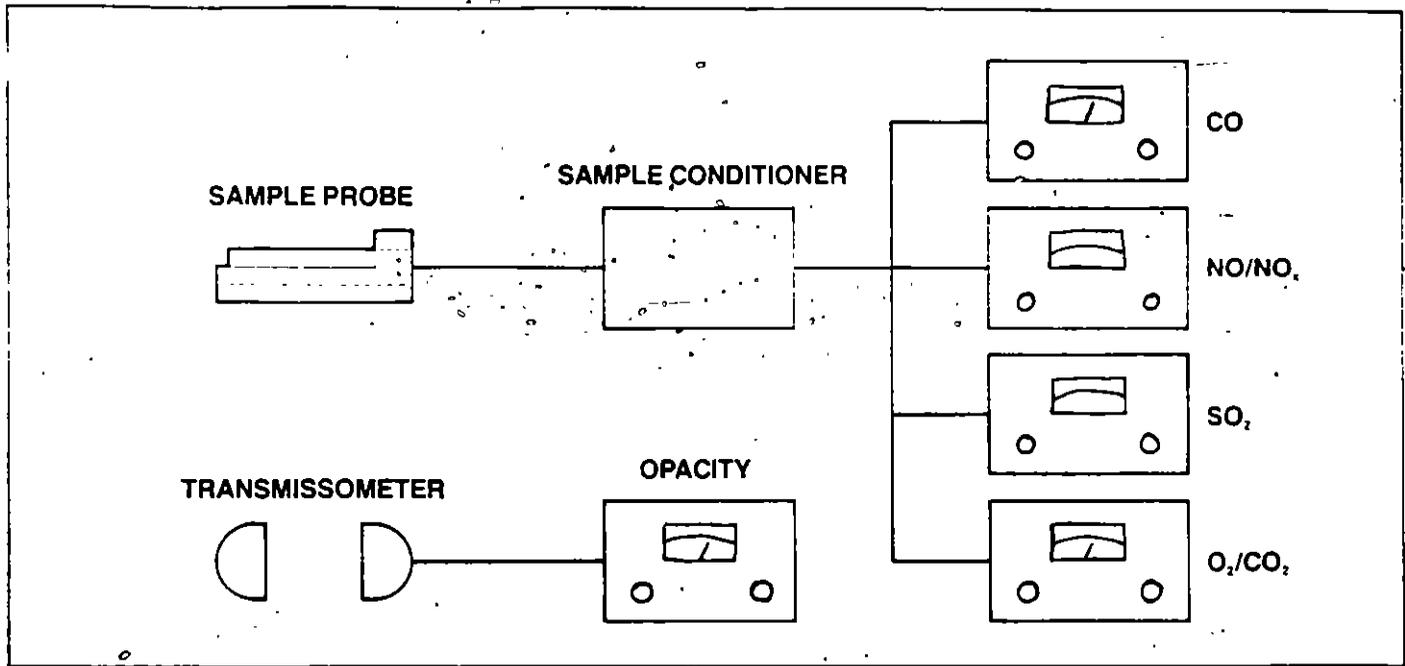
The electrical controls and solid state signal processing is designed with the user in mind. The unit requires minimum maintenance that can be provided by regular plant personnel — no special technical skills above those normally present at power or petrochemical facilities are required.



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 Flourescence	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% FS	1% FS.	1% FS.	1% FS.	1% FS.	± 2% FS.
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 cfm 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.

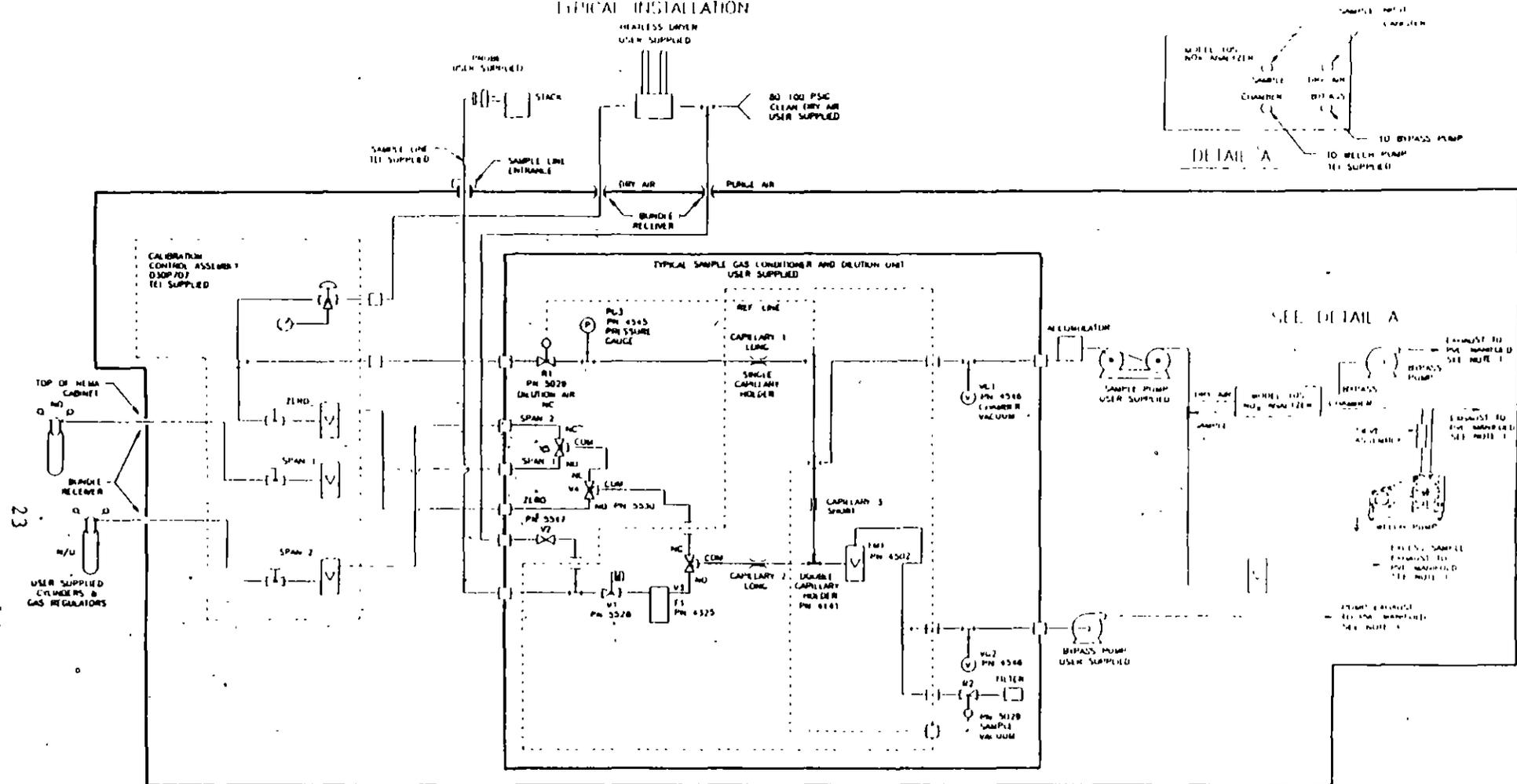
 **Thermo Environmental
Instruments Inc.**

8 West Forge Parkway
Franklin, MA 02038

(508) 520-0430
Telex 200205 THEMO UR

FAX (508) 520-1460

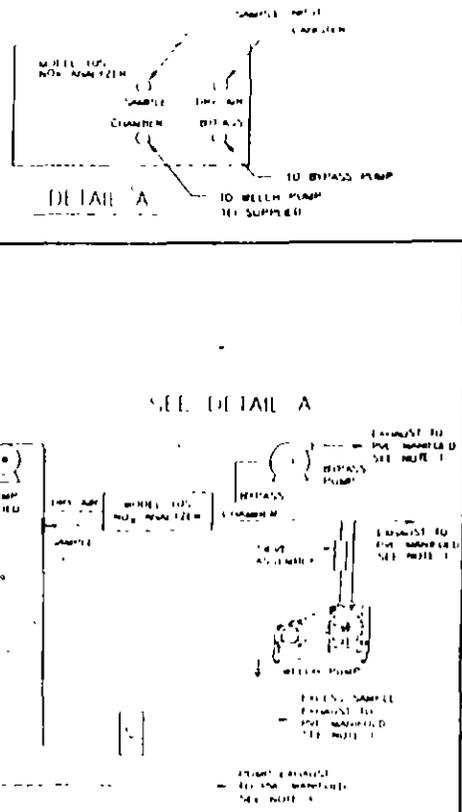
TYPICAL INSTALLATION



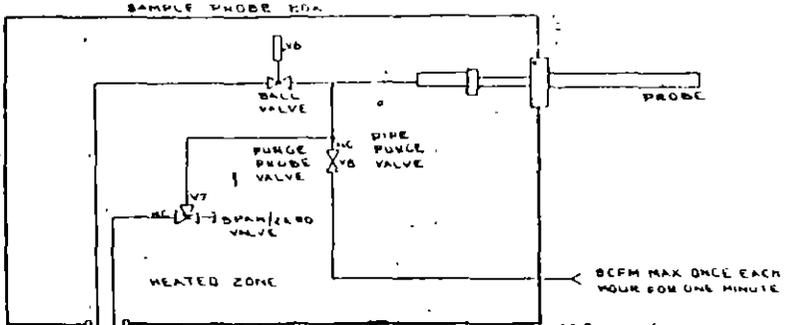
LEGEND

	FLOWMETER		ORIFICE PLATE
	NEEDLE VALVE		REGULATOR
	2-WAY SOLENOID VALVE		FILTER
	3-WAY SOLENOID VALVE		N/O - NOT USED
	UNTHREADED HOLE IN METAL		

NOTE
 1. THE PNE. TIGHTNESS MARKING MUST BE VENTED OUTSIDE OF BUILDING TO THE ATMOSPHERE

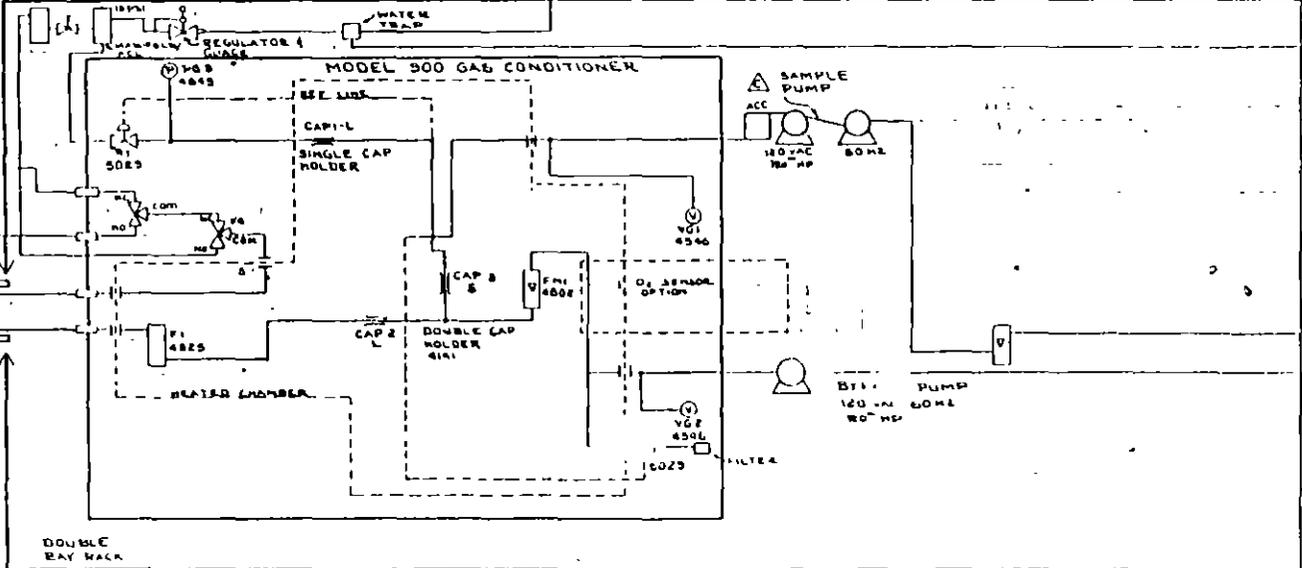
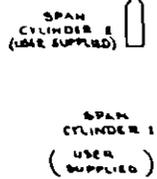


⚠ PROBE BGA POWER REQUIREMENT 120V 60 HZ 10 AMP



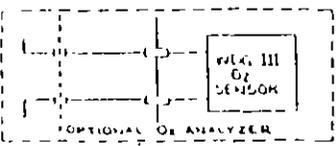
DUAL TUBE HEATED SAMPLE LINE

USER SUPPLIED INSTRUMENT GRADE AIR 80-100 PSIG 80 CFH



LEGEND

- FLOWMETER
- NEEDLE VALVE
- 3WAY SOLENOID VALVE
- 2WAY SOLENOID VALVE
- MOTORIZED BALL VALVE



Thermo Environmental Instruments Division
IE Thermo
 CORPORATION
 10000 W. 15th St.
 Overland Park, KS 66204
 (913) 666-1000
 Model 900 (Mod 605)

SCALE: 1/4" = 1'-0"

DATE: 10/15/82

BY: J. J. [Signature]

REVISIONS

NO. 98PE26

DO NOT SCALE DWG

REV	REVISIONS	DATE

PLUMBING SCHEMATIC
 EXTRACTIVE SYSTEM
 MOD 900 (MOD 605)
 WITH DUAL SPAN
 WITH [unclear]
D 98PE26

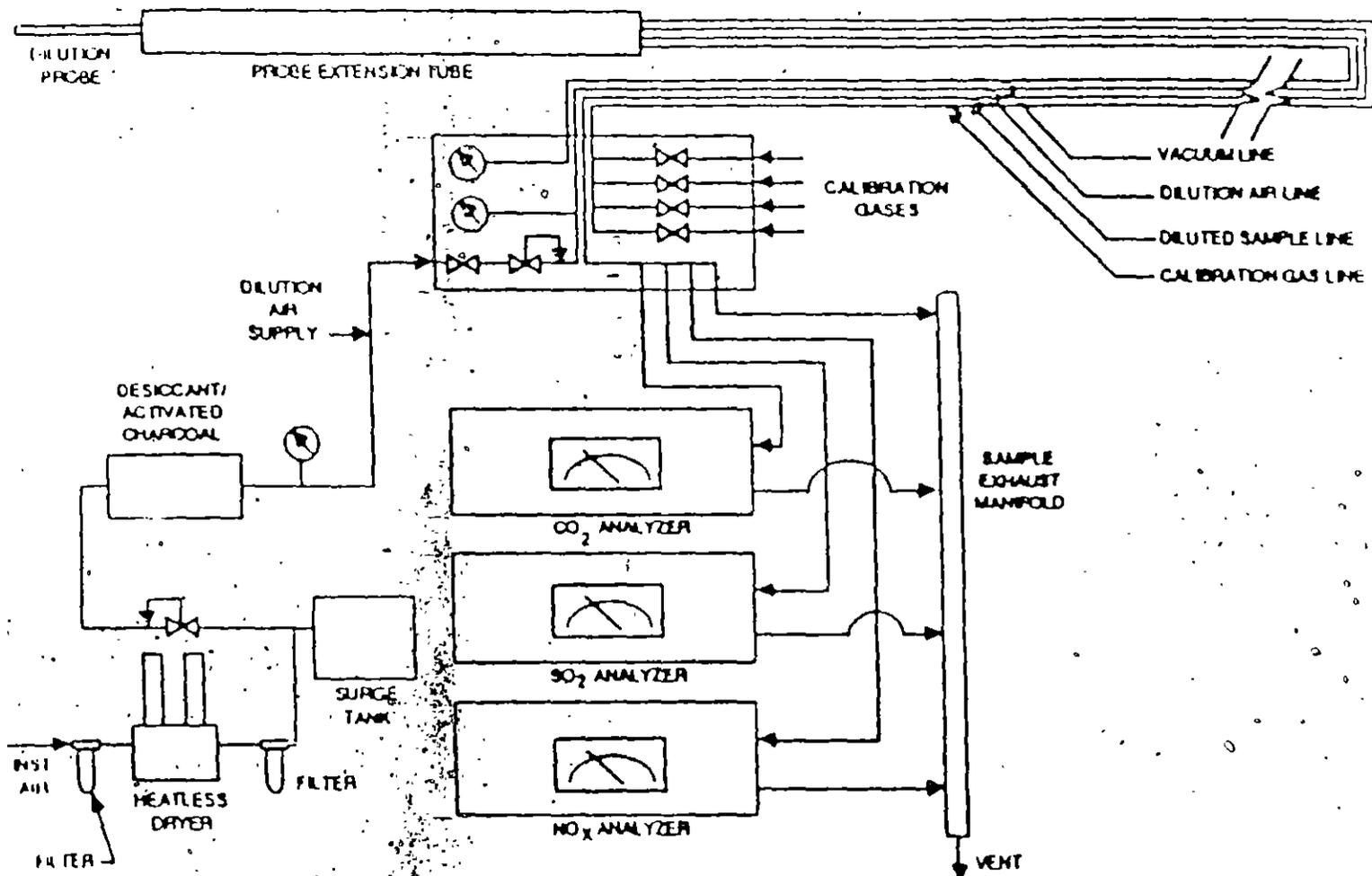
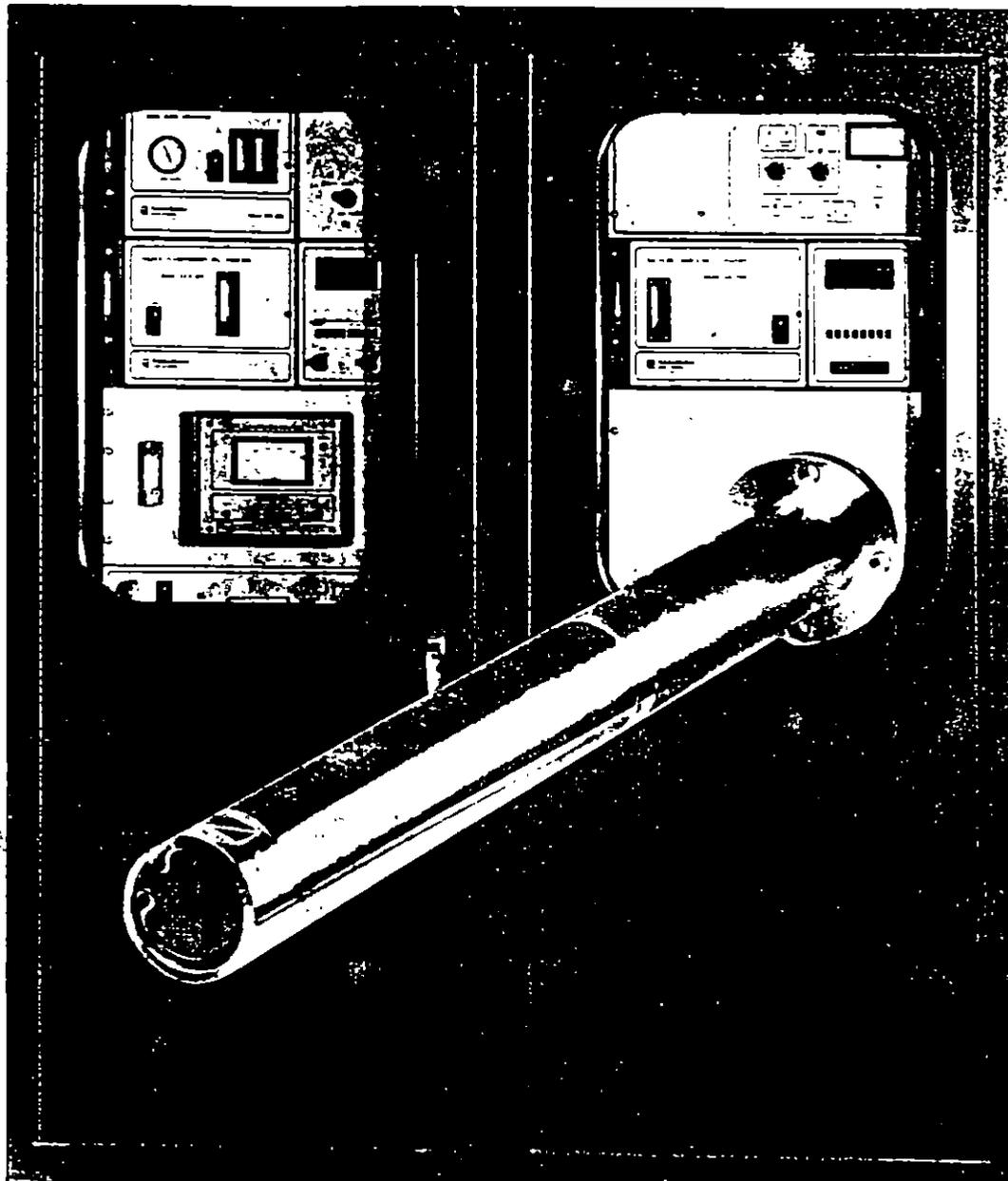


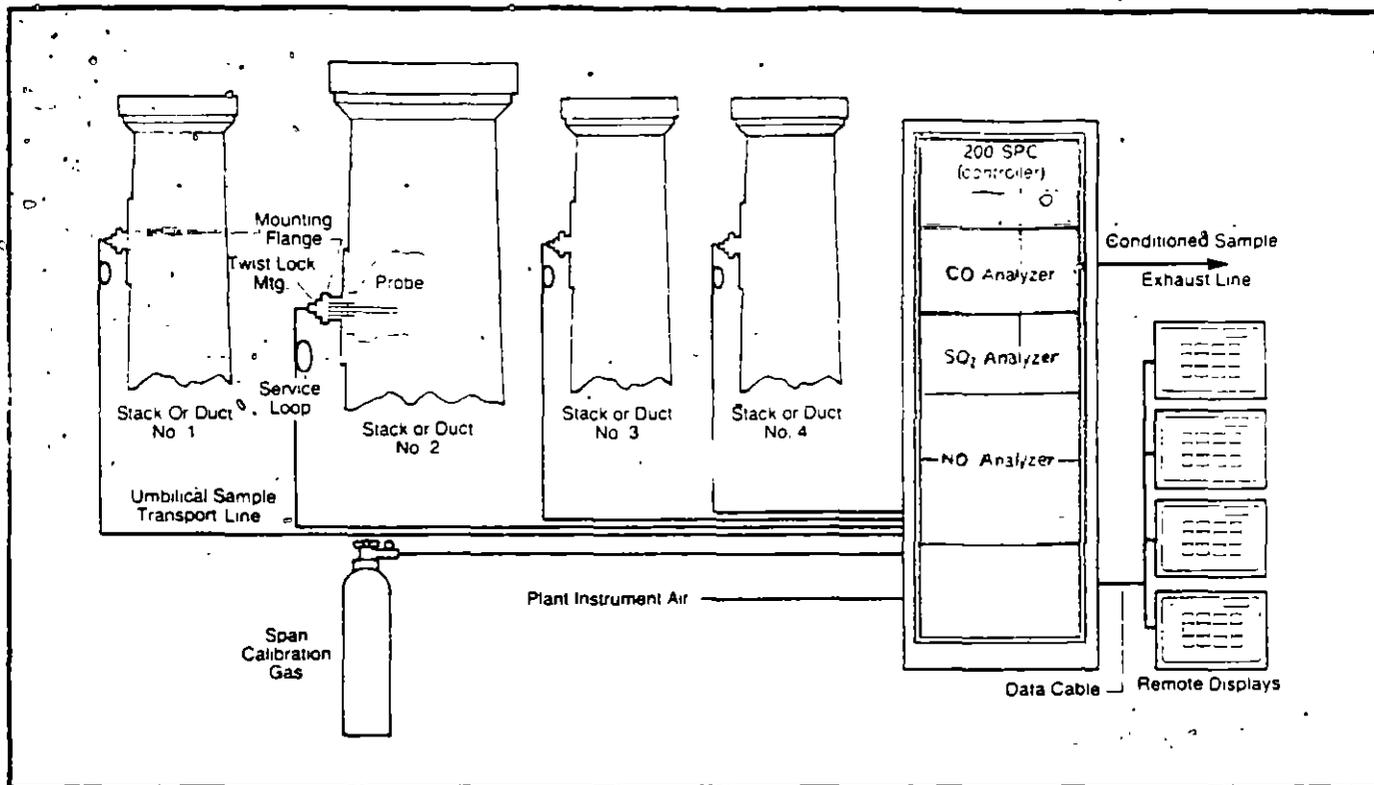
Figure 1. Simplified schematic of typical dilution probe CEMS

MODEL 200 GAS ANALYSIS SYSTEM



TE 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.

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

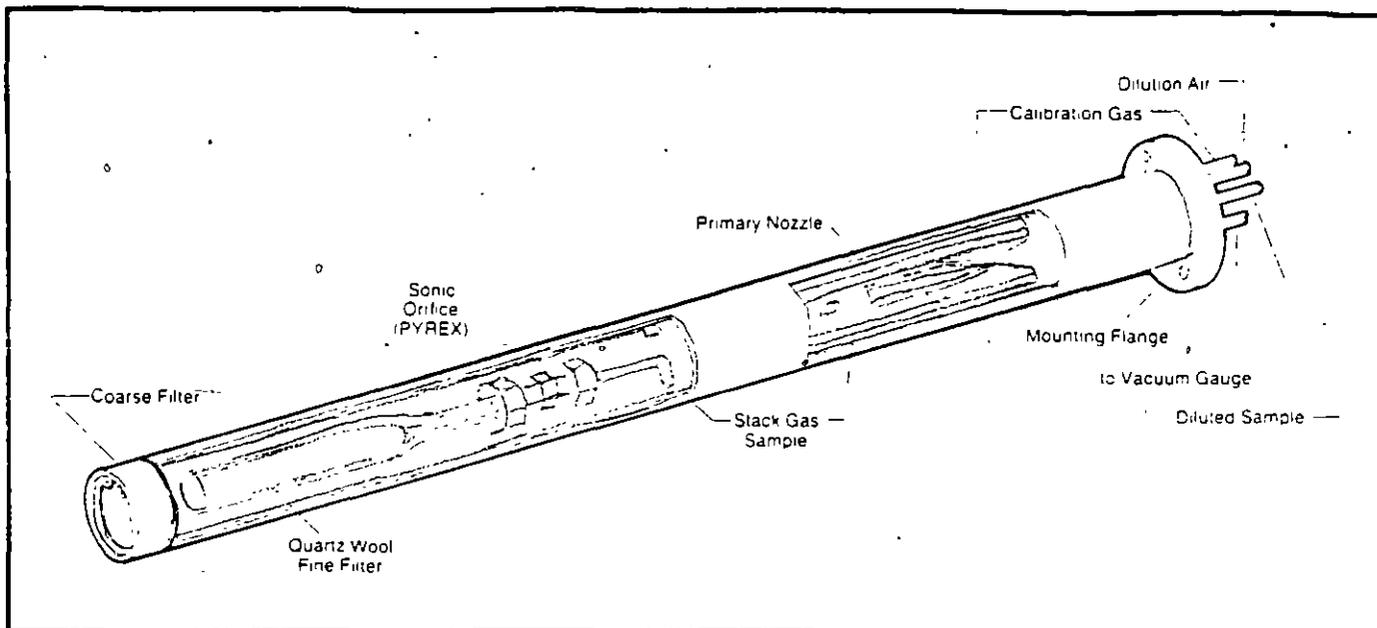
* Expressed as the sum of the absolute mean value plus 95% confidence interval of a series of tests
(see CFR Title 40, Appendix B)

 **Thermo Environmental
Instruments Inc.**

8 West Forge Parkway
Franklin, MA 02038

(508) 520-0430
Telex: 200205 THEMO UR

FAX: (508) 520-1460



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 inch or larger, pipe nipple. A unique clamping flange provides 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.

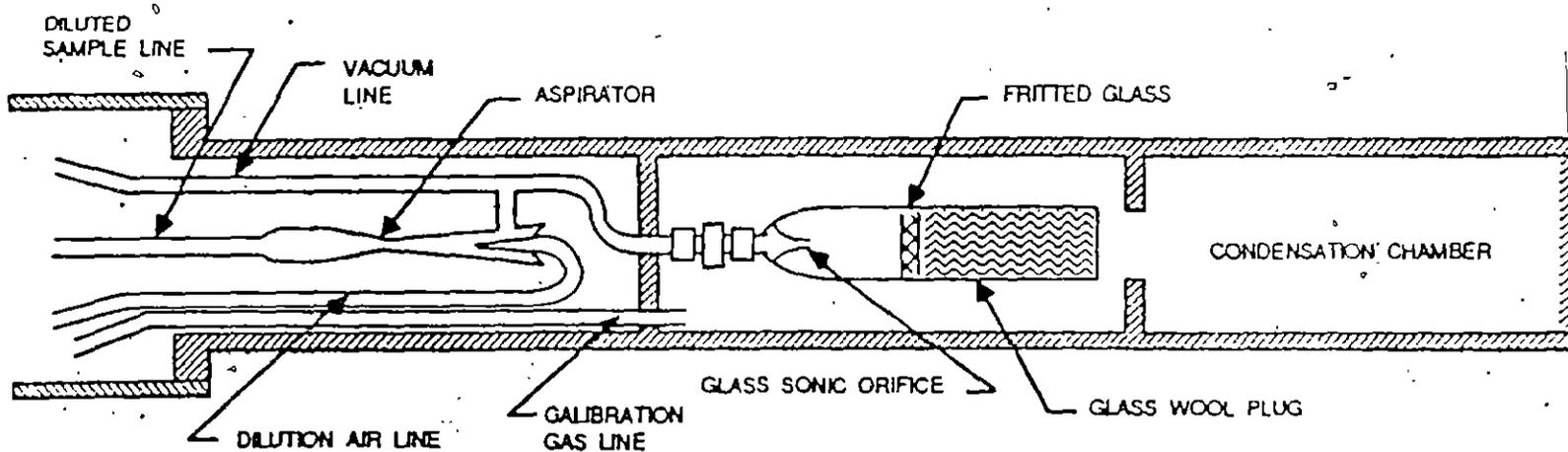


Figure 2 Simplified representation of dilution probe.

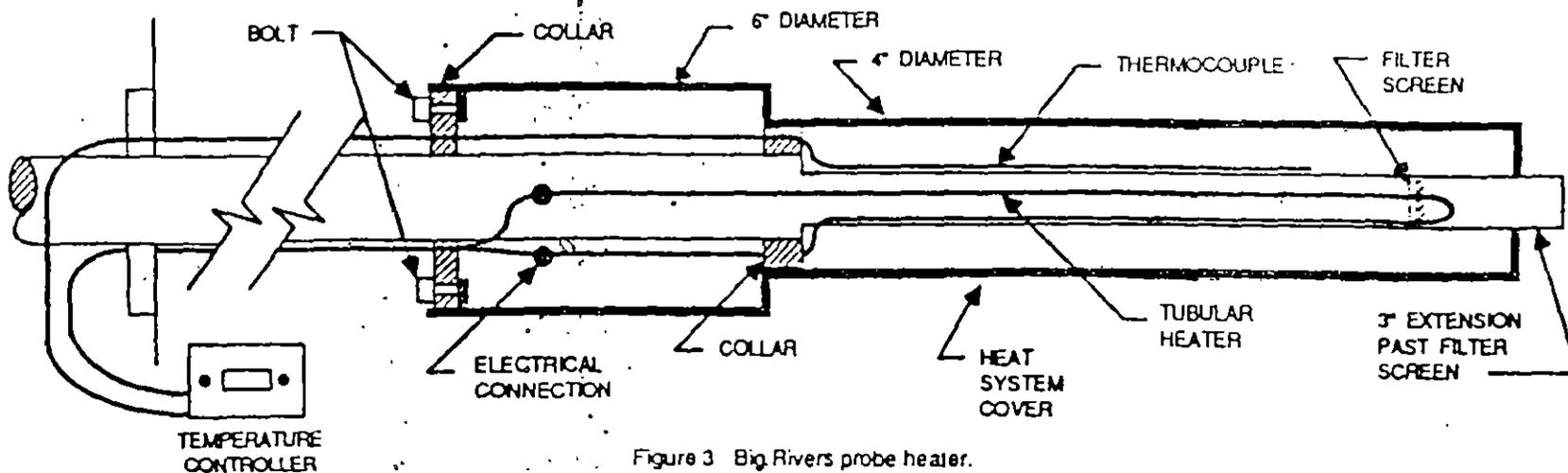
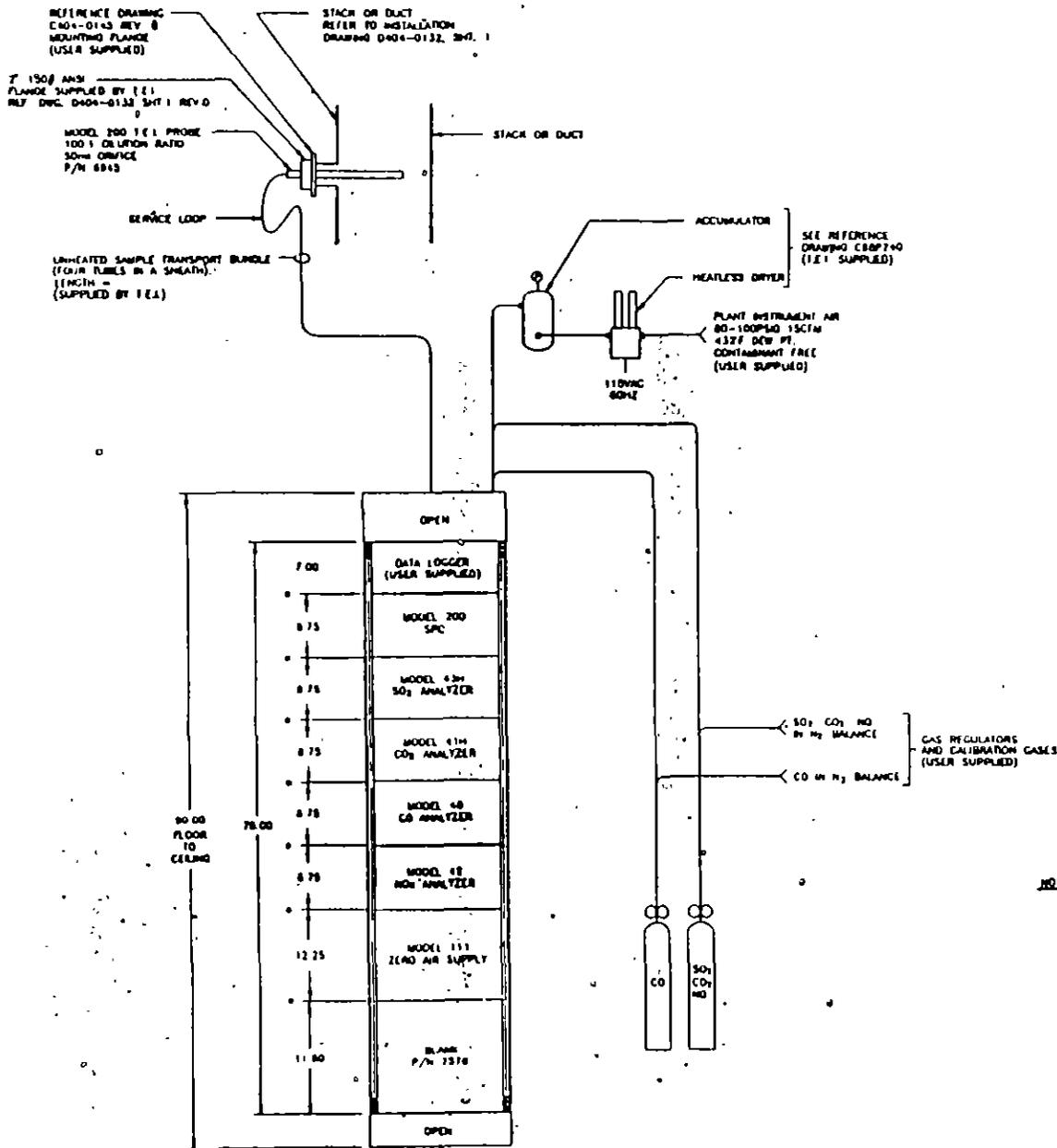


Figure 3 Big Rivers probe heater.



- NOTES**
- 1 ALL GAS FITTING TO BE STAINLESS STEEL
 - 2 ALL TUBING TO BE 1/2" TEFCON PM 5512 (UNLESS OTHERWISE SPECIFIED)
 - 3 THE PVC MANIFOLD MUST BE VENTED OUTSIDE OF SHELTER TO THE ATMOSPHERE
 - 4 USE 3/8" TEFCON TUBING P/N 5514 & 3/8" MALE CONNECTOR
 - 5 S S FITTING P/N 4462 FOR ZERO AIR ASSEMBLY
 - 6 THE SYSTEM WILL BE INSTALLED IN A HAZO SHELTER (USER SUPPLIED)

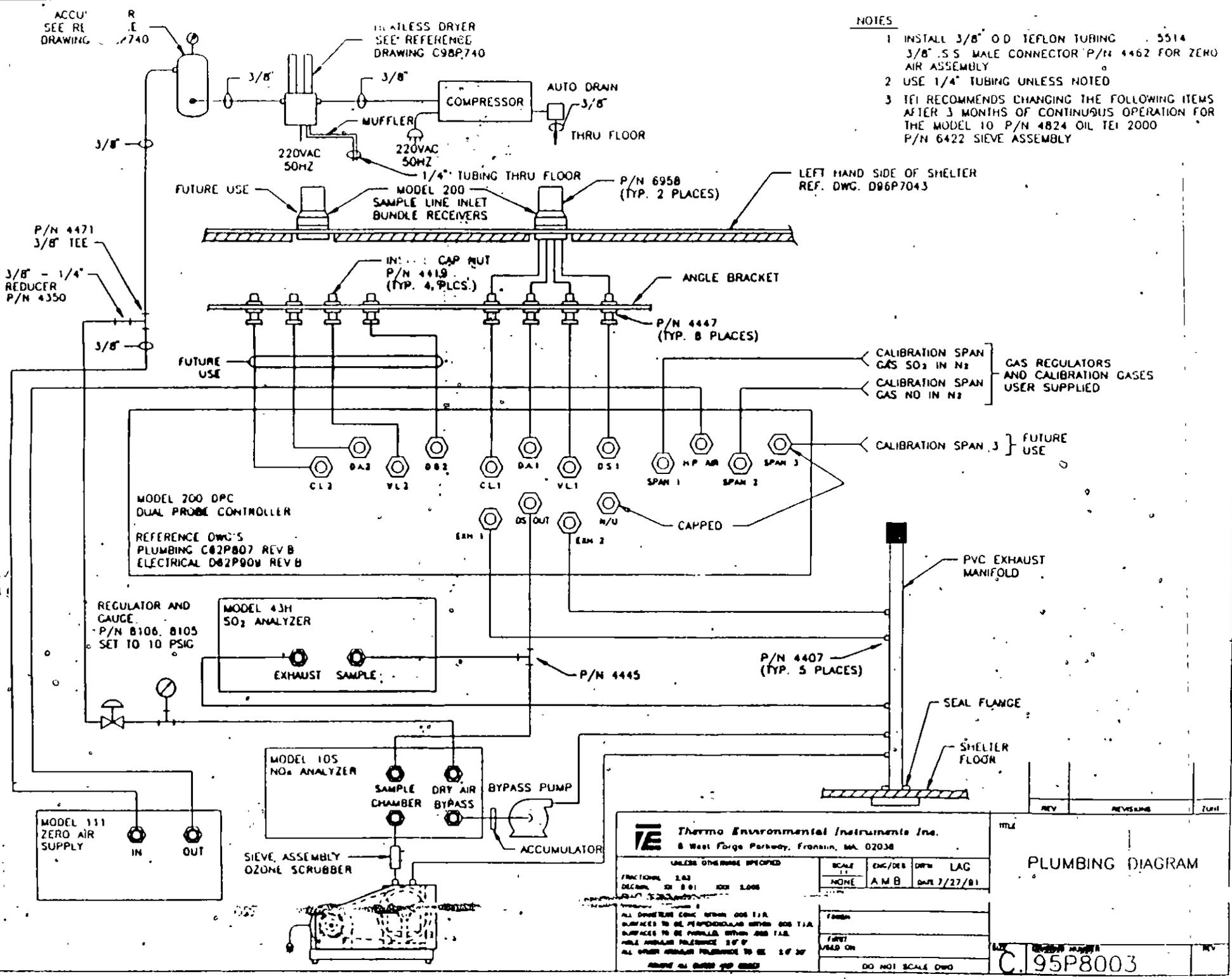
TE Thermo Environmental Instruments, Inc. 5 Dept Forge Parkway, Franklin, MA 01830		MODEL 200 CEM SYSTEM FOR SO₂, CO₂, CO & NO_x	
ORDER NUMBER: 95P7020 QUANTITY: 1 ORDER DATE: 08/12/91 ORDERED BY: [] ORDERED FOR: [] ORDERED AT: [] ORDERED TO: [] ORDERED FROM: [] ORDERED BY: [] ORDERED FOR: [] ORDERED AT: [] ORDERED TO: [] ORDERED FROM: []	DATE: 08/12/91 TIME: 10:00 AM BY: [] FOR: [] APPROVED BY: [] APPROVED DATE: []	95P7020	

ACCU
SEE RE
DRAWING
R
E
740

HEATLESS DRYER
SEE REFERENCE
DRAWING C98P740

NOTES

- 1 INSTALL 3/8" O.D. TEFLON TUBING .5514
3/8" .55 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



CALIBRATION SPAN
GAS SO₂ IN N₂ } GAS REGULATORS
AND CALIBRATION GASES
USER SUPPLIED
CALIBRATION SPAN
GAS NO IN N₂

CALIBRATION SPAN 3 } FUTURE
USE

TE Thermo Environmental Instruments Inc.
8 West Forge Parkway, Franklin, MA 02038

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED

FRACTIONAL 1/8"	SCALE 1/4"	ENG/DES A M B	DRW LAG
DECIMAL 3/16"	NONE	DATE 7/27/81	

ALL DIMENSIONS UNLESS OTHERWISE SPECIFIED ARE IN INCHES
SURFACES TO BE FINISHED UNLESS OTHERWISE SPECIFIED
HOLE FINISH UNLESS OTHERWISE SPECIFIED IS 12.5
ALL OTHER DIMENSIONS UNLESS OTHERWISE SPECIFIED

DO NOT SCALE DIMS

REV _____

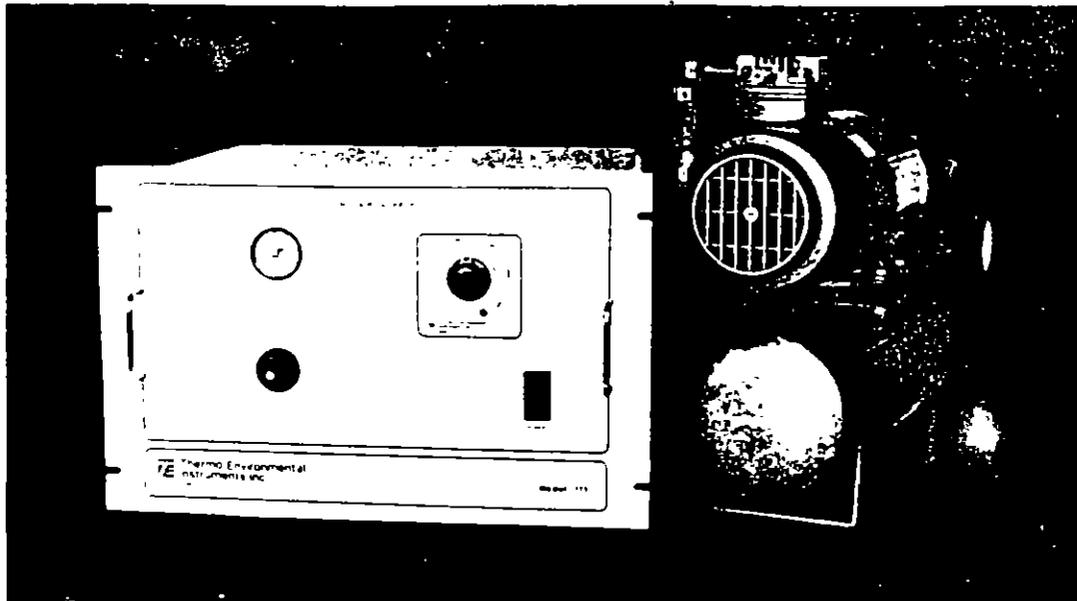
DATE _____

PLUMBING DIAGRAM

C. 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.

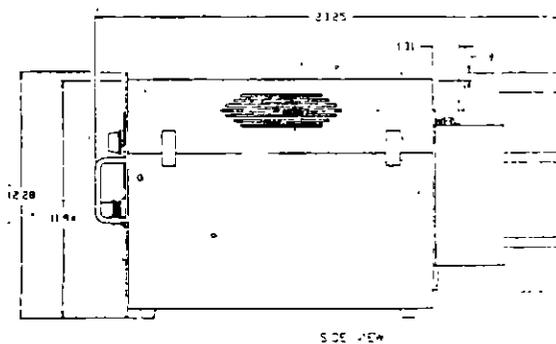
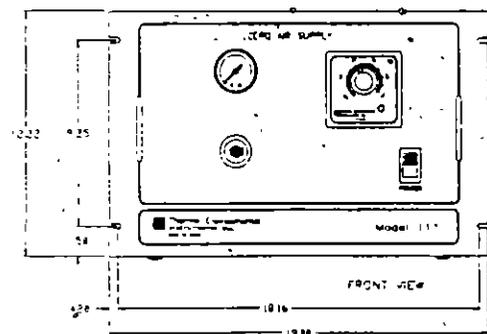
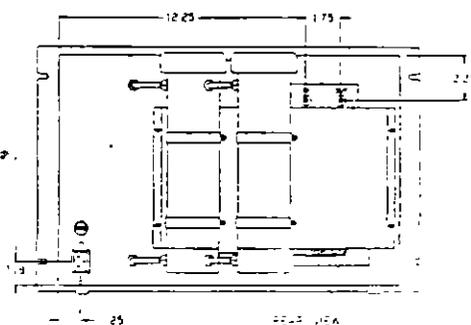
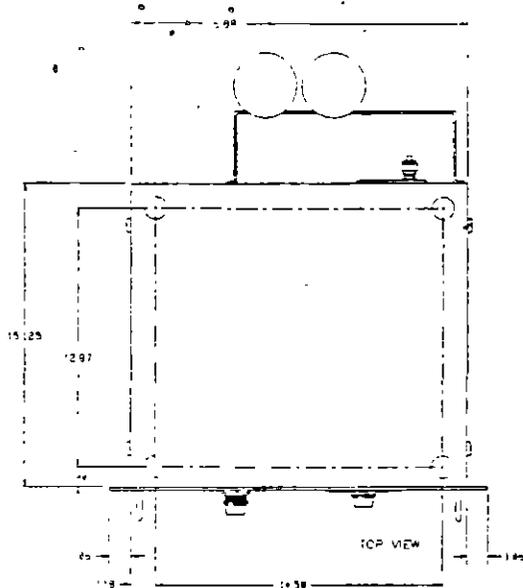
SPECIFICATIONS

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 Mount: Standard
Weight:	20 lbs.
Compressor Unit/Dimensions: (separate)	17"H x 12"W x 20"D
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

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

calcs). 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 if they were 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**

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.

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:

$$CH = \frac{\epsilon A}{\frac{d}{2} + \Delta d} \quad y \quad CL = \frac{\epsilon A}{\frac{d}{2} - \Delta d}$$

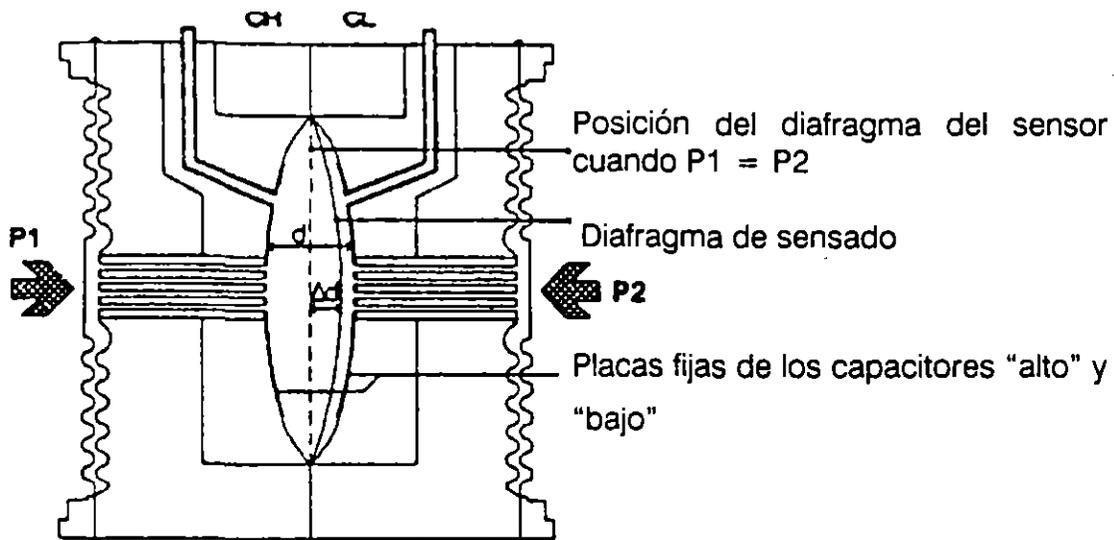


Fig. 12.- Esquema del funcionamiento del sensor.

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.

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.

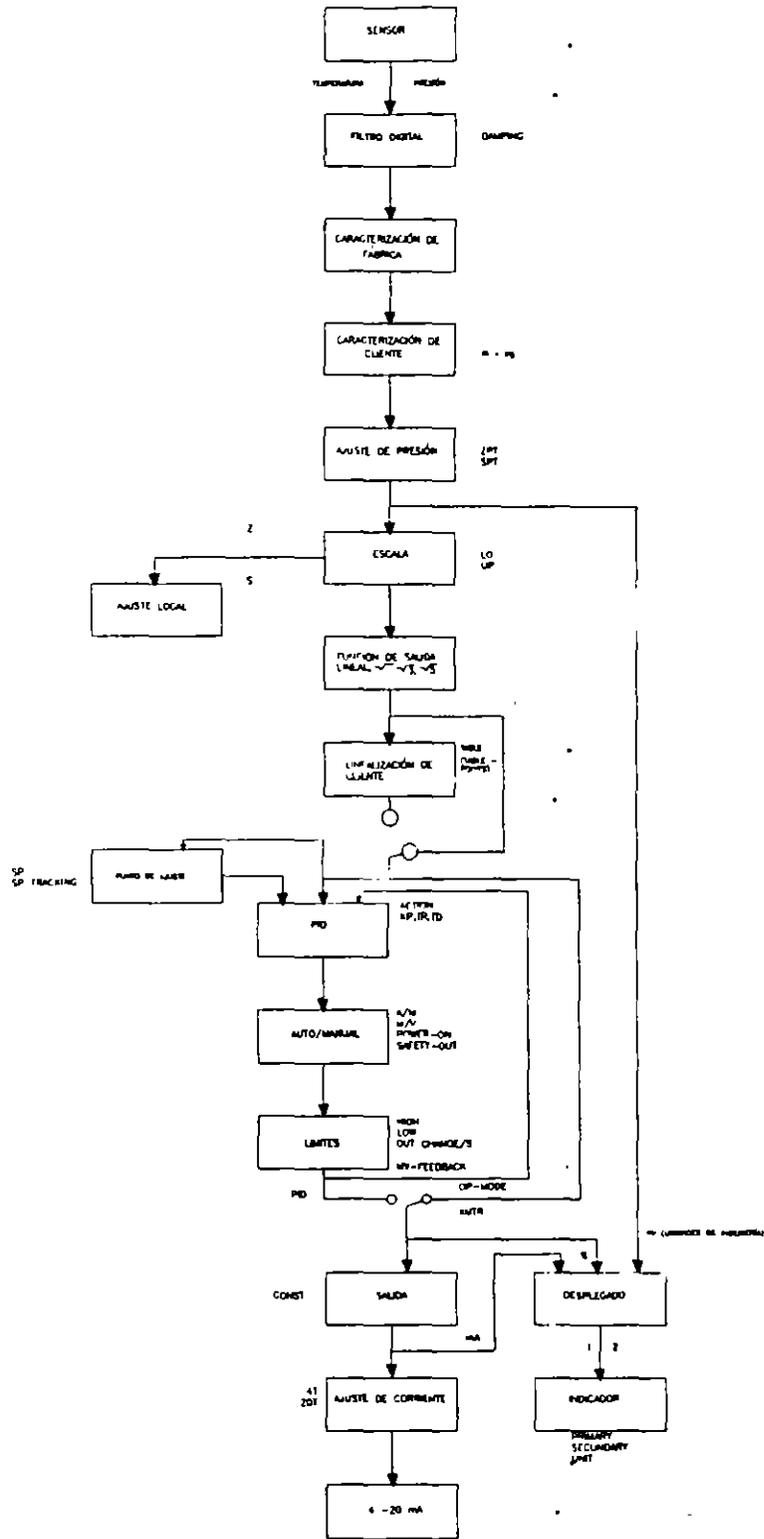


Fig. 14.- Diagrama de bloques del software para el transmisor LD301

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.

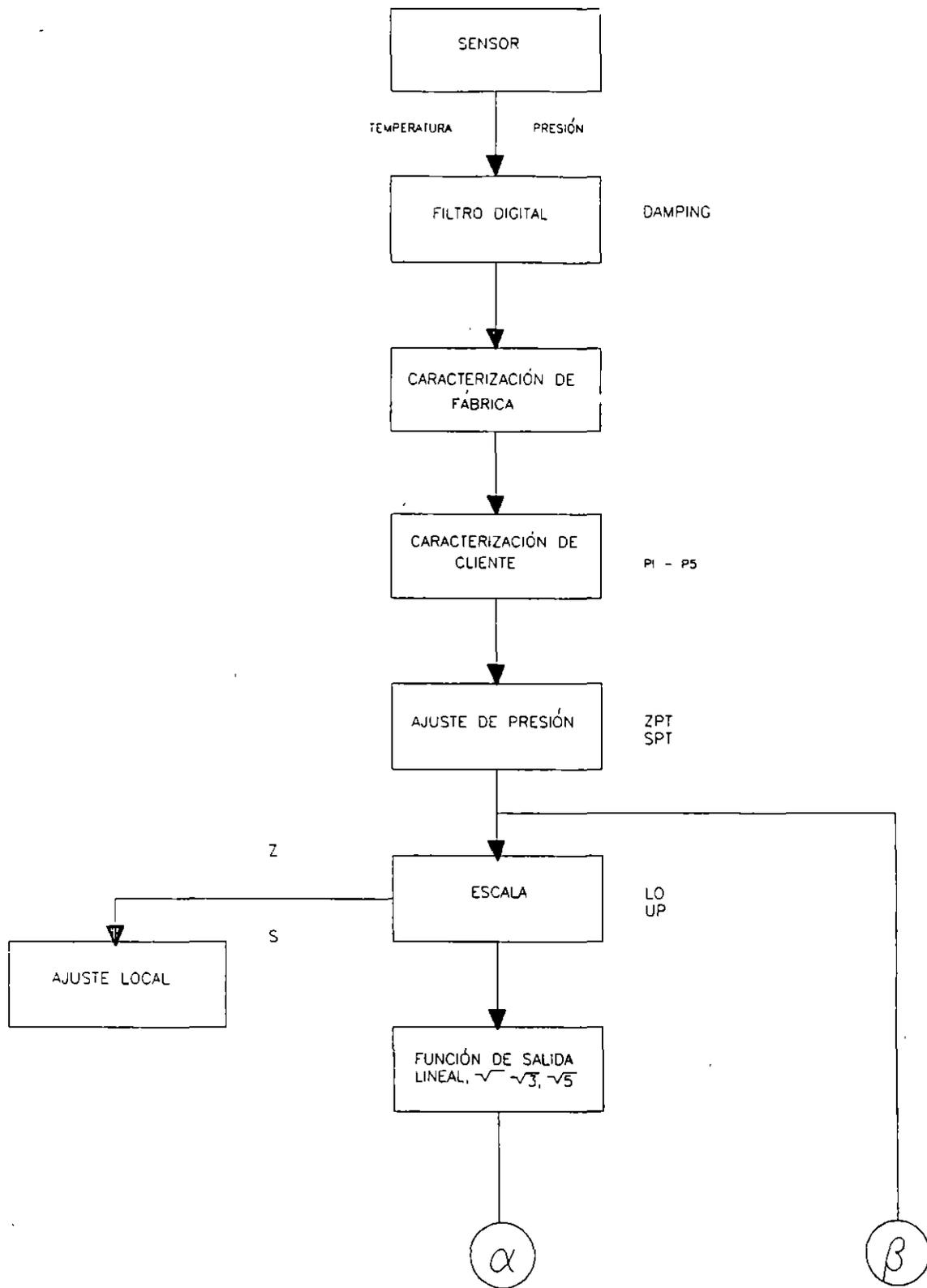


Fig. 14a .- Diagrama de bloques del árbol de software del transmisor LD301.

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

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.

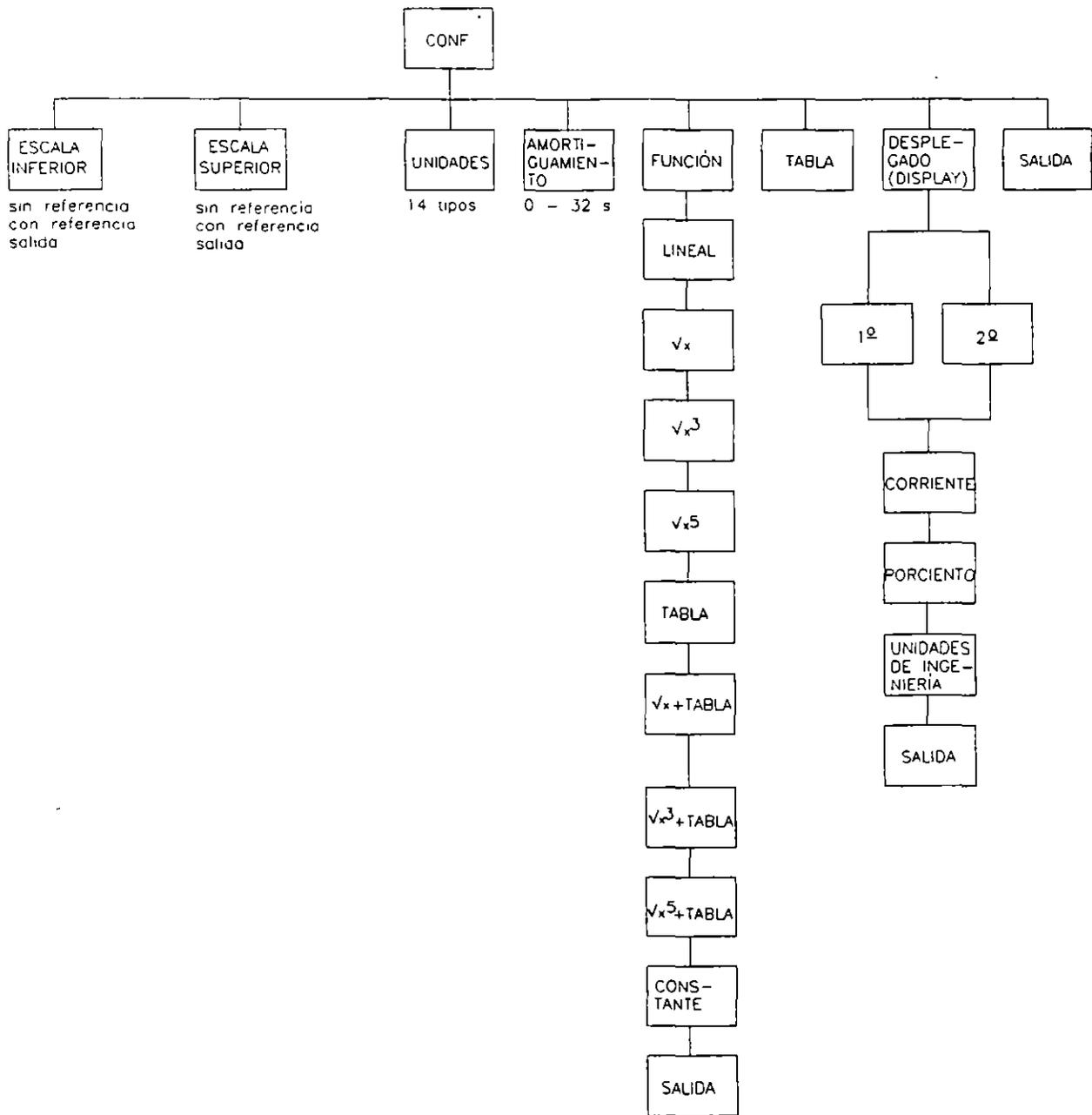


Fig. 17.- Árbol de configuración de LD301.

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.

de presión y temperatura de funcionamiento con la lectura de presión correspondiente; con esto el transmisor da la señal de 4-20 mA de acuerdo a la escala de presión.

Sin referencia: con la terminal de mano se escoge en el menú la función CONF, se oprime EXE y la pantalla muestra la escala con unos valores inferior y superior; se pone el cursor en el inferior (Lo), se oprime EXE y la pantalla indica "Lower Range adjust" (ajuste del valor inferior de la escala) y pregunta si se quiere cambiar, se le indica con el teclado que sí (Y) y la pantalla entonces muestra las opciones "Without reference" y "with reference" (sin referencia y con referencia) se escoge la opción de sin referencia, luego se oprime EXE y la pantalla muestra los límites mínimo y máximo de la escala, para luego preguntar por el valor inferior deseado para la misma. Se teclea el dato y se oprime EXE (si un valor elegido se pasa de cualquiera de los límites del transmisor para la escala la terminal indica un mensaje de alarma y el valor no es aceptado); después la pantalla vuelve a mostrar los valores de la escala con el valor inferior tecleado y un valor superior, ahora para meter el valor superior deseado, se pone el cursor en el valor superior mostrado (Up), se oprime EXE y la pantalla indica "Upper range adjust" (ajuste del valor superior de la escala) y pregunta si se quiere cambiar, se contesta que sí y a partir de ésto se repite el mismo procedimiento que se hizo con el valor inferior. Al terminar, la pantalla muestra la escala deseada. El transmisor genera la señal de 4 a 20 mA cuando la presión varía del valor inferior al valor superior de la misma.

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 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.

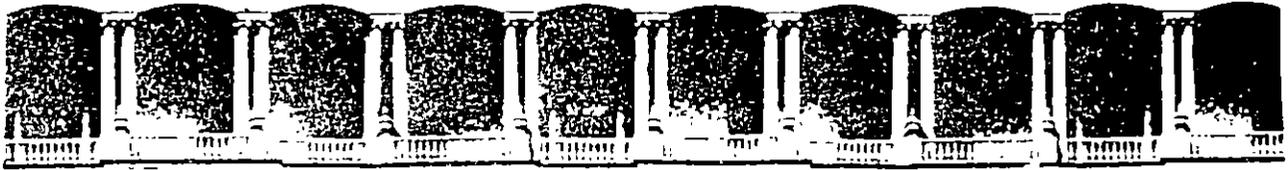
Para más exactitud de la lectura digital se recomienda calibrar el ajuste de presión superior con el mismo valor superior de la escala. Se le aplica la presión con dicho valor; con las teclas del cursor y EXE se escoge la función TRIM, la opción "pressure" y en ella la opción "upper pressure" (presión superior); el transmisor da una lectura para

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 ésto 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.



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

DIRECTORIO DE PROFESORES.

**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
CURSOS ABIERTOS
INSTRUMENTACION ELECTRONICA DE PROCESOS
INDUSTRIALES.**

ING. RICARDO GARIBAY JIMENEZ
JEFE DE DEPTO. DE ING. CONTROL
FACULTAD DE INGENIERIA DE LA U.N.A.M.
CIUDAD UNIVERSITARIA.
TEL. 622-31-07 622-31-16

ING. ANTONIO SALVA CALLEJA
PROF. DE CARRERA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
TEL. 539-08-79

ING. FRANCISCO RODRIGUEZ RAMIREZ

ING. LUIS ROBERTO VEGA GONZALEZ
GERENTE VENTAS DIV. ELECTRICA
LEED & NORTHRUP MEXICANA, S.A.
INSTRUMENTACION Y SISTEMAS ING.
Y SERVICIOS, S. A.
PASEO ANTIOQUIA No. 55 P.A.
COL. LOMAS ESTRELLA
TEL. 576-80-33

ING. RAFAEL RAMOS VILLEGAS
COLABORA EN
CORPORACION RADIAN, S.A. DE C. V.
ARQUIMEDES NO. 209 1er. PISO
11560 MEXICO, D. F.
TEL. 250-30-06
FAX. 254-38-64

ING. VIRGILIO RAMIREZ HERNANDEZ