

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE INGENIERÍA

**CONTROL Y MONITOREO DEL SISTEMA DE ANÁLISIS DE
ESFUERZOS M.T.S. (Material Test System) DE INGENIERÍA
MECÁNICA.**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA Y CONTROL**

**HAMILTON LEONARDO NÚÑEZ VERDEZOTO
EDISON ARMANDO PADILLA GUASGUA**

DIRECTOR: Dr. LUIS CORRALES

Quito, Enero 2003

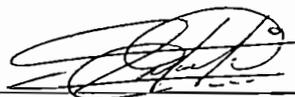
DECLARACIÓN

Nosotros, Hamilton Leonardo Núñez Verdezoto y Edison Armando Padilla Guasgua declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he (hemos) consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.



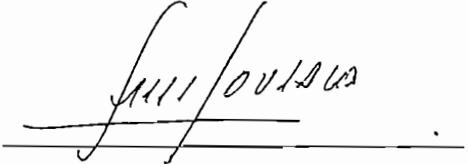
Hamilton Leonardo Núñez V.



Edison Armando Padilla G.

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Hamilton Leonardo Núñez Verdezoto y Edison Armando Padila Guasgua, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Luis Corrales", is written over a horizontal line.

Dr. Luis Corrales

DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

Agradezco principalmente a Jehová Dios por el don de la vida, a mis padres por su cuidado amoroso, a mi madre Teresa por su apoyo incondicional, todos ellos que han hecho posible alcanzar esta meta, al Dr. Luis Corrales por sus consejos y dirección.

HAMILTON

Agradezco sobre todas las cosas a Dios, a mi madre Rosita en la lejanía, a mi padre Rosendo, a mis hermanos, Diego, Patricio, Beatriz, Paúl e Imelda, a mi tío Luis, a mis amigos y a todos quienes que con su apoyo y ayuda incansable, han hecho posible realizar este sueño, al Dr. Luis Corrales por brindarme la oportunidad y compartir sus conocimientos.

EDISON

DEDICATORIA

Dedico a mi madre Teresa quien ha sido la persona que siempre me ha apoyado y a mi padre Roberto en su recuerdo

HAMILTON

A mi madre Rosita, a mi padre Rosendo, quienes con su amor, afecto y comprensión han sabido guiarme en el camino de la verdad y responsabilidad.

A mi esposa Nancy, quien siempre tiene una palabra de aliento, a mis hijas Abigail y Cristina, que día a día son fuente de felicidad y alegría en mi vida.

EDISON

CONTENIDO

RESUMEN.....	i
PRESENTACIÓN.....	ii
CAPÍTULO 1	
1 GENERALIDADES	
OBJETIVOS.....	2
1.1 MECÁNICA DE SÓLIDOS.....	2
1.1.1 ESFUERZO NORMAL Y DEFORMACIÓN.....	3
1.1.2 DIAGRAMAS ESFUERZO – DEFORMACIÓN.....	5
1.1.3 ELASTICIDAD Y PLASTICIDAD.....	11
1.1.4 FATIGA.....	12
1.1.4.1 Definición de fatiga.....	12
1.1.4.2 Ensayos de fatiga.....	14
1.2 DESCRIPCIÓN Y OPERACIÓN DE LA MÁQUINA DE ENSAYOS M.T.S..	16
1.2.1 MARCO DE CARGA.....	16
1.2.1.1 Descripción funcional.....	16
1.2.1.2 Operación.....	18
1.2.1.3 Consideraciones para el montaje del espécimen.....	18
1.2.1.4 Posición del cabezal.....	18
1.2.2 FUENTE DE PODER HIDRÁULICA.....	19
1.2.2.1 Descripción funcional.....	20
1.2.2.2 Operación.....	21
1.2.3 ACTUADOR ROTACIONAL.....	22
1.2.4 ACTUADOR LINEAL.....	23
1.2.5 SERVOVÁLVULA.....	24
1.2.5.1 Descripción funcional.....	24
1.2.5.2 Especificaciones.....	26
1.3 PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN TIPO SCADA.....	26
1.3.1 REQUERIMIENTOS DEL PLC.....	27

CAPÍTULO 2

2 IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE DEL SISTEMA

2.1	SELECCIÓN DEL PLC.....	30
2.1.1	I/O MÓDULO BASE.....	31
2.1.2	PROCESADOR.....	34
2.1.2.1	Conector Modbus RJ45 – DB9.....	35
2.1.3	ADAPTADOR DE COMUNICACIÓN.....	36
2.2	PROGRAMACIÓN DEL PLC.....	37

CAPÍTULO 3

3 DESARROLLO DEL HMI DEL SCADA

3.1	SELECCIÓN DEL PAQUETE DE DESARROLLO.....	46
3.1.1	DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS DE SOFTWARE.....	47
3.1.2	REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA PARA INTOUCH.....	49
3.2	DESARROLLO DEL HMI.....	50
3.2.1	REQUISITOS DE UNA INTERCE HMI.....	51
3.2.2	DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA DESARROLLADO CON EL SOFTWARE FACTORYSUITE 7.1.....	52
3.2.2.1	Ingreso a la aplicación.....	52
3.2.2.2	Descripción del MENÚ PRINCIPAL.....	56
3.2.2.3	Pantalla “PRINCIPAL”.....	58
3.2.2.4	Pantalla “INGRESAR VALORES”.....	65
3.2.2.5	Pantalla “REPORTES”.....	67
3.2.2.6	Pantalla “ALARMAS”.....	69
3.2.2.7	Pantalla “MEDIDORES”.....	70
3.2.2.8	Creación del acceso directo.....	72
3.2.3	PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN.....	73
3.2.3.1	Protocolo Modbus I/O Server.....	73
3.2.3.2	Protocolo DDE.....	73
3.2.3.3	Configuración del protocolo Modbus I/O Server.....	74
3.2.4	CONEXIONES EXTERNAS.....	76

CAPÍTULO 4

4 PRUEBAS Y RESULTADOS

4.1	PRUEBAS DEL HARDWARE.....	82
4.2	PRUEBAS DEL HMI.....	84
4.2.1	PRUEBAS IMPLEMENTADAS PARA EVALUAR LAS FALLAS EN EL SISTEMA.....	85
4.3	PRUEBAS DEL SISTEMA.....	89
4.3.1	PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN.....	89
4.3.1.1	Requisitos previos al encendido del Sistema MTS.....	90
4.3.1.2	Instalación del elemento de ensayo.....	90
4.3.1.3	Ingreso de valores iniciales para la realización del ensayo.....	91
4.3.2	ENSAYO DE TRACCIÓN.....	92

CAPÍTULO 5

5 CONCLUSIONES

5.1	CONCLUSIONES.....	107
5.2	RECOMENDACIONES.....	109

BIBLIOGRAFÍA	111
--------------------	-----

ANEXO 1

CLAVES DE ACCESO.....	113
-----------------------	-----

ANEXO 2

ESPECIFICACIONES DEL PLC.....	114
-------------------------------	-----

ANEXO 3

PROGRAMA IMPLEMENTADO EN EL PLC EN EL SOFTWARE CONCEPT 2.5.....	125
---	-----

RESUMEN

En este proyecto se ha diseñado e implementado un sistema que permite controlar una Máquina Universal de Ensayos (MTS), en reemplazo de un sistema de control difícil de operar.

Para reemplazar el control del conjunto MTS se empleó un PLC y un computador personal para realizar supervisión, control y adquisición de datos. El resultado fue un sistema de control tipo SCADA (Supervisory, Control And Data Acquisition), considerando como plataforma de desarrollo la interfaz gráfica FactorySuite 7.1 y como controlador al PLC marca Momentum TXD de la familia Schneider. El software utilizado para la programación del PLC fue el Concept M V2.5.

El manejo del motor trifásico que acciona la bomba del sistema HPS se lo hace por medio de un control tipo ON/OFF provisto por el PLC. La operación del pistón lo realizan dos servovalvulas las mismas que son manipuladas por medio de señales analógicas enviadas desde el controlador. Para analizar un elemento de ensayo se requiere tomar datos de las características del material y para esto el sistema diseñado toma datos desde los transductores¹ que miden Carga, Torque y deformación, y por medio del PLC se las envía al computador para que el SCADA (Intouch) los almacene en una base de datos que al final es aprovechado por el personal que elabora el análisis.

Pruebas realizadas con una probeta demostraron que el sistema SCADA implementado en el conjunto MTS resultó adecuado para su manejo y control facilitando su operación y aprendizaje, objetivo principal de este proyecto.

¹ Para mayor información acerca de cada uno de los sensores, remitirse al "Reference Manual M.T.S. System", disponible en el Laboratorio de Análisis de Esfuerzos de Ingeniería Mecánica.

PRESENTACIÓN

La investigación sobre la naturaleza de materiales debe primar en cualquier proyecto de diseño y construcción, y para esto se debe tener las herramientas necesarias para hacerlo.

Dentro de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Nacional, funciona el Laboratorio de Análisis de Esfuerzos, donde existen equipos que contribuyen a la investigación de las propiedades intrínsecas de los materiales. Uno de ellos es el Equipo MTS (Material Test System) para ensayos estáticos y dinámicos de tracción, compresión, flexión y fatiga, campos indispensables en las labores de investigación actuales.

En un trabajo conjunto entre Ingeniería Mecánica e Ingeniería en Electrónica y Control se logró rescatar un sistema difícil de manipular para convertirlo en un sistema de fácil manejo, mejorando el control y operación del mismo.

Este trabajo tienen como objetivo ayudar al personal del Laboratorio de Análisis de Esfuerzos de Ingeniería Mecánica en la operación del Sistema Universal de Ensayos MTS para obtener resultados que permitan analizar las propiedades y características del elemento de ensayo cuyo material es puesto a prueba.

Para describir el trabajo realizado de manera adecuada, se ha dividido el mismo de la siguiente forma:

CAPÍTULO 1: Generalidades. En esta primera etapa se realiza una introducción hacia el marco conceptual de la mecánica de sólidos, la cual es indispensable para familiarizarse con las características de operación de los materiales. Una segunda parte describe el funcionamiento del sistema universal de ensayos MTS (Material Test System) junto con la fuente de poder hidráulica (HPS). En una etapa final se presenta la propuesta de automatización requerida para mejorar la operación del sistema en conjunto.

CAPÍTULO 2: Implementación del Hardware del sistema. Consta de dos partes: En la primera se muestra las características y especificaciones del Controlador Lógico Programable (PLC), que suple con todos los requerimientos impuestos para automatizar el sistema MTS. En la segunda parte se explica el algoritmo implementado dentro del PLC, junto con la descripción del software² utilizado para la programación del mismo (Concept M V2.5).

CAPÍTULO 3: Desarrollo del HMI del SCADA. En primer plano se expone diferentes alternativas del software de supervisión y control; así como, la descripción y requerimientos del paquete de desarrollo elegido para efectuar la interfaz Hombre – Máquina (HMI), y en segundo plano se explica como opera el programa diseñado en el software FactorySuite 7.1³, para facilitar el manejo del sistema MTS por medio de crear un ambiente amigable y fácil de maniobrar para personal calificado. Además, se muestra el conexionado externo entre el HPS y PLC.

CAPÍTULO 4: Pruebas y Resultados. Aquí se expone los resultados de diferentes pruebas aplicadas al conjunto universal MTS, las cuales son: Pruebas de Hardware que se refiere a la parte mecánica del sistema. Pruebas del HMI, aquellas que evalúan el enlace entre el PLC y el computador y por último están las Pruebas del Sistema, dentro de las cuales se efectúa un ensayo normalizado de tracción para analizar las características del material y presentar el error de precisión del sistema.

CAPÍTULO 5: Conclusiones y Recomendaciones. Dentro de las Conclusiones se indican todas aquellas que surgieron conforme se fue desarrollando el sistema SCADA, y en Recomendaciones se presentan sugerencias y advertencias para la correcta manipulación del sistema MTS.

² El presente trabajo no tiene como objetivo enseñar a programar en el software Concept , sino su meta es indicar el sistema implementado en forma global.

³ El presente trabajo no tiene como objetivo enseñar a programar en el software FactorySuite, sino su meta es indicar el programa desarrollado en forma general.

ANEXOS: El Anexo 1 muestra las diferentes claves de acceso necesarias para el ingreso a la aplicación la misma que controla y supervisa todo el sistema MTS. El Anexo 2 indica las características y especificaciones del Controlador Lógico Programable (PLC) seleccionado. El Anexo 3 presenta el programa implementado para el PLC en el Software Concept M V2.5.

CAPITULO 1

CAPITULO 1

GENERALIDADES

OBJETIVOS

Diseño e implementación de un sistema electrónico - automático de control y monitoreo para el Sistema de Análisis de Esfuerzos (MTS).

Sustituir el sistema electro - hidráulico de supervisión y control existente, por un sistema electrónico tipo SCADA.

Emplear un Controlador Lógico Programable (PLC) como parte del diseño para mejorar los niveles de confiabilidad del sistema.

Facilitar al operario el uso del equipo, desarrollando una Interfaz Hombre Máquina (HMI) amigable para el sistema.

El sistema deberá poder almacenar resultados para proveer históricos de las pruebas realizadas.

1.1 MECÁNICA DE SÓLIDOS.

Las áreas de aplicación de la mecánica de sólidos son ilimitadas. Los automóviles, barcos, naves aéreas y espaciales, edificios y otras estructuras, así como máquinas de todos los tamaños y formas, requieren analizarse para ver si son "suficientemente resistentes" y "suficientemente rígidas". Cualquier sistema mecánico que debe funcionar en presencia de fuerzas, cambios de temperatura, etc., se diseñan para satisfacer el requisito de resistencia y flexibilidad de acuerdo con los principios de la mecánica de sólidos.

Sin importar la aplicación, quién investiga las propiedades de un material busca que éste tenga la resistencia y rigidez necesaria para soportar las cargas aplicadas sin fallar (sin romperse). Debe tener la resistencia suficiente para que la estructura sea capaz de proporcionar las fuerzas internas necesarias sin fracturarse; debe también tener la rigidez suficiente para que las deformaciones no sean excesivas y que la estructura no pierda su estabilidad.

En la determinación y evaluación de las propiedades ya referidas, intervienen varios conceptos de Mecánica de Materiales que se discuten a continuación como punto de partida y referencia de este proyecto.

1.1.1 ESFUERZO NORMAL Y DEFORMACIÓN.

Para definir los conceptos básicos de esfuerzo y deformación se considera una barra con sección constante en toda su longitud, (Figura 1.1.1), cargada axialmente con un par de fuerzas P en sus extremos. Las fuerzas producen un alargamiento uniforme en la barra y a esta condición estática se conoce como *tensión*.

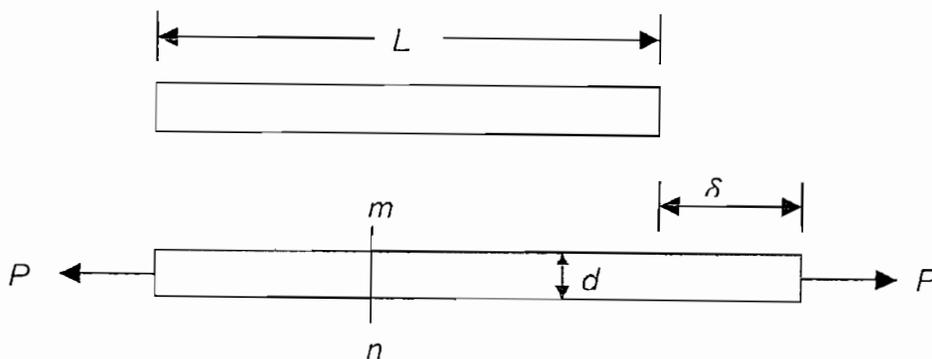


Figura 1.1.1 Barra sujeta a tensión

Se realiza un corte imaginario perpendicular al eje longitudinal de la barra (sección mn) para analizar sus esfuerzos internos; esta sección constituye la *sección transversal*. Al separar la porción de la barra a la derecha del corte, se tiene el siguiente diagrama de cuerpo libre (DCL), (Figura 1.1.2).

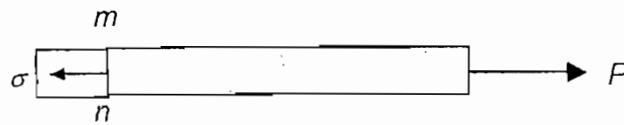


Figura 1.1.2 Esfuerzo en barra sujeta a tensión.

La carga de tensión **P** actúa sobre el extremo derecho del cuerpo libre; en el otro extremo ocurren fuerzas que representan la acción de la parte izquierda de la barra sobre la parte aislada restante. Tales fuerzas se distribuyen de modo constante sobre la sección transversal. La intensidad de esta fuerza (la fuerza por unidad de área) se denomina esfuerzo y se denota comúnmente con la letra σ (sigma), (Ecuación 1.1). Si este esfuerzo tiene una distribución uniforme en la superficie, y si se toma en cuenta el área donde **P** está aplicada se obtiene:

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad \text{Ecuación 1.1}$$

Esta es la ecuación para el esfuerzo uniforme en una barra prismática de cualquier sección transversal, con carga axial. Debido a la dirección de la fuerza aplicada los esfuerzos resultantes se denominan *esfuerzos de tracción*. Por el contrario, si se invierte la dirección de la fuerza **P**, al comprimirse la barra se generarán *esfuerzos de compresión*. Dado que el esfuerzo σ actúa en dirección perpendicular a la fuerza aplicada se le denomina *esfuerzo normal*.

De aquí en adelante se adopta la convención de signos, que definen al esfuerzo de tracción como *positivo*, y al de compresión como *negativo*.

Las unidades de esfuerzo se expresan en el sistema SI en **Pa** o en **MPa**. También es común utilizar los **ksi** (1 ksi = 1000 psi).

Para que la ecuación $\sigma = P/A$ sea válida, el esfuerzo σ tiene que estar uniformemente distribuido sobre la sección transversal de la barra. Esto se

cumple sólo si la fuerza **P** está aplicada en el centroide del área de la sección transversal. Si esto no ocurre, se produce un esfuerzo por flexión.

Cuando se somete un elemento a carga axial, la distribución uniforme se mantiene a lo largo del mismo excepto en sus extremos, donde los medios de sujeción aplican esfuerzos más complejos y puntuales. Por esta razón, se considera que una distribución uniforme se obtiene a partir de una distancia **d** desde los extremos del espécimen, donde **d** es la dimensión transversal mayor de la barra. Cuando el esfuerzo no es uniforme se usa $\sigma = P/A$ para definir el *esfuerzo normal medio*.

Una barra axialmente cargada sufre una variación en longitud: alargándose si se encuentra a tensión y acortándose si está a compresión. La variación total en longitud se denota con la letra griega δ (delta) y se muestra en la Figura 1.1.1, para una barra sujeta a tracción. Al dividir este valor sobre la longitud total de la barra, (Ecuación 1.2), se tiene un número adimensional denominado *deformación unitaria* cuya nomenclatura se define con el símbolo ϵ (épsilon).

$$\epsilon = \frac{\delta}{L} \qquad \text{Ecuación 1.2}$$

De esta manera, el manejo de conceptos como *esfuerzo normal* y *deformación unitaria*, simplifican la comparación de resultados obtenidos en diferentes formas y tamaños de probetas, materiales y equipos de experimentación.

1.1.2 DIAGRAMAS ESFUERZO – DEFORMACIÓN.

Las propiedades mecánicas de los materiales generalmente usados en ingeniería se determinan mediante pruebas efectuadas sobre muestra pequeñas del material. Las pruebas se realizan en un Laboratorio de ensayo de materiales dotado con un equipo capaz de cargar los especímenes de diversas maneras: cargas estáticas y dinámicas, a tensión y compresión, torsión, flexión o

combinaciones. Tal equipo constituye el *Conjunto Axial-Torsional MTS* con el que cuenta el Laboratorio de Análisis de Esfuerzos de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Nacional.

El ensayo más común, (Figura 1.1.3), es la *prueba de tensión*, mediante la cual se aplican cargas de tensión a una muestra cilíndrica normalizada. Las mordazas del equipo de prueba sujetan los extremos de la probeta. Los extremos tienen mayor diámetro que su cuerpo, con el objetivo de que el espécimen se fracture en su parte central donde el diámetro es menor. Durante los ensayos, se conecta un medidor de deformación o *extensómetro*, que mide el alargamiento de la probeta.

Mientras se realiza el ensayo, se mide y registra la carga P y el desplazamiento δ . Si se aplica la carga lentamente, se considera un ensayo *estático*; por el contrario, se tratará de un ensayo *dinámico*, si la carga se aplica rápidamente.

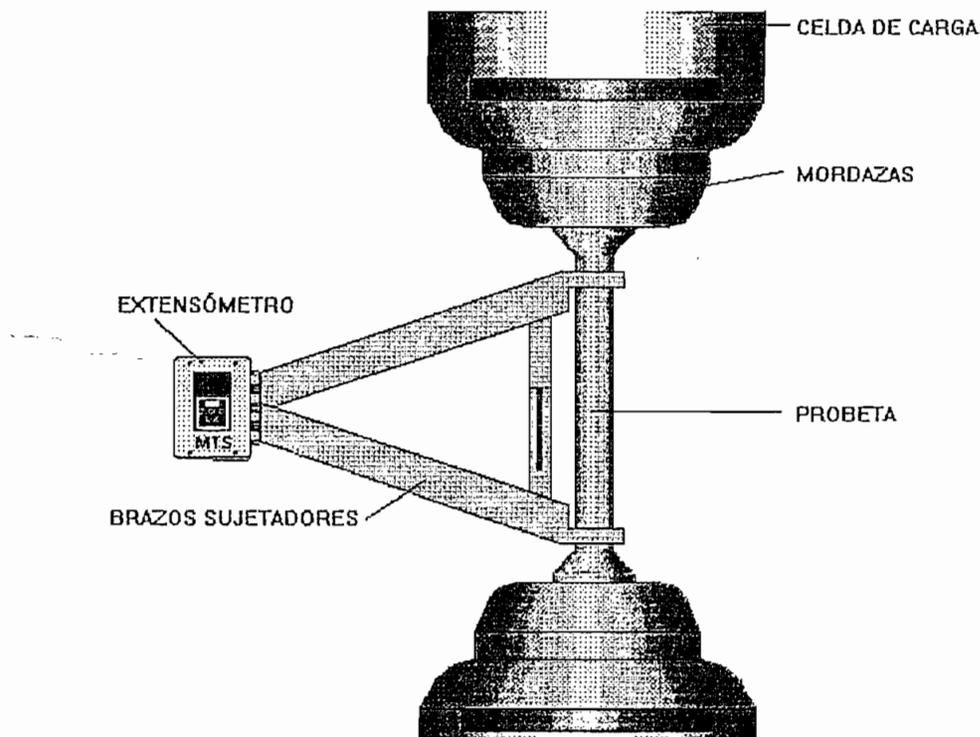


Figura 1.1.3 Ensayo Estático de Tensión.

La *deformación unitaria axial media* se determina a partir del alargamiento medido δ entre las marcas de calibración, al dividir δ entre la longitud calibrada L .

Se realizan también *ensayos de compresión* durante los cuales una probeta cilíndrica o cúbica se comprime bajo una carga aplicada por un cilindro hidráulico a través de dos pequeñas plataformas. Se debe medir la carga aplicada así como el acortamiento del espécimen.

De la información obtenida en un ensayo de tracción o compresión (carga vs. deformación) se puede trazar un gráfico denominado *diagrama esfuerzo-deformación unitaria* el cual es característico de cada material y proporciona información importante acerca de sus propiedades mecánicas y de su comportamiento típico bajo carga.

Para entender mejor las características de un diagrama $\sigma - \epsilon$, se analiza un caso general como es el comportamiento del acero estructural o acero de bajo carbono.

Este diagrama, Figura 1.1.4, (fuera de escala) se encuentra a continuación:

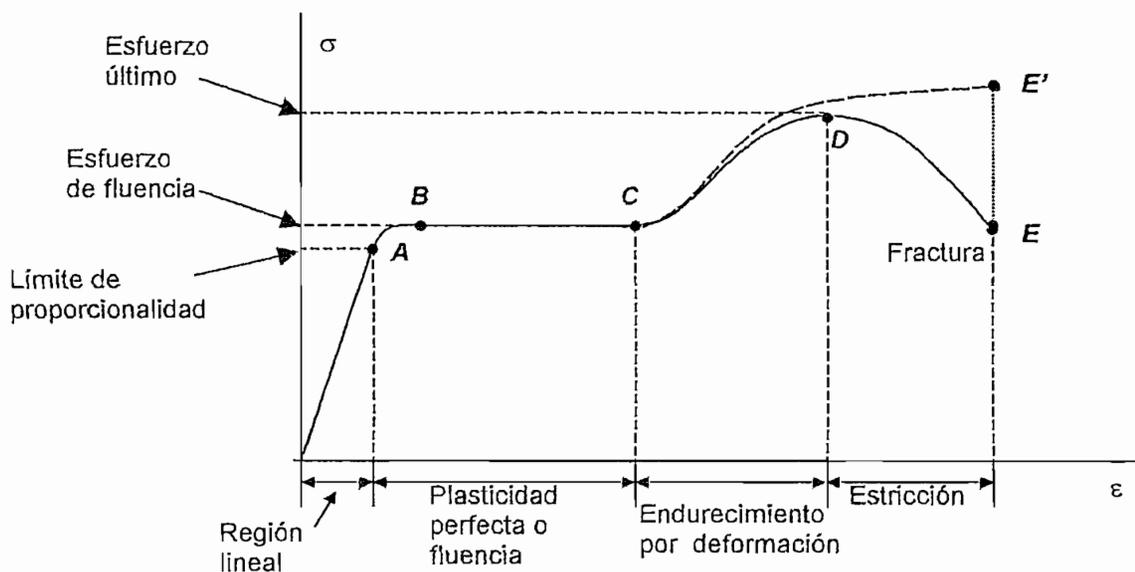


Figura 1.1.4 Diagrama Esfuerzo - Deformación típico para acero estructural a tensión.

En el eje vertical se representa el esfuerzo y en el eje horizontal, la deformación unitaria. El diagrama comienza con una línea recta desde O hasta A. En esta región, el esfuerzo y la deformación son directamente proporcionales, y se dice que el comportamiento del material es *lineal o elástico*. Después del punto A ya no existe una relación lineal entre el esfuerzo y la deformación; de aquí que al punto A se lo denomine *límite de proporcionalidad*.

Cuando se sigue incrementando la carga más allá del punto A, la deformación empieza a aumentar más rápidamente por cada incremento en el esfuerzo. La pendiente de la curva cada vez disminuye hasta que en el punto B es totalmente nula. A partir de este punto se presenta un alargamiento considerable, con un incremento prácticamente inapreciable en la fuerza de tensión. Este fenómeno se conoce como *fluencia* del material y se representa como la línea BC. El valor del esfuerzo en el punto B se denomina *esfuerzo de fluencia o punto de fluencia*.

Durante esta etapa, el material se vuelve totalmente plástico, lo que le permite deformarse sin incrementar la carga aplicada.

Luego de sufrir grandes deformaciones desde B hasta C, el material presenta un cambio estructural a escala atómica, el cual se presenta como un *endurecimiento por deformación*, momento en el cual su resistencia muestra un incremento, lo que obliga a aumentar la carga **P** y por ende aumenta el esfuerzo; esta etapa está representada por el tramo CD. Cuando se ha alcanzado el punto D, se dice que se ha alcanzado el *esfuerzo último*. Aquí, la probeta sufre una contracción lateral denominada *estricción* lo que produce una reducción en el área de la sección transversal. Si no disminuiría su área, la curva real sería el tramo CE'.

Debe quedar claro que en el diagrama, la reducción del esfuerzo es debido a la reducción del área y **no** a una pérdida de la resistencia del material.

Los materiales que soportan grandes deformaciones plásticas antes de fallar, se clasifican como *dúctiles*. El acero estructural contiene 0,2% de carbono en su aleación y se clasifica como acero de bajo carbono. Conforme se incrementa el

contenido de dicho elemento, el acero se vuelve menos dúctil, pero aumenta su esfuerzo de fluencia y su esfuerzo último. Las propiedades físicas del acero también se ven afectadas por tratamientos térmicos, por la presencia de otros elementos de aleación o por procesos de fabricación como el rolado o laminado.

Muchas aleaciones de aluminio poseen considerable ductilidad, aunque carecen de un punto de fluencia claramente definido. En su lugar, muestran una transición gradual entre la región lineal, como se indica la Figura 1.1.5. Las aleaciones de aluminio adecuadas para propósitos estructurales están disponibles con límites de proporcionalidad en el intervalo 69 a 414 MPa y esfuerzos últimos en el intervalo de 138 a 552 MPa.

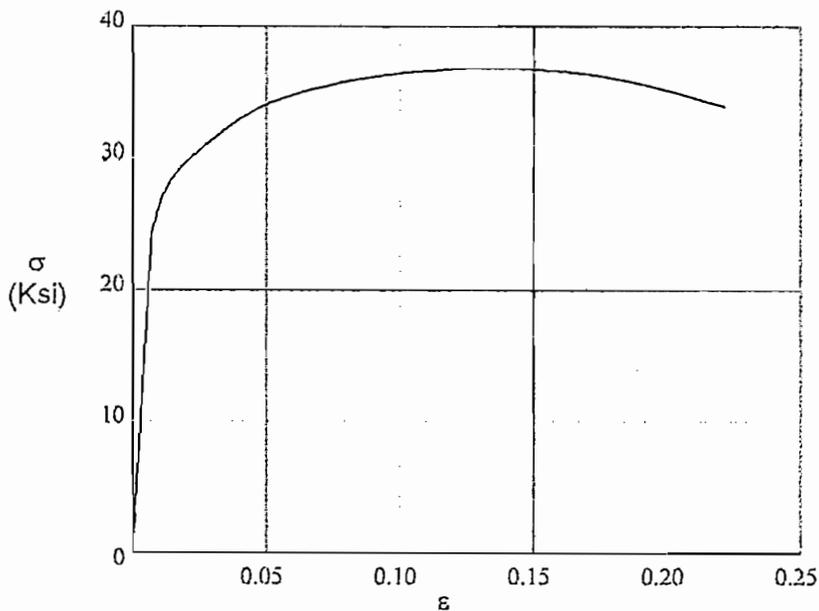


Figura 1.1.5 Diagrama Esfuerzo-Deformación para una aleación de aluminio.

La ductilidad de un material a tensión puede caracterizarse por su alargamiento total y por la disminución de área en la sección transversal donde ocurre la fractura. La *elongación (porcentual)*, Ecuación 1.3, se define como sigue:

$$\text{Elongación} = \frac{L_f - L_o}{L_o} (100)$$

Ecuación 1.3

Donde L_0 es la longitud calibrada original y L_f es la distancia entre las marcas de calibración al ocurrir la fractura. Debido a que el alargamiento no es uniforme a lo largo del espécimen sino que se concentra en la región donde se presenta la estricción, la elongación también debe indicar la longitud de calibración.

La *reducción (porcentual) de área*, Ecuación 1.4, mide el valor de la estricción que se presenta y se define como sigue:

$$\text{Reducción de área} = \frac{A_o - A_f}{A_o} (100) \quad \text{Ecuación 1.4}$$

Donde A_o es el área original de la sección transversal y A_f es el área final en la sección de la fractura.

Los materiales que fallan en tensión con valores relativamente bajos de deformación unitaria se clasifican como materiales *frágiles*. Estos materiales fallan con sólo pequeñas elongaciones después del límite de proporcionalidad (punto A) y el esfuerzo de fractura (punto B) es el mismo que el último, (Figura 1.1.4). Los aceros de alto carbono se comportan en forma frágil.

Los diagramas esfuerzo-deformación para *compresión* tienen formas diferentes a los de tensión. Los metales dúctiles como el acero, el aluminio y el cobre poseen límites de proporcionalidad en compresión muy cercanos a los que tiene en tensión, por lo cual las regiones iniciales de sus diagramas esfuerzo-deformación a compresión son muy similares a los diagramas a tensión. Sin embargo, cuando se inicia la fluencia, los diagramas son completamente diferentes. En una prueba a tensión cuando el espécimen se alarga, puede ocurrir una estricción y finalmente se presenta la fractura. Cuando se comprime un pequeño espécimen de material dúctil, sus lados empiezan a abultarse y adopta una forma de barril. Al incrementar la carga, la probeta se aplana, ofreciendo una resistencia adicional al acortamiento (esto significa que la curva se vuelve ascendente).

1.1.3 ELASTICIDAD Y PLASTICIDAD.

Los diagramas escritos anteriormente muestran el comportamiento de un material cuando a éste se lo somete a *carga*. Ahora, si se retira lentamente la fuerza de aplicación (*descarga*), el material presentará dos tipos de comportamiento. Mientras se encuentre en la zona elástica, al descargar, el diagrama σ - ϵ volverá por la misma línea, recuperando su tamaño original. Esta propiedad se denomina *elasticidad*. Por otro lado, si durante la carga se ha sobrepasado el punto de fluencia, en el momento de la descarga se generaría una línea paralela a la que se forma en la zona elástica (o una tangente al origen del diagrama cuando la zona elástica es muy pequeña). Esta línea generada estará desplazada hacia la derecha debido a *una deformación residual*. En el siguiente diagrama, Figura 1.1.6, se puede observar la *recuperación elástica*.

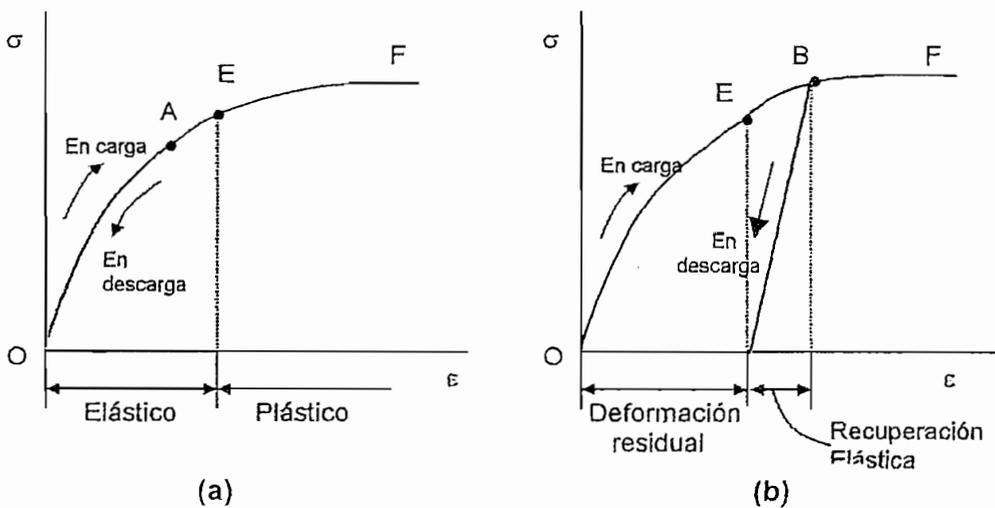


Figura 1.1.6 Recuperación elástica y deformación residual

Con ensayos progresivos de carga se puede determinar el *límite elástico*, que es el punto máximo donde el material puede recuperar su longitud original. Este punto es importante conocer ya que muestra hasta que punto es seguro cargar y descargar el material sin sufrir ninguna alteración interna, ni presentar peligro de falla.

1.1.4 FATIGA

1.1.4.1 Definición de fatiga.

Muchas fallas que ocurren en las estructuras están relacionadas con cargas repetidas o cargas cíclicas. Algunos ejemplos de estos son los alabes de una turbina, la región en la proximidad de un agujero para remache de un componente estructural de un avión, de una nave espacial o del sistema de amortiguación de un automóvil. Estas fallas suelen ocurrir después de varios millones, decenas o cientos de millones de ciclos y se denominan *fallas (roturas) por fatiga*. Los daños por fatiga se presentan tanto en materiales dúctiles como en materiales frágiles.

La fatiga puede ser definida, en términos ingenieriles, como un modo de falla que envuelve la nucleación y crecimiento de una fractura en un componente estructural, el cual está sometido a cargas que varían con el tiempo y cuyas amplitudes máximas inducen esfuerzos que son iguales o menores que el esfuerzo de fluencia.

Como resultado de una carga cíclica, la historia de un componente particular de esfuerzo en un punto se idealiza a menudo como se indica en la Figura 1.1.7.

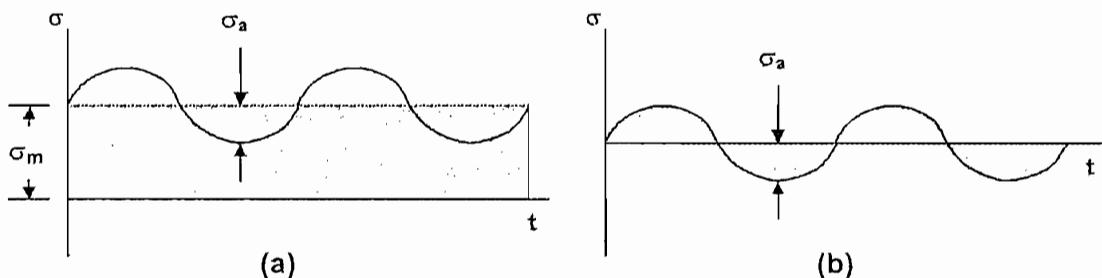


Figura 1.1.7 Naturaleza cíclica de un esfuerzo.

La Figura 1.1.7.a muestra una situación en la que se tiene un *esfuerzo alternante* σ_a . La Figura 1.1.7.b muestra una situación en la que el esfuerzo medio es igual a cero.

Aunque el mecanismo preciso de fatiga no se conoce, se supone que la falla ocurre de manera progresiva. De acuerdo con algunas teorías, se atribuye el inicio de la falla a un *punto concentrador de esfuerzos* donde se inicia una microfractura que puede crecer hasta el tamaño de la pieza y provocar su rotura.

Los daños por fatiga dependen, en gran medida, del material específico implicado. Se requieren datos experimentales para evaluar el efecto de la carga cíclica en el diseño de una estructura o de un componente estructural. Los resultados experimentales se usan para construir una curva llamada Curva **S-N**, donde la magnitud *Esfuerzo Alternante S* se dibuja frente al *Número de Ciclos N* para la falla del material.

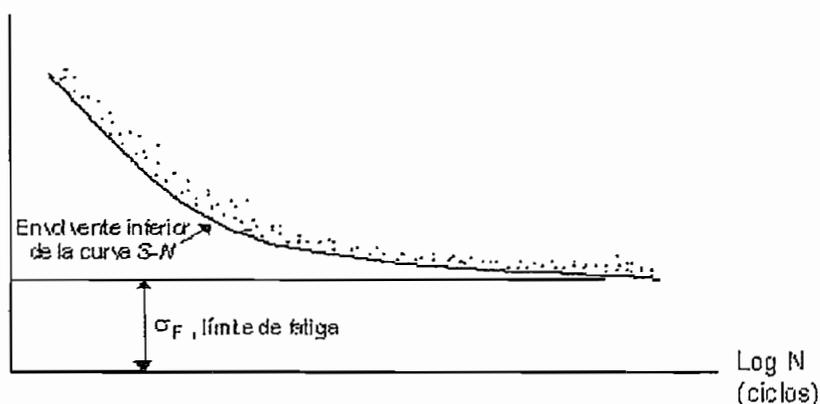


Figura 1.1.8 Curva S-N típica.

Un número estadísticamente importante de ensayos se realiza en diferentes niveles de esfuerzo alternante para producir la curva mostrada. Es normal que se tenga una gran dispersión en los datos. Por esta razón es necesario efectuar un número razonablemente de ensayos para identificar en forma correcta la Curva **S-N** de un material en particular. Esta dispersión de los datos siempre se presenta independientemente del cuidado que se tenga en preparar las muestras a ensayar para garantizar que en un principio sean todas iguales, esto es, que todos los experimentos sean idénticos.

La *resistencia a la fatiga* se refiere a la magnitud del esfuerzo requerido para producir la falla de un determinado número de ciclos **N**. Con la magnitud del

esfuerzo, se puede usar la Curva **S-N** para calcular el número de ciclos para la falla o viceversa. Como se indicó en la Figura 1.1.8, hay un intervalo de esfuerzos para un **N** dado, debido a la naturaleza del experimento. Seleccionado la envolvente inferior de la Curva **S-N**, se tiene una manera conservadora de considerar los datos.

Para la mayoría de los materiales, la Curva **S-N** se nivela para magnitudes bajas de esfuerzo de manera que se puede trazar una asíntota horizontal como se indica en la Figura 1.1.8. Este límite inferior se llama *Límite de fatiga* y se denota con σ_f . Si el esfuerzo alternante es menor que este valor, se considera que el elemento tiene una vida infinita, es decir que el número de ciclos que el elemento puede resistir bajo ese valor del esfuerzo es infinito. En los casos en que no se dispone de datos sobre fatiga, es usual tomar el límite de fatiga como la mitad del valor del *esfuerzo de fluencia* o como la mitad del valor del *esfuerzo último*.

El punto más importante en conexión con la fatiga es que siempre que una estructura o un componente estructural pueda estar sometido a carga cíclica, se debe considerar la posibilidad de una falla por fatiga. Hay que tener cuidado en usar los datos de fatiga que correspondan exactamente al material.

1.1.4.2 Ensayos de fatiga.

Existen muchas maneras de efectuar un ensayo de fatiga. Dentro de lo más avanzado en la investigación básica de este fenómeno, el más popular es el ensayo uniaxial. Este tipo de ensayo se efectúa a través de un equipo controlado electrónicamente que somete a probetas cilíndricas o de sección rectangular a cargas axiales. Los equipos servo-hidráulicos se consideran como los más recomendables, por su estabilidad y control de los parámetros de ensayo.

Para estudiar el comportamiento de los materiales bajo fatiga se requiere la aplicación de cargas que varíen con el paso del tiempo. Para lograr este efecto, se utiliza cierta función ondulante. Las más comunes son las sinusoidales, pero también se usan las cuadradas o triangulares.

Tipos de ensayos uniaxiales.- A una probeta se le puede aplicar una carga de varias maneras. El ensayo más simple de fatiga es el de *tracción-compresión*, donde el espécimen es cargado en los dos sentidos con la misma intensidad. Cuando la carga es lo suficientemente grande como para sobrepasar el punto de fluencia del material, se induce una deformación plástica, que al ser representada gráficamente presenta una histéresis, Figura 1.1.9, debida por ejemplo, a la pérdida de energía que se produce durante la deformación plástica.

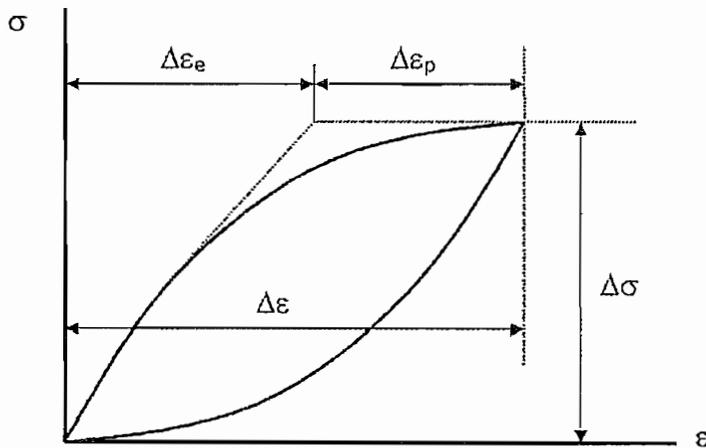


Figura 1.1.9 Lazo de histéresis típico con sus parámetros principales.

1.2 DESCRIPCIÓN Y OPERACIÓN DE LA MÁQUINA DE ENSAYOS M.T.S.

Una vez que se han revisado los conceptos que rigen los ensayos de Tensión/Compresión hechos sobre materiales a continuación se presenta una breve descripción de la máquina de ensayos Material Test System (M.T.S.). Para mayor información se puede obtener de los respectivos manuales, que están disponibles en el Laboratorio de Análisis de Esfuerzos.

1.2.1 MARCO DE CARGA.

El Marco de Carga MTS serie 309, es utilizado para operación simultánea de carga axial y torsional en aplicaciones de cualquier ensayo, cada marco es un completo tren de carga, lo que incluye el armazón (marco), el actuador lineal, el actuador torsional y los transductores.

Las típicas aplicaciones incluyen cargas biaxiales de especímenes tubulares (probetas), análisis superficie – fuerza de la composición de materiales, torque, carga, fatiga.

1.2.1.1 Descripción funcional.

El Marco de Carga serie 309, actúa como una estructura de carga convencional, para las aplicaciones de fuerza axial (Tensión o Compresión). Cada marco consiste de dos columnas verticales unidas por una plancha firme y un cabezal móvil, (Figura 1.2.1). El actuador lineal está montado rígidamente a la plancha, Figura 1.2.2, y la celda de carga está asegurada al cabezal. El elemento de ensayo es montado entre el final superior del actuador lineal de la celda de carga, usando apropiadas mordazas o accesorios fijos. El cabezal es ajustable verticalmente por encima del largo de las columnas expuestas para acomodar especímenes de varias dimensiones. La fuerza torsional es aplicada por un actuador rotacional incluido en el sistema, en el final de la parte inferior del pistón del actuador lineal, de esta manera el pistón aplica carga y torque al elemento de ensayo.

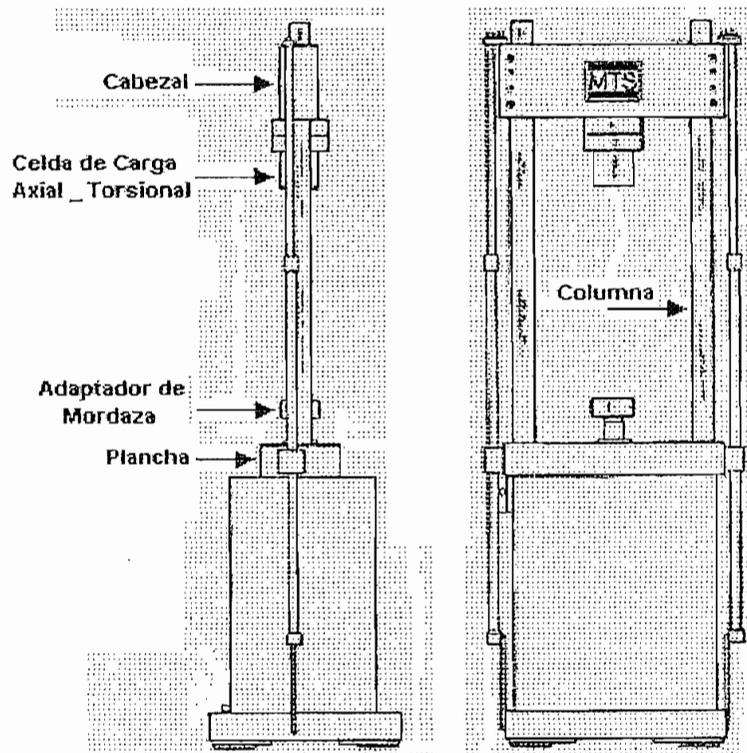


Figura 1.2.1 Configuración externa del Marco de Carga.

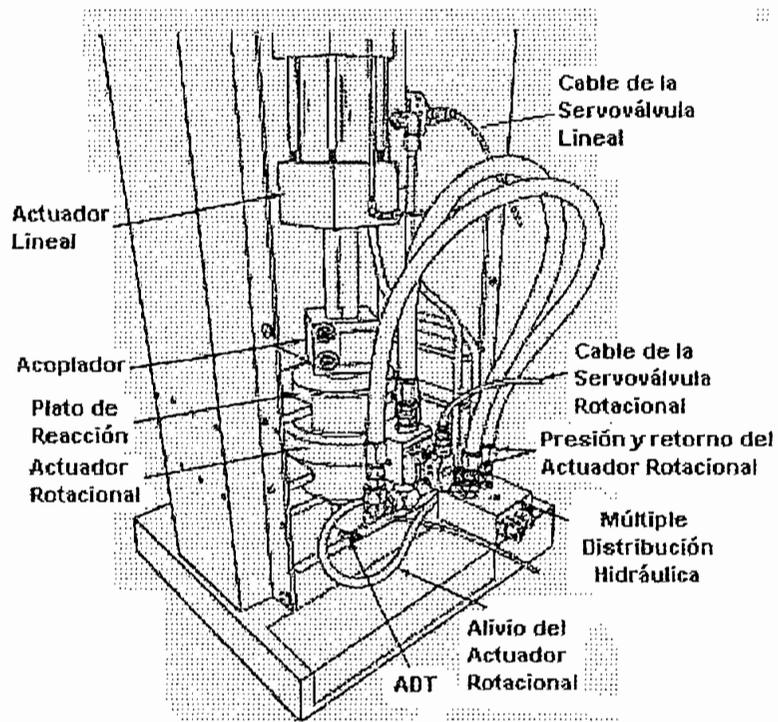


Figura 1.2.2 Configuración interna del Marco de Carga.

1.2.1.2 Operación.

Estas operaciones incluyen consideraciones para montaje del espécimen y un procedimiento para posicionar el cabezal. La información en esta sección asume que el operario está familiarizado con todos los aspectos de operación del sistema de control y restricciones que se aplican al equipo hidrodinámico.

1.2.1.3 Consideraciones para el montaje del espécimen.

El montaje del espécimen es el paso más crítico y potencialmente peligroso en la operación del sistema. Montar el elemento de ensayo con cuidado puede reducir la posibilidad de daño del operario, del equipo, del espécimen, o una invalidez en el ensayo. Observar las siguientes precauciones:

1. Operaciones a una frecuencia superior a los 20 Hz, causan daños de los componentes hidráulicos y provoca estrés al marco debido a resonancia mecánica.
2. Siempre que sea posible, apagar el sistema de poder hidráulico cuando se realice trabajos cercanos al marco de carga.
3. Ejercer precaución para reducir la posibilidad de doblado del espécimen, entre el ensayo y el debilitamiento del elemento, el doblado causa daño en el lugar donde la carga es aplicada o incluso en la celda de carga.
4. Si el espécimen es probado en tensión y compresión axial, o giro a través del punto de carga cero, reducir contragolpe al mínimo.

1.2.1.4 Posición del cabezal¹.

Para cambiar la posición del cabezal se deben ejecutar los siguientes pasos:

¹ Para mayor información remitirse al "Reference Manual MTS system", Load Frame.

1. Remover cualquier espécimen que pueda estar en el marco de carga, asegurar que las dos válvulas de control estén cerradas y deshabilitar el switch² que permite desplazar el cabezal.
2. Encender el sistema de poder hidráulico a baja presión.
3. Cambiar de baja presión a alta presión el sistema.
4. Habilitar el switch del control del cabezal.
5. Esperar unos 30 segundos para permitir que el fluido en el interior se agote hasta cero condición de presión.
6. Abrir la válvula UP o DOW de acuerdo a la dirección requerida para desplazar el cabezal, la velocidad de ingreso del fluido es variable de acuerdo a la apertura de las válvulas.
7. Cerrar las válvulas UP y DOWN después que la posición del cabezal esté en el lugar correcto.
8. Deshabilitar el switch de control del cabezal.

1.2.2 FUENTE DE PODER HIDRAULICA.

La fuente de poder hidráulica (Hydraulic Power Supply, HPS), Figura 1.2.3, utiliza una bomba que provee una fuente de poder hidráulica, con requerimientos de flujo por arriba de 10 gpm (38 ltr/min) y 21 gpm (80 ltr/min). El modelo 510.23 usa una bomba de volumen variable de hasta 23 gpm (87 ltr/min). Estas fuentes de poder están específicamente diseñadas para reunir los requisitos que el sistema de servoválvulas utiliza.

² El switch esta ubicado en la pantalla "Principal" y en la pantalla "Ingresar valores" dentro del programa.

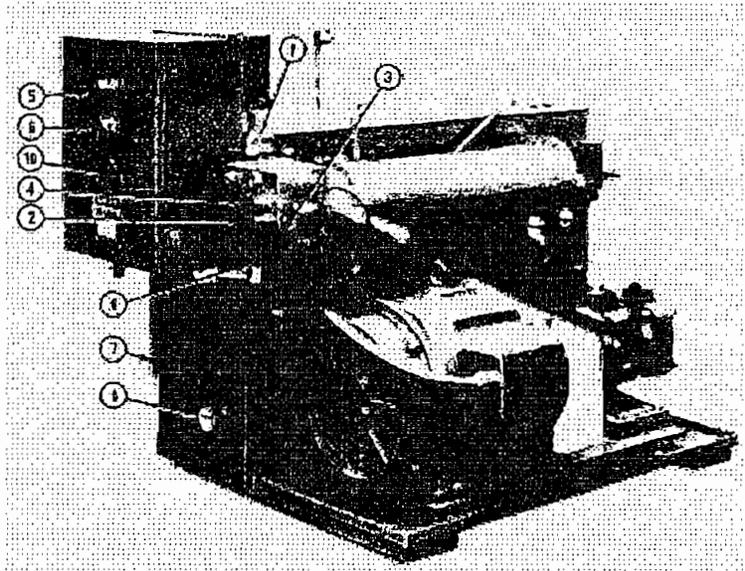


Figura 1.2.3 Fuente de Poder Hidráulica (HPS) .

1.2.2.1 Descripción funcional.

El HPS posee dos modos de funcionamiento, LOW (baja) presión y HIGH (alta) presión. La presión de salida para LOW es típicamente ajustable a 150 psi. (1MPa), y para HIGH es ajustable hasta un recomendado máximo de 3000 psi (20.7 MPa) de presión continua. Una válvula principal de auxilio protege al HPS y al sistema de excesiva presión por un mal funcionamiento del control de las servoválvulas; un indicador de presión muestra la presión de salida.

El HPS utiliza un intercambiador Fluido–Agua, para mantener el fluido hidráulico a una temperatura bajo un límite predefinido. Si la temperatura del fluido hidráulico sobrepasa del límite, un conmutador de temperatura montado sobre el reservorio de aceite abre y apaga el HPS. Un medidor de temperatura monitorea la temperatura del fluido hidráulico, un indicador transparente Fluido–Nivel muestra el nivel y la contaminación relativa del fluido hidráulico en el reservorio.

1.2.2.2 Operación.

La Tabla 1.1 provee una corta explicación de la fuente de poder hidráulico (HPS), controles e indicadores, las mismas que pueden ser apreciadas en la Figura 1.2.3.

#	CONTROL O INDICADOR	FUNCIÓN
1	Medidor de Presión	Este medidor muestra la presión con que opera el HPS
2	Ajuste de válvula LOW presión	Es utilizada para ajustar la presión de operación del HPS en modo LOW presión
3	Válvula de auxilio principal	Es la que previene por seguridad que sobrepase la máxima presión definida por el sistema
4	Válvula de control de presión	Permite ajustar la presión de operación del HPS en el modo de HIGH presión
5	Selector HIGH/LOW	Selecciona el tipo de operación (LOW/HIGH), sobre el sistema HPS y aplica la seleccionada presión al sistema
6	Botón pulsador STOP	Apaga el HPS y remueve la presión
7	Indicador de nivel del líquido	Este medidor transparente Fluido – Nivel, indica el nivel y la relativa condición de el fluido hidráulico en el reservorio
8	Medidor de Temperatura	Muestra la temperatura a la que se encuentra el fluido en el tanque
9	Indicador de Filtro Sucio	Este indicador se extiende de el filtro múltiple, cuando el filtro de HIGH presión necesita reemplazarse
10	Corredor de Tiempo	Permite registrar el total de horas de operación de la bomba
11	Ajuste del volumen variable de la bomba	Permite setear la presión entregada al sistema

Tabla 1.1 HPS, controles e indicadores.

1.2.3 ACTUADOR ROTACIONAL³.

El actuador rotacional de la serie 215, Figura 1.2.4, es un actuador generador de torsión, el mismo que al estar acoplado con los apropiados componentes de un tren de fuerza MTS, provee un movimiento angular y torsión cíclica en el medio ambiente de prueba. Este actuador recibe energía de una fuente de poder hidráulico, por medio de una servoválvula.

El actuador es capaz de desplazarse hasta 100° ($\pm 50^{\circ}$), y para un desplazamiento dinámico es 90° ($\pm 45^{\circ}$), debido al amortiguador hidráulico en menos de 5° de golpe.

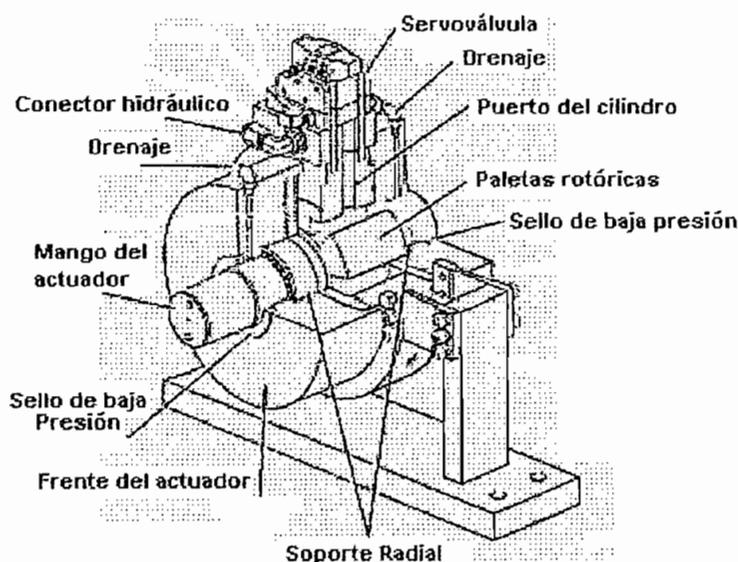


Figura 1.2.4 Actuador rotacional serie 215.

³ Para una mayor información, acerca de el Actuador Rotacional, remitirse al "Reference Manual MTS system", Series 215 Rotary Actuators.

1.2.4 ACTUADOR LINEAL⁴.

El actuador hidráulico de la serie 204, Figura 1.2.5, es un actuador lineal diseñado especialmente para ser utilizado en aplicaciones de alta frecuencia tales como fatiga en estructuras y materiales. El actuador es de doble ejecución, presentando una balanceada configuración hidráulica, a través del doble fin del pistón, extendiendo el pistón en ambas direcciones. Uno de los finales del embolo es frecuentemente contenido sin una carcasa, el cual es usado para montarlo sobre una base giratoria, pero en este sistema el pistón está asegurado sobre el marco de carga MTS.

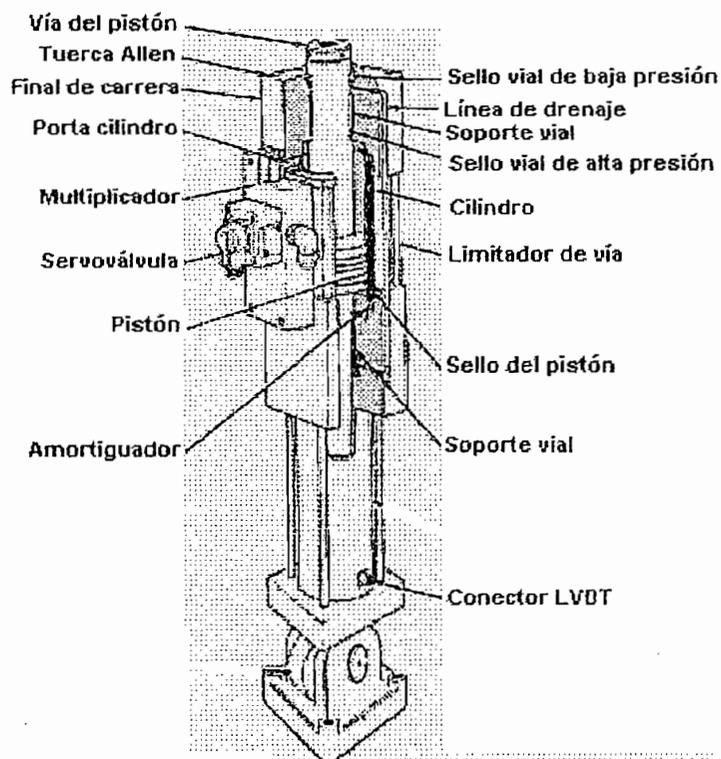


Figura 1.2.5 Actuador Lineal.

⁴ Para una mayor información, acerca de el Actuador Lineal, remitirse al "Reference Manual MTS system", Hydraulic Actuators.

1.2.5 SERVOVALVULA⁵.

La Servoválvula de la serie 252, es de Bajo-Medio flujo de fluido. Ella constituye el elemento final de control en el sistema servohidráulico en lazo cerrado MTS, para regular el rango y dirección del fluido hidráulico en el sistema.

1.2.5.1 Descripción funcional.

La servoválvula, Figura 1.2.6, reacciona a la señal de entrada de un controlador, ya sea para un actuador lineal o rotacional, moviendo el fluido hidráulico en una dirección, la cual es determinada por la magnitud y polaridad de la señal de control.

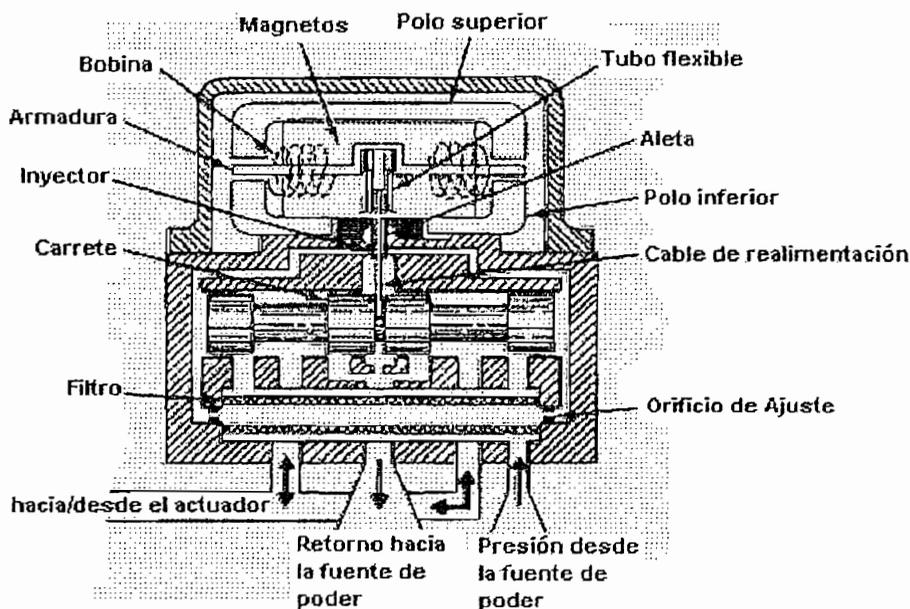


Figura 1.2.6 Vista seccionada de la servoválvula.

La servoválvula consiste de un motor de torque y dos tramos de regulación hidráulica. La parte del motor de torque, la forman: las bobinas, dos piezas de

⁵ Para una mayor información, acerca de Las Servoválvulas, remitirse al "Reference Manual MTS system", Servovalves.

polos, una superior e inferior, la armadura y dos magnetos. Su propósito es convertir la señal de entrada del controlador en un movimiento físico de la armadura.

El primer tramo de regulación consiste de dos inyectores de ajuste y dos orificios variables formados por un inyector abierto y la aleta. La aleta esta sujeta a la armadura y se mueve de lado a lado con la rotación de la armadura en sentido horario o antihorario. La armadura-aleta se soporta por medio de un tubo.

El segundo tramo consiste de un carrete el cual controla el flujo del fluido hidráulico hacia y del actuador, y un hilo metálico de regeneración, el cual provee el control en lazo cerrado entre la armadura y el carrete.

En operación, la señal de control energiza las bobinas causando el giro de la armadura en sentido horario o antihorario dependiendo de la polaridad de la señal. Con la rotación del ensamblaje armadura-aleta se controla el flujo del fluido hidráulico de los dos inyectores en el primer tramo, en una manera inversamente proporcional, tal que el flujo de un inyector incrementa y el flujo del otro decrece.

El cambio resultante en el flujo crea una presión diferencial la cual es usada para posicionar el segundo tramo del carrete. Como el carrete se desplaza en respuesta de la diferencia de presión, el hilo metálico de regeneración (el cual esta unido a la armadura-aleta en un final y el carrete en el otro final), ejerce un torque opuesto sobre el ensamblaje armadura-aleta, dejándose sentir sobre la aleta.

El carrete se desplazará hasta que el torque del hilo metálico de regeneración iguale a la señal de torque del control y se permita sentir sobre la aleta. Cuando la aleta reaccione (inyector abierto igual), esto causará una presión (no necesariamente al área), en los finales del carrete a igualar, y el carrete se detendrá. Esto significa que para cualquier nivel de la señal de entrada habrá una correspondiente posición del carrete, dependiendo de la magnitud y polaridad de la señal de control.

Cuando la señal de control decrece hasta cero, la aleta crea una presión desbalanceada en el final opuesto del carrete, el cual se mueve hacia atrás hasta que la presión es nuevamente igualada, de esa manera se detiene el fluido hidráulico hacia el actuador, cuando la señal de control llegue a cero.

1.2.5.2 Especificaciones.

La Tabla 1.2 lista las siguientes especificaciones para la servoválvula de la serie 252.

Presión de operación	3000 psi (20.7Mpa)
Rango de Temperatura	-53 ^o C a 135 ^o C
Máxima corriente de entrada	25 ma (serie), 50 ma (diferencial)
Rango máximo de voltaje de entrada por bobina	-5 V a +5 V
Resistencia de la Bobina	80 ohmios

Tabla 1.2 Especificaciones de la Servoválvula.

1.3 PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN TIPO SCADA.

Para desarrollar el Sistema de Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA), fue necesario empezar evaluando los siguientes aspectos:

1. Si el sistema electrónico, eléctrico e hidráulico, como sensores, tarjetas de acondicionamiento, fuente de poder hidráulica y actuadores del equipo MTS, se encuentra en buenas condiciones de trabajo.
2. Que Ingeniería Mecánica dispone del software FactorySuite 7.1, junto con sus respectivas licencias y actualizaciones.

Teniendo presente estos parámetros, se optó por basar el desarrollo del SCADA en lo siguiente:

- Para supervisión y adquisición de datos se empleará el software FactorySuite 7.1.
- Para control y recepción de datos se utilizará un controlador lógico programable (PLC).

Para manipular el sistema se desarrollará una Interfaz Hombre Máquina (HMI), que sea "amigable"; esto es, fácil de entender y operar.

1.3.1 REQUERIMIENTOS DEL PLC.

1. El Marco de Carga, dispone de cinco sensores, cada uno con su respectiva tarjeta de acondicionamiento con salidas normalizadas de 0 a 10 voltios. Por lo que es indispensable poseer cinco entradas analógicas.
2. La operación de cada actuador hidráulico, depende del manejo de una servoválvula, la misma que opera con un rango de voltaje de $-5V$ a $+5V$. Esto quiere decir que es necesario tener dos salidas analógicas.
3. El motor que acciona la bomba hidráulica tiene un arranque Y- Δ . Para controlarlo se requiere cuatro salidas discretas.
4. Dos entradas discretas, una para conectar un pulsante de Paro, que detendrá todo el sistema, y la otra para verificar el correcto funcionamiento del HPS.
5. El HPS tiene dos sensores que entregan una señal de relé, uno de ellos mide sobret temperatura del fluido hidráulico y el otro sensa el nivel mínimo de aceite en el tanque, por ello se necesita dos entradas discretas adicionales.

Entonces, en resumen, es necesario un controlador lógico programable con las siguientes características mínimas, descritas en la Tabla 1.3.

Entradas Discretas	4 canales
Salidas Discretas	4 canales
Entradas Analógicas	5 canales
Salidas Analógicas	2 canales
Rango de Voltaje Salidas Analógicas	-5V a +5V o 0V a 10V
Rango de Voltaje Entradas Analógicas	0V a 10V

Tabla 1.3 Mínimos requerimientos del PLC.

En definitiva hasta aquí la parte introductoria y conceptual del Proyecto que se desarrollará en el Laboratorio de Analisis de Esfuerzos.

En el siguiente capítulo se mostrará información acerca del Controlador Lógico Programable (PLC) seleccionado. Tal como:

- Marca del PLC, tipo de CPU, Protocolo de Comunicación.
- Número de canales discretos y analógicos de entrada y salida que dispone.
- Como energizar y conectar el PLC.
- Presentación del Programa implementado en el mismo.

CAPITULO 2

CAPITULO 2

IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE DEL SISTEMA.

En este capítulo se describen los pasos que se siguieron para la implementación del hardware del sistema, que son:

- Especificaciones y características del PLC seleccionado.
- Como conectar elementos externos al PLC.
- Diagrama de flujo del programa desarrollado para el sistema MTS en el PLC.

2.1 SELECCIÓN DEL PLC.

Al tener presente los requisitos impuestos por el Sistema de Análisis de Esfuerzos (Material Test System MTS) indicados en la Tabla 1.3 del capítulo anterior, se presenta a continuación la forma de operación y conexión del Controlador Lógico Programable (PLC) que ha resultado seleccionado, el mismo que suple todas las necesidades del sistema.

El Controlador Lógico Programable (PLC) es el Momentum TXD⁶ (Figura 2.1.1) de la familia Modicom que está formado por tres componentes básicos que son:

1. I/O Modulo Base (modelo 170 ANR 120 90).
2. Procesador (modelo 171 CCC 780 10).
3. Adaptador de comunicación (modelo 172 PNN 210 22).

⁶ Para mayor información acerca de este tipo de PLC, remitirse a las ayudas dentro del Software de programación Concept M V2.5, disponible en el Laboratorio de Análisis de Esfuerzos de Ingeniería Mecánica, bajo el título "Momentum".

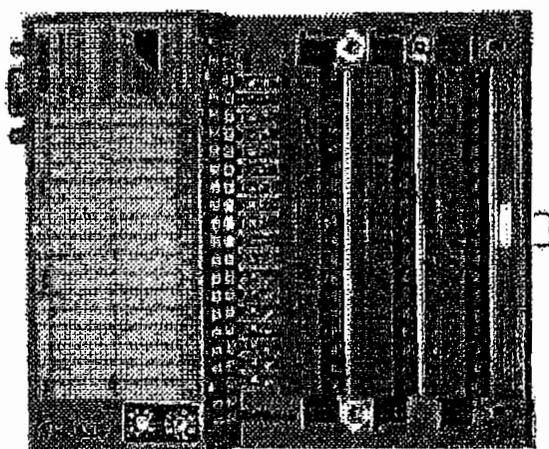


Figura 2.1.1 PLC Momentum TXD.

2.1.1 I/O MODULO BASE.

El I/O Modulo Base modelo 170ANR 120 90 se muestra en la Figura 2.1.2, el cual tiene como objetivo la interacción con elementos externos, por medio de entradas/salidas discretas y entradas/salidas analógicas cuya funcionalidad se describe en la Tabla 2.1.

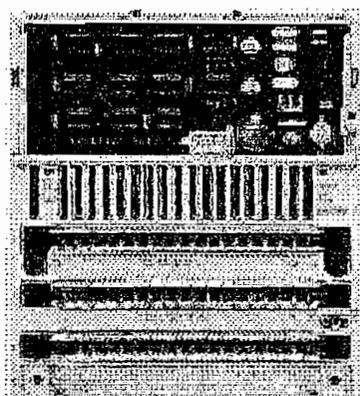


Figura 2.1.2 I/O Modulo Base modelo 170ANR 120 90.

REQUERIMIENTOS EXTERNOS	
Rango de voltaje	20 – 30 Vdc
Voltaje de operación	24 Vdc
Corriente	400 mA a 24 Vdc
ENTRADAS ANALOGICAS	
Numero de canales	6
Rango de entrada	0 – 10 Vdc
Resolución	14 bits
Tiempo de conversión	0.75 mseg
Resistencia de entrada	> 1 Mohmio
Máxima señal de entrada	15 Vdc
SALIDAS ANALOGICAS	
Numero de canales	4
Rango de salida	0 – 10 Vdc
Resolución	14 bits
Tiempo de conversión	1.2 mseg
Carga	> 2Kohmios
ENTRADAS DISCRETAS	
Voltaje de operación	24 Vdc
Número de canales	8
Mínimo Voltaje ON	> 11 Vdc
Máximo voltaje OFF	< 5 Vdc
Corriente máxima de entrada	6 mA
Tiempo de respuesta	1.2 mseg
SALIDAS DISCRETAS	
Descripción	Salida de estado sólido
Voltaje de operación	10 – 30 Vdc
Número de canales	8
Capacidad de corriente	0.25 A
Tiempo de respuesta	1.2 mseg

Tabla 2.1 Especificaciones del I/O Modulo Base.

El Modulo I/O posee dos borneras las mismas que tienen la asignación de terminales indicado en la Tabla 2.2, y por medio de la Figura 2.1.3, se muestra un ejemplo que describe la manera de conectar elementos externos a la bornera del PLC.

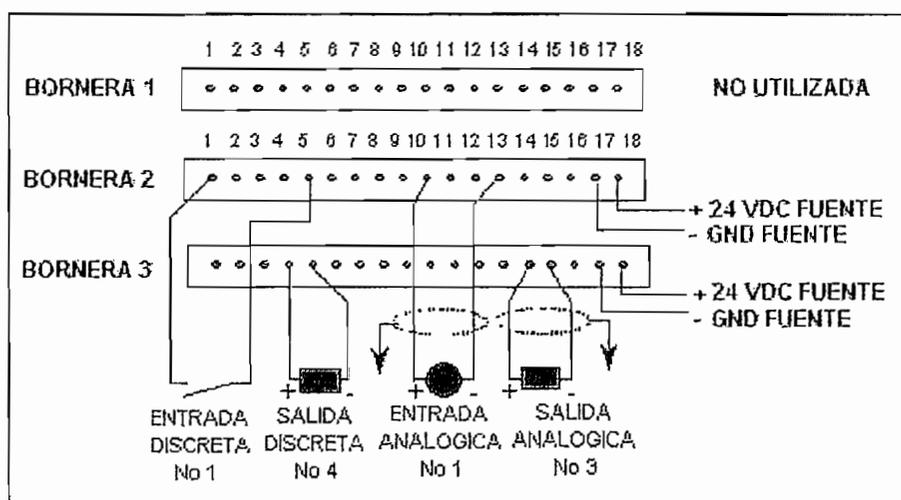


Figura 2.1.3 Conexión de terminales externos al I/O Modulo Base.

# DE BORNERA	# DE TERMINAL	FUNCIÓN
1		No utilizada
2	De 1 hasta 4	Entradas discretas de 1 a 4
2	5	GND para las entradas discretas
2	De 6 hasta 9	Entradas discretas de 5 a 8
2	De 10 hasta 12	Entradas analógicas de 1 a 3
2	13	GND para las entradas analógicas
2	De 14 hasta 16	Entradas analógicas de 4 a 6
2	17	GND de la fuente de alimentación
2	18	+ 24 Vdc fuente de alimentación
3	De 1 hasta 4	Salidas discretas de 1 a 4
3	5	GND para las salidas discretas
3	De 6 hasta 9	Salidas discretas de 5 a 8
3	10,12,14,16	Salidas analógicas de 1 a 4
3	11,13,15	GND para las salidas analógicas
3	17	GND de la fuente de alimentación
3	18	+ 24 Vdc fuente de alimentación

Tabla 2.2 Asignación de terminales del I/O Modulo Base.

2.1.2 PROCESADOR.

El cerebro del PLC es el Procesador (CPU), modelo 171 CCC 780 10 el cual se observa en la Figura 2.1.4, el mismo que se encarga del control total del dispositivo y puede ser montado sobre el I/O Modulo Base o sobre el Adaptador de Comunicación dependiendo del uso que se le vaya a otorgar. Las características del Procesador se presenta en la Tabla 2.3.

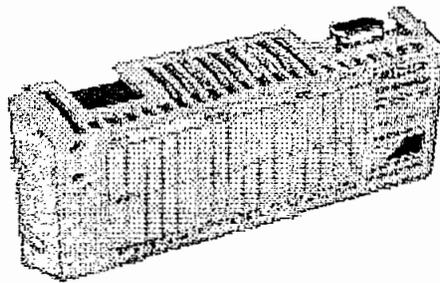


Figura 2.1.4 Procesador Modelo 171 CCC 780 10.

Velocidad de reloj	32 MHz.
Largo de palabra	16 bits
Puerto 1	Modbus RS232
Puerto 2	RS485
RAM	512 K
Memoria FLASH	512 K
I/O discretos (bits)	8192
I/O registros (words)	26048
Temperatura de operación	0 – 60 °C
Voltaje de Funcionamiento	5 Vdc

Tabla 2.3 Especificaciones del CPU del PLC.

2.1.2.1 Conector Modbus RJ45 – DB9.

Un conector RJ45 se conecta al Puerto 1 (Modbus) del Procesador (CPU) y el otro en un adaptador hembra con receptáculo en DB9 que se enchufa en la estación de programación, cuya asignación de clavijas se indica en la Figura 2.1.5.

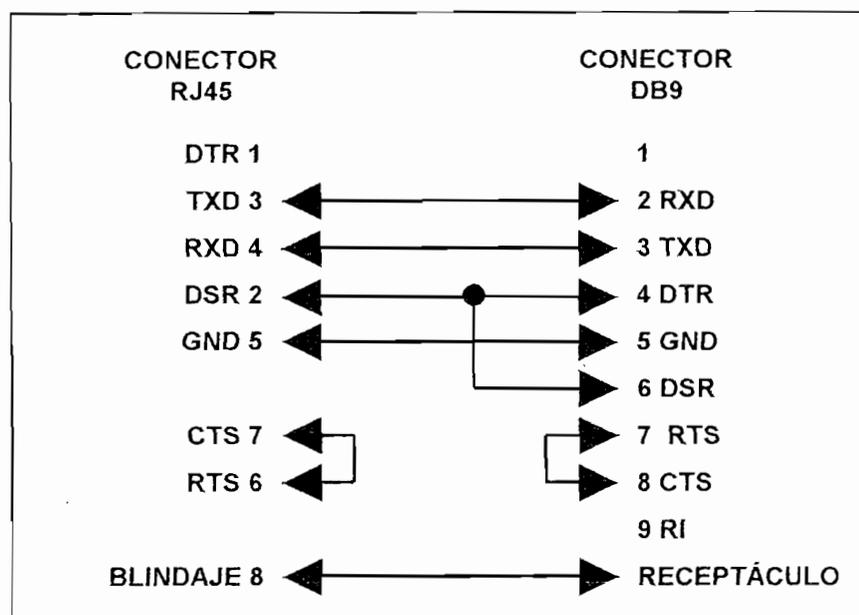


Figura 2.1.5 Conector Modbus RJ45 – DB9.

2.1.2.2 Parámetros del Protocolo de comunicación.

Los parámetros necesarios para configurar el protocolo de comunicación entre el PLC y el computador es el indicado en la Tabla 2.4.

PLC participante	1
Velocidad de transmisión	9600 bps
Bits de datos	8
Paridad	Par
Bits de parada	1
Modalidad	RTU

Tabla 2.4 Parámetros del protocolo de comunicación.

2.1.3 ADAPTADOR DE COMUNICACIÓN.

El Adaptador de comunicación Modbus Plus modelo 172 PNN 210 22 mostrado en la Figura 2.1.5, puede ser montado sobre el I/O Modulo Base para expandir la capacidad de comunicación. Este modelo provee un puerto de comunicación Modbus Plus, un reloj para mantener la fecha y un sistema de baterías que logran retener información de la aplicación y sus variables una vez que el PLC este apagado. Las especificaciones del adaptador se describen en la Tabla 2.5.

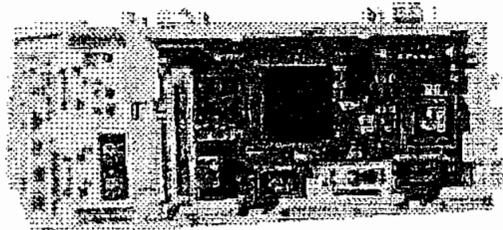


Figura 2.1.5 Adaptador de Comunicación modelo 172 PNN 210 22.

Sistema de baterías	2 reemplazables AAA
Puerto de comunicación	Modbus+ (conector DB9)
Temperatura de operación	0 – 60 °C
Voltaje de operación	5 Vdc (provisto por I/O base)

Tabla 2.5 Especificaciones del Adaptador de Comunicación.

2.2 PROGRAMACIÓN DEL PLC⁷.

Todos los PLCs pertenecientes a la familia Modicom son programados por medio del paquete de desarrollo "Concept"⁸, (Figura 2.2.1), el cual fue utilizado para la programación del PLC Momentum TXD.

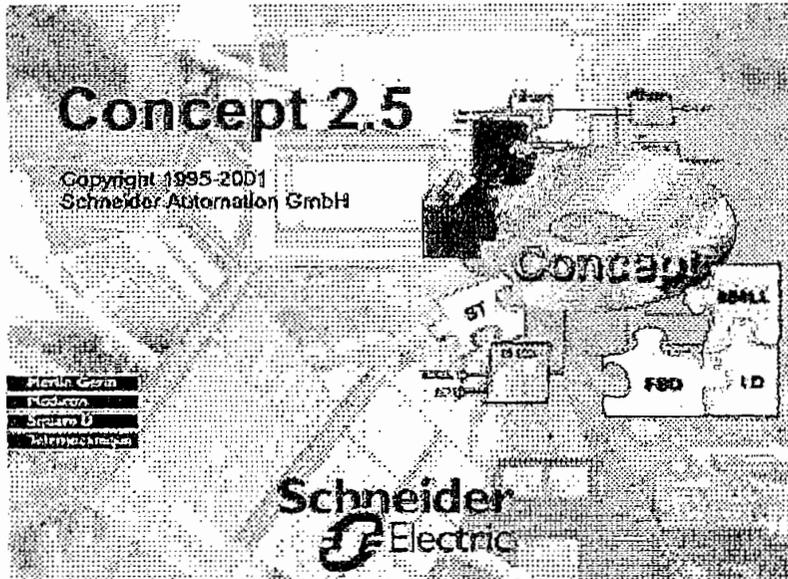


Figura 2.2.1 Presentación del Software Concept M V2.5.

Este Software tiene gran variedad de opciones para programar el PLC los mismos que dependen del tipo o grado de complejidad de la aplicación que vaya a ser realizada, que son:

- SFC (Sequential Function Chart). Este tipo de programación es secuencial, lo cual significa que el programa se ejecuta un solo paso a la vez.

⁷ Antes que nada es necesario enfatizar que este trabajo no tiene como objetivo enseñar a cómo programar en Concept.

⁸ El Software "Concept M V2.5", con su respectiva autorización y licencia se encuentra disponible en el Laboratorio de Análisis de Esfuerzos de Ingeniería Mecánica.

- El motor que acciona la bomba del sistema de poder hidráulico (HPS), tiene un arranque Y - Δ , por lo que se utiliza cuatro salidas discretas del PLC para su control
- Para colocar el cabezal del marco de carga en la posición deseada, se utiliza otra salida discreta del PLC.
- En el monitoreo de la correcta operación del sistema, se dispone de tres señales de alarma: Falla en la comunicación PLC – Computador, sobrecalentamiento del HPS y sistema HPS en estado de desconexión, debido a lo cual se emplearon las tres salidas discretas restantes del PLC.
- Se utilizan cuatro entradas discretas del PLC para evaluar el buen funcionamiento del HPS, las mismas que determinan la conexión del HPS a la red de alimentación trifásica, el encendido del motor que acciona la bomba hidráulica, sobrettemperatura en el fluido de aceite y bajo nivel de aceite en el reservorio.
- Todo sistema requiere de un elemento de PARO por motivos de seguridad, en vista de ello se vio necesario el uso de una entrada discreta del PLC.

Tomando en consideración las pautas antes mencionadas se muestra a continuación el diagrama de flujo (Figura 2.2.2) del programa realizado dentro del PLC en el software de programación "Concept M V2.5".

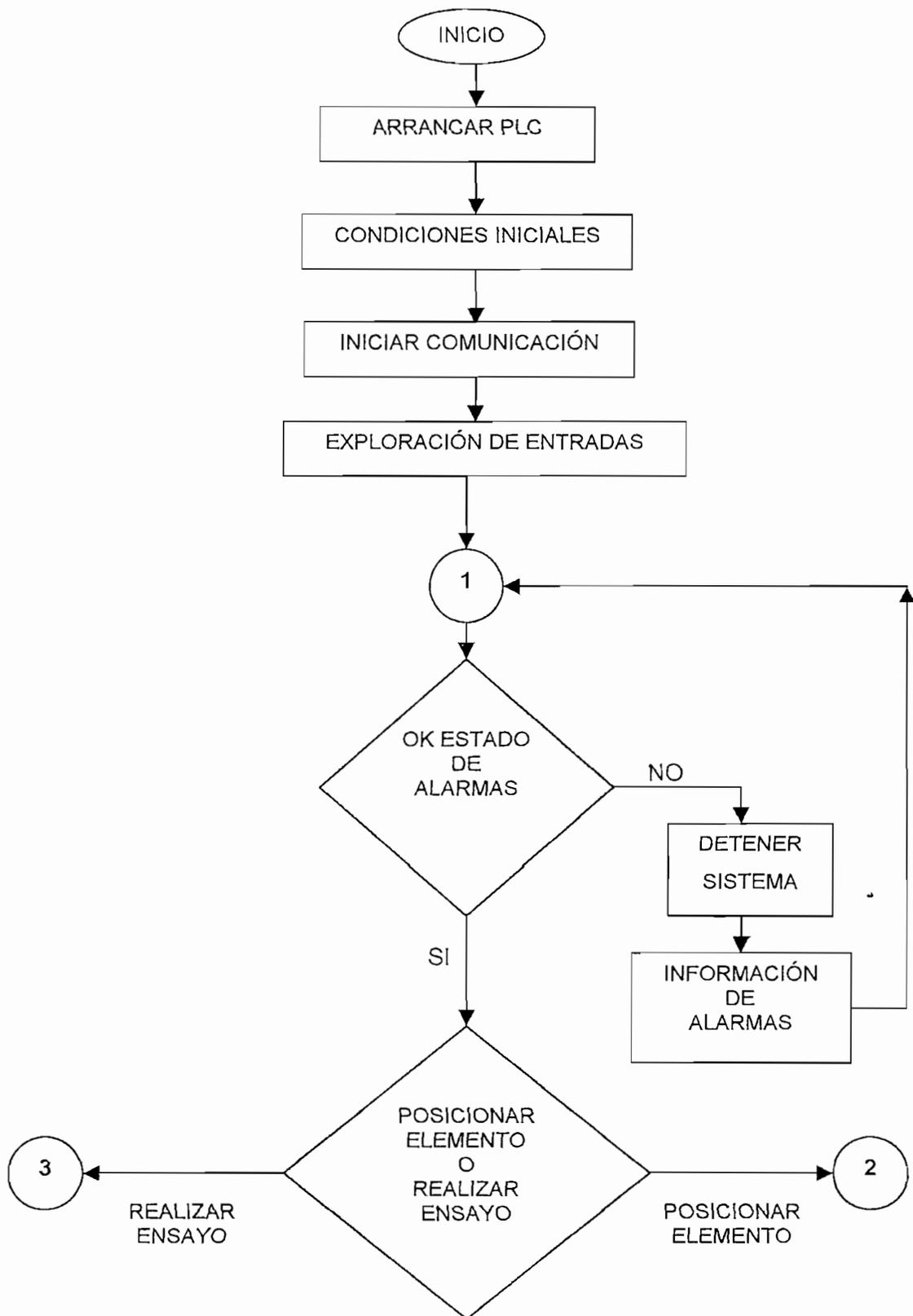


Figura 2.2.2 Diagrama de Flujo de la lógica del programa del PLC.

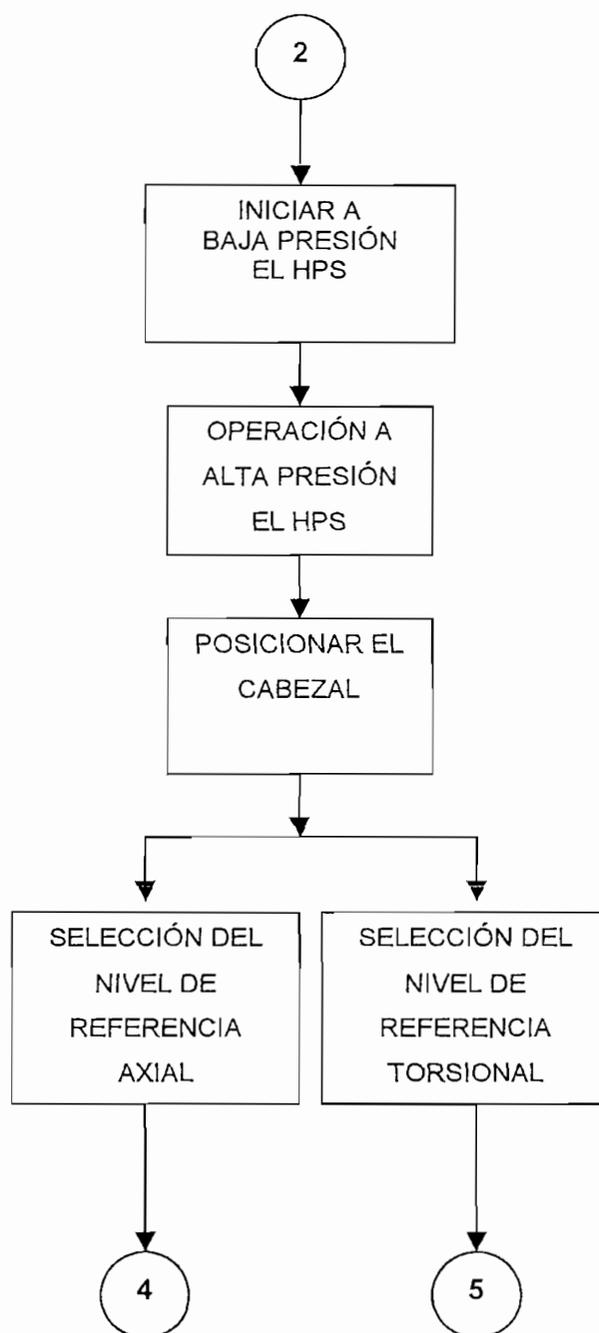


Figura 2.2.2 (Continuación) Diagrama de Flujo de la lógica del programa del PLC.

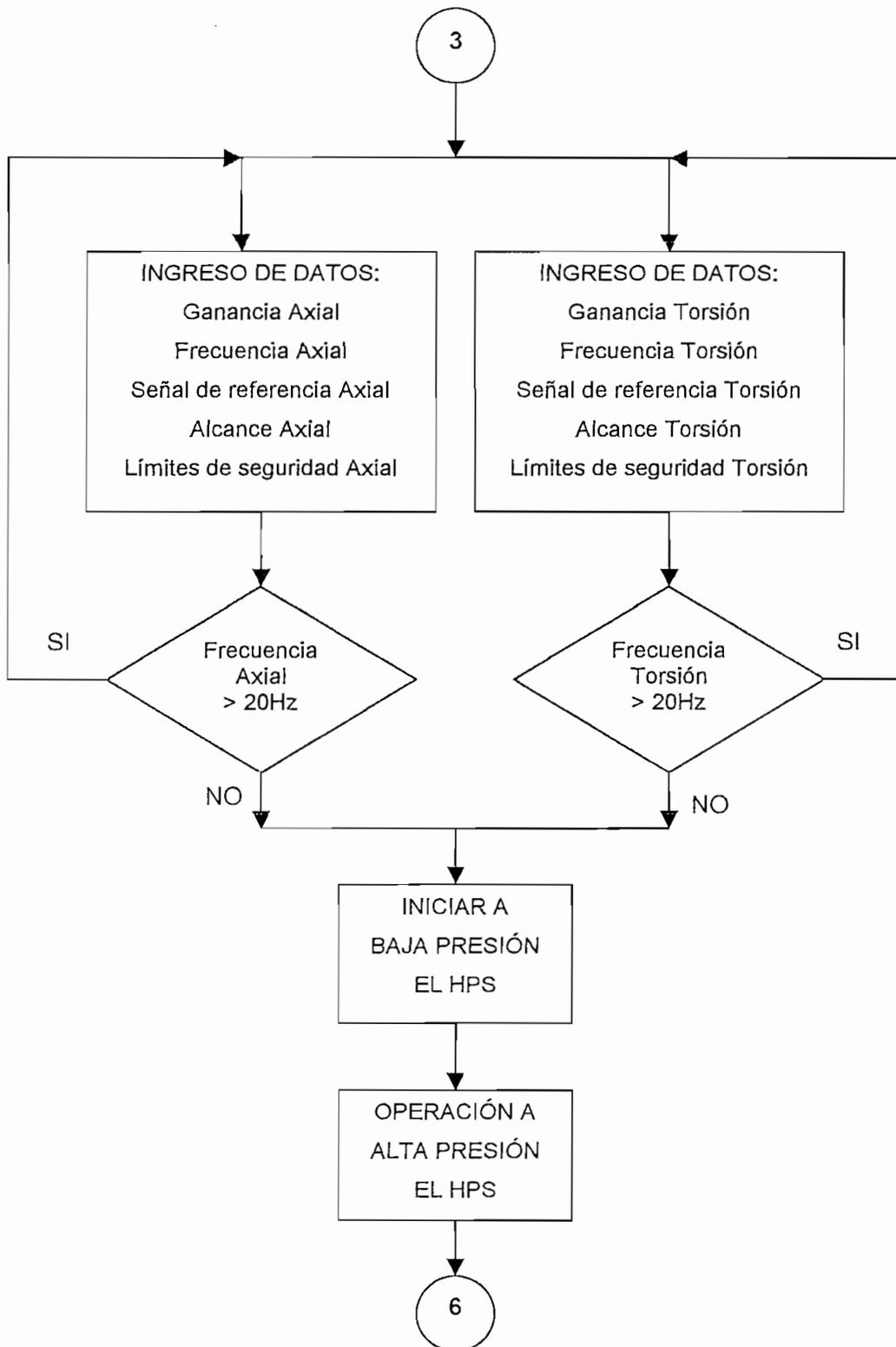


Figura 2.2.2 (Continuación) Diagrama de Flujo de la lógica del programa del PLC.

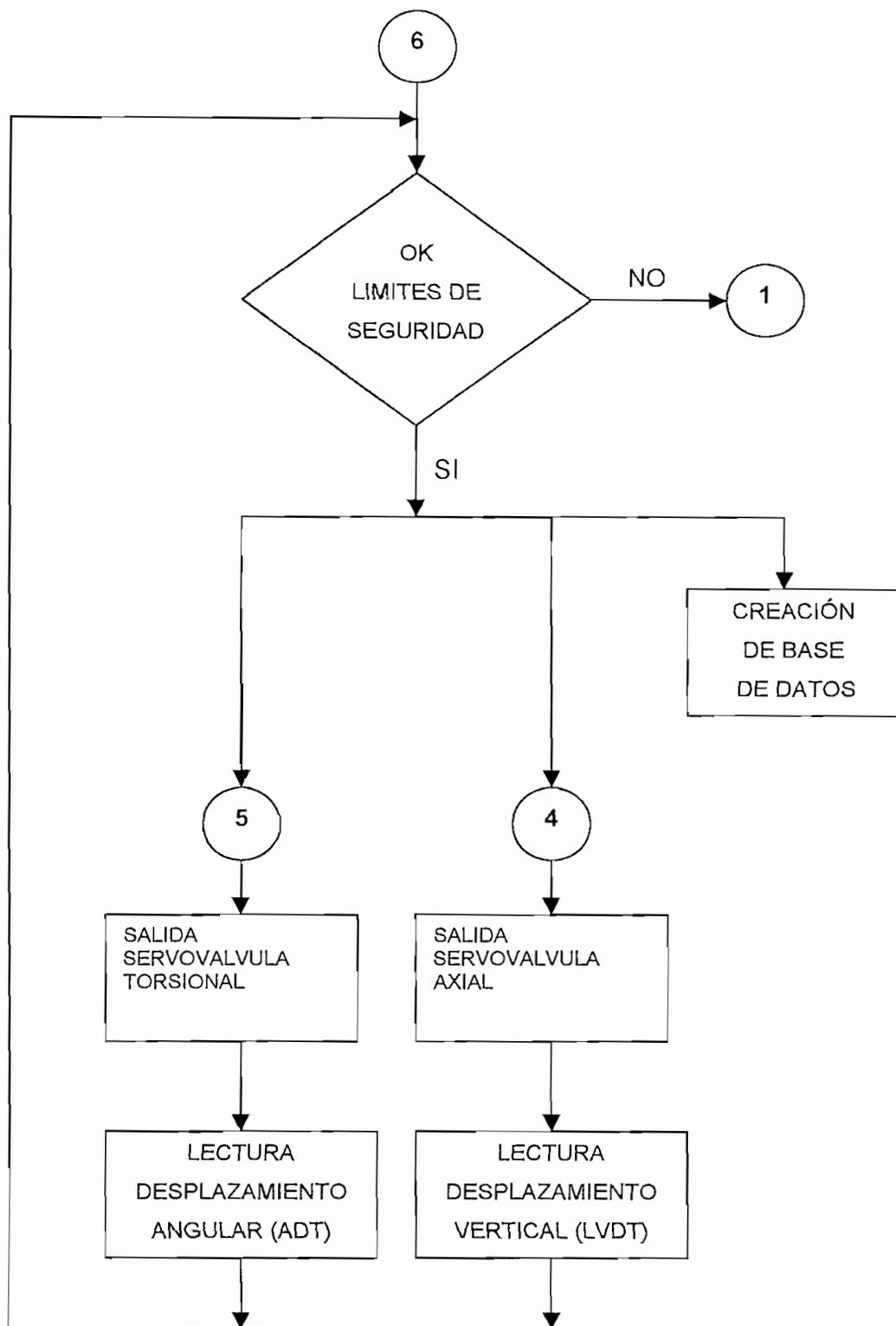


Figura 2.2.2 (Continuación) Diagrama de Flujo de la lógica del programa del PLC.

En este capítulo se ha indicado lo concerniente al Controlador Lógico Programable (PLC), sus características y especificaciones, además; se describió el software que sirve para programar el PLC junto con el programa desarrollado.

En el siguiente capítulo se tratará acerca de los siguientes tópicos:

- Desarrollo de la Interfaz Hombre Máquina (HMI), para enlazar el PLC con el software "FactorySuite" para supervisión, control y adquisición de datos (SCADA) del sistema MTS.
- Descripción de cómo manejar el paquete de desarrollo elaborado para el sistema MTS por medio del Software FactorySuite (Intouch).

CAPITULO 3

CAPITULO 3

DESARROLLO DEL HMI DEL SCADA.

En el desarrollo de la Interfaz Hombre Máquina (HMI), se describe el enlace realizado entre el PLC que efectúa el control, con el software FactorySuite 7.1 (Intouch) para Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA) del sistema MTS.

En este capítulo se tratarán los siguientes temas:

- Requisitos de una interface Hombre – Máquina.
- Requerimientos de sistema para el uso del software FactorySuite 7.1.
- Descripción del programa⁹ desarrollado en el software FactorySuite 7.1.
- Protocolo de comunicación.
- Conexiones externas.

3.1 SELECCIÓN DEL PAQUETE DE DESARROLLO.

En la selección del Software de monitoreo y control, hay que verificar que dicho paquete cumpla con los requisitos necesarios para supervisar el sistema de Análisis de Esfuerzos (MTS). Tales como seguridad, amigabilidad y facilidad de maniobra.

⁹ Es necesario recordar que el presente trabajo NO tiene como objetivo el indicar cómo programar en el Software "FactorySuite", su principal interés es describir los conceptos y criterios que se siguieron para desarrollar el programa realizado.

Existen algunos paquetes que permiten la elaboración de un sistema HMI con diferentes características de operación, entre los cuales se encuentran:

- LOOKOUT (National Instruments).
- LABVIEW (National Instruments).
- FACTORYSUITE (Wonderware).

3.1.1 DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS DE SOFTWARE .

A continuación se presenta las características primordiales de cada paquete mencionado anteriormente.

LOOKOUT: Es utilizado para realizar Control y Monitoreo de un sinnúmero de aplicaciones industriales, cuyas características son:

- Construcción sobre estándares SQL (Base de datos) y tecnologías Web.
- Datos históricos para base de datos y hojas electrónicas.
- Posee más de 3.300 construcciones gráficas para sistemas HMI.
- Habilita gráficos dinámicos, X-Y e importación de cualquier mapa de bits (.bmp).
- Se comunica con medio ambientes de programación, tales como Lview, Visual Basic, Java, Borland Delphi, C, C++.
- Facilita el desarrollo de aplicaciones para procesos continuos, discretos y en conjunto.
- Enlaza a más de 50.000 puntos I/O.
- Permite modificar la aplicación sin necesidad de interrumpir los dispositivos de comunicación.
- Monitoreos de Datos y alarmas.
- Mantiene procesos históricos de forma manual y automática.
- Lookout incluye una gran librería de protocolos que manejan objetos, como PLCs.

LABVIEW: Labview es un lenguaje de programación gráfica, que tiene las siguientes especificaciones:

- Se puede emplear para aplicaciones de 32 bits, con alta velocidad de ejecución para adquisición de datos, ensayos, mediciones, y soluciones de control.
- Labview contiene librerías para registrar, analizar, presentar y almacenar datos.
- Se logra implementar programas de ejecución constante o simple paso.
- Permite realizar simulaciones logrando reproducir sistemas físicos.
- Simplifica el control y reduce el tiempo de desarrollo de pruebas, eliminando la necesidad de aprender programación en bajo nivel.
- Labview utiliza entre algunos protocolos de comunicación: RS-232, RS-485.
- Disponibilidad de entradas/salidas analógicas, entradas/salidas discretas.

FACTORYSUITE: Es una herramienta que ayuda en la creación de una Interfaz Hombre Máquina (HMI) para automatización industrial y sus ventajas son:

- Trabaja en ambiente Windows explotando algunas de sus características como son gráficos, hojas electrónicas, etc.
- Conectividad con más de 300 dispositivos de control, como son los PLCs.
- Ofrece soporte para productos que usan el protocolo Microsoft DDE (Dinamyc Data Exchange) para paquetes que trabajan bajo ambiente Windows.
- Por medio de gráficos históricos se puede crear base de datos.
- Por medio de históricos de alarmas se puede crear base de eventos.
- Permite el enlace con otros programas tales como Microsoft Office, Labview, Bases de datos, etc.
- Habilita gráficos dinámicos, X-Y e importación de cualquier mapa de bits (.bmp).
- Facilita la visualización de un proceso por medio del uso de íconos predefinidos (wizards).

Teniendo presente que se debe evitar realizar control con un computador por motivos de seguridad ya que el computador está proclive a daños o mal

funcionamiento, el software Labview no resultaría útil para el sistema de Análisis de Esfuerzos (MTS), ya que el control basado en este programa lo efectúa el computador.

Los programas Lookout y FactorySuite poseen características similares; es decir, fueron diseñados para monitoreo, control y adquisición de datos. Motivo por el cual cualquiera de estos programas cumplirían con los requisitos impuestos por el sistema MTS. Para el control se puede utilizar un dispositivo externo al computador: un Controlador lógico programable (PLC) que es un elemento más robusto que un PC.

Tomando en consideración que Ingeniería Mecánica dispone del Software FactorySuite 7.1, así como de su autorización y respectivas licencias, se escogió por disponibilidad dicho paquete para la implementación del HMI.

3.1.2 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA PARA INTOUCH.

Intouch es parte del paquete industrial FactorySuite, el mismo que es utilizado para supervisión, control, adquisición y almacenamiento de datos. La Tabla 3.1 describe el mínimo requerimiento y sugerencias del Hardware y Software necesario para Intouch.

HARDWARE Y SOFTWARE	MÍNIMO REQUERIMIENTO	SUGERENCIA
CPU	Procesador Pentium, 100Mhz	P II, 300MHz o superior
Memoria mínima	64 MB de RAM	Es recomendable usar 8 MB de RAM por 5000 Tags
Espacio libre en el disco	Menor a 100 MB	64 MB

Tabla 3.1 Mínimos requerimientos de Hardware y Software para Intouch.

HARDWARE Y SOFTWARE	MÍNIMO REQUERIMIENTO	SUGERENCIA
Sistema Operativo	Microsoft Windows NT Worstation versión 4.X o superior, o Microsoft Windows 95 o superior	
Protocolo Network	Cualquier protocolo soportado por Microsoft Windows NT o Windows 95/98; TCP/IP es requerido si Suitelink es usado	
Display	VGA color Display	1024 x 768 píxeles y color verdadero
<p>NOTA: Las Pantallas del programa están diseñadas para 1024 x 768 píxeles de resolución y con color verdadero de 32 bits, si se trata de utilizar el programa en una resolución menor, los gráficos pueden sufrir deformaciones.</p>		

Tabla 3.1 (Continuación) Mínimos requerimientos de Hardware y Software para Intouch.

3.2 DESARROLLO DEL HMI.

La Interfaz Hombre Máquina (HMI), como su nombre lo indica es un medio que facilita y posibilita que un operador humano pueda interactuar con un proceso. En el caso presente, se trata de desarrollar, con ayuda de un computador y el software adecuado, una serie de pantallas en ambiente Windows que permitan la supervisión y control de las variables involucradas en el proceso. Detrás de cada una de las pantallas se desarrollará una serie de algoritmos que logren automatizar el monitoreo y control, entre otras tareas, para ayudar a que el operario intuya la acción a efectuar.

En el desarrollo de las pantallas del HMI el objetivo primordial es reproducir lo mejor posible el proceso de tal manera que el operador se sienta "atraído" a la misma y usarla efectivamente. Otro aspecto es dotar al HMI de "amigabilidad"; es decir, que su empleo sea intuitivo y fácil.

Dentro de todo sistema de control es importante tener un registro de alarmas que ocurren en el proceso a controlar, motivo por el cual el HMI debe disponer de sus respectivas protecciones y avisos correspondientes para seguridad del operario y del equipo. Estas alarmas deben ser claras y fáciles de detectar, y por ende el software que realice el monitoreo debe poseer estas propiedades.

También es importante que un sistema de supervisión posibilite el almacenamiento de eventos que ocurren en el proceso a controlar. De aquí que la creación de bases de datos en el sistema HMI son necesarias y útiles para llevar a cabo el análisis de los resultados obtenidos durante cualquier prueba realizada.

3.2.1 REQUISITOS DE UNA INTERFACE HMI.

FUNCIONABILIDAD: Que el Software de desarrollo realice el trabajo para el que fue diseñado.

CONFIABILIDAD: Que la operación del sistema resulte segura a cualquier operador.

DISPONIBILIDAD: Que todo operario tenga facilidad de manejo del sistema.

ESTANDARIZACIÓN: Las características de la interface de usuario como simbologías, colores deben ser comunes entre múltiples aplicaciones y estándares internacionales.

CONSISTENCIA. Que el apoyo visual sea igual en todas las pantallas para crear un ambiente amigable al usuario, también en lo referente a terminologías, variables y comandos utilizados en la interface.

PORTABILIDAD: Que el paquete sea reconocido y aceptado por la mayoría de los procesadores.

3.2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA DESARROLLADO CON EL SOFTWARE FACTORYSUITE 7.1.

El programa¹⁰ realizado en el software FactorySuite 7.1, tiene como principal objetivo crear un ambiente amigable, confiable y facilitar al operador el manejo del sistema MTS , el mismo que será descrito a continuación.

3.2.2.1 Ingreso a la aplicación.

Antes de iniciar la aplicación es indispensable arrancar otros programas complementarios que son necesarios para el ideal funcionamiento del proceso, los mismos que son:

- *Modbus: I/Oserver* que enlaza el programa de aplicación con el Controlador Lógico Programable (PLC).
- *HistData*: Permite graficar y crear una base de datos, por un específico intervalo de tiempo.
- *InSQL Configure e InSQL Control*: Realiza gráficos y bases de datos¹¹, por medio de exportación de Tags.

Después se debe acceder al proceso ingresando al Intouch e invocando la aplicación desarrollada.

Una vez iniciado el programa se muestra la Pantalla de "Presentación", (Figura 3.2.1), cuya descripción se muestra en la Tabla 3.2.

¹⁰ El programa se encuentra disponible en el CD anexo a esta tesis.

¹¹ Debido a que el proceso es mecánico y por lo tanto lento el uso de los InSQL para crear base de datos queda sobredimensionado.

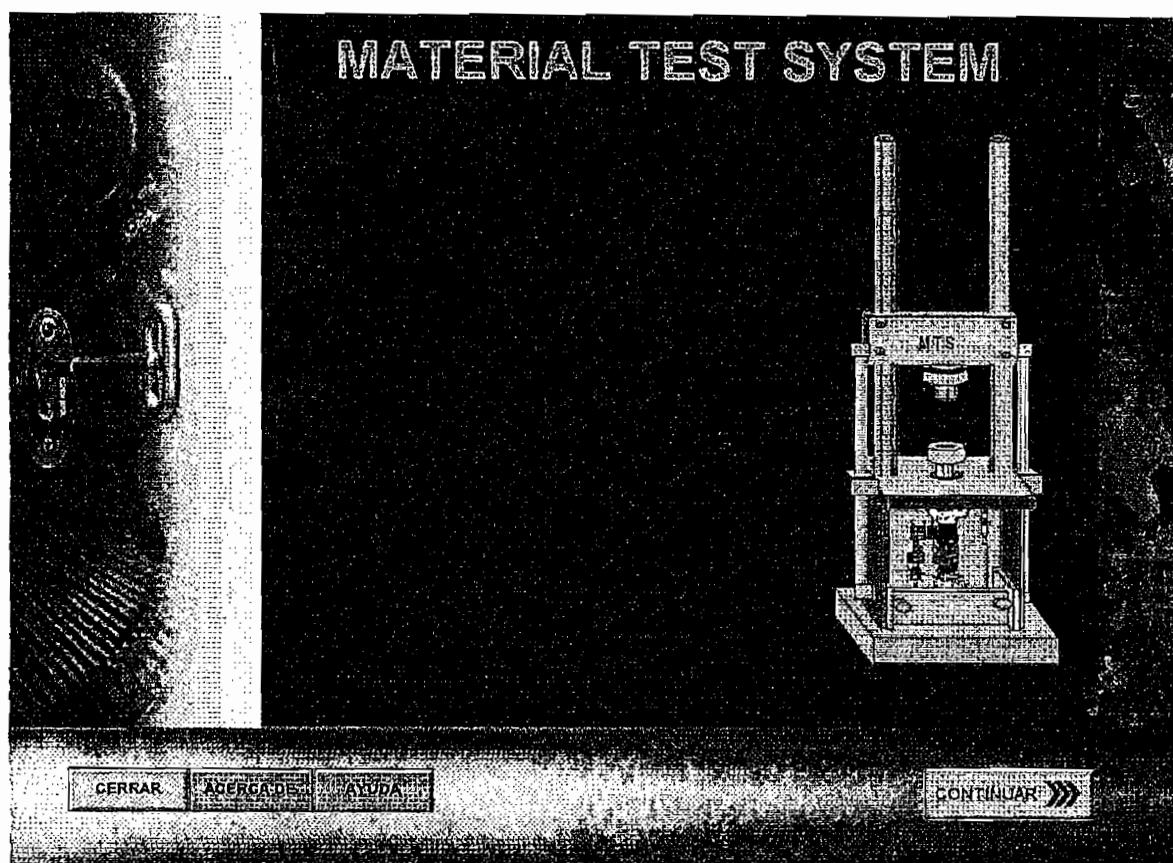


Figura 3.2.1 Pantalla "Presentación".

ICONO*	DESCRIPCIÓN
Ayuda	Ayudas disponibles del Programa en archivos PDF
Acerca de:	Reconocimiento de los autores del proyecto
Cerrar	Permite cerrar el programa
Llave (Gráfico)	Accede a la ventana de ingreso a la aplicación
Continuar	Este botón se logra visualizar, después de ingresar correctamente el operario y su clave respectiva, caso contrario este botón permanece en estado desactivado y no permite entrar a la aplicación

* Se debe hacer Clic con el ratón del computador sobre cada botón.

Tabla 3.2 Descripción de la Pantalla "Presentación".

Para ingresar a la aplicación en general se debe hacer clic sobre el icono de la llave ubicado en la pantalla "Presentación", luego de lo cual se muestra la ventana auxiliar de la Figura 3.2.2, que impide que personal ajeno al Laboratorio de

Análisis de Esfuerzos tenga acceso a la aplicación y la descripción de la misma se da en la Tabla 3.3.

The image shows a graphical user interface window titled "ACCESO". It contains two input fields: "INGRESAR OPERADOR" and "INGRESAR CLAVE". Below these fields are two buttons: "cambiar clave" and "REINTENTAR". The window has a standard title bar with a close button in the top right corner.

Figura 3.2.2 Ventana que restringe el acceso a la aplicación.

ICONO	DESCRIPCIÓN
Ingresar Operario	Es necesario ingresar correctamente el nombre Administrativo que va a realizar cualquier proceso.
Ingresar Clave	Ingresa la clave de acceso, sin la cual NO se puede acceder al programa
Cambiar Clave	Si previamente, el Operario es el correcto, se puede cambiar la Clave de Acceso, caso contrario es imposible cambiarla
Reintentar	Permite, reintentar nuevamente la Clave y el Operario, en caso de mal ingreso de datos

Tabla 3.3 Descripción de la ventana de Acceso.

Si los datos del operario y la clave son correctos, a continuación se presenta una pantalla auxiliar que permite al operador escoger la forma de operación del Sistema de Poder Hidráulico (HPS): manual o automático (Figura 3.2.3).

MANUAL: El control del sistema HPS no lo efectúa el Controlador Lógico Programable (PLC) sino el operador por medio de manipular los botones ubicados en la caja de control anexa al tanque de aceite del HPS cuya descripción del funcionamiento de cada botón se da en la Tabla 3.4. Es indispensable que para la

opción Manual¹² la persona quien realice el ensayo sea alguien calificado ya que la operación del sistema en esta condición puede resultar peligroso tanto para el operario como para el equipo. Por esta razón se vio la obligación de crear un acceso restringido para esta opción, como se muestra en la Figura 3.2.4, donde el usuario debe ingresar una clave especial para el uso Manual del Sistema HPS.

BOTON	FUNCIÓN
Start	Arranca el sistema HPS en baja presión
High	Cambia a operación a alta presión
Counter	Cuenta el número de veces que el sistema HPS entra en funcionamiento
Stop	Botón de Paro del sistema HPS

Tabla 3.4 Descripción de los botones que manejan el HPS en opción Manual.

AUTOMÁTICO: El PLC es quien realiza el control del sistema HPS por lo que su operación resulta más segura que en condición manual, durante la opción automática los botones de control ubicados sobre la caja anexa al sistema HPS quedan deshabilitados, (Tabla 3.4).

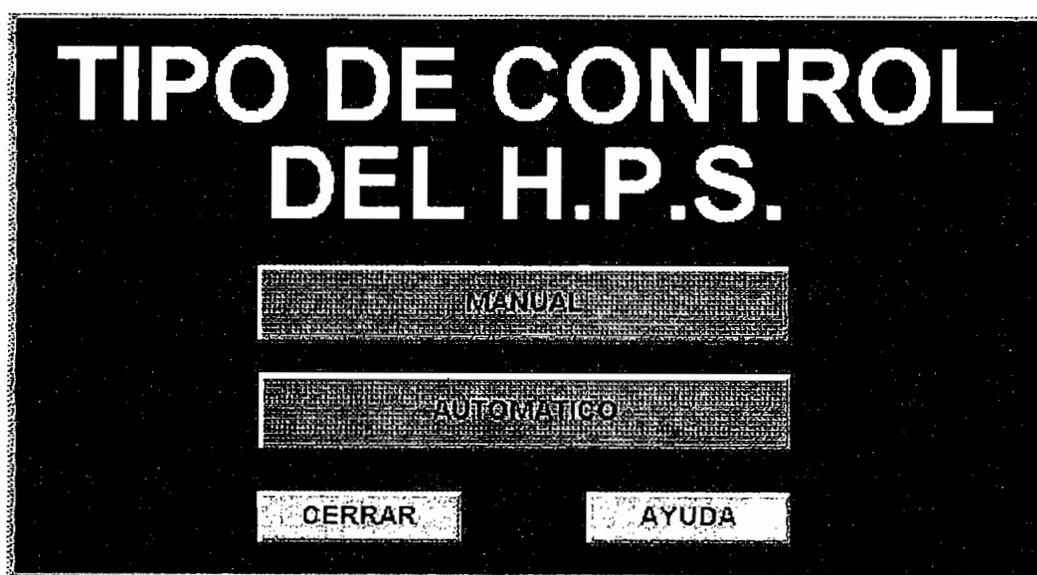


Figura 3.2.3 Ventana para escoger el modo de controlar el Sistema HPS.

¹² Se creó la opción manual para cuando se requiera calibrar o dar mantenimiento al sistema.



Figura 3.2.4 Ventana de acceso al Modo MANUAL.

Una vez elegido el modo de operación del sistema HPS, se muestra la pantalla del Menú Principal que facilita el empleo y control de todas las formas de funcionamiento del sistema MTS.

3.2.2.2 Descripción del MENÚ PRINCIPAL.

Esta Pantalla permite visualizar de forma global todas las opciones que están disponibles en el programa, para facilitar el manejo del sistema MTS.

La Figura 3.2.5 muestra la Pantalla "Menú Principal" y su aplicación se describe en la Tabla 3.5.

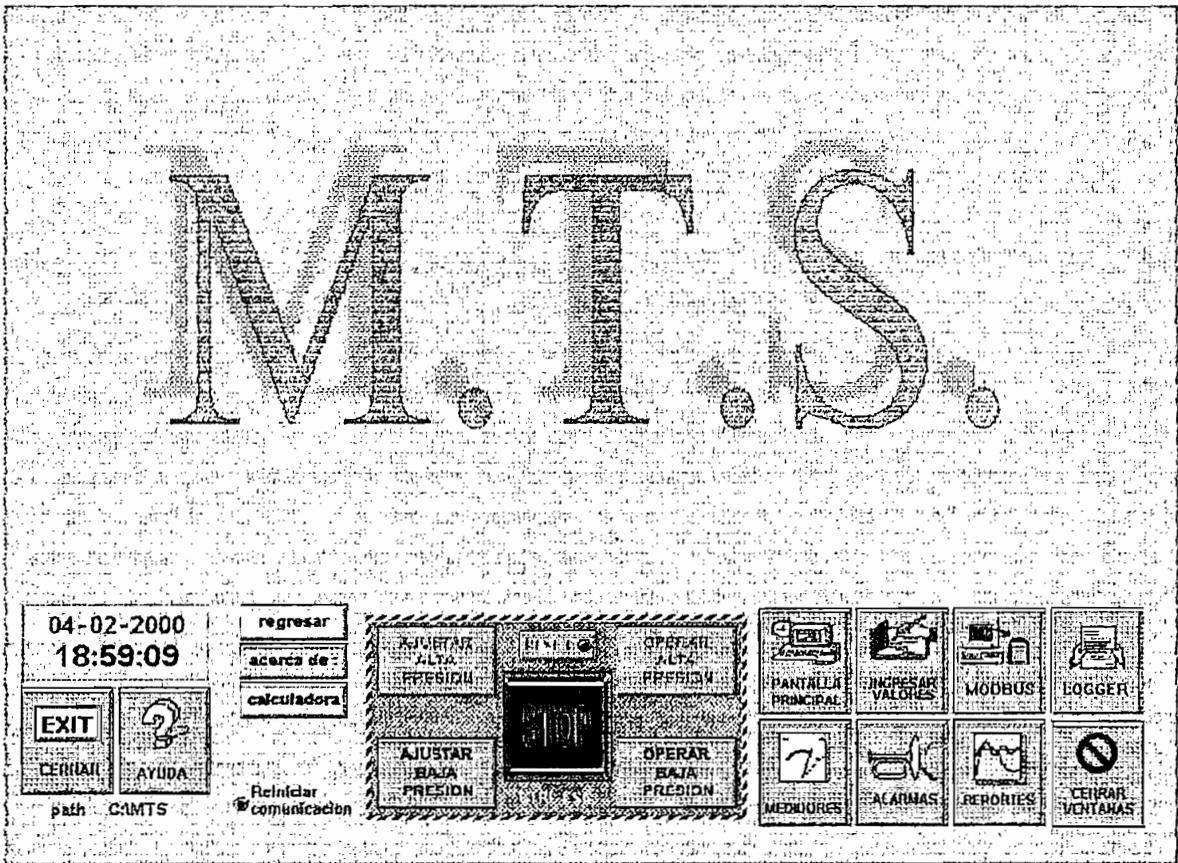


Figura 3.2.5 Pantalla “Menú principal”.

ICONO	DESCRIPCIÓN
Ajustar Alta	Faculta el desplazamiento del pistón, para colocarlo en la posición adecuada, por medio de <i>Alta presión</i> del Sistema de Poder Hidráulico HPS
Ajustar Baja	Permite desplazar el pistón, hasta la correcta ubicación, por medio de <i>Baja presión</i> del HPS
Operar Baja	Arranca el ensayo, con <i>Presión Baja</i> del HPS
Operar Alta	Efectúa el ensayo , con <i>presión Alta</i> del HPS
Stop	Detiene el proceso, apagando e inhabilitando el encendido del HPS
Reset	Restaura la inhabilitación del encendido del HPS
Pantalla Principal	Muestra la Pantalla “Principal”, donde se visualiza el proceso
Ingresar Valores	Muestra la Pantalla en la cual se ingresa los datos necesarios para realizar cualquier aplicación

Tabla 3.5 Descripción de la Pantalla “Menú Principal”.

ICONO	DESCRIPCIÓN
Alarmas	Muestra la Pantalla de "Alarmas", que pueden ocurrir en cualquier proceso
Medidores	Visualiza los valores de todas las variables involucradas en el proceso
Reportes	Muestra la Pantalla "Historial", que permite registrar las respuestas de los ensayos, por medio de graficar y crear una base de datos
Logger	Llama al archivo Wonderware Logger, el cual es un registrador de eventos de Intouch
Modbus	Verifica si está activo el programa modbus.exe, que realiza el enlace entre el computador y el PLC
Ayuda	Accede a las ayudas disponibles en archivos PDF
Regresar	Regresa a la Pantalla Presentación
Cerrar	Permite cerrar el programa
Calculadora	Llama a la calculadora
Acerca de	Reconocimiento de los autores del proyecto
Cerrar ventanas	Cierra todas las ventanas auxiliares
Path	Muestra la dirección donde se encuentra la aplicación
Reloj	Indica la fecha y la hora

Tabla 3.5 (Continuación) Descripción de la Pantalla "Menú Principal".

A continuación se presenta como utilizar cada una de las pantallas creadas para controlar el funcionamiento del sistema MTS.

3.2.2.3 Pantalla "PRINCIPAL".

Esta Pantalla esta diseñada con el objetivo de mostrar en forma general el proceso que se está realizando, (Figura 3.2.6), en la que se puede observar, el sistema de Poder Hidráulico (HPS), el sistema de Enfriamiento, y la máquina de Ensayos MTS.

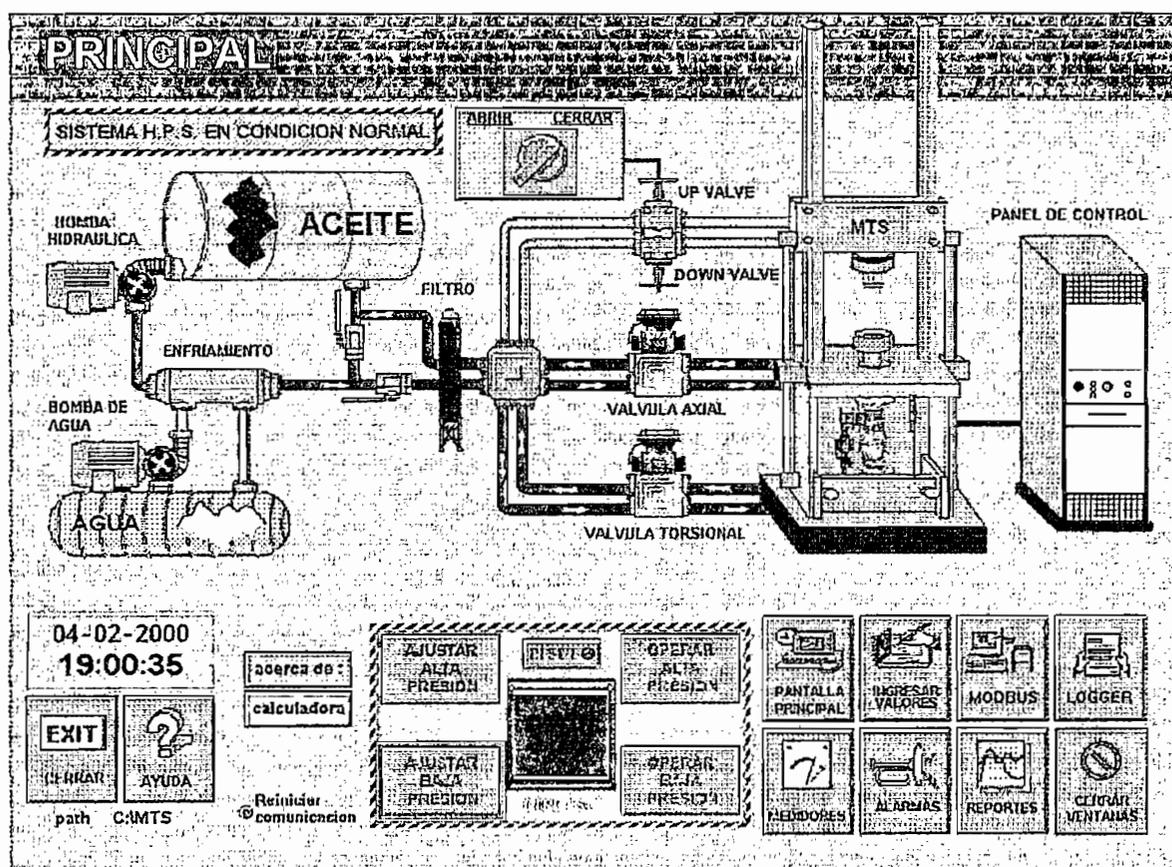


Figura 3.2.6 Pantalla "Principal".

El funcionamiento¹³ del sistema MTS está controlado por medio de dos servoválvulas, una axial para controlar el movimiento vertical de pistón y otra torsional que maneja el desplazamiento angular del pistón; además, el sistema posee una electroválvula ON-OFF¹⁴ que habilita el movimiento del mismo hacia la posición deseada por medio de manipular dos válvulas manuales UP (Subir) y DOWN (Bajar).

La Fuente de Poder Hidráulica (HPS) consta de un tanque que sirve como reservorio del aceite y un motor trifásico que acciona la bomba hidráulica que entrega el flujo de aceite necesario para mover el pistón. Para evitar

¹³ Para mayor información acerca de la operación y funcionamiento del sistema de Análisis de Ensayos MTS, favor remitirse al "Reference Manual MTS System", disponible en el Laboratorio de Análisis de Esfuerzos, Ingeniería Mecánica.

¹⁴ Esta electroválvula no se muestra en la Figura 3.2.5, puesto que está ubicada detrás del cabezal.

sobrecalentamiento del aceite, el HPS dispone de un sistema de enfriamiento el cual, por medio de una pequeña bomba, envía agua que se usa para cubrir los canales de paso de aceite actuando como refrigerante. Cuando el sistema HPS entra en operación, el motor que acciona la bomba hidráulica y las mangueras de la pantalla "Principal" cambian de color, para indicar el mismo estado sobre estas mangueras se muestra un grupo de flechas que indican el sentido de circulación del flujo de aceite; además, cuando las señales de referencia son enviadas desde el PLC hacia las servoválvulas estas titilan cambiando su color original indicando que están activas.

Para limpiar el aceite continuamente éste atraviesa un filtro, y si el aceite no se encuentra a una temperatura mínima de 60°F el sistema posee dos válvulas manuales (V1 y V2) que son utilizadas para encerrar el aceite en un lazo hasta que este alcance la temperatura mínima de operación.

Hay que tener en consideración algo muy importante, el programa no muestra en la pantalla la posición del Cabezal¹⁵ ya que el sistema no dispone de un sensor que efectúe esta medición; además, las válvulas que controlan el posicionamiento del cabezal son manuales (válvulas UP y DOWN) por lo que es necesario tener mucha precaución cuando se lo esté posicionando, ya que una caída repentina del mismo puede causar daños al operario.

Los diagramas de flujo de la operación del sistema de Análisis de ensayos (MTS) se muestra en la Figura 3.2.7 y del Sistema de Poder Hidráulico (HPS) en la Figura 3.2.8.

¹⁵ Para mayor información acerca de cómo posicionar el cabezal, favor remitirse al "Reference Manual MTS system", Load Frame, disponible en el Laboratorio de Análisis de esfuerzos, Ingeniería Mecánica.

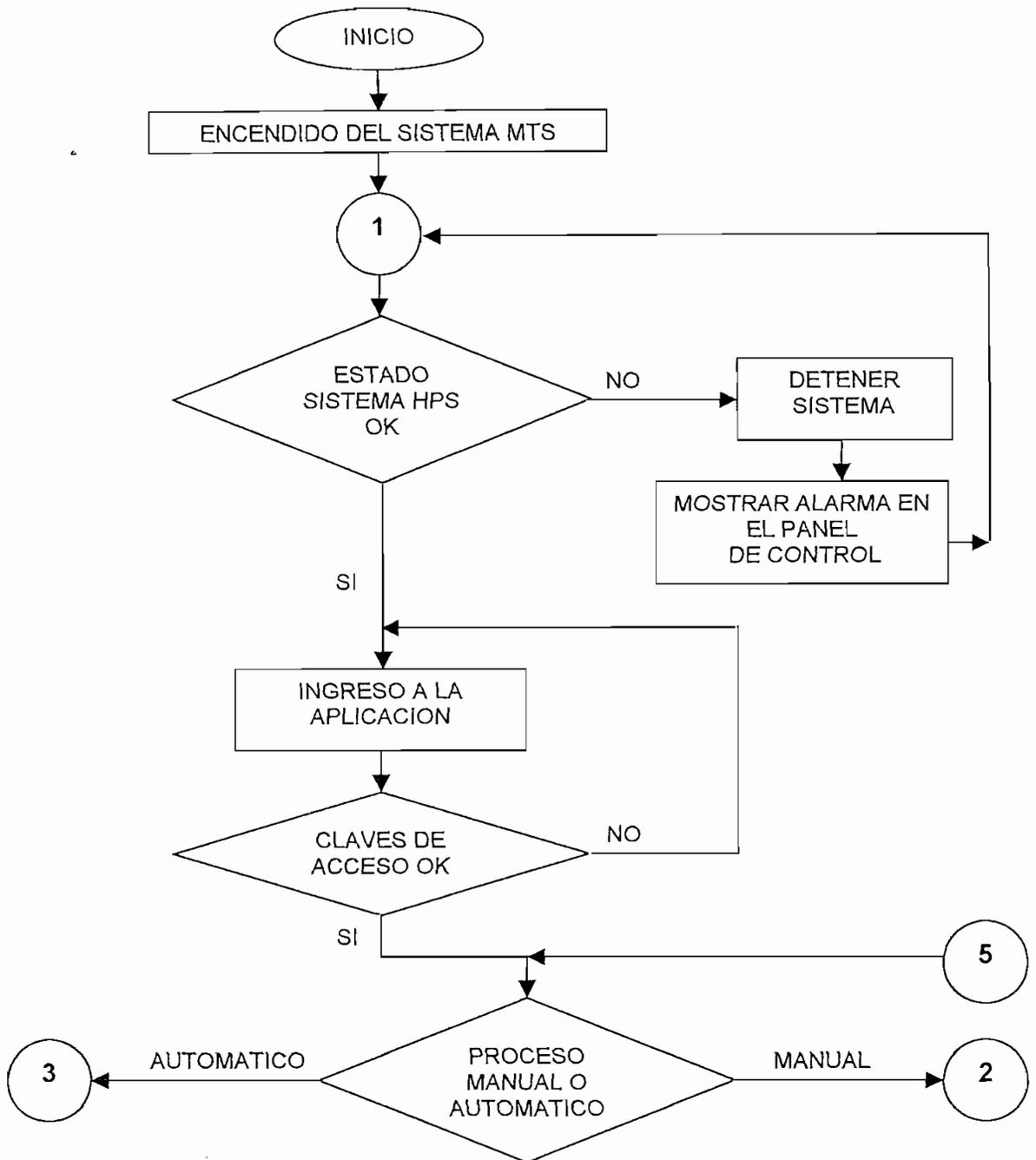


Figura 3.2.7 Diagrama de Flujo de la operación del sistema MTS.

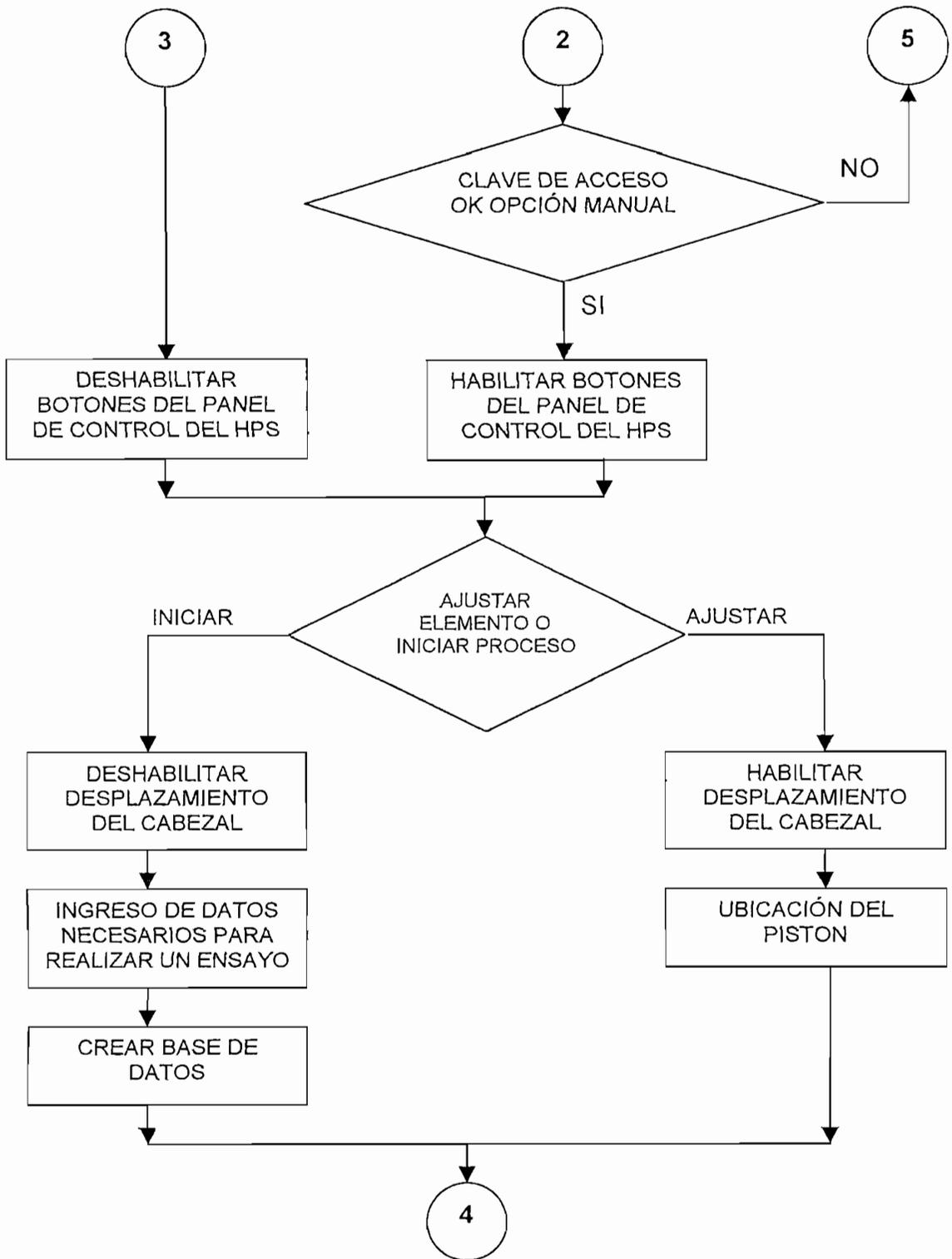


Figura 3.2.7 (Continuación) Diagrama de Flujo de la operación del sistema MTS.

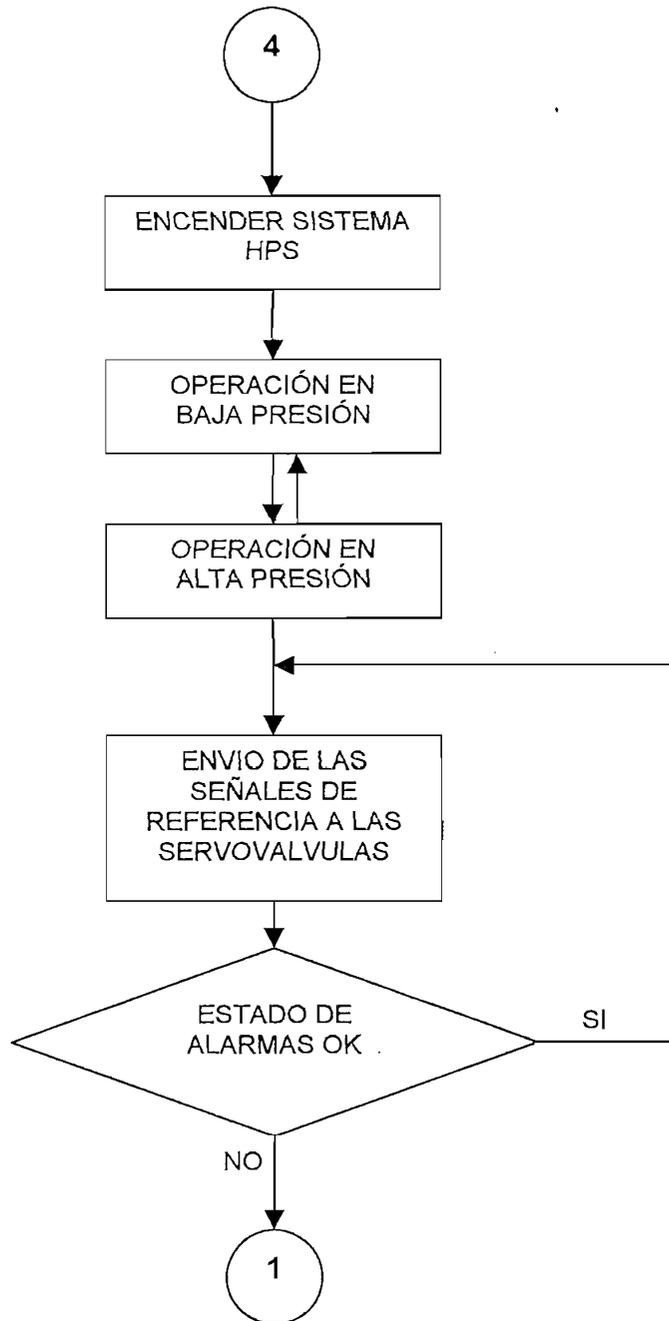


Figura 3.2.7 (Continuación) Diagrama de Flujo de la operación del sistema MTS.

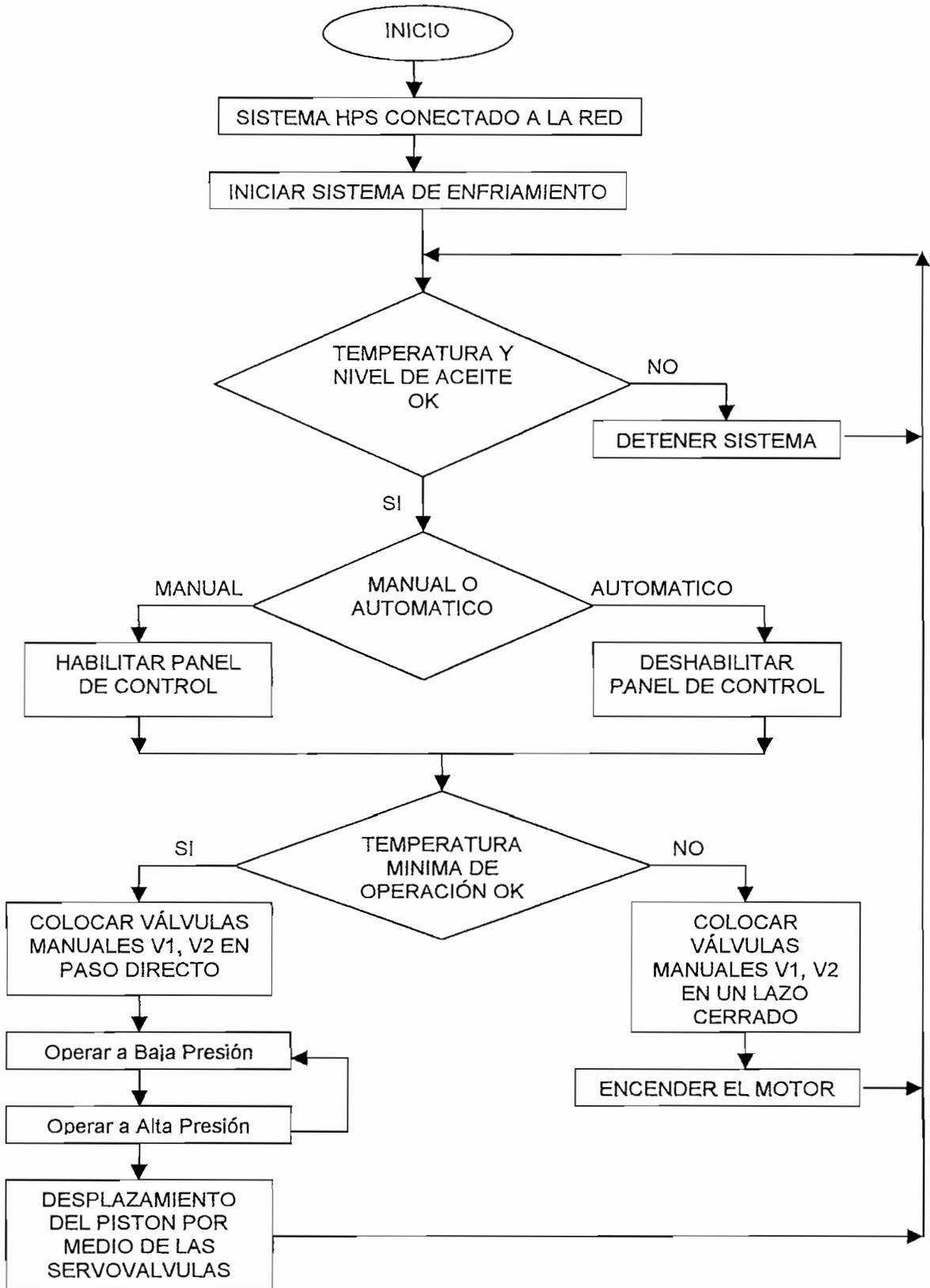


Figura 3.2.8 Diagrama de Flujo de la operación del sistema HPS.

3.2.2.4 Pantalla "INGRESAR VALORES".

Esta Pantalla se muestra en la Figura 3.2.9, es utilizada para ingresar los datos necesarios para realizar un ensayo y escoger las señales de referencia, tanto para el movimiento¹⁶ axial como para el desplazamiento angular del émbolo. La explicación de cada icono de la Pantalla se da en la Tabla 3.6.

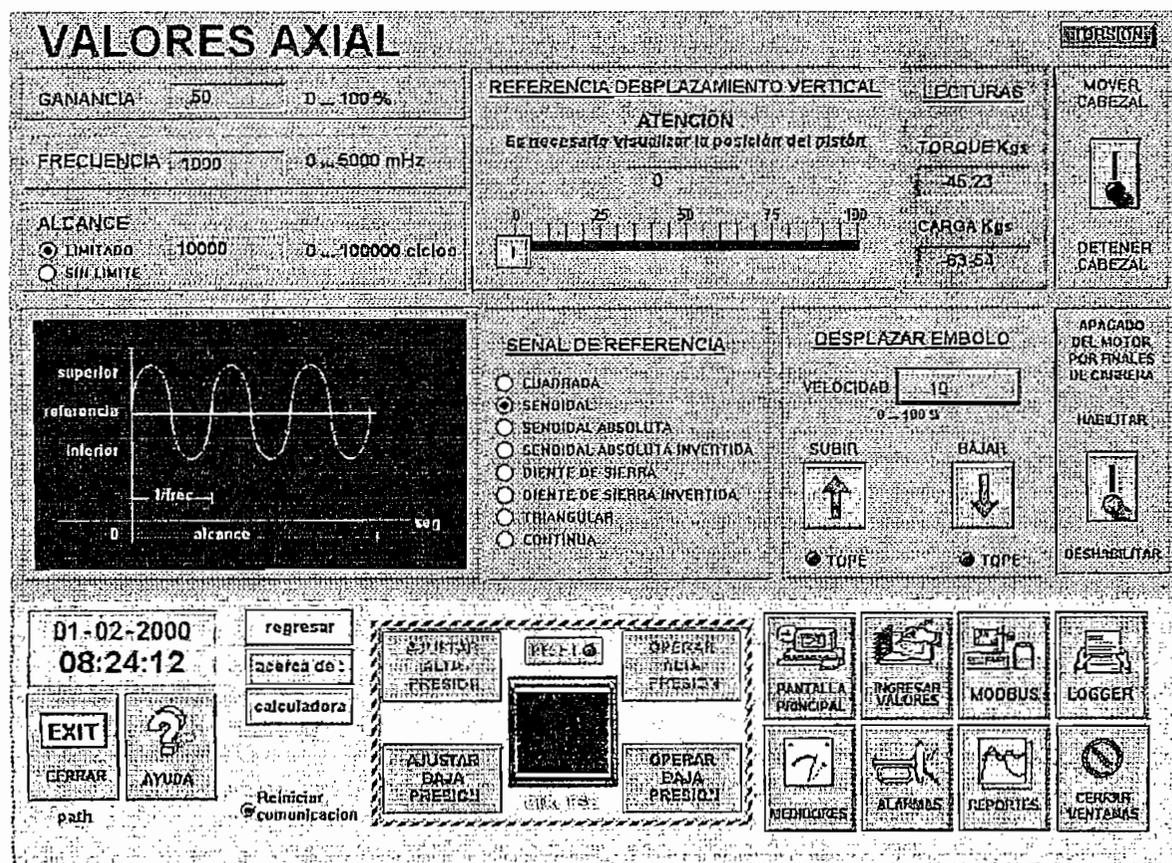


Figura 3.2.9 Pantalla "Ingresar Valores".

¹⁶ Es más que necesario recalcar, que el operario debe ser personal calificado, ya que de acuerdo a los datos ingresados, dependerá la movilización del émbolo para un ensayo, entonces un indiscriminado ingreso de datos puede provocar daños en el sistema Hidráulico

ICONO	DESCRIPCIÓN
Referencia	Es el Set Point, el cual indica desde dónde comienza el nivel de referencia para la ejecución de un ensayo. Por ejemplo: la altura del émbolo para un proceso axial o el ángulo de desplazamiento para un proceso torsional
Ganancia	Determina la velocidad máxima con la que opere el émbolo para el ensayo, controlando la apertura de las válvulas, se encuentra en un límite de 0 a 100% de velocidad
Frecuencia	Es la frecuencia con la cual la señal de referencia opera sobre las válvulas y por consiguiente sobre el émbolo, la misma que no debe exceder los 20 HZ [#] , por seguridad del equipo
Número de Ciclos	Escoger la duración del ensayo, la misma que tiene dos opciones de funcionamiento : <i>Limitado:</i> El ensayo dura solo el número preestablecido de ciclos, la cual depende de la frecuencia elegida. <i>Sin Limite:</i> El ensayo dura indefinidamente hasta que el operario lo crea conveniente, mientras el botón "OPERAR", este en estado de Encendido.
Mover cabezal – Detener cabezal	Habilita y deshabilita la electroválvula que logra colocar el cabezal en la posición deseada
Apagado del motor por finales de carrera	Habilita y deshabilita el apagado del motor que acciona la bomba al llegar a los límites permitidos de desplazamiento del pistón
Subir pistón – Bajar Pistón	Desplaza verticalmente el pistón para facilitar la colocación del elemento de ensayo
Jirar Horario – Jirar Antihorario	Desplaza angularmente el pistón para facilitar la colocación del elemento de ensayo
Tope	Indica si el pistón llegó a los límites permitidos por el marco de carga
Torsional	Permite acceder a la Pantalla "Torsional", para ingresar los datos necesarios, para el desplazamiento angular del pistón
Axial	Permite acceder a la Pantalla "Axial", para ingresar los datos necesarios, para el movimiento vertical del pistón
[#] Por limitaciones del PLC, no es posible obtener señales de referencia a más de 5 Hz, salvo para una señal de referencia Cuadrada, la cual puede operar hasta los 20 Hz.	

Tabla 3.6 Descripción de la Pantalla "Ingresar Valores".

ICONO	DESCRIPCIÓN
Señal de Referencia	Esta señal es con la cual el émbolo es controlado por medio de las válvulas, las cuales son: cuadrada, senoidal, senoidal absoluta, senoidal absoluta invertida, diente de sierra, triangular, diente de sierra invertida y continua
Carga	Indica el valor de carga enviada al elemento de ensayo en Kilogramos
Torque	Indica el valor del torque enviado al elemento de ensayo en Kilogramos
Velocidad	Es la rapidez con que se desplaza el embolo

Tabla 3.6 (Continuación) Descripción de la Pantalla “Ingresar Valores”.

3.2.2.5 Pantalla “REPORTES”.

Esta es una opción, aparte de los InSQL, para crear gráficos y una base de datos, pero con una limitación de solo 500 valores por un determinado intervalo de tiempo.

Se detalla su descripción en la Tabla 3.7, y se puede observar la pantalla en la Figura 3.2.10.

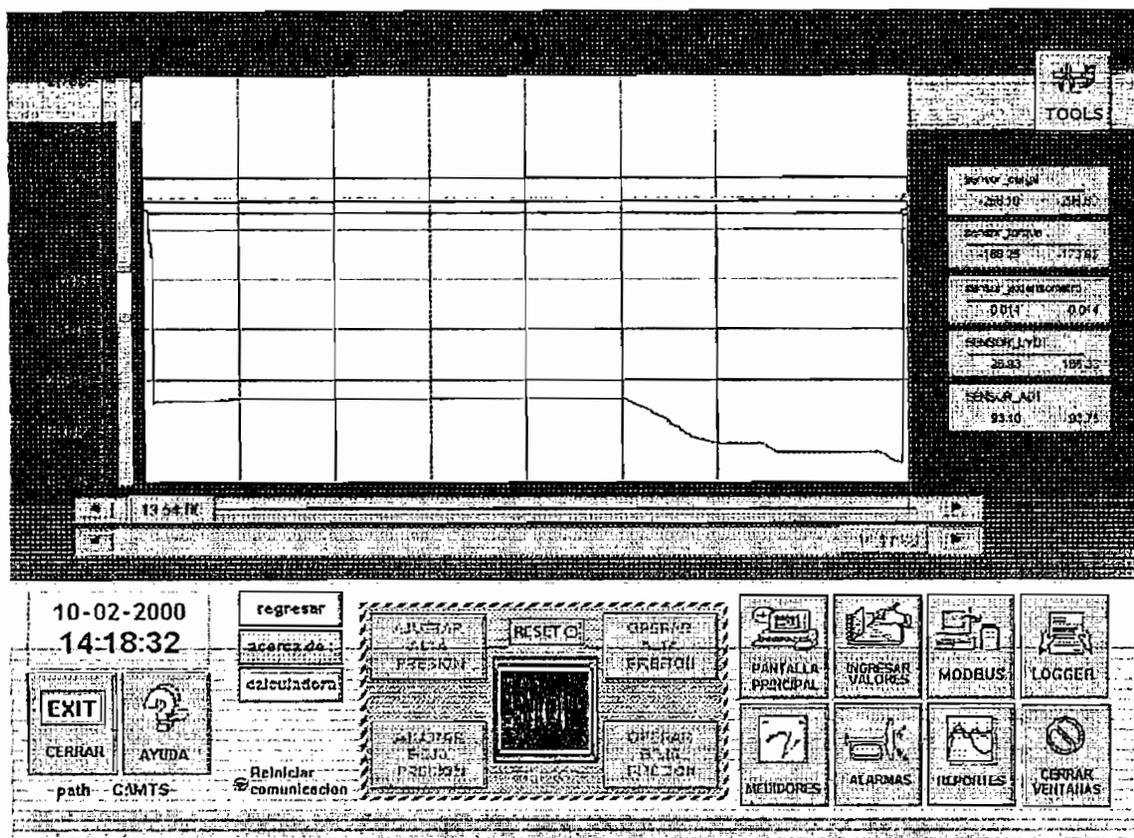


Figura 3.2.10 Pantalla "Reportes".

ICONO	DESCRIPCIÓN
Cuadro de Gráficas *	Es dónde van a ser mostradas las señales de los sensores, los cuales son: Sensor de Carga, Torque, extensómetro, LVDT y ADT. Además, graba el número de ciclos para un ensayo de Fatiga.
Tools	Presenta una pequeña Pantalla auxiliar, (Figura 3.2.10) con herramientas para el manejo de la Pantalla "Historial".

* Para determinar el intervalo de tiempo en el cual se desea registrar los valores de los sensores, es necesario hacer doble clic sobre el cuadro de gráficas, donde aparece el ingreso del intervalo de tiempo (el tiempo inicial y rango del mismo),

Tabla 3.7 Descripción de la Pantalla "Reportes".

La pantalla "Reportes" posee una Ventana auxiliar "Tools", (Figura 3.2.11), cuya operación se muestra en la Tabla 3.8.

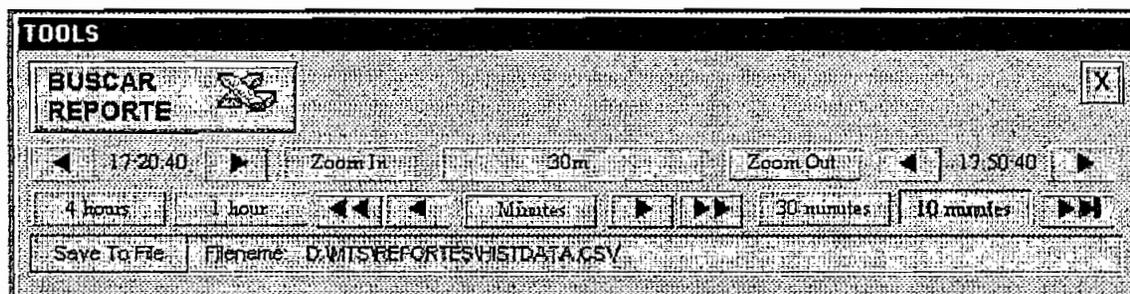


Figura 3.2.11 Ventana auxiliar "Tools", de la Pantalla "Reportes".

ICONO	DESCRIPCIÓN
Save to File	Guarda la base datos en el lugar que especifique el operador, como un archivo con la extensión CSV, el mismo que puede ser visto en Excel.
Buscar Reporte	Activa el programa EXCEL de Microsoft Office y la opción Abrir, que permite buscar en el lugar donde se guardó la base de datos creada.
Cuadro de controles	Permite modificar los gráficos, con opciones de Zoom, gráfico anterior y posterior.

Tabla 3.8 Descripción de la Ventana Auxiliar "Tools".

3.2.2.6 Pantalla "ALARMAS".

Dentro de todo proceso es necesario tener presente las limitaciones del sistema, por lo que resulta imprescindible tener un registro de las señales de entrada y salida de un proceso, y llegar a conocer cuando exista problemas con una de ellas, motivo por el cual se dispone de una Pantalla de registro de Alarmas, (Figura 3.2.12), cuya aplicación se muestra en la Tabla 3.9.

ALARMAS HISTORIAL

DD	MM	AAAA	HH	MM	SS	PM	EVT	Type	Fri	Nome	Value	Unit	Ack	Sto
04	Feb	2000	07:04	40		PM	RTN	DISC	1	TOPE_BAJAR_EMBO	OFF/		ON	ACK_RTN
04	Feb	2000	07:04	42		PM	RTN	DISC	1	TOPE_BAJAR_EMBO	OFF/		ON	ACK_RTN
04	Feb	2000	07:04	43		PM	RTN	HIHI	1	LECTURA_ADT	29076/32000		ACK_RTN	
04	Feb	2000	07:04	45		PM	RTN	DISC	1	TOPE_GIRO_HORAR	OFF/		ON	ACK_RTN
04	Feb	2000	07:04	45		PM	RTN	HIHI	1	LECTURA_ADT	26374/32000		ACK_RTN	
04	Feb	2000	07:04	46		PM	RTN	DISC	1	TOPE_GIRO_HORAR	OFF/		ON	ACK_RTN
04	Feb	2000	07:04	46		PM	RTN	DISC	1	TOPE_BAJAR_EMBO	OFF/		ON	ACK_RTN
04	Feb	2000	07:04	47		PM	RTN	HIHI	1	LECTURA_ADT	29076/32000		ACK_RTN	
04	Feb	2000	07:04	48		PM	ACK	HIHI	999	System Ack	ON/		OFF	
04	Feb	2000	07:04	48		PM	ACK	HIHI	1	LECTURA_ADT	32766/32000		ACK_ALM	
04	Feb	2000	07:04	48		PM	ACK	DISC	1	TOPE_GIRO_HORAR	ON/		ON	ACK_ALM
04	Feb	2000	07:04	48		PM	ACK	LOLO	1	LECTURA_LVDT	40/	100	ACK_ALM	
04	Feb	2000	07:04	48		PM	ACK	DISC	1	OK_VALVE_TORSIO	OFF/		OFF	ACK_ALM
04	Feb	2000	07:04	48		PM	ACK	DISC	1	OK_VALVE_AXIAL	OFF/		OFF	ACK_ALM
04	Feb	2000	07:04	49		PM	RTN	DISC	1	TOPE_GIRO_HORAR	OFF/		ON	ACK_RTN
04	Feb	2000	07:04	49		PM	RTN	LOLO	1	LECTURA_LVDT	160/	100	ACK_RTN	
04	Feb	2000	07:04	49		PM	RTN	HIHI	1	LECTURA_ADT	26272/32000		ACK_RTN	

04-02-2000 19:04:50

regresar
apercer de
calculadora

Reiniciar comunicacion

path: C:\MTS

AJUSTAR ALTA PRESION
 AJUSTAR BAJA PRESION
 OPERAR ALTA PRESION
 OPERAR BAJA PRESION
 PANTALLA PRINCIPAL
 INGRESAR VALORES
 MODBUS
 LOGGER
 MEDIDORES
 ALARMAS
 REPORTES
 CERRAR VENTANAS

Figura 3.2.12 Pantalla "Alarmas".

ICONO	DESCRIPCIÓN
Cuadro de Eventos	Registra y visualiza, las señales de entrada y salida del sistema MTS.
Notepad	Abre el Notepad, para ver el archivo que registra las alarmas.
Pagina Siguiente	Permite ver la información posterior en el cuadro de eventos.
Pagina Anterior	Permite ver la información anterior en el cuadro de eventos.
Reconocer Alarmas	Reconoce una llamada de advertencia de una alarma.

Tabla 3.9 Descripción de la Pantalla "Alarmas".

3.2.2.7 Pantalla "MEDIDORES".

Esta pantalla (Figura 3.2.13) permite observar los valores de las variables involucradas en el ensayo del material, las cuales se detallan en la Tabla (3.10).

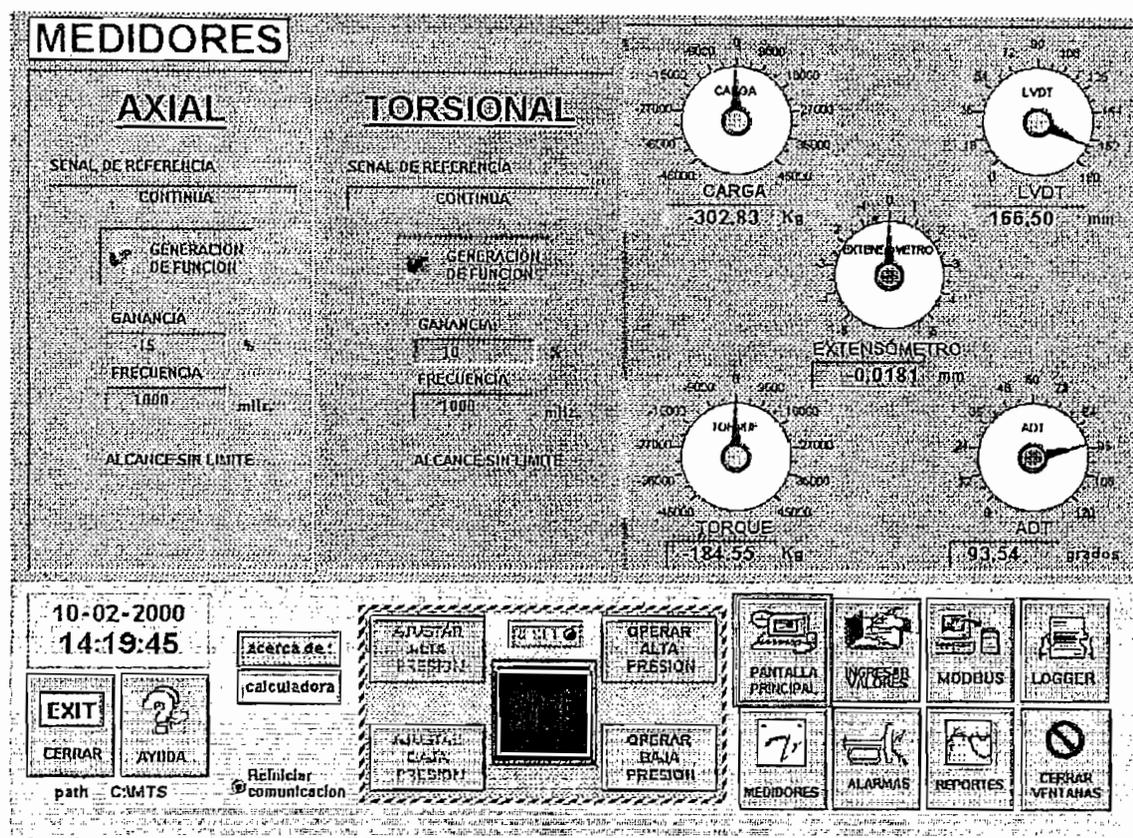


Figura 3.2.13 Pantalla "Medidores".

ICONO	DESCRIPCIÓN
Ganancia (Axial/Torsional)	Define la velocidad con que se mueve el pistón
Frecuencia (Axial/Torsional)	Mide la frecuencia de las señales de referencia
Señal de referencia (Axial/Torsional)	Indica el tipo de señal enviada a la servovalvula
# Ciclos (Axial/Torsional)	Cuenta los ciclos de la señal de referencia
Generación de señal OK	Define si está en operación el generador de funciones
Carga	Indica la carga que se entrega a la probeta
Torque	Indica el torque que se entrega a la probeta
Extensómetro	Indica la deformación longitudinal de la probeta
LVDT	Muestra la señal del sensor LVDT
ADT	Muestra la señal del sensor ADT

Tabla 3.10 Descripción de las variables medidas en la pantalla "Medidores".

Para facilitar al usuario el ingreso a la aplicación se define la creación de un acceso directo al programa, como sigue:

3.2.2.8 Creación del acceso directo.

Para crear el acceso directo a la aplicación se debe seguir los siguientes pasos:

- 1 Se debe *Copiar* del CD, la carpeta "MTS" en un directorio raíz.
Ejemplo: C:\MTS.
- 2 Iniciar el *Intouch Application Manager*, (Figura 3.2.14), luego ir hacia *Tools*, a *Find Applications* y a continuación buscar donde se copió anteriormente el programa.

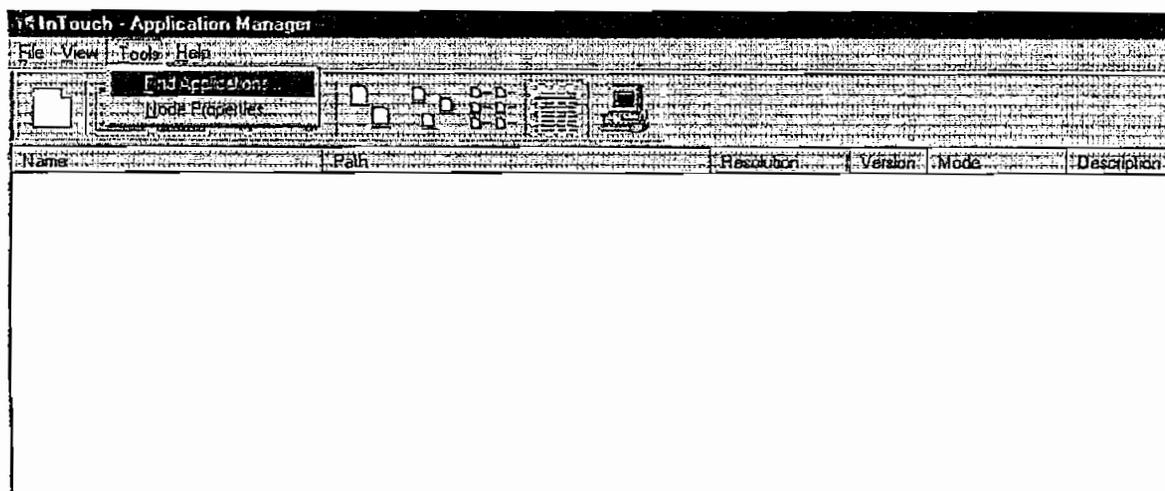


Figura 3.2.14 Intouch Application Manager.

- 3 Crear el icono de acceso directo *Intouch Window Viewer*¹⁷, (Figura 3.2.15), hacia el escritorio, lo que permite ejecutar la aplicación, el mismo que puede ser editado a voluntad del usuario.

¹⁷ No es necesario iniciar el Intouch Window Maker, debido a que el programa desarrollado es solo ejecutable y no puede ser modificado por ningún concepto.

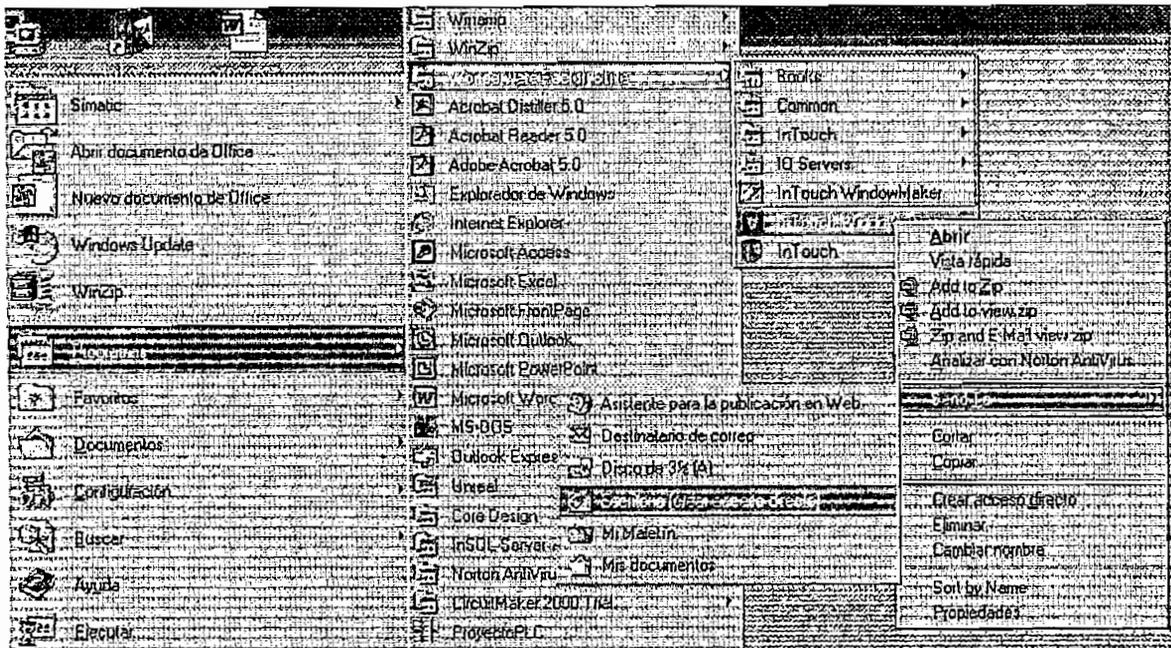


Figura 3.2.15 Acceso directo del Intouch Window Viewer.

3.2.3 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN.

El computador para comunicarse con elementos externos emplea protocolos normalizados; así, que para enlazar el Software FactorySuite con el dispositivo de control (PLC) se emplea un programa intermediario llamado I/O Server.

3.2.3.1 Protocolo Modbus I/O Server.

El Wonderware® Modicom MODBUS I/O Server es una aplicación de Microsoft® Windows que actúa como un protocolo de comunicación Servidor, el cual permite a otras aplicaciones de Windows acceder a datos del Controlador Lógico Programable (PLC) perteneciente a la familia Modicom. El Wonderware Modicom MODBUS I/O Server se comunica con el PLC vía conexión serial RS-232 o RS-485. Cada servidor puede soportar hasta 247 PLCs.

3.2.3.2 Protocolo DDE.

El DDE (Dynamic Data Exchange) es un protocolo de comunicación desarrollado por Microsoft para permitir a las aplicaciones en un ambiente de Windows a enviar

o recibir datos e instrucciones. Se implementa una relación Cliente-Servidor entre dos aplicaciones que estén ejecutándose de forma simultánea. La aplicación Servidor provee los datos y acepta solicitudes de cualquier aplicación interesada en estos datos. Las aplicaciones solicitantes son llamadas clientes. Algunas aplicaciones tales como InTouch y Microsoft Excel pueden simultáneamente, cualquiera de las dos, actuar como Cliente o Servidor. También permite el enlace entre el computador y el Controlador Lógico Programable PLC, mediante la escritura o lectura de datos al PLC a través del servidor; por ejemplo, variar el rango de tiempo en un temporizador, cambiar el estado de una salida discreta, visualizar la señal que envía un sensor por medio de leer una entrada analógica, verificar el estado del PLC, etc.

3.2.3.3 Configuración del protocolo Modbus I/O Server.

Para la correcta comunicación entre el computador y el PLC por medio del I/O Server MODBUS se debe realizar las siguientes configuraciones (Figura 3.2.16), configurar el puerto de comunicación cuya descripción se da en la Tabla 3.11 y definir el nombre del tópico (Topic Name).

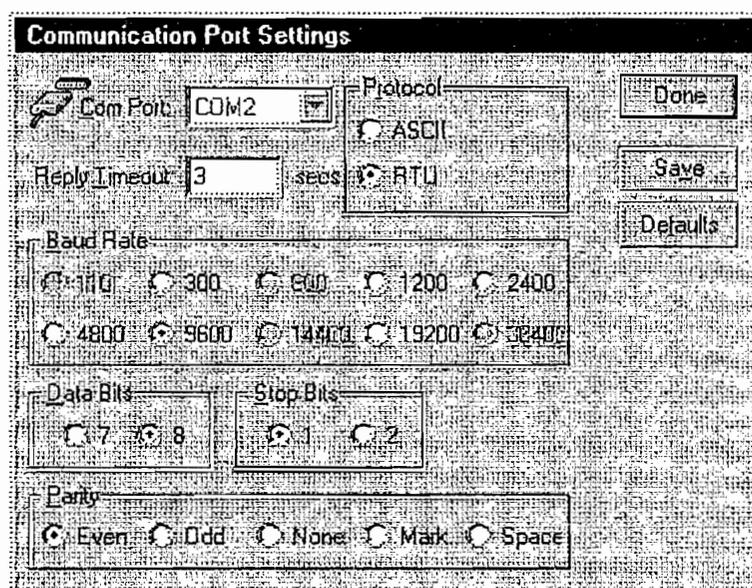


Figura 3.2.16 configuración del puerto de comunicación.

Com Port	Puerto de comunicación serial (COM2)
Reply Timeout	Rango de tiempo en el que todos los PLCs conectados vía esta comunicación estarán dando respuesta a los comandos del servidor, se recomienda un valor mínimo de 3s
Protodolo	ASCII 7 bits RTU 8 bits El protocolo en el que el PLC opera es RTU
Baud Rate	Velocidad de comunicación (9600bps)
Data Bits	Bits de datos (8)
Stop bits	Bits de parada (1)
Parity	Paridad (par)

Tabla 3.11 Descripción de la ventada de conFiguración del puerto.

La definición del Topic Name en Modbus se realiza con la ventana de dialogo de la Figura 3.2.17, cuya descripción esta en la Tabla 3.12.

MODBUS Topic Definition

Topic Name:

Com Port: Slave ID:

Slave Device Type:

Use Concept Data Structures

String Variable Style:

- Full length (padded with spaces on the end)
- C style (end marked by zero byte)
- Pascal style (first byte contains length)

Register Type:

- BINARY
- BCD

Block I/O Sizes:

Coil Read: Register Read:

Coil Write: Register Write:

Update Interval: msec

OK Cancel

Figura 3.2.17 Definición del Topic Name.

Topic Name	Nombre que se da al conjunto de etiquetas desarrolladas en el Software FactorySuite, que sirve para realizar el enlace PC – PLC.
Com Port	Puerto de comunicación serial (COM2)
Slave ID	Número de asignación del PLC para su direccionamiento
Slave Device type	Tipo de registros del PLC, modelo de 6 dígitos (16bits)
Use Concept Data structures	Habilita el uso de estructuras desarrolladas en el software de programación Concept
String Variable Style	Opción para el almacenamiento de palabra en el PLC
Register type	Formato de operación de los registros: Binario o hexadecimal NOTA: en la opción hexadecimal se produce errores de conversión en el enlace PLC-PC
Block I/O Sizes	Asignación del número de Registros de lectura escritura discretos y registros de lectura escritura analógicos
Update Interval	Intervalo de actualización de todas las variables involucradas en el proceso

Tabla 3.12 Descripción del Tópico Modbus.

3.2.4 CONECCIONES EXTERNAS.

Se refiere al cableado externo entre el PLC y el sistema MTS. La asignación de terminales de cada una de las entradas/salidas del PLC se muestra en la Tabla 3.13.

ENTRADAS DISCRETAS		
# ENTRADA	NOMBRE	FUNCIÓN
1	STOP	Recibe la señal del botón de Paro del sistema
2	Start HPS	Censa si el sistema HPS arrancó
3	Falla HPS	Verifica si el sistema HPS está energizado
4	Subir Pistón	Sube el pistón hacia la posición deseada
5	Bajar Pistón	Baja el pistón hacia la posición deseada
6 - 8		No utilizadas

Tabla 3.13 Entradas/Salidas del PLC.

SALIDAS DISCRETAS		
# SALIDA	NOMBRE	FUNCIÓN
1	K0	K0 = 0 Automático; K0 = 1 Manual
2	Error envío	Problemas de comunicación PLC-Computador
3	Lock	Habilita el desplazamiento del cabezal
4	High	Envía alta presión al sistema
5	Start	Arranca el HPS en baja presión
6	Aux Stop	Permite detener el sistema desde el PLC
7	Stop foco	Indica si el sistema esta en PARO
8	Falla HPS foco	Muestra si el sistema HPS está conectado a la red
ENTRADAS ANALÓGICAS		
# ENTRADA	NOMBRE	FUNCIÓN
1	LVDT	Recibe la señal del sensor LVDT, que determina el desplazamiento vertical del pistón
2	ADT	Recibe la señal del sensor ADT, que determina el desplazamiento angular del pistón
3	Extensómetro	Mide la deformación longitudinal del elemento de ensayo
4	Carga	Censa la carga que el pistón entrega al espécimen
5	Torque	Censa El torque que el pistón entrega al espécimen
SALIDAS ANALÓGICAS		
# ENTRADA	NOMBRE	FUNCIÓN
1	Axial	Envía la señal de referencia a la servoválvula axial
2 y 4		No utilizadas
3	Torsión	Envía la señal de referencia a la servoválvula Torsional

Tabla 3.13 (Continuación) Entradas/Salidas del PLC.

A continuación se muestra la asignación de terminales para la conexión del Sistema de Poder Hidráulico (HPS), (Tabla 3.14). En lo posterior en la Figura 3.2.18 se muestra el diagrama de conexión entre el PLC y el sistema HPS.

Conector J19	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
Bornera del HPS	7	3	7	19	10	16	17			15	12		9	

Tabla 3.14 Terminales de la bornera del Panel de Control del HPS.

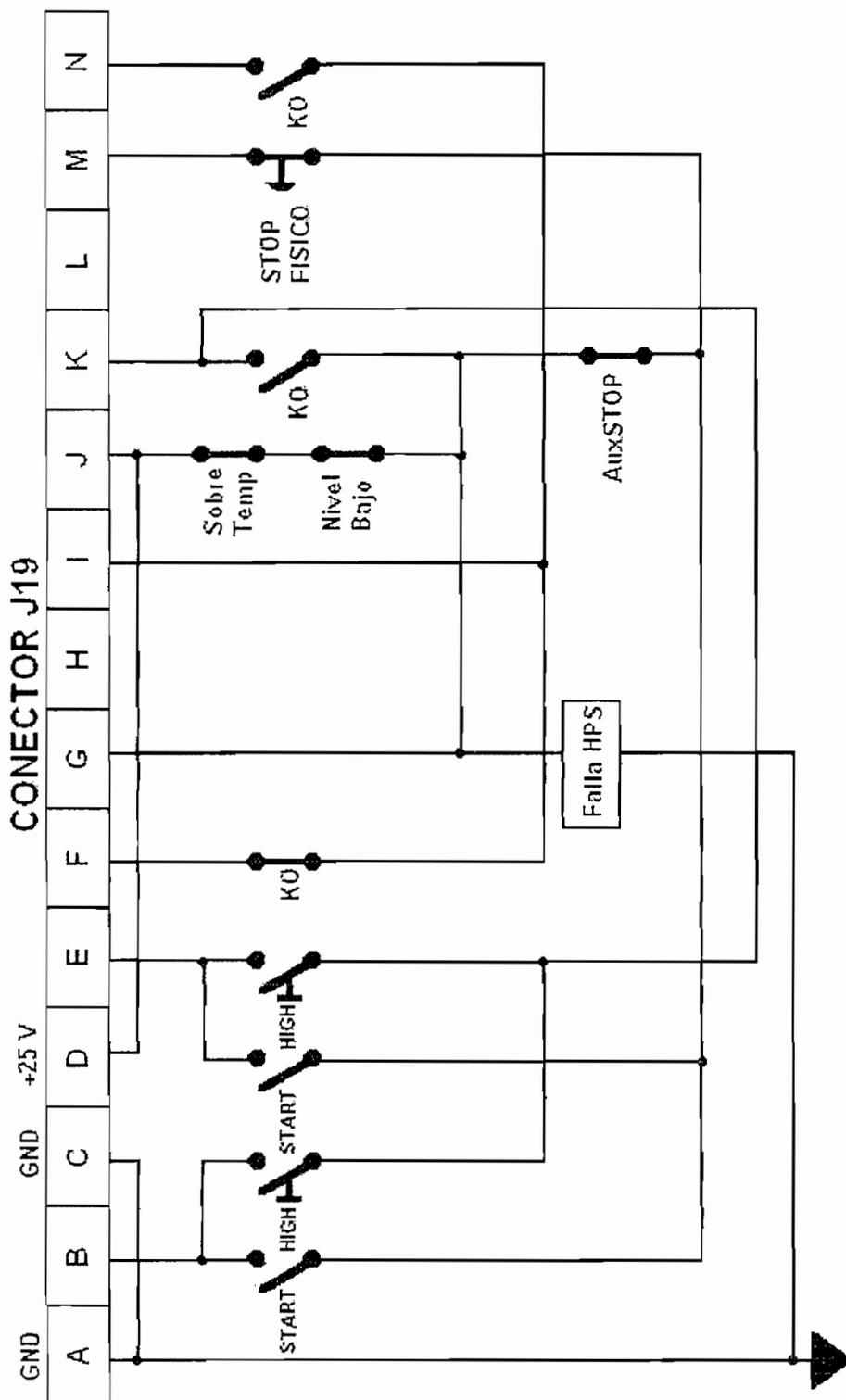


Figura 3.2.18 Conexión PLC - HPS.

La lógica que sigue es la mostrada en el diagrama de flujo de la Figura 3.2.19.

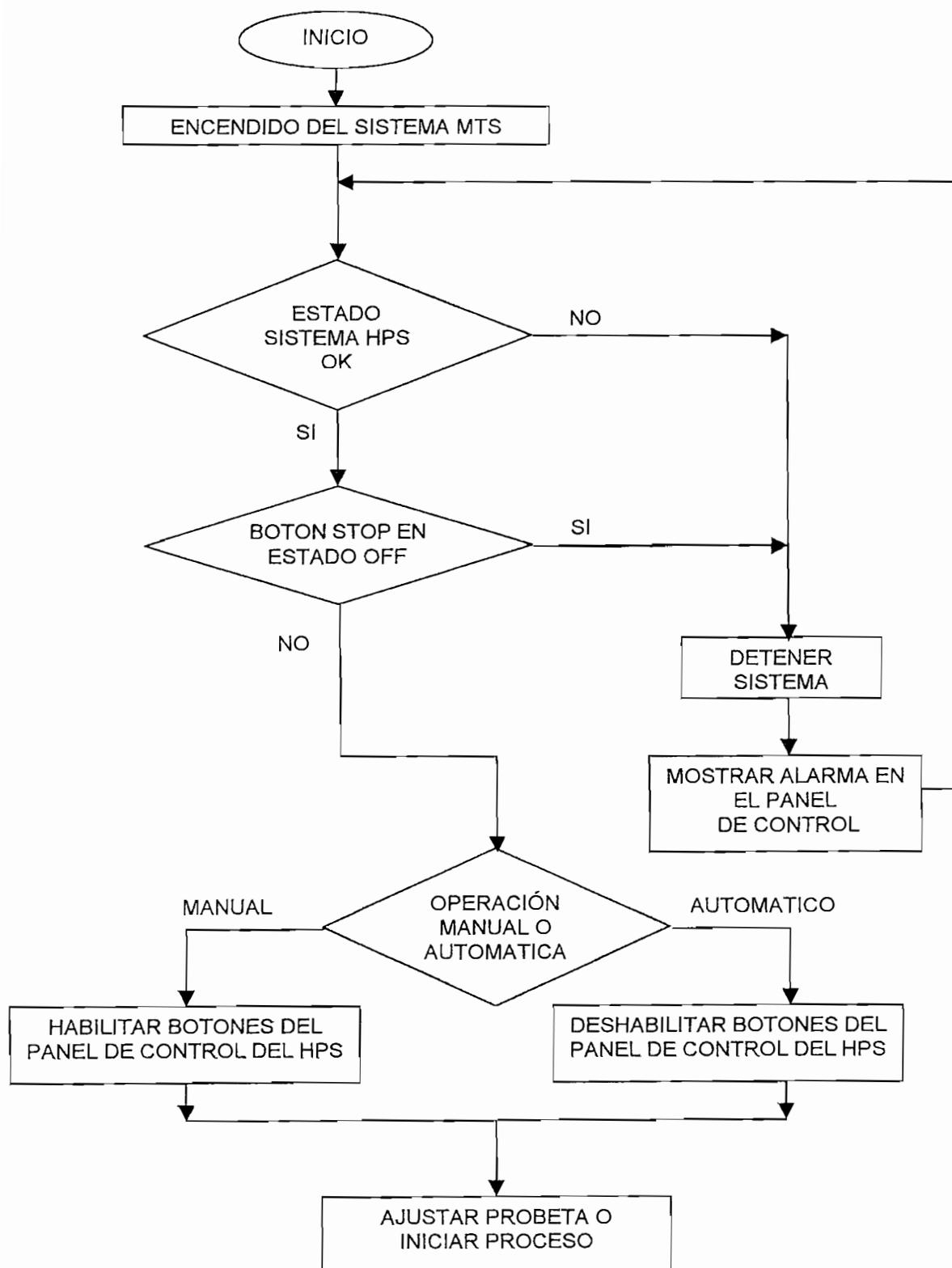


Figura 3.2.19 Diagrama de Flujo de la Conexión PLC – HPS.

Para no obtener datos erróneos es necesario la calibración de las tarjetas acondicionadoras de señal, las mismas que deben tener una salida de voltaje normalizada de 0 a 10 Voltios que es el rango que acepta las entradas analógicas del PLC dichas tarjetas están localizadas dentro del panel de control y para realizar la calibración efectuar los siguientes pasos:

1. Asegurarse que los cinco sensores estén conectados a las tarjetas de acondicionamiento dentro del panel de control, para mantener una carga uniforme a las fuentes de DC.
2. Enviar al sensor que se requiera calibrar el valor máximo cuyo rango lo permita; así:
 - El valor máximo del sensor LVDT es 162 mm de desplazamiento vertical.
 - El valor máximo del sensor ADT es de 100° de desplazamiento angular.
 - El valor máximo del sensor de Carga es 20 Toneladas.
 - El valor máximo del sensor de Torque es 20 Toneladas.
 - El valor máximo del sensor Extensómetro es de 10 mm de desplazamiento vertical.
3. Por medio del potenciómetro ubicado sobre la tarjeta de acondicionamiento, la misma que se localiza dentro del panel de control, setear para el valor máximo enviado al sensor una salida de 10 Vdc.

El sistema HMI está diseñado para mejorar el uso y facilitar el manejo de la maquina de ensayos MTS, entonces en el siguiente capítulo se mostrará los resultados de las pruebas efectuadas para un elemento de ensayo dado.

CAPITULO 4

CAPITULO 4

PRUEBAS Y RESULTADOS

Después de desarrollar el SCADA (Supervisory, Control And Data Acquisition) para automatizar el Sistema de Análisis de Esfuerzos (MTS), se procedió a diseñar pruebas y obtener resultados que verifiquen la correcta operación de todo el conjunto. Las pruebas que se realizaron tienen que ver con:

- Pruebas de la operación de la Fuente de Poder Hidráulica (HPS).
- Pruebas de la Interfaz Hombre Máquina (HMI).
- Detección de fallas en la comunicación PLC – PC.
- Ensayo de Tensión a una probeta y presentación de resultados.

4.1 PRUEBAS DEL HARDWARE.

En esta parte se comprobó la operación del Marco de Carga, del sistema de enfriamiento y del HPS cuyo objetivo es proporcionar el flujo adecuado de aceite hacia las servoválvulas que controlan el pistón, el mismo que entrega carga y torque al elemento de ensayo (Probeta).

Dentro de la parte mecánica del sistema se revisaron y comprobaron las partes siguientes:

- Al encender el motor trifásico que acciona la bomba en un arranque Y- Δ , éste proporciona un nivel mínimo de presión al sistema (150 PSI). Luego el sistema HPS fué puesto a operar en alta presión entregando el nivel máximo de presión al sistema (3000 PSI). El sistema HPS pudo ser conmutado de alta a baja presión o viceversa primero controlado por el computador y luego controlado de forma manual de acuerdo a los requerimientos impuestos por el operario. Las pruebas realizadas demostraron que esta parte estuvo trabajando correctamente.

- El sistema HPS dispone de indicadores que muestran la temperatura y el nivel del aceite en el reservorio. Para evitar que el aceite sobrepase el nivel máximo de temperatura (135 °C) y que el tanque se quede vacío, el HPS posee dos sensores que detectan estas anomalías los mismos que son aprovechados para detener el sistema y alertar al usuario de estas irregularidades. Estos indicadores y sensores funcionaron correctamente.
- El motor que acciona la bomba de enfriamiento y el intercambiador de calor suplieron los requerimientos impuestos por el sistema MTS para evitar un sobrecalentamiento del aceite y posterior daño de las servoválvulas.
- En la operación del sistema MTS intervienen cinco válvulas: dos servoválvulas, una electroválvula y dos válvulas manuales. El control del movimiento tanto lineal como angular del pistón se realiza por medio de la operación de dos servoválvulas: una axial y otra torsional, las mismas que funcionan con un voltaje (-5 a +5 Vdc) que es controlado desde el PLC. Para habilitar el desplazamiento del Cabezal es necesario energizar la electroválvula localizada sobre el mismo con un voltaje de 24 Vdc y las válvulas manuales UP, DOWN (Figura 3.2.5) ubicadas a un costado del Marco de Carga que mueven el Cabezal hacia la posición deseada. Al ser energizados con los voltajes indicados todas las válvulas descritas funcionaron óptimamente.
- Para el análisis de las características de un material, el sistema posee cinco sensores analógicos que son: dos galgas que miden carga y torque, un LVDT que mide desplazamiento lineal, un ADT que mide desplazamiento angular y una galga que mide la deformación lineal del espécimen. La señal de estos sensores son enviadas a tarjetas de acondicionamiento para obtener salidas normalizadas de voltaje (0 – 10 Vdc) que son aceptadas por el PLC. Estas tarjetas se encuentran dentro del Panel de Control y fueron probadas cada una de ellas por medio de enviar señal (milivoltios) del sensor correspondiente, para luego ser calibradas hasta el valor aceptado por las entradas analógicas del PLC.

- El sistema tiene cuatro Fuentes de Voltaje DC que proporcionan diferentes niveles de voltaje que son utilizados por los diferentes dispositivos del sistema que son:
 1. Fuente de +24 Vdc, que energiza el Controlador Lógico Programable (PLC).
 2. Fuente de ± 15 Vdc, que es usada para amplificar corriente de las señales enviadas desde el PLC hacia las servoválvulas.
 3. Fuente + 24 Vdc, Energiza los relés que controlan el funcionamiento del motor trifásico que acciona la bomba hidráulica.
 4. Fuente ± 26 Vdc, +10 Vdc, es utilizada para energizar las tarjetas acondicionadoras de señal enviadas por los sensores.

Las fuentes al ser energizadas independientemente con 120 Vac, entregaron cada una los valores correctos indicando que estaban en perfecto estado.

- El control del conjunto MTS, comunicación con el computador y lectura de los sensores para el análisis de resultados lo efectúa el PLC, el mismo que se encuentra dentro del Panel de Control. Las conexiones de su bornera se indican en la Tabla 3.12. La descripción de la comunicación PLC – Computador se probarán en el siguiente subtema.

4.2 PRUEBAS DEL HMI.

Los objetivos globales cumplidos por el HMI dentro del sistema MTS se describen a continuación:

CONFIABILIDAD: La operación del sistema resulta segura desde cualquier punto de vista ya que se ha tomado todas las precauciones que han sido necesarias para una correcta operación del sistema MTS y protección del operador.

SIMPLICIDAD: El programa resulta amigable y fácil de maniobrar de manera que reduce el tiempo de aprendizaje en la operación del sistema y en la elaboración de los ensayos.

CONSISTENCIA: Los resultados obtenidos después de las pruebas sobre un elemento produjeron información similar en todos los casos para un tipo de ensayo dado.

PORTABILIDAD: El programa desarrollado puede ser ejecutado en cualquier computador con un sistema operativo Windows 98, Windows 2000, Windows NT 4.0. con un Service pack 5.0 o inferior.

4.2.1 PRUEBAS IMPLEMENTADAS PARA EVALUAR LAS FALLAS EN EL SISTEMA.

Es indispensable tener precaución dentro de todo sistema HMI, por lo que se vio la obligación de monitorear los eventuales problemas que pueden ocurrir durante la operación del sistema.

El enlace PLC – PC se expuso a falla en la comunicación por medio de desconectar el cable de comunicación RS232 Modbus (Figura 2.1.5). Entonces al cabo de un intervalo de 0.5 segundos, que es el tiempo durante el cual el PLC espera señal del computador, apagó el sistema pues no recibió dicha señal debido a la falla a la que se sometió la comunicación. Además, el software de control (FactorySuite) esperó durante 8 segundos la señal del PLC y en ausencia de la misma mostró la pantalla de aviso en el computador (Figura 4.2.1).

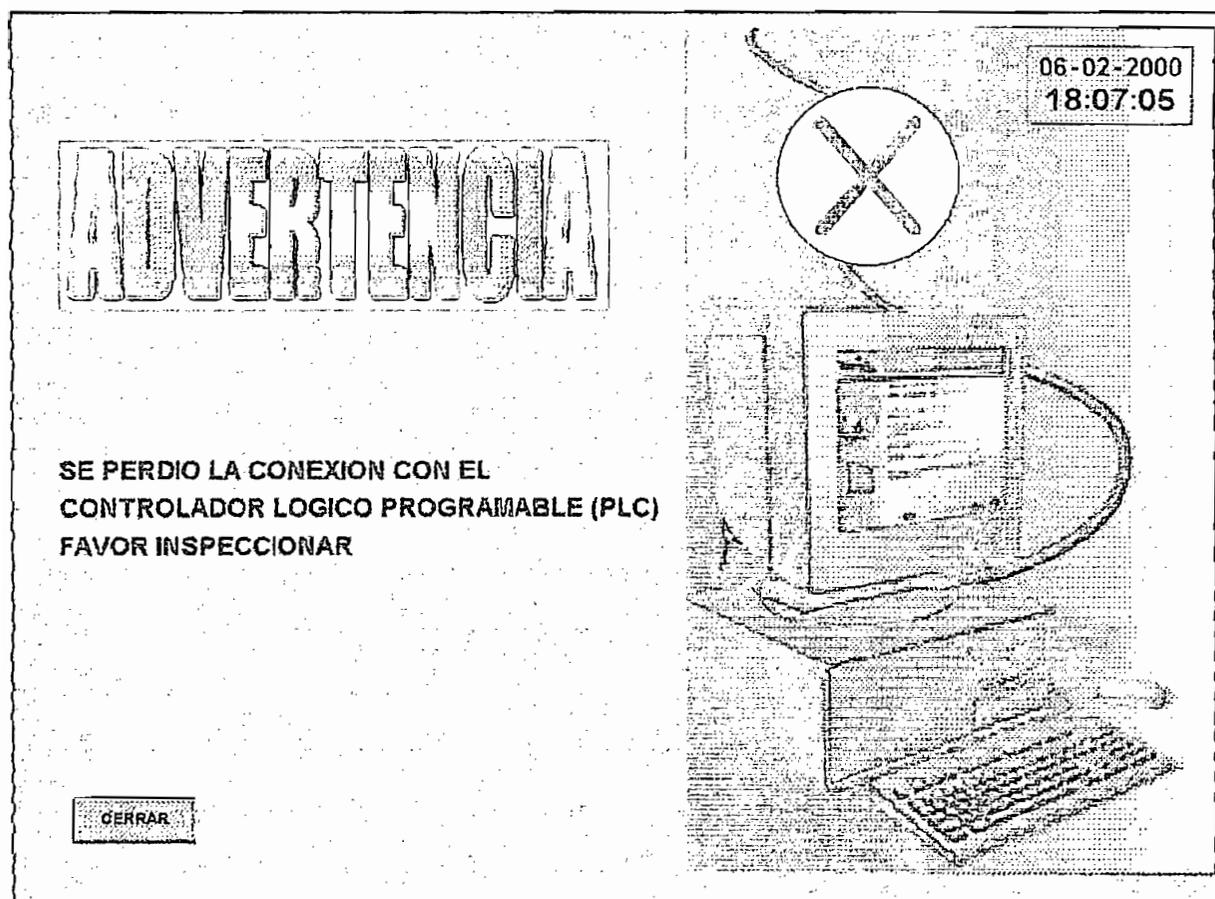


Figura 4.2.1 Pantalla “Falla de comunicación PLC – PC”.

Para la operación del programa de control se requiere iniciar otros programas¹⁸ que son necesarios para un correcto funcionamiento del sistema MTS. Cuando se cerró uno de estos programas se presentó la ventana de aviso que se observa en la Figura 4.2.2.

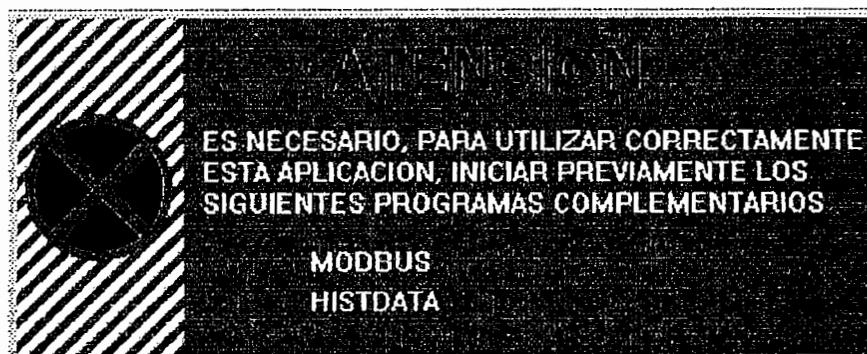


Figura 4.2.2 Ventana “Falla en los programas auxiliares”

¹⁸ Para mayor información sobre estos programas auxiliares favor remitirse a la sección 3.2.2.1.

El PLC para mantener el programa utiliza dos pilas de Litio las mismas que se encuentran dentro del Adaptador de Comunicación (Figura 2.1.5). Al remover estas pilas el PLC envió una señal de aviso hacia el programa de control para luego presentar la ventana de advertencia indicada en la Figura 4.2.3.



Figura 4.2.3 Ventana “Pilas del PLC en bajo nivel de voltaje”.

La Fuente de Poder Hidráulica (HPS) es quien entrega el flujo de aceite al sistema, por lo que es importante revisar su funcionamiento.

Al sistema HPS se lo hizo operar en un lazo cerrado para elevar la temperatura del aceite y se verificó el funcionamiento del sensor de sobretemperatura, el mismo que envió una señal hacia el PLC y éste desconectó todo el sistema por motivos de seguridad. Además, por esta anomalía el PLC envió una señal hacia el programa de control y éste mostró la ventana de advertencia (Figura 4.2.4). El mismo efecto se obtuvo al desconectar el motor que acciona la bomba hidráulica de la red trifásica de alimentación.

No se pudo realizar la prueba para detectar el nivel mínimo de aceite debido a que no se encontró un recipiente adecuado donde vaciar el aceite del reservorio.



Figura 4.2.4 Ventana "Falla en el sistema HPS".

Se verificó un ingreso de valores fuera del rango indicado por la variable. Por ejemplo, cuando se introdujo un valor superior al aceptado por la variable se presentó en la pantalla la ventana de aviso indicada en la Figura 4.2.5.

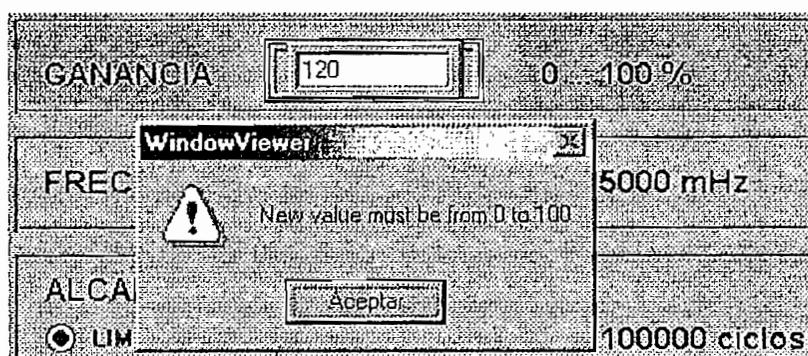


Figura 4.2.5 Ventana "Valor fuera de rango".

El programa de control discrimina entre valores reales, enteros y de palabra, motivo por el cual se probó un mal ingreso del tipo de datos, dando como

resultado un rechazo por parte del programa de control el cual mostró la ventana de advertencia de la Figura 4.2.6.

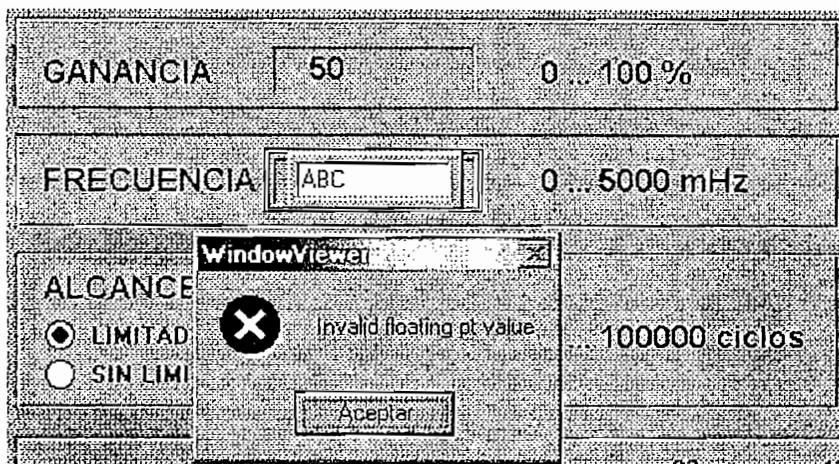


Figura 4.2.6 Ventana “ Tipo de datos erróneo”.

4.3 PRUEBAS DEL SISTEMA.

Para efectuar las pruebas del sistema se empleó una probeta de acero normalizada y a continuación se presenta el ensayo de Tensión realizado sobre dicha probeta, para analizar si los resultados obtenidos son coherentes con los valores de sus propiedades físicas y evaluar el margen de error existente en el sistema. Este tipo de ensayo fué posible pues el Laboratorio de Análisis de esfuerzos dispone de las mordazas correspondientes para sujetar el elemento de ensayo en el Marco de carga.

4.3.1 PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN

En esta sección se explica el procedimiento general para operar y realizar un ensayo modelo de tracción en el equipo de ensayos MTS.

Para poder operar el equipo MTS se requiere de un procedimiento sistemático. Este procedimiento servirá de guía al operador para que comprenda mejor las calibraciones necesarias previas al ensayo.

Además se presentará un informe técnico de un ensayo modelo de tracción junto con los valores de cada parámetro utilizado dentro del ensayo. Esto ayudará al operador a recrear el mismo ensayo o crear variaciones de él, según crea conveniente.

4.3.1.1 Requisitos previos al encendido del Sistema MTS

Antes de encender el equipo MTS se debe revisar los siguientes requisitos para evitar cualquier causa de desperfectos:

- Revisar el amperaje por cada línea en el armario de "breakers" de la cámara de transformación que no sea superior a 150 A.
- Verificar que la presión de la bomba de enfriamiento de aceite hidráulico sea por lo menos de 10 psi.
- Identificar y conectar los fusibles principales de la bomba de suministro hidráulico.
- Conectar el regulador de voltaje principal del Armario de Control de la MTS

4.3.1.2 Instalación del elemento de ensayo.

Para realizar el ensayo es necesario posicionar en forma adecuada la probeta en las mordazas del marco de carga. La instalación de la probeta se considera como un procedimiento peligroso, porque si existe un mal procedimiento en la calibración, se puede incurrir en accidentes que causen daño al operador y al espécimen de ensayo.

De acuerdo al tamaño de la probeta, se debe ubicar previamente el cabezal y el pistón, para lo cual es necesario inicialmente prender la fuente de poder hidráulico según se explica en el capítulo anterior sección 3.2.2. Si se requiere mover el cabezal es necesario habilitar en las pantallas "Ingresar valores" (Figura 3.2.9) o "Principal" (Figura 3.2.6) el funcionamiento de la electroválvula ON-OFF y manipular las dos válvulas manuales UP (Subir) o DOWN (Bajar) hasta la posición deseada.

Por otro lado si es necesario subir, bajar, girar en sentido horario o girar antihorariamente el émbolo, en la pantalla "Ingresar valores" existen los íconos pertinentes con la especificación adecuada para cada operación mencionada.

4.3.1.3 Ingreso de valores iniciales para la realización del ensayo.

Una vez posicionada la probeta, el siguiente paso es ingresar valores iniciales en la pantalla "Ingresar valores" (Figura 3.2.9) en la ventana "AXIAL". Para el ensayo de Tensión realizado se introdujeron los parámetros que se muestran en la Tabla 4.1. Como el ensayo a realizarse es axial, en la ventana "TORSIONAL", se debe poner una ganancia de cero en la señal de referencia continua para que evitar que exista algún movimiento angular.

ICONO	VALOR
Referencia Axial	Señal continua
Ganancia Axial	-10%
Frecuencia Axial	Deshabilitado
Número de Ciclos	Deshabilitado
Ganancia Torsional	0 %

Tabla 4.1 Valores ingresados para iniciar el ensayo.

Una vez ingresado los valores correspondientes, a continuación se inicia la fuente de poder hidráulica en baja presión, para luego pasar a alta presión. Los íconos correspondientes para estas operaciones están presentes en la pantalla "Menú principal" (Figura 3.2.5), cuando se ha escogido previamente la acción automática del HPS. Caso contrario, en la acción manual estos controles se encuentran en el tablero de control del mismo.

4.3.2 ENSAYO DE TRACCIÓN.

**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ESFUERZOS**

**INFORME TÉCNICO
ENSAYO NORMALIZADO DE TRACCIÓN SEGÚN NORMA ASTM E8**

Fecha de ensayo: 2002-11-25

Realizado por: Hamilton Núñez, Edison Padilla, Jorge Paredes.

OBJETIVO.

Comprobar el correcto funcionamiento del sistema electrónico y automático de control y monitoreo para el Equipo Universal de Ensayos MTS, mediante la realización de un ensayo normalizado de Tracción.

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL.

Material: ASTM A42

Propiedades físicas:

Resistencia a la tracción: 60 Ksi

Porcentaje de elongación: 20%

Esfuerzo de fluencia: 42 Ksi

Modulo de elasticidad: 2×10^6 Kg/cm².

DESCRIPCIÓN DE LA PROBETA

$L_o = 51.76$ mm

$L_f = 63.98$ mm

$\phi_{medio} = 12.8$ mm = 0.504 in.

$A_o = 128.68$ mm² = 0.199 in²

RESULTADOS OBTENIDOS

CARGA Kg	DESPLAZAMIENTO mm	ELONGACIÓN %	ESFUERZO psi
0	0.000	0.000	0.000
615.5999	3.534	6.827	6805.627
932.9426	3.674	7.098	10313.938
4223.1976	6.263	12.099	46688.617
4205.7986	6.265	12.105	46496.266
4197.1766	6.275	12.124	46400.947
4204.4166	6.288	12.148	46480.988
4200.2756	6.273	12.119	46435.208
4199.4466	6.286	12.144	46426.043
4198.5866	6.302	12.176	46416.535
4194.2636	6.259	12.092	46368.743
4190.9186	6.282	12.138	46331.763
4188.6766	6.293	12.159	46306.977
4182.6656	6.297	12.165	46240.524
4195.8266	6.273	12.120	46386.023
4191.5626	6.289	12.151	46338.883
4190.3986	6.272	12.118	46326.015
4189.6016	6.297	12.165	46317.204
4195.8276	6.291	12.154	46386.034
4190.4286	6.267	12.108	46326.346
4188.6796	6.296	12.164	46307.011
4188.9566	6.307	12.185	46310.073
4187.7926	6.319	12.208	46297.205
4183.9616	6.296	12.164	46254.852
4186.9386	6.300	12.171	46287.763
4187.5886	6.295	12.162	46294.949
4188.0176	6.323	12.215	46299.692
4183.4456	6.300	12.172	46249.147
4183.5396	6.296	12.163	46250.187
4183.4776	6.312	12.194	46249.501
4183.4766	6.308	12.188	46249.490
4183.2916	6.296	12.164	46247.445
4179.7346	6.295	12.163	46208.121
4179.6106	6.301	12.173	46206.750
4180.0426	6.300	12.171	46211.526
4178.6936	6.319	12.208	46196.613
4177.3776	6.298	12.169	46182.064
4178.8486	6.293	12.157	46198.326
4178.8486	6.293	12.157	46198.326
4178.8496	6.299	12.169	46198.337
4174.9816	6.291	12.154	46155.575
4174.8566	6.310	12.191	46154.194
4172.9266	6.305	12.182	46132.857
4176.0246	6.292	12.157	46167.106
4180.1946	6.292	12.157	46213.207

CARGA Kg	DESPLAZAMIENTO mm	ELONGACIÓN %	ESFUERZO psi
4175.0396	6.314	12.200	46156.217
4174.7346	6.319	12.209	46152.845
4171.9736	6.318	12.206	46122.321
4177.4296	6.316	12.202	46182.639
4172.2146	6.317	12.204	46124.986
4169.4236	6.304	12.180	46094.130
4168.9636	6.327	12.224	46089.045
4168.4096	6.307	12.184	46082.920
4169.2706	6.292	12.157	46092.439
4169.4836	6.310	12.190	46094.794
4167.7356	6.307	12.185	46075.469
4165.9236	6.302	12.175	46055.437
4166.3556	6.316	12.202	46060.213
4164.5156	6.298	12.168	46039.871
4164.4556	6.314	12.198	46039.208
4162.2766	6.289	12.150	46015.118
4161.9096	6.286	12.145	46011.061
4164.3946	6.310	12.191	46038.533
4164.6076	6.313	12.197	46040.888
4161.8756	6.326	12.222	46010.685
4161.5956	6.312	12.194	46007.590
4165.1826	6.328	12.226	46047.245
4162.9146	6.301	12.174	46022.171
4164.6316	6.298	12.168	46041.153
4161.1656	6.312	12.194	46002.836
4160.3386	6.306	12.183	45993.693
4163.8656	6.318	12.207	46032.685
4161.9936	6.308	12.186	46011.990
4160.2746	6.307	12.186	45992.986
4161.3806	6.321	12.211	46005.213
4162.1526	6.314	12.199	46013.747
4159.9096	6.322	12.215	45988.950
4158.4666	6.322	12.214	45972.998
4160.3086	6.319	12.208	45993.361
4162.0596	6.285	12.142	46012.719
4159.2076	6.318	12.207	45981.190
4161.9656	6.288	12.148	46011.680
4162.8866	6.334	12.237	46021.862
4163.8076	6.328	12.226	46032.044
4160.3436	6.314	12.199	45993.748
4159.9736	6.309	12.189	45989.658
4159.6936	6.318	12.205	45986.562
4159.5686	6.304	12.179	45985.181
4159.0456	6.311	12.193	45979.399
4158.7056	6.327	12.223	45975.640
4160.7936	6.323	12.217	45998.723
4155.0896	6.299	12.170	45935.664

CARGA Kg	DESPLAZAMIENTO mm	ELONGACIÓN %	ESFUERZO psi
4156.9326	6.295	12.161	45956.039
4155.1196	6.329	12.227	45935.996
4157.5436	6.309	12.189	45962.794
4158.2476	6.334	12.238	45970.576
4155.8546	6.311	12.193	45944.121
4155.7616	6.335	12.239	45943.093
4153.3046	6.300	12.171	45915.930
4155.2066	6.343	12.254	45936.957
4160.2066	6.294	12.160	45992.234
4157.9666	6.291	12.153	45967.470
4153.4556	6.307	12.185	45917.600
4158.7026	6.306	12.182	45975.607
4153.9486	6.295	12.162	45923.050
4155.1156	6.284	12.141	45935.951
4155.6396	6.294	12.160	45941.744
4155.6396	6.294	12.160	45941.744
4158.1806	6.298	12.168	45969.836
4153.3306	6.308	12.187	45916.218
4157.2886	6.293	12.158	45959.974
4154.1586	6.316	12.202	45925.371
4155.2606	6.271	12.115	45937.554
4154.6136	6.332	12.234	45930.402
4155.2276	6.290	12.152	45937.190
4152.6506	6.317	12.204	45908.700
4154.5526	6.336	12.241	45929.727
4154.2776	6.320	12.211	45926.687
4154.5866	6.317	12.205	45930.103
4155.3536	6.315	12.201	45938.583
4152.7186	6.331	12.231	45909.452
4154.6816	6.308	12.187	45931.153
4155.1136	6.308	12.186	45935.929
4154.3506	6.313	12.196	45927.494
4149.6246	6.297	12.165	45875.247
4155.1466	6.309	12.189	45936.294
4150.8206	6.335	12.239	45888.469
4152.3506	6.321	12.211	45905.384
4153.2726	6.328	12.226	45915.576
4150.7566	6.336	12.242	45887.761
4155.5726	6.324	12.217	45941.004
4150.3876	6.328	12.227	45883.682
4153.5476	6.333	12.235	45918.617
4150.4816	6.335	12.239	45884.721
4153.3996	6.318	12.207	45916.981
4152.7546	6.325	12.221	45909.850
4148.3066	6.318	12.207	45860.676
4151.2826	6.308	12.187	45893.576
4151.9866	6.328	12.226	45901.359

CARGA	DESPLAZAMIENTO	ELONGACIÓN	ESFUERZO
Kg	mm	%	psi
4149.5626	6.323	12.216	45874.561
4147.3536	6.313	12.196	45850.140
4149.5316	6.346	12.260	45874.219
4148.7696	6.313	12.196	45865.795
4148.4926	6.321	12.213	45862.732
4149.6916	6.341	12.251	45875.988
4149.0156	6.305	12.180	45868.514
4149.4426	6.340	12.250	45873.235
4152.2066	6.352	12.273	45903.792
4149.1376	6.324	12.218	45869.863
4145.5186	6.332	12.234	45829.854
4147.6966	6.318	12.207	45853.932
4151.2556	6.324	12.217	45893.278
4147.5416	6.330	12.230	45852.219
4147.5076	6.337	12.243	45851.843
4146.1906	6.320	12.210	45837.283
4147.8456	6.320	12.210	45855.579
4149.5616	6.335	12.239	45874.550
4149.4726	6.311	12.193	45873.566
4148.1816	6.311	12.192	45859.294
4147.3506	6.319	12.208	45850.107
4145.8156	6.314	12.198	45833.137
4150.2966	6.329	12.228	45882.676
4149.7146	6.345	12.258	45876.242
4148.1786	6.339	12.248	45859.261
4145.7546	6.329	12.227	45832.463
4148.3926	6.333	12.236	45861.627
4144.7406	6.320	12.211	45821.253
4146.3366	6.319	12.209	45838.897
4145.3546	6.335	12.239	45828.041
4147.5326	6.347	12.263	45852.119
4147.4436	6.356	12.281	45851.135
4148.7646	6.354	12.276	45865.739
4147.5956	6.346	12.261	45852.816
4147.3806	6.349	12.267	45850.439
4149.7116	6.333	12.236	45876.209
4148.1746	6.352	12.271	45859.217
4145.4136	6.343	12.254	45828.693
4144.7096	6.328	12.225	45820.910
4145.8456	6.354	12.276	45833.469
4148.1486	6.327	12.223	45858.929
4142.8986	6.352	12.271	45800.889
4145.7496	6.328	12.226	45832.408
4144.8596	6.321	12.212	45822.568
4145.2276	6.348	12.265	45826.637
4148.6666	6.301	12.174	45864.656
4145.1706	6.291	12.154	45826.007

CARGA Kg	DESPLAZAMIENTO mm	ELONGACIÓN %	ESFUERZO psi
4138.3496	6.341	12.252	45750.599
4141.7876	6.359	12.286	45788.607
4140.7136	6.363	12.293	45776.733
4136.6316	6.347	12.263	45731.606
4141.9686	6.349	12.266	45790.608
4139.5796	6.355	12.277	45764.197
4142.0676	6.361	12.290	45791.702
4139.6446	6.337	12.244	45764.915
4138.9396	6.335	12.238	45757.121
4142.4976	6.332	12.233	45796.456
4141.3306	6.354	12.277	45783.554
4135.3166	6.378	12.322	45717.068
4138.8186	6.369	12.305	45755.784
4142.9916	6.372	12.311	45801.917
4143.1766	6.376	12.318	45803.962
4138.9436	6.351	12.271	45757.165
4141.4276	6.350	12.267	45784.627
4139.3406	6.368	12.302	45761.554
4137.7756	6.336	12.240	45744.253
4140.8746	6.358	12.283	45778.513
4138.9066	6.362	12.292	45756.756
4140.9916	6.357	12.281	45779.807
4139.6086	6.356	12.279	45764.517
4138.1066	6.364	12.295	45747.912
4141.1146	6.368	12.304	45781.166
4140.3806	6.369	12.306	45773.052
4138.6956	6.357	12.281	45754.424
4140.8416	6.359	12.285	45778.148
4140.8416	6.359	12.285	45778.148
4139.9226	6.363	12.293	45767.989
4140.1386	6.384	12.334	45770.376
4138.3286	6.339	12.246	45750.366
4136.4556	6.343	12.255	45729.660
4139.3996	6.367	12.300	45762.207
4137.9576	6.353	12.273	45746.265
4137.8366	6.337	12.243	45744.927
4141.6416	6.336	12.241	45786.993
4138.6636	6.350	12.268	45754.070
4134.7356	6.349	12.266	45710.645
4139.5246	6.365	12.298	45763.589
4143.1126	6.373	12.313	45803.255
4139.7066	6.367	12.301	45765.601
4134.0956	6.348	12.265	45703.569
4139.0686	6.378	12.323	45758.547
4132.2306	6.372	12.310	45682.951
4137.4756	6.349	12.267	45740.936
4139.9586	6.364	12.295	45768.387

CARGA Kg	DESPLAZAMIENTO mm	ELONGACIÓN %	ESFUERZO psi
4134.9906	6.360	12.288	45713.464
4135.2976	6.339	12.248	45716.858
4142.9676	6.384	12.334	45801.652
4138.0616	6.342	12.253	45747.415
4135.0556	6.342	12.252	45714.183
4137.9406	6.351	12.270	45746.077
4140.8556	6.389	12.344	45778.303
4136.3436	6.352	12.271	45728.422
4137.6356	6.352	12.271	45742.705
4137.0546	6.334	12.238	45736.282
4135.3336	6.352	12.271	45717.256
4136.9596	6.362	12.291	45735.232
4138.2476	6.360	12.288	45749.471
4135.0266	6.369	12.306	45713.862
4137.1726	6.368	12.303	45737.587
4134.5046	6.341	12.251	45708.091
4139.0146	6.350	12.269	45757.950
4136.2846	6.370	12.306	45727.769
4135.4246	6.358	12.285	45718.262
4137.9666	6.344	12.256	45746.364
4138.0276	6.365	12.296	45747.039
4134.7146	6.343	12.255	45710.413
4135.2676	6.357	12.282	45716.526
4135.6066	6.374	12.315	45720.274
4136.7116	6.350	12.268	45732.490
4137.8186	6.355	12.277	45744.728
4139.3816	6.345	12.258	45762.008
4138.7096	6.380	12.327	45754.578
4134.7536	6.367	12.301	45710.844
4141.8416	6.354	12.276	45789.204
4146.5976	6.327	12.225	45841.783
4164.5186	6.369	12.304	46039.904
4191.7066	6.373	12.313	46340.475
4200.5726	6.366	12.298	46438.491
4217.9086	6.384	12.333	46630.145
4239.4466	6.413	12.390	46868.254
4251.8136	6.392	12.350	47004.974
4279.2716	6.406	12.377	47308.530
4294.2436	6.413	12.390	47474.050
4306.0876	6.425	12.413	47604.989
4315.4416	6.436	12.435	47708.400
4331.6726	6.432	12.426	47887.838
4342.6556	6.474	12.508	48009.258
4361.9856	6.487	12.533	48222.956
4373.5506	6.488	12.535	48350.811
4387.0826	6.512	12.582	48500.411
4412.1146	6.537	12.629	48777.146

CARGA	DESPLAZAMIENTO	ELONGACIÓN	ESFUERZO
Kg	mm	%	psi
4435.2176	6.567	12.687	49032.556
4464.5796	6.617	12.783	49357.161
4481.5146	6.667	12.881	49544.383
4505.6016	6.705	12.953	49810.671
4522.7226	6.736	13.015	49999.948
4532.5696	6.786	13.111	50108.810
4545.3026	6.821	13.177	50249.576
4557.9716	6.836	13.207	50389.636
4567.4226	6.828	13.192	50494.119
4583.0386	6.840	13.216	50666.758
4606.6316	6.891	13.314	50927.586
4631.4566	6.937	13.402	51202.033
4660.9426	6.938	13.403	51528.009
4710.5856	7.088	13.693	52076.826
4733.9686	7.147	13.808	52335.331
4747.4996	7.191	13.893	52484.920
4766.3696	7.223	13.955	52693.533
4778.8256	7.268	14.041	52831.238
4788.4896	7.286	14.076	52938.076
4821.0756	7.304	14.110	53298.323
4853.2616	7.404	14.304	53654.148
4871.6726	7.431	14.357	53857.687
4902.2026	7.518	14.526	54195.205
4935.4616	7.602	14.686	54562.892
4947.7616	7.657	14.793	54698.872
4959.7266	7.669	14.817	54831.148
4983.6886	7.747	14.967	55096.055
5004.5516	7.820	15.107	55326.701
5025.7856	7.858	15.181	55561.449
5039.8346	7.936	15.333	55716.764
5046.9226	7.984	15.425	55795.124
5055.9736	8.005	15.465	55895.186
5059.4756	8.027	15.507	55933.901
5067.7866	8.077	15.605	56025.782
5075.3936	8.071	15.594	56109.879
5079.1366	8.115	15.679	56151.259
5085.7646	8.148	15.741	56224.533
5090.8226	8.145	15.736	56280.451
5107.6076	8.180	15.803	56466.014
5114.9116	8.218	15.876	56546.761
5131.5106	8.257	15.952	56730.268
5140.7156	8.287	16.010	56832.032
5146.7326	8.314	16.062	56898.551
5147.0986	8.356	16.145	56902.598
5148.3596	8.356	16.143	56916.538
5151.7316	8.398	16.225	56953.817
5154.8956	8.390	16.209	56988.796

CARGA Kg	DESPLAZAMIENTO mm	ELONGACIÓN %	ESFUERZO psi
5361.6036	9.561	18.472	59274.010
5358.4736	9.555	18.461	59239.407
5360.9876	9.590	18.529	59267.200
5359.7636	9.594	18.536	59253.668
5354.6376	9.598	18.544	59196.999
5350.9876	9.607	18.561	59156.647
5356.0196	9.630	18.605	59212.277
5356.2646	9.637	18.619	59214.986
5355.1256	9.650	18.644	59202.394
5353.4966	9.644	18.632	59184.385
5351.6856	9.637	18.619	59164.363
5355.0016	9.663	18.669	59201.023
5362.0886	9.692	18.725	59279.371
5361.9936	9.694	18.729	59278.321
5360.7356	9.693	18.728	59264.414
5354.1386	9.686	18.712	59191.482
5356.0396	9.693	18.727	59212.498
5356.0706	9.711	18.761	59212.841
5356.2216	9.710	18.760	59214.510
5352.0476	9.728	18.794	59168.365
5352.9986	9.712	18.763	59178.879
5354.3476	9.686	18.714	59193.793
5356.1306	9.749	18.836	59213.504
5353.0606	9.747	18.832	59179.564
5353.3396	9.737	18.813	59182.649
5351.8976	9.740	18.817	59166.707
5355.7936	9.772	18.879	59209.778
5352.6016	9.766	18.868	59174.490
5360.2096	9.776	18.888	59258.599
5360.9446	9.793	18.919	59266.724
5354.5966	9.781	18.897	59196.545
5352.9986	9.742	18.822	59178.879
5350.3606	9.802	18.936	59149.715
5352.0516	9.796	18.925	59168.410
5355.3956	9.798	18.929	59205.378
5357.1726	9.797	18.928	59225.024
5353.4016	9.816	18.965	59183.334
5347.7876	9.798	18.929	59121.270
5347.3906	9.814	18.961	59116.881
5352.9766	9.827	18.985	59178.636
5349.2016	9.808	18.949	59136.902
5353.4646	9.813	18.958	59184.031
5353.9836	9.833	18.997	59189.768
5351.3776	9.836	19.004	59160.958
5348.8606	9.829	18.989	59133.132
5346.8076	9.829	18.990	59110.436
5347.3866	9.822	18.977	59116.837

CARGA Kg	DESPLAZAMIENTO mm	ELONGACIÓN %	ESFUERZO psi
5344.9016	9.834	18.999	59089.364
5343.0606	9.822	18.975	59069.012
5349.6566	9.840	19.012	59141.932
5350.4256	9.855	19.041	59150.434
5349.4436	9.856	19.042	59139.577
5354.7516	9.842	19.014	59198.259
5344.8696	9.858	19.045	59089.011
5345.6696	9.849	19.029	59097.855
5345.7326	9.873	19.075	59098.551
5352.8506	9.872	19.072	59177.243
5378.1956	9.891	19.110	59457.439
5391.6366	9.884	19.097	59606.033
5411.7086	9.918	19.162	59827.934
5433.4596	9.918	19.162	60068.398
5449.2336	9.971	19.264	60242.784
5481.7886	10.058	19.432	60602.688
5503.6936	10.250	19.803	60844.854
5521.9476	10.436	20.162	61046.657
5540.6956	10.734	20.738	61253.921
5556.0016	11.056	21.361	61423.133
5564.5566	11.305	21.841	61517.711
5573.5476	11.698	22.600	61617.109
5577.8406	12.226	23.621	61664.569
5577.7466	12.648	24.436	61663.530
5422.0336	14.854	28.697	59942.080
10.4368	77.535	149.797	115.382
13.7809	125.722	242.895	152.352
8.5344	140.488	271.422	94.350
5.0674	140.379	271.212	56.022

CALCULOS ADICIONALES.

$$P_{fluencia} = 9241.3 \text{ lbf.}$$

$$\sigma_{fluencia} = 46438.5 \text{ psi.}$$

$$P_{m\acute{a}x} = 12271 \text{ lbf.}$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = 61664.6 \text{ psi.}$$

$$\text{Porcentaje de deformaci3n : } \delta = (l_r - l_0) / l_0 \times 100$$

$$\delta = (63.98 - 51.76) / 51.76 \times 100$$

$$\delta = 23.6\%$$

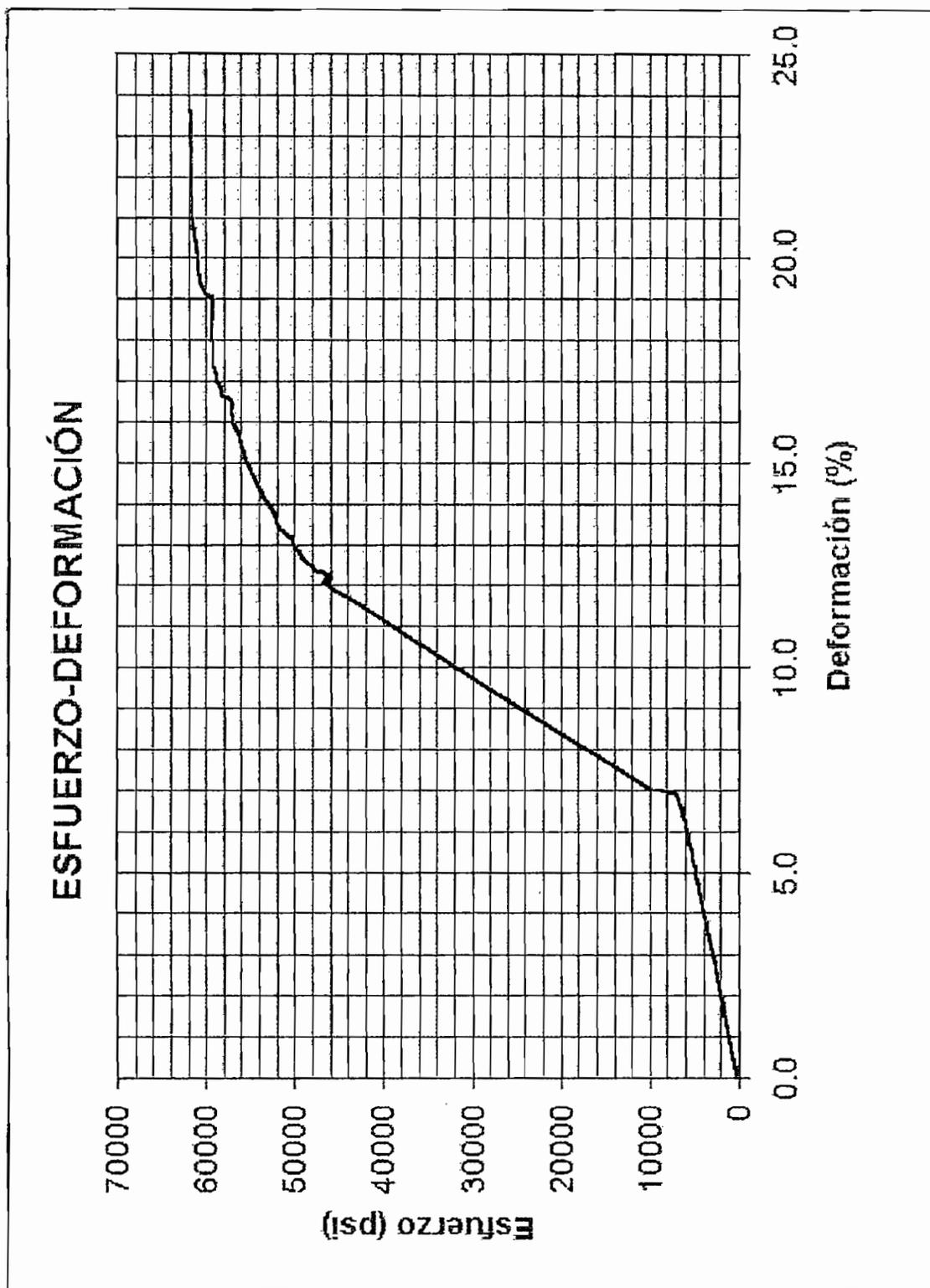


Figura 4.3.1 Diagrama Esfuerzo – Deformación.

CÁLCULO DE ERRORES.

CARACTERÍSTICAS	VALOR REAL	VALOR CALCULADO	PORCENTAJE DE ERROR
Porcentaje de elongación	20 %	3,6 %	18 %
Límite elástico	60000 psi	61664.6 psi	2.7 %

Tabla 4.2 Cálculo de Errores.

CONCLUSIONES.

- Con la realización de este ensayo se demuestra que el Equipo Universal de Ensayos MTS puede efectuar ensayos de tracción según la norma ASTM E8¹⁹.
- Además se pudo comprobar que los valores obtenidos del ensayo están muy cercanos a los valores de las propiedades físicas del material del elemento de prueba (Tabla 4.2).

¹⁹ Para mayor información acerca de esta norma, remitirse al "ASTM Manual", disponible en el Laboratorio de Análisis de Esfuerzos de Ingeniería Mecánica.

CAPITULO 5

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES.

- La automatización de cualquier proceso industrial por más pequeño que este sea requiere una considerable inversión económica; sin embargo, se debe tener presente que su implementación a la larga resulta en beneficios para el sistema, como: facilidad en el manejo, seguridad y consistencia. Este trabajo permitió demostrar que lo indicado es posible.
- La automatización del sistema MTS ha servido como medio para ilustrar que es posible realizar investigación y control de equipo mecánico por un estudiante de Ingeniería Eléctrica, quien debe saber algunos fundamentos mecánicos para afianzar conocimientos y poder resolver problemas en la industria.
- Se detectó que la velocidad de actualización de valores (10 mseg) en una salida analógica del Controlador Lógico Programable (PLC) resulta insuficiente para la generación de funciones, motivo por el cual las señales de referencia²⁰ enviadas hacia las servoválvulas que controlan el desplazamiento tanto lineal como angular del embolo están diseñadas para una frecuencia máxima de 5 Hz, excepto para una señal Cuadrada que puede ser generada hasta 20 Hz.
- Puesto que el sistema MTS realiza ensayos mecánicos no resulta crítica la velocidad de adquisición de datos, por ende registrar un dato cada 1 segundo es más que suficiente para obtener las características intrínsecas del elemento de ensayo. Por lo descrito anteriormente, resulta sobredimensionado la

²⁰ Las señales de referencia generadas son: senoidal, triangular, diente de sierra, senoidal absoluta, senoïdal absoluta invertida, diente de sierra invertida, continua y cuadrada.

creación de base de datos con InSQL Server el mismo que funciona solo bajo Windows NT. Debido a esto también se optó por crear una base de datos por medio de Datos Históricos el cual puede operar bajo un sistema operativo Windows 95 o superior, facilitando la disponibilidad del programa de control.

- Existen en el mercado probetas estandarizadas para un material específico y de acuerdo al tipo de ensayo que se vaya a realizar, que son utilizadas para calibrar este tipo de maquinaria. La desventaja de estas probetas es su alto costo y su inexistencia en el País. Entonces, para obtener resultados aceptables para un elemento de ensayo dado, la probeta debe cumplir los mínimos requerimientos de la norma impuesta por el ensayo, caso contrario se producen errores como los obtenidos durante el ensayo de tracción. Además, estos errores se presentan por las mordazas que fueron improvisadas ya que las mismas pertenecen a otra máquina y fueron adaptadas al marco de carga para el ensayo. Durante la operación del sistema los márgenes de errores producidos se muestran en la Tabla 5.1.

CARACTERÍSTICAS	VALOR REAL	VALOR CALCULADO	PORCENTAJE DE ERROR
Porcentaje de elongación	20 %	19.4 %	3 %
Límite elástico	60000 psi	61664.6 psi	2.7 %

Tabla 5.1 Cálculo de Errores.

Estos resultados permiten concluir que el sistema aquí reportado cumplió de manera satisfactoria su objetivo.

5.2 RECOMENDACIONES.

- En la elaboración de este trabajo y la experiencia adquirida en el mismo permite dar la siguiente sugerencia: asegurarse antes de tomar un tema de Proyecto de Titulación financiado que los fondos estén disponibles para iniciar el desarrollo del tema, ya que caso contrario el tiempo de culminación del proyecto se alarga por motivos de fuerza mayor.
- El equipo MTS ha estado por muchos años inhabilitado pese al alto costo que representó su adquisición, debido al difícil control que significaba su operación. Finalmente este equipo ha sido recuperado y funciona en óptimas condiciones por medio de la colaboración conjunta entre Ingeniería Mecánica e Ingeniería en Electrónica y Control. Lo que demuestra que el trabajo en equipo y la ayuda mutua es algo que debe fomentarse siempre.
- La automatización total del sistema MTS no se logró puesto que algunos dispositivos mecánicos no se reemplazó por elementos electro-mecánicos, tales como: válvulas manuales V1, V2, UP y DOWN (Figura 3.2.5), debido a falta de financiamiento. Pero el PLC dispone de tres salidas discretas que podrían controlar válvulas solenoides que resultarían el reemplazo adecuado para estas válvulas manuales.
- La posición del Cabezal no puede ser medida debido a que el Marco de Carga no dispone de un sensor que efectúe tal medición, por lo cual se debe ejercer mucha precaución en el posicionamiento del mismo, ya que una caída repentina del cabezal puede provocar daños al operario y a la maquinaria.
- Cuando se requiera colocar el espécimen dentro del Marco de Carga es necesario desplazar el pistón, esto se recomienda realizarlo en baja presión para tener mayor control sobre el embolo. Después de colocar la probeta en la posición deseada, es importante asegurar el cabezal por medio de los pernos

que están sobre él para evitar que el espécimen sufra daños iniciales y por ende produzcan un ensayo fallido.

- Existen momentos en que el pistón suele atorarse con los elementos de amortiguamiento que están en los extremos del rango mecánico. Cuando esto suceda es necesario apagar el HPS y esperar al menos 30 minutos hasta que la presión de aceite del sistema disminuya y tratar de mover el émbolo en la dirección opuesta al atoramiento en *alta presión*.
- Para mantener el programa en la memoria interna del PLC, éste posee dos pilas de Litio dentro del Adaptador de Comunicación (Figura 2.1.5). En el momento en que estas baterías estén bajas se mostrará una ventana de aviso dentro del programa de control y monitoreo (Intouch) indicando que deben ser reemplazadas. Para efectuar dicho intercambio realizarlo con el PLC energizado para evitar que la memoria interna del PLC se borre, sin embargo el programa²¹ del PLC se encuentra disponible en el CD que se anexa a éste trabajo.
- Resulta conveniente y más económico dar mantenimiento eventual al equipo que realizar una reparación posterior, por lo que se recomienda limpiar el sistema HPS y el Panel de Control; además, se debe evitar que los cables estén regados en el suelo lo que ocasionaría que sean pisados frecuentemente y sufrir roturas.

²¹ El programa del PLC debe ser abierto en el Software "Concept V2.5" o superior.

BIBLIOGRAFÍA

- Intouch User's Guide; Wonderware FactorySuite 7.1; USA.
- Intouch Reference Guide; Wonderware FactorySuite 7.1; USA.
- I/O Server MODBUS User's Guide; Wonderware FactorySuite 7.1; USA.
- Concept's Guide; Groupe Schneider (Modicom); versión 2.0; USA.
- DFB's Guide; Groupe Schneider (Modicom); versión 2.0; USA.
- Ingeniería de Control Moderna, Katsuhiko Ogata, tercera edición, Inglaterra.
- Estudio, Diagnóstico y Reparación del Equipo MTS, Larrea Christian, 1999.

ANEXOS

ANEXO 1

CLAVES DE ACCESO

1. CLAVES PARA INGRESAR AL PROGRAMA DE CONTROL:

OPERADOR: MATERIAL TEST²²

CLAVE: MTS

2. CLAVE PARA ACCEDER A LA OPCIÓN MANUAL:

CLAVE: LAB

NOTA: Es necesario recalcar que estas claves de acceso son con las que se entregó el proyecto, cada usuario tiene la facultad de cambiar las mismas a su conveniencia.

²² El programa de control, no discrimina entre mayúsculas o minúsculas.

ANEXO 2

ESPECIFICACIONES DEL PLC

El Controlado lógico programable seleccionado es el Momentum TXD perteneciente a la familia Schneider. A continuación se presenta sus características²³:



Momentum

Components of Momentum

The Momentum Product Family is made up of 4 basic components:



- I/O Modules: available in AC and DC voltages, Analog and Intelligent modules and includes built-in power supply

- Communication Adapters: provide direct connection to seven different networks



- Processor Adapters: eight models of full capability PLC's for stand-alone control to distributed control

- Communication Option Adapters: provide additional communication ports, battery, and Time-of-Day clock for processors



²³ Para mayor información acerca de este tipo de PLC, remitirse a las ayudas dentro del Software Concept M V2.5 disponible en el Laboratorio de Análisis de Esfuerzos de Ingeniería mecánica.

**MOMENTUM ANALOG - 6 CHANNEL INPUT / 4 CHANNEL OUTPUT WITH
DISCRETE I/O MODULE BASE
MODEL NUMBER 170 ANR 120 90**

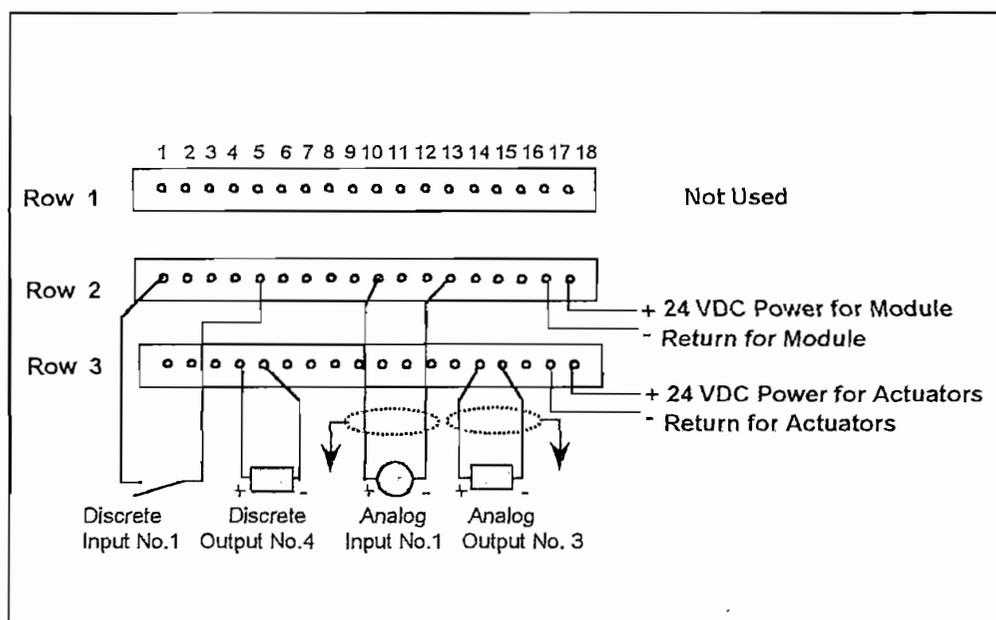
The model 170 ANR 120 90 analog input/output module base has 6 single-ended inputs and 4 outputs capable of direct connection to analog sensors and actuators that have 0-10 VDC signals. Also included in this module are 8 discrete inputs and 8 discrete outputs for direct connection to 2 and 3 wire devices. This module base has the capability to directly connect to a number of standard communication networks for communicating with programmable controllers, industrial computers, and other controllers, by installing one of the snap-on Momentum Communication Adapters. This module can also be used as the I/O base for a programmable controller, in either a stand-alone, or distributed I/O configuration, by installing one of the snap-on Momentum M1 Processor Adapters.

PRODUCT SPECIFICATIONS	
Analog Inputs	
Number of Channels	6
Input Ranges	0 - 10 VDC
Input Type	Single-ended
Resolution	14 bit
Conversion Times	0.75 ms maximum for 6 input channels
Accuracy - max. error @ 25°C	0.2 % for 0 - 10 VDC Inputs
Input Resistance	> 1 Mohms for Voltage Inputs
Max. Temperature Drift @ 60°C	± 100 ppm of full scale per ° C
Crosstalk Between Channels	- XX dB
Maximum Input Signal	15 VDC for Voltage Input
Analog Outputs	
Number of Channels	4
Output Ranges	0 - 10 VDC
Resolution	14 bit
Conversion Times	1.20 ms for all four channels
Output Settling Time	X μ second to 0.1% of final value
Accuracy	Max. error @ 25°C ± 0.4 %
Max. Temperature Drift @ 60°C	± 100 ppm of full scale per ° C
Crosstalk Between Channels	- XX dB
Load	> 2K Ohms min @ 0-10 VDC

PRODUCT SPECIFICATIONS	
Discrete Inputs	
Operating Voltage	24 VDC
Number of Points	8
Number of Groups	1
Points per Group	4
Type of Signal	True High
IEC 1131 I/O Type	2
Minimum ON Voltage	> 11 VDC
Maximum OFF Voltage	< 5 VDC
Input Current	< 2 mA maximum off current
	> 6 mA minimum on current
Input Voltage	
Range	- 3 to + 32 VDC
Surge	45 Volt peak for 10 ms
Response Time	1.2 ms OFF to ON
	1.2 ms ON to OFF
Discrete Outputs	
Description	Solid State Switch
Operating Voltage	10 – 30 VDC
Maximum Voltage	50 VDC for 1 ms
Number of Points	8
Number of Groups	1
Points per Group	8
Current capacity	0.25 Amps per point
	2 Amps per group
	2 Amps per module
Type of Signal	True High
Leakage Current	0.4 mA @ 30 VDC
Surge Current	2.5Amps for 1 ms
On State Voltage Drop	0.4 VDC at 0.25 amp. current
Fault Sensing	Overload and short circuit
Fault Reporting	LED - indicator per point
Response Time	1.2 ms OFF to ON, 1.05 ms ON to OFF

Channel to Ground	250 VAC @ 47 to 63 Hz or 100 VDC
Isolation	
Point to Point	None
Channel to Channel	None
Field to Comm. Adapter	500 VAC
Field to Ground	500 VAC
External Power Requirement	24 VDC
Range	19.2 - 30 VDC
Current	400mA at 24 VDC
EMC for Industrial Environment	
Immunity	IEC 1131 surge on Aux. Power Supply 500 V
Emissions	EN 50081-2
Approvals	UL , CSA , CE, FM class 1, div. 2

FIELD WIRING DIAGRAM

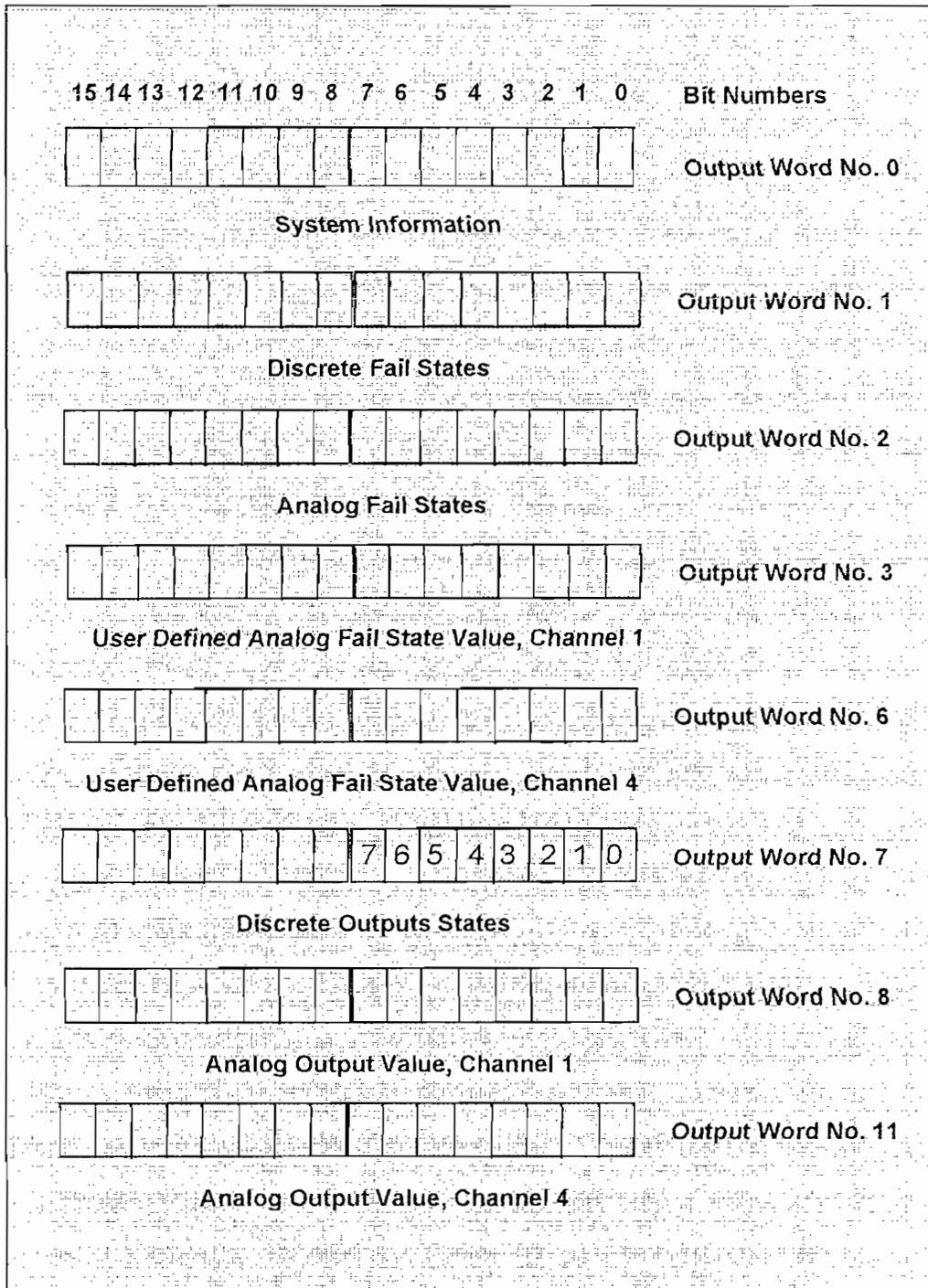


TERMINAL ASSIGNMENTS		
Row No.	Terminal No.	Function
1		Not Used
2	1 thru 4	Discrete Inputs 1 thru 4
2	5	Return for Discrete Inputs
2	6 thru 9	Discrete Inputs 5 thru 8
2	10 thru 12	Analog Inputs 1 thru 3
2	13	Return for Analog Inputs
2	14 thru 16	Analog Inputs 4 thru 6
2	17	Return
2	18	+ 24 VDC Power
3	1 thru 4	Discrete Outputs 1 thru 4
3	5	Return for Discrete Outputs
3	6 thru 9	Discrete Outputs 5 thru 8
3	10, 12, 14, 16	Analog Outputs 1 thru 4
3	11, 13, 15	Return for Analog Outputs
3	17	Return
3	18	+ 24 VDC Power

MODULE CONFIGURATION.

The model 170 ANR 120 90 analog input and output module base has 6 analog inputs and 4 analog outputs, and 8 discrete inputs and 8 discrete outputs. It is configured as 12 input words and 12 output words by the control system. The figure below illustrates the assignments for each of the configuration words. Refer to the Reference Guide for the individual Communication Adapters for detailed configuration information.

Output Data



**MOMENTUM MODBUS PLUS COMMUNICATION OPTION ADAPTER, TOD
CLOCK AND BATTERY BACKUP
MODEL NUMBER 172 PNN 210 22**

The model 172 PNN 210 22 Modbus Plus Communication Option Adapter can be mounted on Momentum I/O Bases, and can be used to expand the communication capabilities of the Momentum Processor Adapters, which mounts on top of the Communication Option Adapter. This model of the Modbus Plus Communication Option Adapter provides a single Modbus Plus communication port, in addition to an on-board time-of-day (TOD) clock and a battery backup system that maintains the application and its variables in the event of a power outage to the Processor Adapter. The clock is useful for the scheduling of events, time-stamping operations and operator interface requirements. The Modbus Plus communication port provides additional networking capability for the Momentum Processor Adapter, enabling it to communicate over this high speed peer-to-peer network to control devices such as other Momentum Processor/Option Adapters, Modicon Quantum/984 controllers, operator control stations, computers, and literally thousands of other third-party devices using Modbus Plus to communicate.

PRODUCT SPECIFICATIONS	
Technology	
TOD Clock	On-board, ± 13 s/day accuracy
Batteries	Two user-replaceable AAA alkaline
Communications Port	One Modbus Plus port (9-pin D-shell) Drop address range 1..64
Environmental	
Operating temperature	0..60° C
Storage temperature	-40..85° C
Relative Humidity	5..95% (non-condensing)
Altitude	2000 m (6,500 ft.)
Shock	± 15 G peak, 11ms, half sine wave
Vibration	57..150Hz @ 1 G, 10..57Hz @ 0.075mm d.a.
Mechanical	
Height	2.10 inches (58.3 mm), on battery side ¹ 1.01 inches (25.9 mm)
Width	5.57 inches (143.1 mm)
Depth	2.36 inches (60.06 mm)
Weight	3.00 ounces (85.05 g)
Material	Lexan

Electrical	
Voltage	5.0VDC (supplied by I/O Base)
Voltage Tolerance	± 5% (as supplied by the I/O Base)
RFI immunity	Meets CE mark for open equipment.
EMI susceptibility	Open equipment should be installed in an
Electrostatic discharge	industry standard enclosure, with access
	restricted to qualified service personnel.
Di-electric strength	500V
Agency Approvals	
Designed to meet: (certain certifications pending)	UL, CE, CUL, FM Class 1 Div. 2, NEMA 250 Type 1, and IP20 conforming to IEC529
Miscellaneous	
Packaging	Standard Momentum Top-hat enclosure
Indicator Lights	Diagnostic and status lights, standard
Power Source	Power supply on-board the Momentum I/O Base

MOMENTUM M1 PROCESSOR ADAPTER, 512K RAM, RS232 AND RS485 PORTS

MODEL NUMBER 171 CCC 780 10

The model 171 CCC 780 10 M1 Processor Adapter can be mounted on Momentum I/O Bases in a variety of system configurations, especially where an extra serial port is required. This Momentum M1 Processor Adapter contains 512K of RAM with 512K of Flash Memory, and has two communication ports; a dedicated RS232 Modbus port and a dedicated RS485 Modbus port. It can be used either as a stand-alone controller mounted on a single Momentum I/O Base, or mounted together with one of a variety of Momentum Communication Option Adapters, which provide different networking capabilities, a time-of-day clock, and a battery back-up system. In addition, the RS485 port can be used to talk to dedicated devices such as an operator interface panel or a marquee, or can be used in a Master/Slave RS485 network to talk to multiple devices.

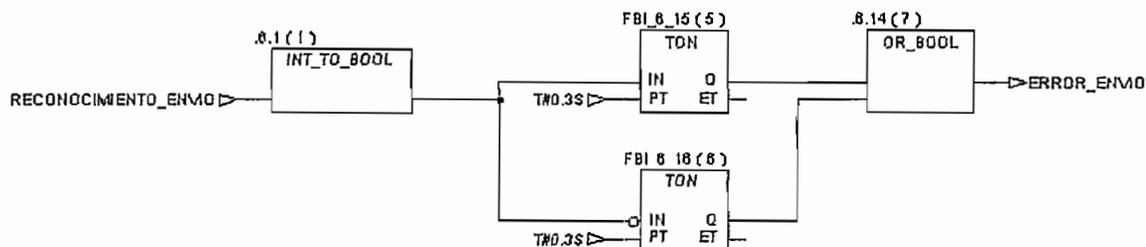
PRODUCT SPECIFICATIONS					
Technology					
Central Processing Unit		186 Based (AMD)			
Clock speed		32 MHz			
Word length		16 bit			
Port 1		Dedicated RS232 Modbus			
Port 2		Dedicated RS485			
Capacity					
Logic Memory	State RAM	Discrete I/O ¹ (bits)	Register I/O ² (words)	I/O Limit ^{3,4}	Scan Time (ms/K)
18K	32 K	8192	26048	<local>	> 1
¹ A total of 8192 0x or 1x discrettes can be configured for use in the program logic ² A total of 26048 3x or 4x registers can be configured for use in the program logic ³ This limit applies to the number of bits that can be assigned using the Traffic Cop. ⁴ This Processor Adapter has no I/O Bus port and therefore only the local I/O of the base it's mounted on can be configured. I/O can be further extended using one of the Modbus Plus Option Adapters and the Peer Cop functionality.					
Environmental					
Operating temperature		0..60° C			
Storage temperature		-40..85° C			
Relative Humidity		5..95% (non-condensing)			
Altitude		2000 m (6,500 ft.)			
Shock		± 15 G peak, 11ms, half sine wave			
Vibration		57..150Hz @ 1 G, 10..57Hz @ 0.075mm d.a.			

Mechanical	
Height	1.01 inches (25.9 mm)
Width	4.86 inches (125 mm)
Depth	2.37 inches (61.02 mm)
Weight	1.50 ounces (42.5 g)
Material	Lexan
Electrical	
Voltage	5.0VDC (supplied by I/O Base)
Voltage Tolerance	± 5% (as supplied by the I/O Base)
RFI immunity	Meets CE mark for open equipment
EMI susceptibility	Open equipment should be installed in an
Electrostatic discharge	industry standard enclosure, with access
	restricted to qualified service personnel.
Di-electric strength	RS232 is non-isolated from logic common
Agency Approvals	
Designed to meet: (certain certifications pending)	UL, CE, CUL, FM Class 1 Div. 2, NEMA 250 Type 1, and IP20 conforming to IEC529
Miscellaneous	
Packaging	Standard Momentum Top-hat enclosure
Indicator Lights	Diagnostic and status lights, standard
Power Source	Power supply on-board the Momentum I/O Base

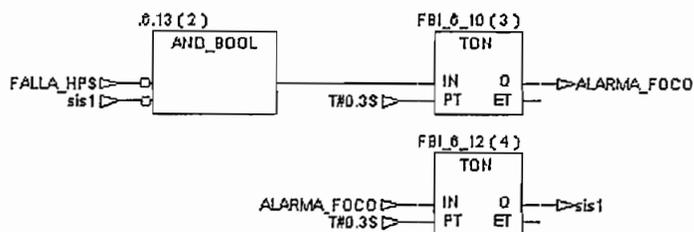
ANEXO 3

PROGRAMA IMPLEMENTADO EN EL PLC EN EL SOFTWARE CONCEPT 2.5

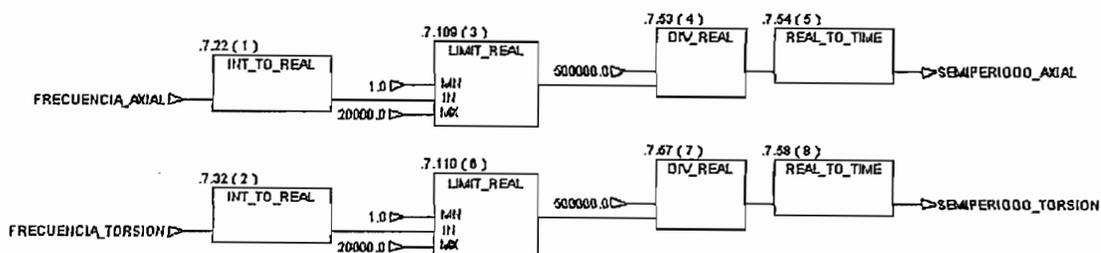
RECONOCIMIENTO DE ENLACE FLC-INTOUCH



ZUMBADOR ALARMAS

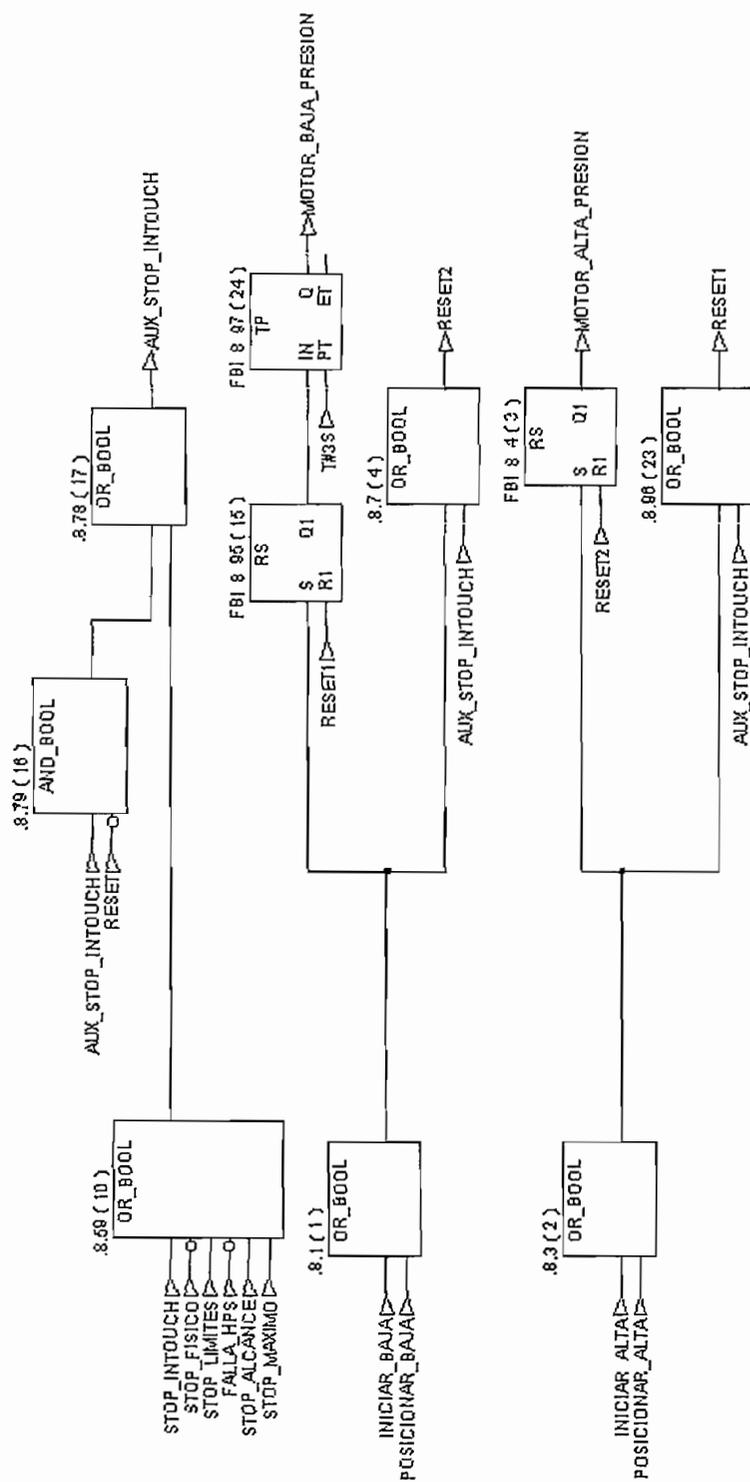


LIMITADORES DE FRECUENCIA

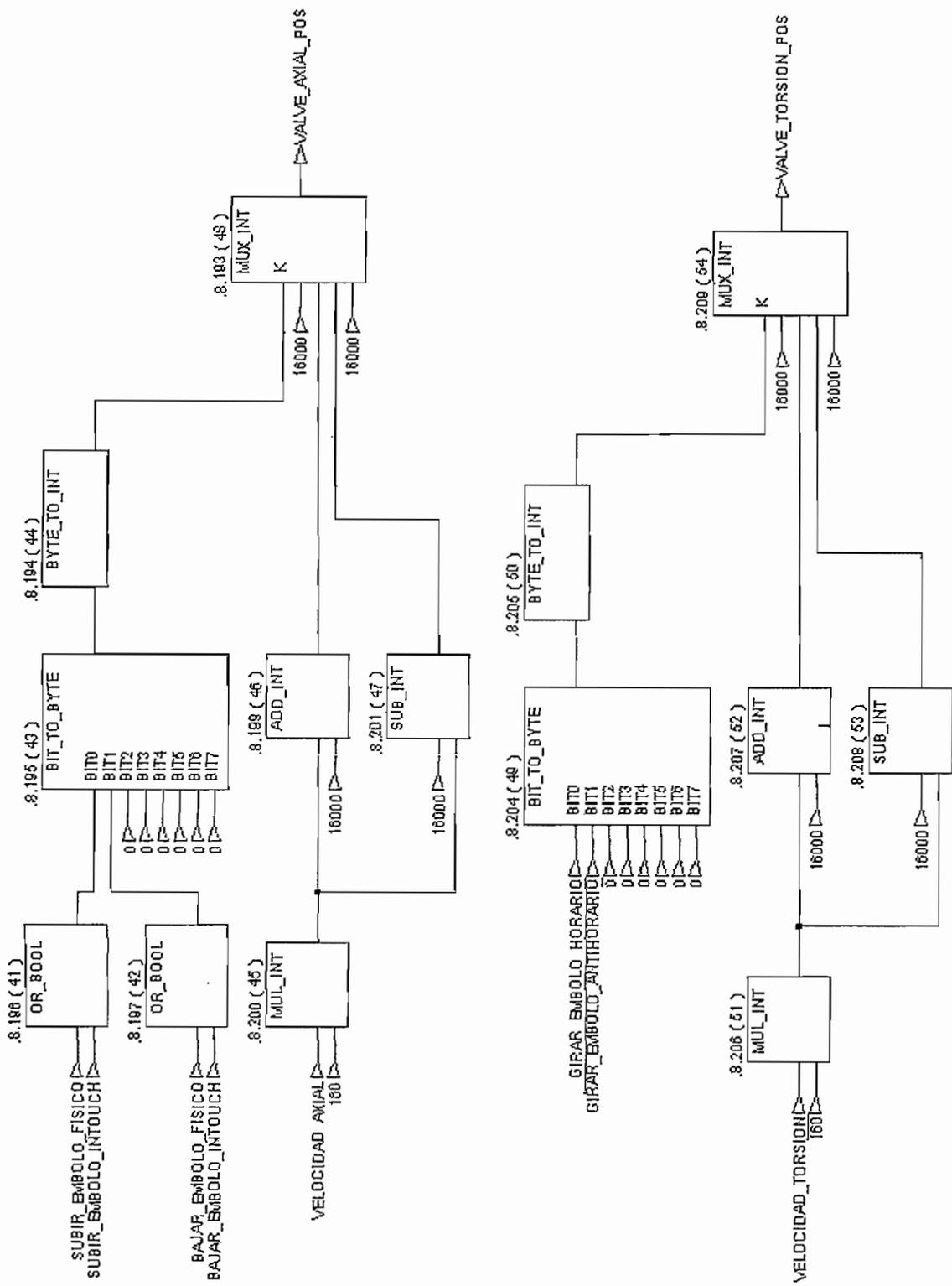




ARRANCAR Y DETENER MARCHA DEL SISTEMA



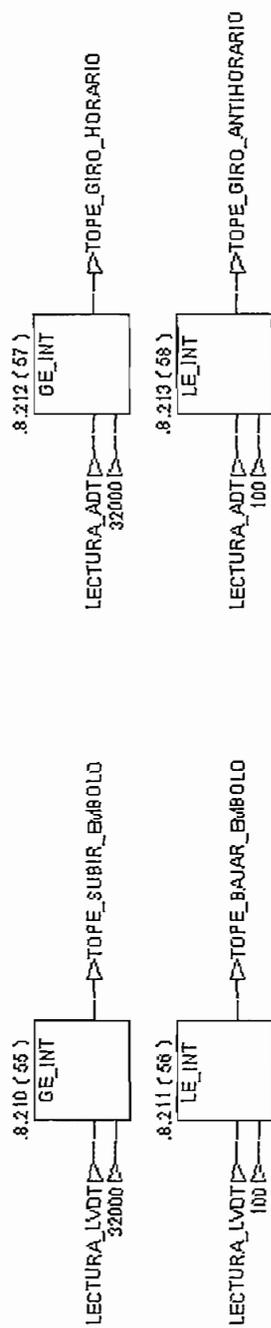
POSICIONAR PISTON



=====

DETECCION DE LIMITES

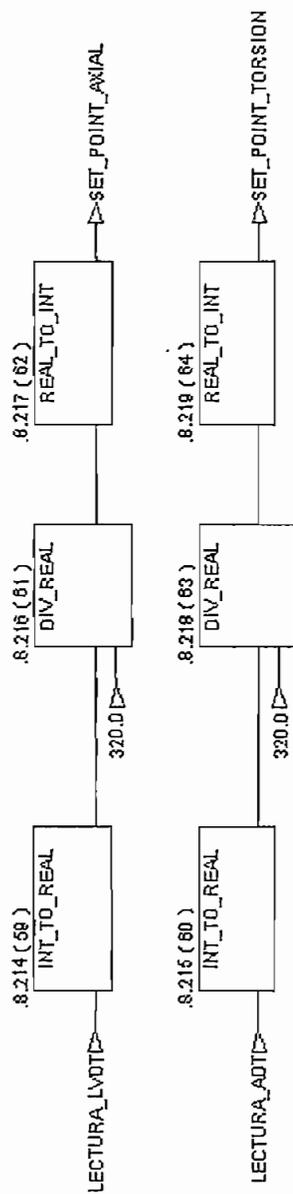
=====



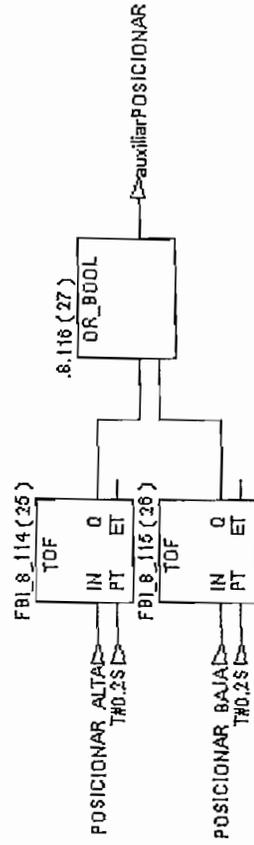
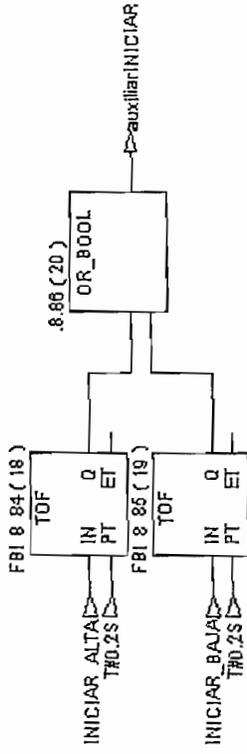
=====

LECTURA DEL NIVEL DE REFERENCIA

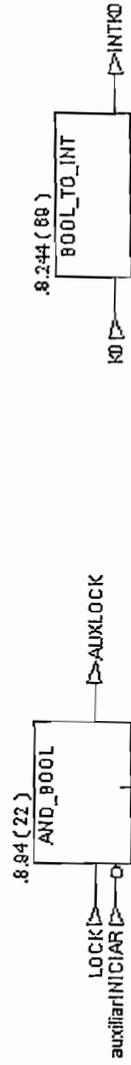
=====



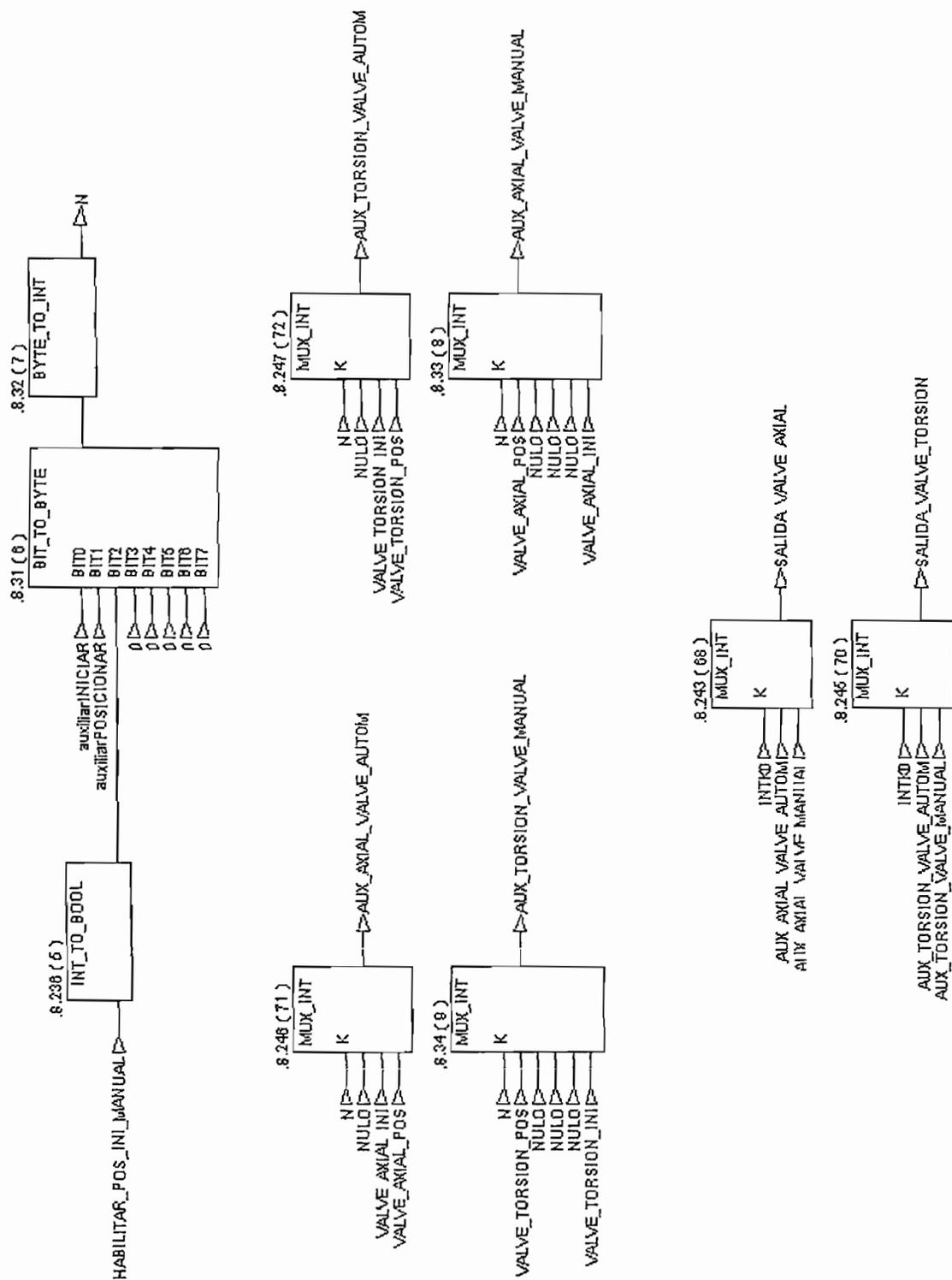
SELECCIONAR INICIAR POSICIONAR



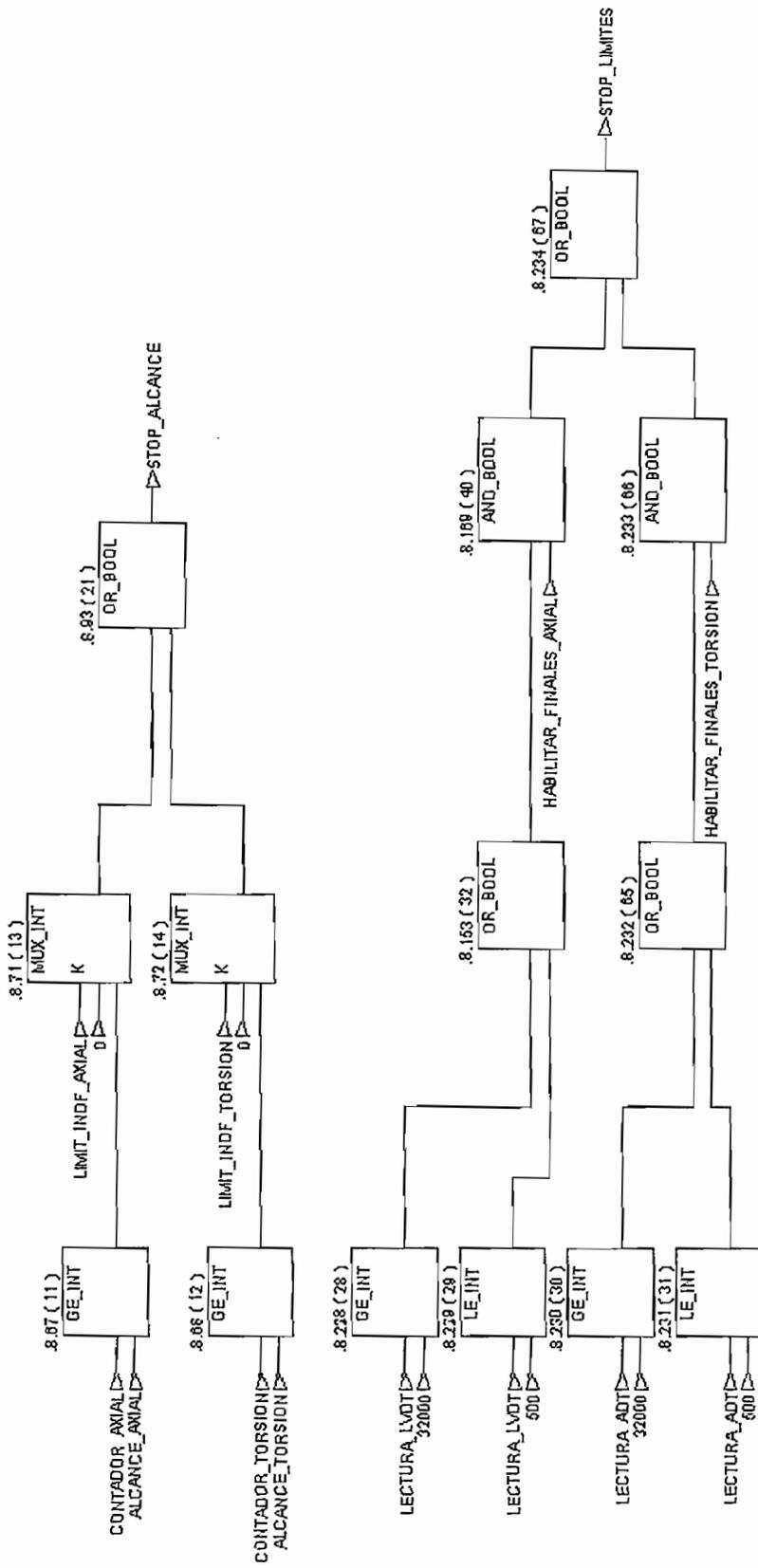
POSICIONAR CABEZAL



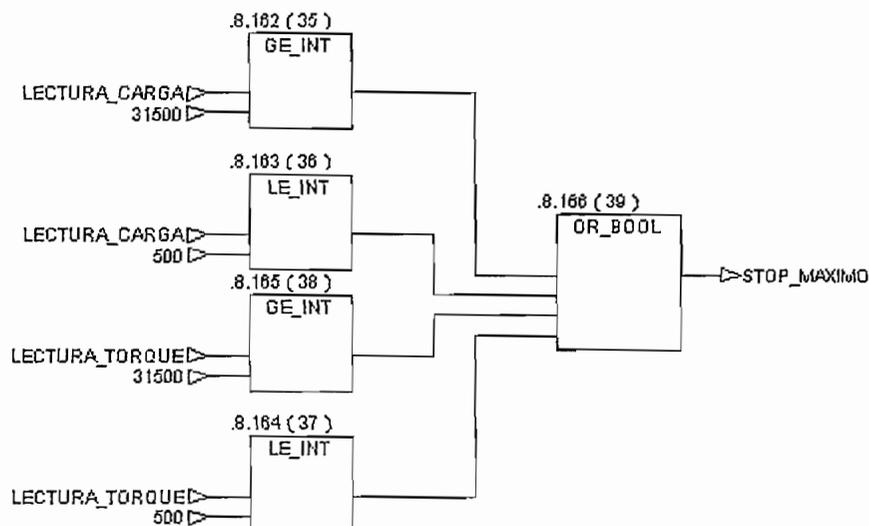
SELECCION DE SALIDAS A LAS SERVOMANIVULAS



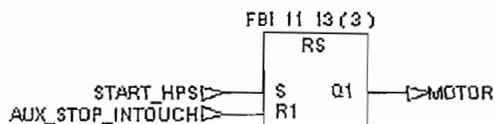
LIMITES DE SEGURIDAD



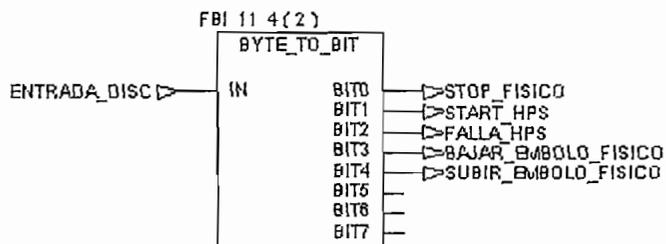
LIMITES DE SEGURIDAD A MAXIMA CARGA



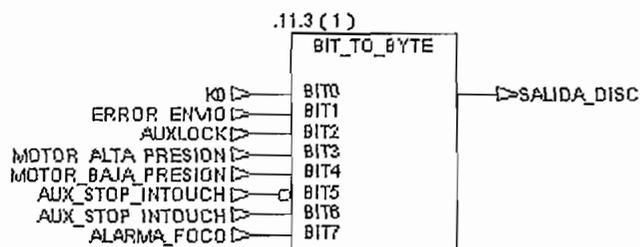
DISPLAY DE ENCENDIDO DEL MOTOR



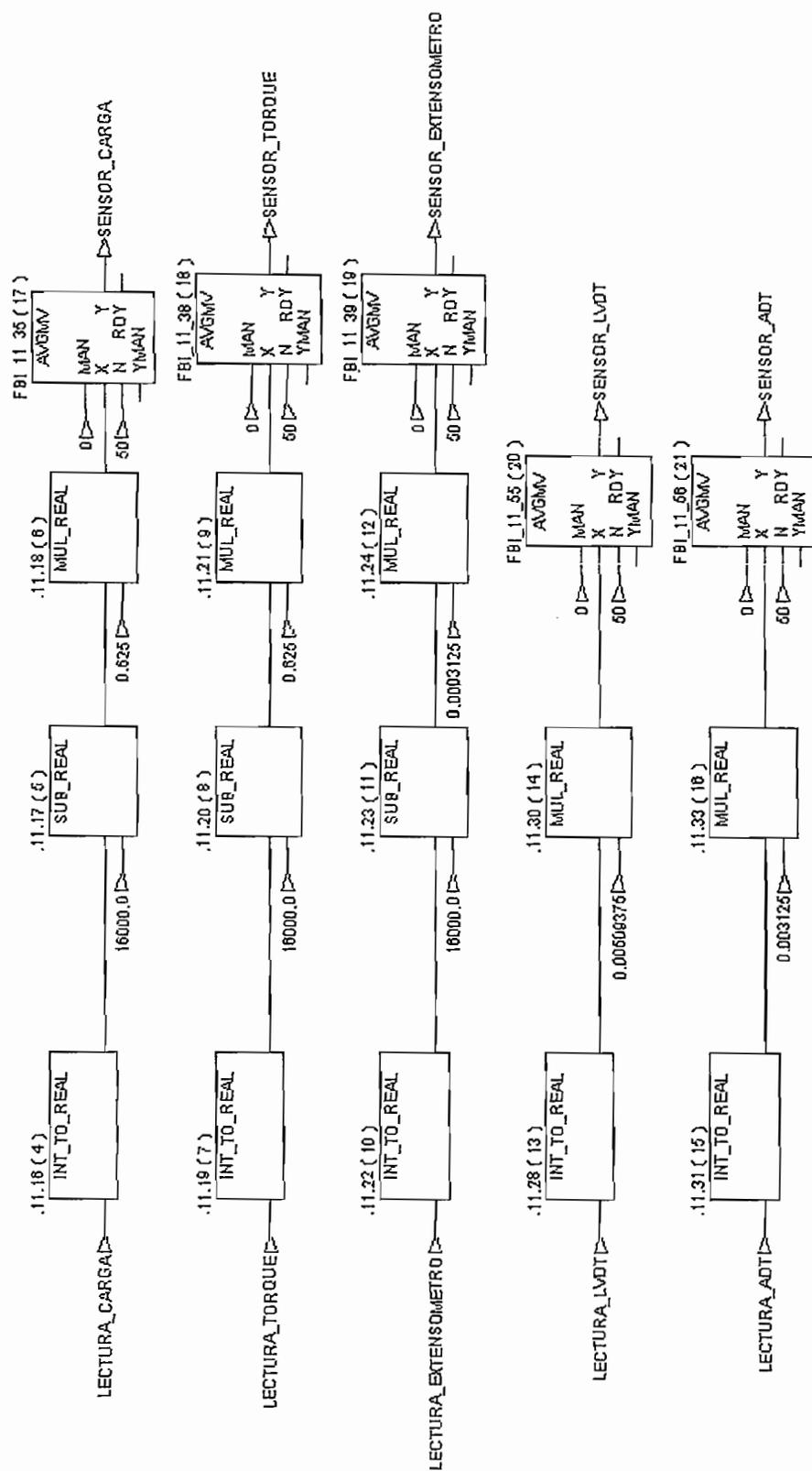
ENTRADAS DISCRETAS



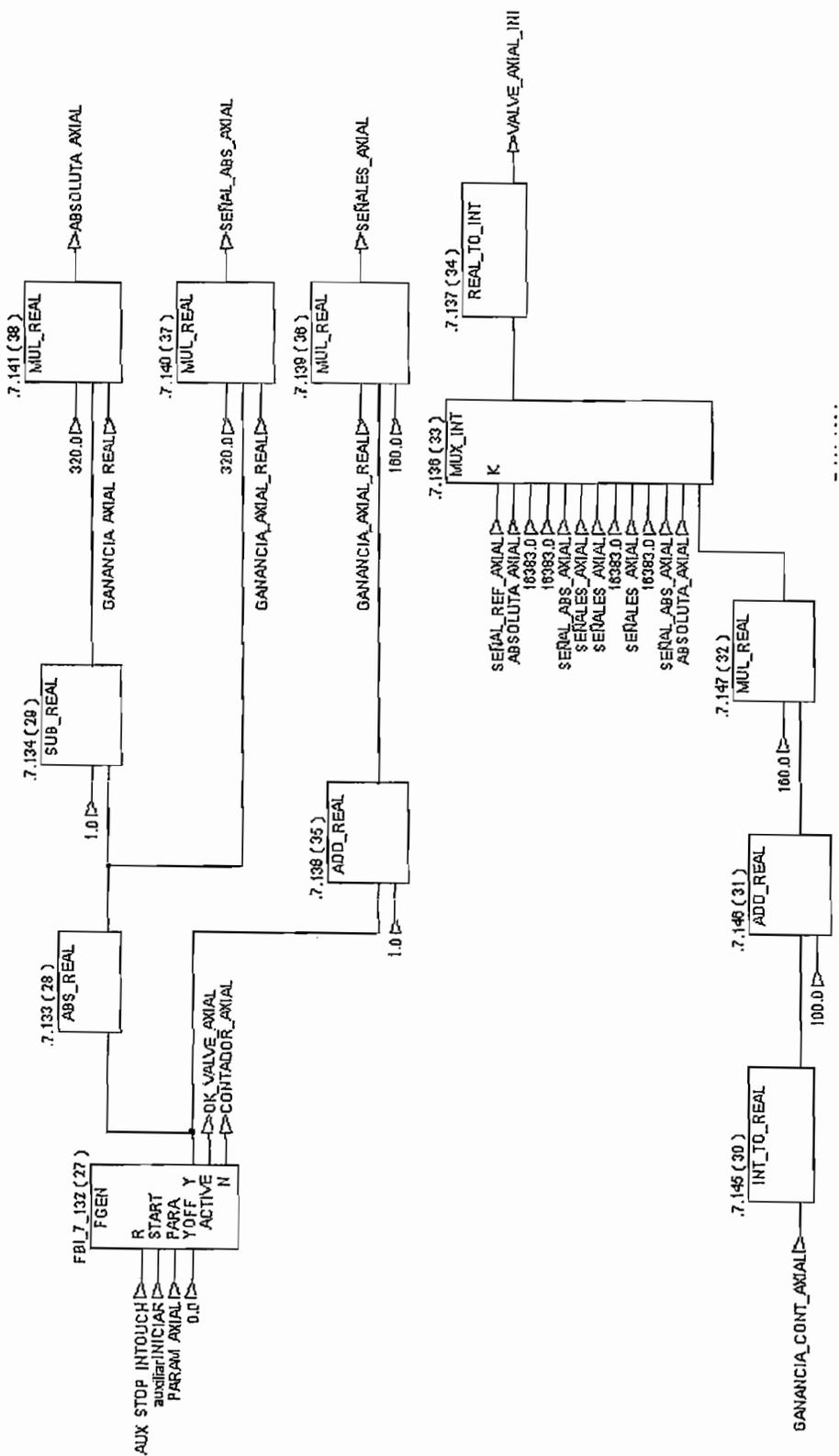
SALIDAS DISCRETAS



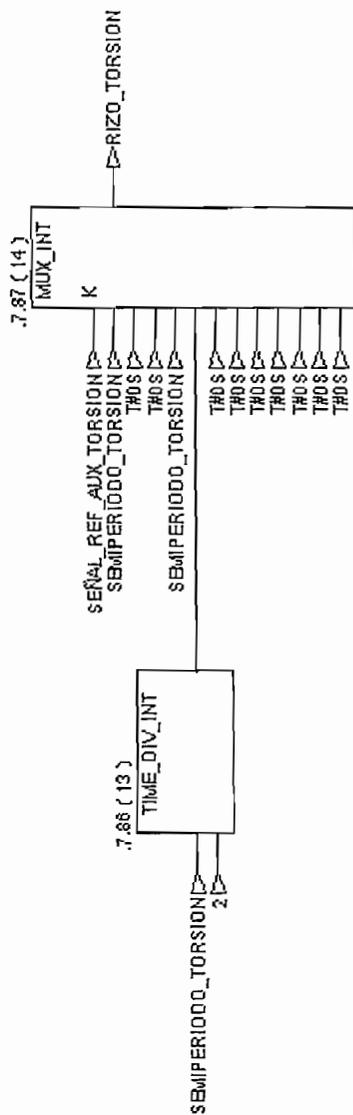
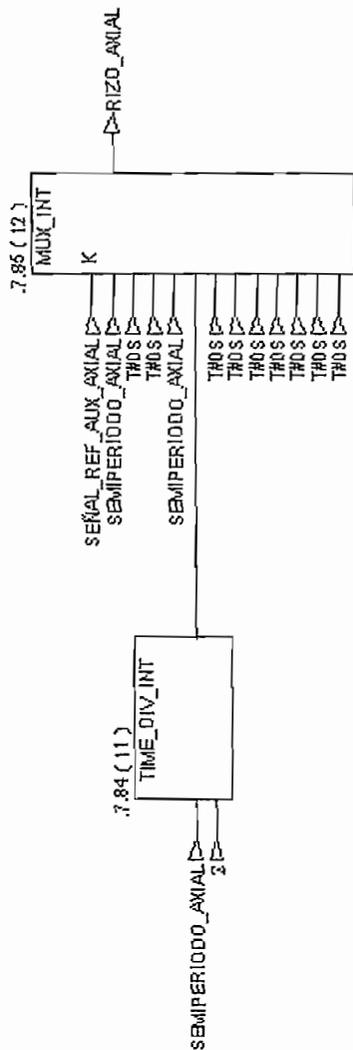
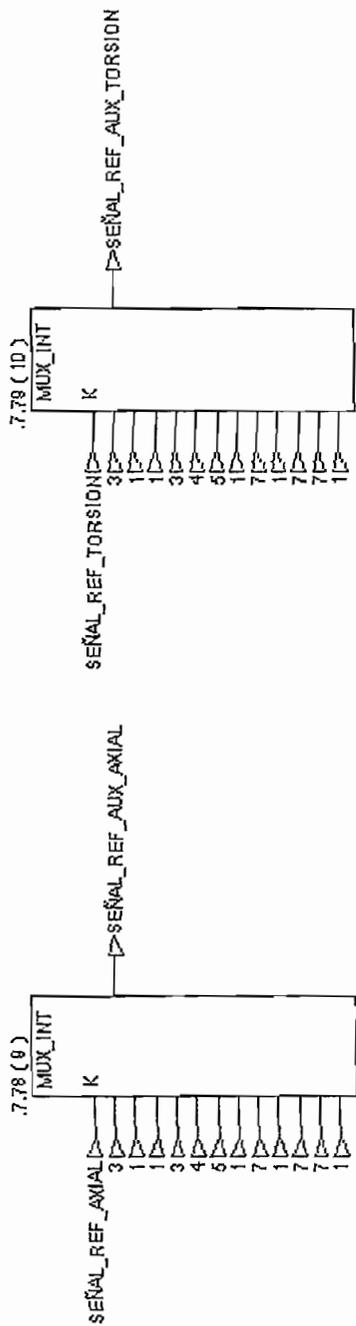
LECTURA DE SENSORES EN EXCEL



GENERADOR DE FUNCIONES AXIAL



MODIFICAR SEÑAL DE REFERENCIA.



Nombre de variable	Tipo de datos	Dirección
ABSOLUTA_AXIAL	REAL	
ABSOLUTA_TORSION	REAL	
ALARMA_FOCO	BOOL	
ALCANCE_AXIAL	INT	400035
ALCANCE_TORSION	INT	400037
auxiliarINICIAR	BOOL	
auxiliarPOSICIONAR	BOOL	
AUXLOCK	BOOL	
AUX_AXIAL_VALVE_AUTOM	INT	
AUX_AXIAL_VALVE_MANUAL	INT	
AUX_STOP_INTOUCH	BOOL	000010
AUX_TORSION_VALVE_AUTOM	INT	
AUX_TORSION_VALVE_MANUAL	INT	
BAJAR_EMOLO_FISICO	BOOL	000023
BAJAR_EMOLO_INTOUCH	BOOL	000019
CONTADOR_AXIAL	INT	400039
CONTADOR_TORSION	INT	400041
ENTRADA_DISC	BYTE	300002
ERRDR_ENVIO	BOOL	
FALLA_HPS	BOOL	000002
FRECUENCIA_AXIAL	INT	400023
FRECUENCIA_TORSION	INT	400024
GANANCIA_AXIAL	INT	400025
GANANCIA_AXIAL_REAL	REAL	
GANANCIA_CONT_AXIAL	INT	400051
GANANCIA_CONT_TORSION	INT	400052
GANANCIA_TORSION	INT	400026
GANANCIA_TORSION_REAL	REAL	
GIRAR_EMOLO_ANTIHORARIO	BOOL	000015
GIRAR_EMOLO_HORARIO	BOOL	000014
HABILITAR_FINALES_AXIAL	BOOL	000024
HABILITAR_FINALES_TORSION	BOOL	000025
HABILITAR_POS_INI_MANUAL	INT	400020
INICIAR_ALTA	BOOL	000003
INICIAR_BAJA	BOOL	000008
INTKO	INT	
KO	BOOL	000011
LECTURA_ADT	INT	300004
LECTURA_CARGA	INT	300007
LECTURA_EXTENSOMETRO	INT	300006
LECTURA_LVDT	INT	300003
LECTURA_TORQUE	INT	300005
LIMIT_INDF_AXIAL	INT	400029
LIMIT_INDF_TORSION	INT	400030

Nombre de variable	Tipo de datos	Dirección
LOCK	BOOL	000004
MOTOR	BOOL	000005
MOTOR_ALTA_PRESION	BOOL	
MOTOR_BAJA_PRESION	BOOL	
N	INT	
NULLO	INT	
OK_VALVE_AXIAL	BOOL	000013
OK_VALVE_TORSION	BOOL	000012
PARAM_AXIAL	Para_FGEN	
PARAM_TORSION	Para_FGEN	
POSICIONAR_ALTA	BOOL	000006
POSICIONAR_BAJA	BOOL	000007
RECONOCIMIENTO_ENVIO	INT	400028
RESET	BOOL	000009
RESET1	BOOL	
RESET2	BOOL	
RIZO_AXIAL	TIME	
RIZO_TORSION	TIME	
SALIDA_DISC	BYTE	400008
SALIDA_VALVE_AXIAL	INT	400009
SALIDA_VALVE_TORSION	INT	400011
SEMIPERODO_AXIAL	TIME	
SEMIPERODO_TORSION	TIME	
SENSOR_ADT	REAL	400057
SENSOR_CARGA	REAL	400043
SENSOR_EXTENSOMETRO	REAL	400045
SENSOR_LVDT	REAL	400055
SENSOR_TORQUE	REAL	400047
SET_POINT_AXIAL	INT	400031
SET_POINT_TORSION	INT	400032
SEÑALES_AXIAL	REAL	
SEÑALES_TORSION	REAL	
SEÑAL_ABS_AXIAL	REAL	
SEÑAL_ABS_TORSION	REAL	
SEÑAL_REF_AUX_AXIAL	INT	
SEÑAL_REF_AUX_TORSION	INT	
SEÑAL_REF_AXIAL	INT	400033
SEÑAL_REF_TORSION	INT	400034
sis1	BOOL	
START_HPS	BOOL	
STOP_ALCANCE	BOOL	
STOP_FISICO	BOOL	
STOP_INTOUCH	BOOL	000001

Nombre de variable	Tipo de datos	Dirección
STOP_LIMITES	BOOL	
STOP_MAXIMO	BOOL	
SUBIR_EMBOLO_FISICO	BOOL	000022
SUBIR_EMBOLO_INTOUCH	BOOL	000018
TOPE_BAJAR_EMBOLO	BOOL	000021
TOPE_GIRO_ANTIHORARIO	BOOL	000017
TOPE_GIRO_HORARIO	BOOL	000016
TOPE_SUBIR_EMBOLO	BOOL	000020
VALVE_AXIAL_INI	INT	
VALVE_AXIAL_POS	INT	
VALVE_TORSION_INI	INT	
VALVE_TORSION_POS	INT	
VELOCIDAD_AXIAL	INT	400053
VELOCIDAD_TORSION	INT	400054