

19  
24

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA



## DISEÑO DEL CONTROL DE POSICION DE UN TELESCOPIO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO EN COMPUTACION

P R E S E N T A

CONSUELO LEMUS CASILLAS

DIRECTOR: ING. ROBERTO MACIAS PEREZ

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

MEXICO, D. F.

1988



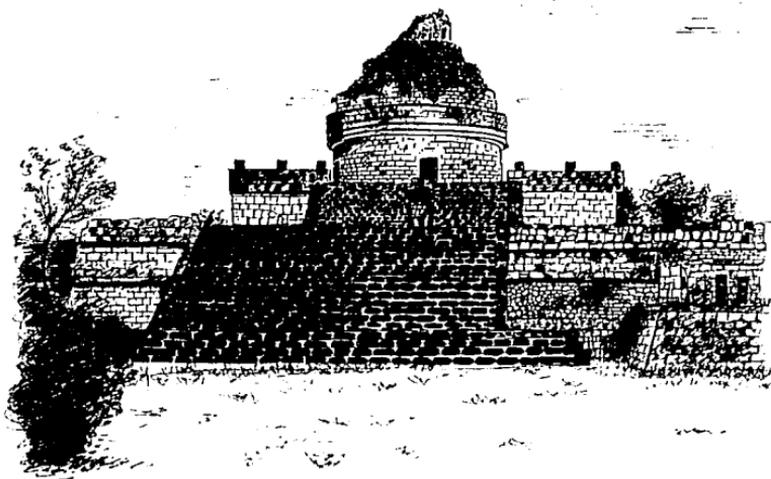
## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# Diseño del Control de Posición de un Telescopio



# Índice

Introducción	1
Capítulo 1. Coordenadas Celestes	7
Capítulo 2. Diseño Mecánico	22
Capítulo 3. Etapa de Potencia	39
Capítulo 4. Diseño Electrónico	56
Capítulo 5. Programa Monitor	69
Conclusiones	131
REFERENCIAS	132
BIBLIOGRAFÍA	133

# Introducción



En este trabajo, se presenta el diseño del sistema de control y movimiento de un pequeño telescopio que tiene un espejo primario 30 centímetros de diámetro, la razón por la cual se realizó el proyecto, fue la necesidad de mover al telescopio de una forma fácil y exacta, evitando así una serie de movimientos manuales que distraen la atención del observador, y de esta forma permitiera tomar fotografías de los cuerpos celestes.

La montura que sostiene al telescopio es de tipo ecuatorial; este tipo de montura simplifica considerablemente los movimientos para la localización y seguimiento de los cuerpos celestes, al igual que el sistema de control electrónico; eliminando por completo la necesidad de utilizar las coordenadas esféricas y el movimiento simultáneo de los dos motores.

En la figura 1.1 se muestra la montura del telescopio en una vista lateral, obsérvese que el telescopio se encuentra sostenido por dos vigas, inclinadas 18 grados, esta inclinación corresponde a la latitud donde se encuentra la ciudad de México. La inclinación tiene por objeto que las vigas que sostienen al telescopio queden perpendiculares al ecuador, por lo tanto están paralelas al eje de rotación terrestre, en donde los extremos superiores de las vigas apuntan al norte celeste, y los extremos inferiores al sur celeste. Las vigas se encuentran apoyadas en dos columnas, de tal forma que permiten el movimiento del telescopio en dirección este a oeste o viceversa, de esta manera se permite realizar el ajuste en la coordenada de ascensión recta, siendo este tipo de movimiento el que compensa la rotación de la Tierra. A su vez el telescopio se encuentra sostenido entre las dos vigas, de tal manera que forma un eje ortogonal al eje que forman éstas, así podremos mover el telescopio en dirección norte a sur o viceversa, correspondiente al movimiento de la coordenada de la declinación.

Con estos dos ejes es suficiente para que el telescopio tome la posición en cualquier punto de la esfera celeste, considerando el campo visual que se tenga en ese momento. La montura facilita la localización de los cuerpos celestes, tomando en cuenta que la Tierra tiene su movimiento de rotación y que es necesario compensarlo, de tal forma que el cuerpo celeste observado no se pierda de foco. Es por eso que se pensó en realizar un sistema electrónico capaz de compensar el movimiento de rotación, teniendo como ventaja el poder tomar fotografías del objeto celeste y que el observador no se preocupe por el ajuste del telescopio.

Al elegir la montura se debe tener presente que el telescopio está apoyado exactamente en su centro de masa, es por eso que solamente se requiera vencer las fuerzas de fricción presentes en los puntos de apoyo del sistema. La fricción se elimina en gran parte por medio de cojinetes de bolas, los cuales facilitan el movimiento del telescopio en cualquier dirección con la mínima fuerza posible. Por otra parte al utilizar motores muy pequeños

capaces de mover el telescopio economiza el sistema.

Para darnos una idea de lo importante que es tener el telescopio en completo equilibrio con su centro de masa bien localizado; Se debe mencionar que en el estado California en los Estados Unidos, se tiene uno de los telescopios más grandes del mundo instalado en Monte Palomar, formado por un cristal primario de 5 metros de diámetro, el total del peso del telescopio es de 500 toneladas, siendo un instrumento de increíble precisión y equilibrio, con sólo una mano se le puede hacer girar sobre sus ejes. Con ésto nos damos una idea de que el principal problema a vencer es la fricción ocasionada por los puntos de apoyo.

Partiendo de estas consideraciones el control del telescopio se divide en tres etapas, conectadas de la forma siguiente:

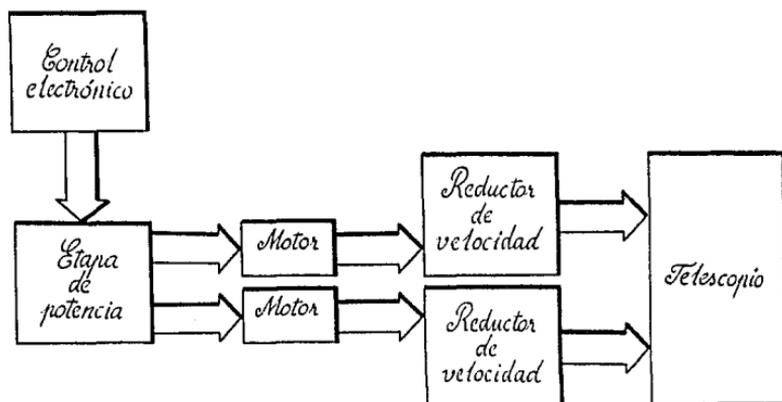


Figura 1. Diagrama de bloques del sistema de control del telescopio.

En la primera etapa se considera el control electrónico del telescopio, basado en el microprocesador Z-80; aquí se controlan todos los movimientos efectuados por el telescopio. El control se comunica con el usuario por medio de un despliegue de siete

digitos, donde se informa el estado del control; y a su vez el usuario se comunica con el control por medio de un panel de 24 teclas, a cada una de las cuales se les ha asignado una función específica. Dentro de lo complicado que puede parecer la localización de una estrella, en este control se trata de facilitar la para que cualquier persona, siguiendo un determinado algoritmo, pueda observar cualquier objeto celeste sin problema alguno. Mas adelante se explicará en detalle el manejo y funcionamiento del control.

El control electrónico del telescopio presenta tres modalidades para ser programadas. La primera permite al telescopio tome la posición en el punto elegido, al llegar a su destino envía un mensaje y compensa la rotación de la Tierra para que el observador no pierda de vista el objeto celeste. El usuario podrá observar dicho objeto siempre y cuando no llegue a una situación crítica en la cual no sea posible continuar físicamente con la observación. Si se presenta este caso el control mandará los mensajes correspondientes.

La segunda es análoga a la anterior, solamente que en el momento de ser localizada la estrella la compensación de la rotación terrestre se realiza manualmente. Esto quiere decir que el control electrónico ofrece cuatro teclas para coordenadas y cuatro para las distintas velocidades que se le quiera dar al telescopio sin utilizar el modo automático. Esto se realiza con el objeto de eliminar cualquier error al fijar la posición del telescopio. También con esta opción se puede llegar a interrumpir el movimiento de los motores cuando se llegue a un punto crítico.

La tercera y última opción es la modalidad programa, la cual puede ser utilizada para tomar fotografías; en este modo se programa el control para que encienda a la hora que se desee, se localizará la posición y seguirá a la estrella, el tiempo que sea necesario. Es conveniente hacer notar que para tomar impresiones se tendrá que contar con un sistema adicional que se ocupe de encender el sistema de fotografía. Esta posibilidad no se contempla en este proyecto.

Además de estas opciones el control lleva el registro de la hora sideral y la hora solar, necesarias para localización de los cuerpos celestes.

El control electrónico tiene un puerto de salida que va conectado a los motores, dicho puerto es un periférico de la misma familia del microprocesador Z80. llamado PIO (puerto de entrada salida), el cual tiene dos canales de salida de 8 bits cada uno. Para el control solamente se ocupan 4 bits de cada puerto, y las cuatro salidas de cada canal van conectadas a un motor. Se tienen dos motores, uno controla el movimiento de la ascensión recta y el otro el de la declinación. El funcionamiento de los motores se explicará en el capítulo 3. Las salidas del periférico PIO no

pueden ser conectadas directamente a los motores, por lo que es necesario acoplarlas por medio de una etapa de potencia, la cual proporciona la corriente suficiente para mover los motores. Este acoplamiento es la segunda etapa y su diseño se describe en el capítulo 3.

Los motores de pasos están acoplados a un sistema de reducción de velocidades, con el objeto de obtener la resolución requerida en astronomía. El diseño de este sistema reductor corresponde a la tercera etapa, la cual se explica en el capítulo 2.

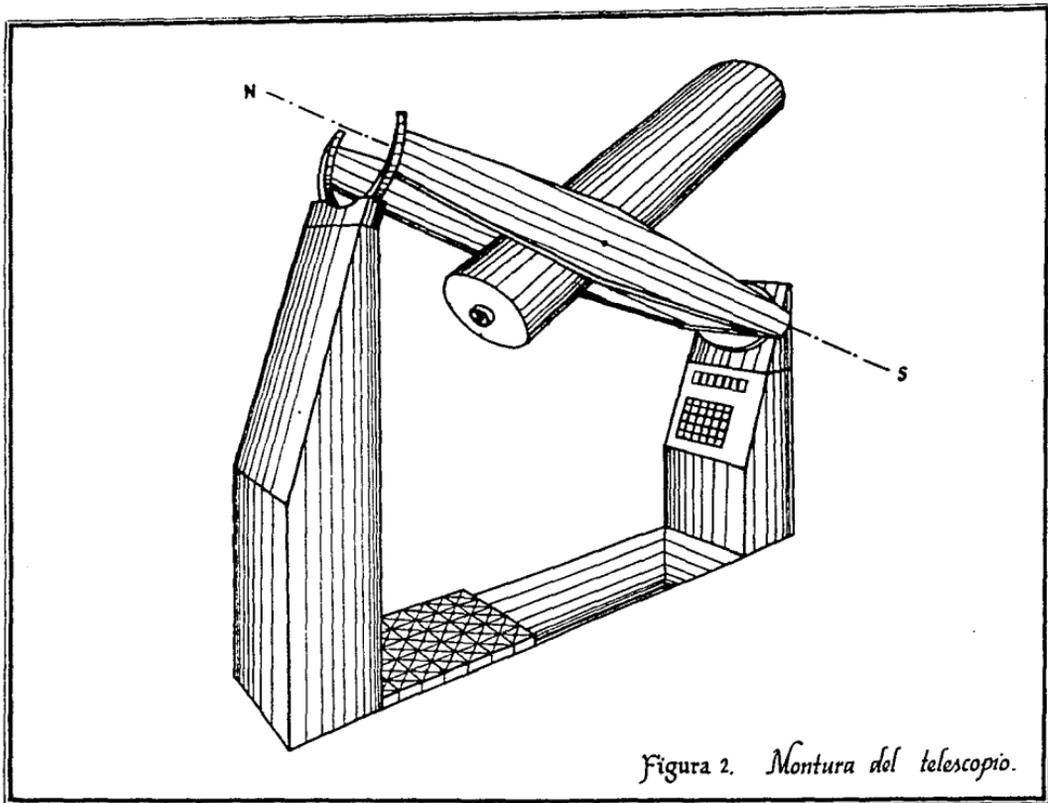


Figura 2. Montura del telescopio.

# Capítulo 1



Coordenadas Celestes

El hombre tiene la necesidad de fijar sistemas de coordenadas, con el objeto de localizar cualquier punto tanto sobre la Tierra como en el espacio exterior. Existen para este fin dos tipos de sistemas; el geográfico y el astronómico los cuales corresponden a la determinación de puntos sobre la Tierra y en el espacio respectivamente. En este trabajo es el sistema astronómico el que adquiere relevancia, aunque se explicará brevemente el primero por estar interrelacionado con el astronómico.

El sistema de coordenadas geográfico es el más familiar para nosotros. Para localizar un punto sobre la Tierra se necesitan dos coordenadas a saber: longitud y latitud. Las líneas de longitud llamadas meridianos, van desde el polo norte al polo sur. Por convención internacional el círculo de longitud cero pasa por el observatorio de Greenwich en Inglaterra. La longitud se mide en grados con respecto al círculo cero y puede ser este u oeste.

La latitud se define mediante círculos alrededor de la Tierra, paralelos al ecuador. El círculo de latitud cero corresponde al ecuador, latitudes de 90 grados corresponden a los polos ( 90° latitud norte para el polo norte y 90° latitud sur para el polo sur ).

Con estas dos coordenadas podemos localizar cualquier punto sobre la Tierra.

El Sistema Astronómico tiene una correspondencia análoga al sistema geográfico. Los astrónomos usan el nombre de ascensión recta para la longitud celeste y declinación para la latitud celeste. Las mediciones de declinación se realizan con respecto al ecuador celeste, el cual es una extensión del ecuador terrestre en el espacio. Los polos celestes son una extensión del polo norte y sur, ver figura 1.1 ( Para la ascensión recta y la declinación se utilizan las abreviaturas R.A y Dec. o con las letras griegas, alfa ( $\alpha$ ) y delta ( $\delta$ ), respectivamente).

La ascensión recta y la declinación forman un sistema de coordenadas, completo para determinar la posición de cada una de las estrellas, planetas, galaxias, etc. Para los observadores de la Tierra, los astros parecen girar las 24 horas alrededor de ésta, sin embargo el sistema de coordenadas celestes determinan la ubicación de los astros en forma tal que las coordenadas son independientes del aparente movimiento diario de la rotación. (Ver figura 1.2)

Se ha escogido arbitrariamente un círculo para marcar el cero en la ascensión recta, así como en la Tierra el meridiano cero se escogió como aquel que pasa por Greenwich. En este caso el círculo de referencia con respecto al cual se mide la ascensión recta co-

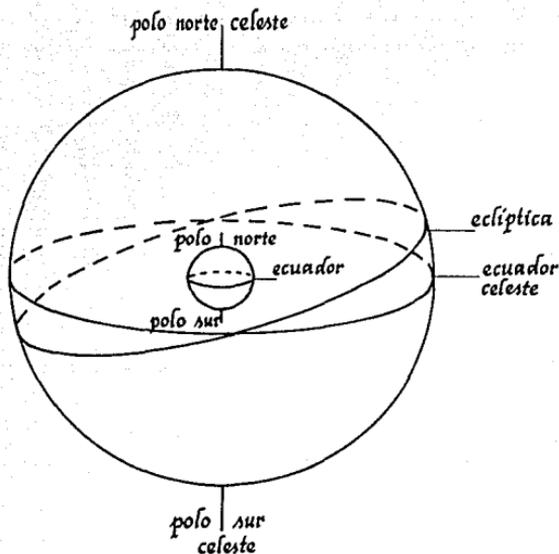
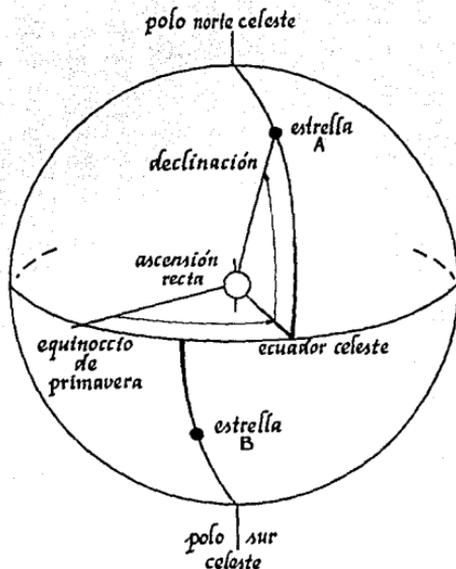


Figura 1.1 La esfera celeste. El ecuador celeste es la extensión del ecuador terrestre, y los polos están sobre la extensión de la línea que une los polos norte y sur. La eclíptica corresponde al círculo formado por la intersección del plano de la órbita de la Tierra y la esfera celeste. Esta inclinada  $23\frac{1}{2}$  grados con respecto al ecuador celeste.

responde al punto donde se produce el equinoccio de primavera. La ascensión recta se mide en dirección este a partir de dicho meridiano de referencia. Esto contrasta con las mediciones de los geógrafos que lo hacen en dirección este y oeste. Por otra parte, en vez de usar grados, los astrónomos cambian por un sistema de tiempo. Un círculo completo alrededor de la Tierra corresponde a  $360^\circ$ , siendo igual a 24 horas de ascensión recta; así, una hora de ascensión recta es igual a  $360/24 = 15^\circ$ ; y cada minuto es  $15/60 = 1/4 = 15$  minutos de arco; por lo tanto, un segundo de ascensión recta equivale a 15 segundos de arco. (Ver figura 1.3)



**Figura 1.2** La ascensión recta se mide en horas de tiempo con respecto al equinoccio de primavera. La declinación se mide en grados norte (+) o sur (-) del ecuador celeste. El tiempo sidereal corresponde a la ascensión recta de una estrella que cruza el meridiano. Así, si la estrella A está en el cenit, el tiempo sidereal corresponde a su ascensión recta.

La coordenada que es perpendicular al ecuador celeste, corresponde a la declinación. La declinación es la latitud en el cielo, medida en grados norte y sur del ecuador celeste, exactamente igual como se determina la latitud en la Tierra.

Todos los astros tienen su ascensión recta y declinación, en igual forma que los pueblos en la Tierra tienen su longitud y latitud. Por ejemplo, la ciudad de México se encuentra situada a  $99^{\circ} 5' 24''$  longitud oeste y  $+19^{\circ} 14' 24''$  de latitud. En el cielo, Sirio está localizada a  $6h 43min$  de ascensión recta y  $-16^{\circ} 4'$  en declinación. Así como las ciudades sobre la Tierra no

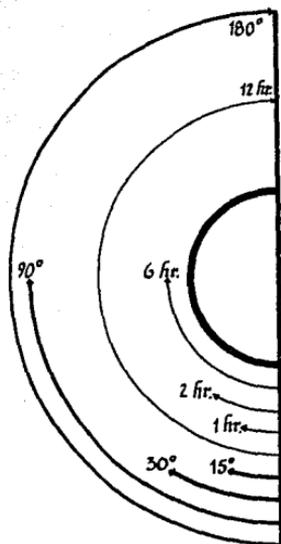
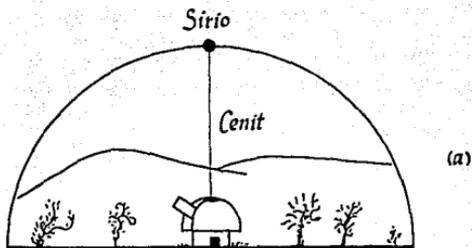


Figura 1.3 24 horas de ascensión recta corresponden a un círculo completo, es decir  $360^\circ$ , de modo que cada hora de ascensión recta son  $15^\circ$  de arco.

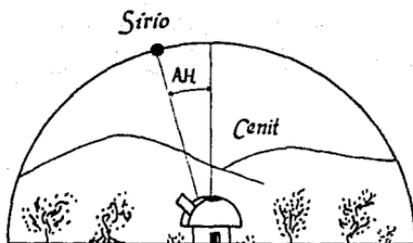
cambian sus posiciones, las estrellas tampoco cambian su posición en el espacio. Esto no quiere decir que se mantengan en la misma posición, sino que en pequeños intervalos de tiempo, no es posible percibir algún cambio de posición en ellas.

No obstante que el sistema de horas, minutos y segundos de ascensión recta puede parecer difícil de manejar, tiene grandes ventajas para los astrónomos. La Tierra gira alrededor de su eje, esentando un mismo meridiano ante el Sol cada 24 horas; al tiempo transcurrido se le llama tiempo solar. Pero tenemos también la opción de utilizar una estrella lejana como punto de referencia. Al tiempo que tarda la Tierra en presentar el mismo meridiano ante una estrella lejana, se le llama día sideral, y es un poco más corto que el día solar.

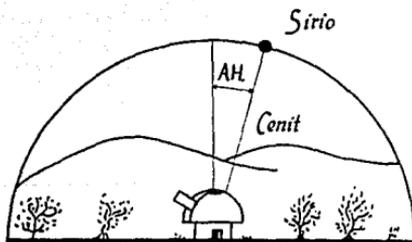
El tiempo sideral es la ascensión recta de las estrellas, esto es, si la ascensión recta de una estrella es la misma que la hora sideral en ese momento, entonces la estrella se encuentra en lo más alto del cielo, es decir en su cenit. Por lo tanto, conociendo el tiempo sideral podemos decir si la estrella puede ser



Hora sideral = 6 hr 43 min.  
 Angulo horario = 0



Hora sideral = 5 hr 43 min.  
 Angulo horario = -1 hr



Hora sideral = 7 hr 43 min.  
 Angulo horario = +1 hr.

Figura 14 Angulo horario.

observada en ese momento o no. La rotación de la Tierra ocasiona la variación tanto del tiempo solar como el sideral y en consecuencia también de la ascensión recta, por lo tanto, la ascensión recta se considera una coordenada dinámica. La diferencia dinámica entre el tiempo sideral y la ascensión recta de una estrella es llamado ángulo horario.

$$AH = TS - AR$$

donde: TS = tiempo sideral  
AR = ascensión recta

El ángulo horario indica si la estrella es visible o no, por ejemplo: Considerando a Sirio con 6hr 43min en ascensión recta y  $-16^{\circ} 42'$  en declinación (obtenidas de las tablas astronómicas). Si el tiempo sideral en ese instante es de 6hr 43min, Sirio está pasando por el cenit, o sea, está localizada considerando su declinación exactamente arriba de nuestra cabeza (Ver figura 1.4a). Para un tiempo sideral de 5hrs 43min, el ángulo horario es de  $-1\text{hr}$ , esto indica que Sirio pasará por el cenit una hora después (Ver figura 1.4b). Si el tiempo sideral es de 7hrs 43min, en ángulo horario es de  $+1\text{hr}$ , por lo tanto Sirio pasó hace una hora por el cenit (Ver figura 1.4c).

El día solar y el día sideral no son exactamente los mismos, la diferencia es causada por el punto de referencia, anteriormente mencionado. La Tierra tarda en dar una vuelta completa sobre su eje 24 horas. Un día solar dura aproximadamente 3min 56seg más que un día sideral.

En el equinoccio de primavera, el 21 de marzo, tanto el reloj solar como el sideral muestran la misma hora, al día siguiente (22 marzo) irá defasado 3min 56seg el reloj solar con respecto al reloj sideral, al otro día (23 de marzo) irá defasado 7min 52seg y así sucesivamente. Seis meses después, en el equinoccio de verano el 21 de septiembre, los relojes difieren por 12 horas. Esto es, la estrella que anteriormente estaba en el cenit el 21 de marzo a las 12 horas, seis meses después, el 21 de septiembre se encontrará a las 0 horas en el cenit (Ver figura 1.5). De lo anterior se hace transparente la conveniencia de utilizar el tiempo sideral para la localización de las estrellas. Por otra parte la hora sideral no es afectada por el movimiento de traslación y por lo tanto es la forma más exacta de medir el tiempo (por tener como referencia a una estrella lejana).

Existe una relación simple entre el tiempo sideral en dos diferentes lugares de la Tierra. En un día sideral (24 horas siderales), la Tierra gira con respecto a una estrella  $360^{\circ}$ ; supongamos dos observadores, el segundo localizado a  $15^{\circ}$  este del primero (una hora sideral corresponde a 15 grados de arco). El segundo observador notará que la estrella pasó por el cenit una hora antes que por el primer observador. Esto es justamente la

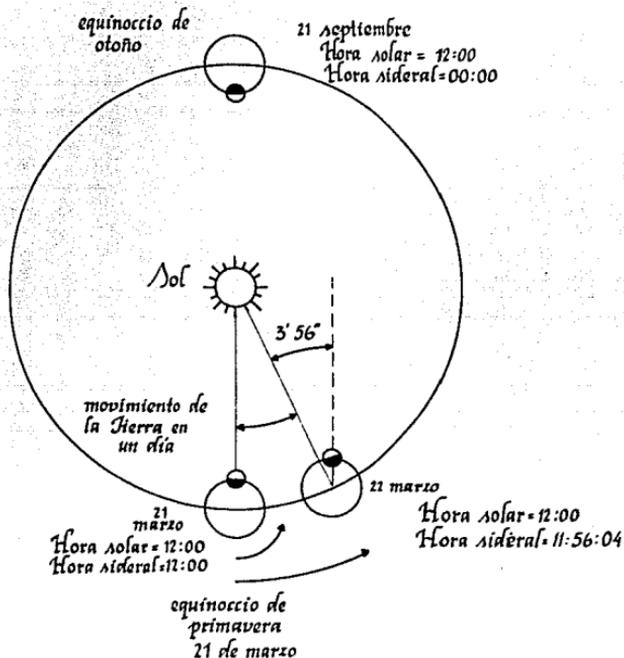


Figura 1.5 Diferencia entre los días solar y sidereal.

diferencia en ángulo horario de una estrella citada para dos observadores (el ángulo horario es justamente una diferencia de longitud). De lo anterior se puede concluir que la diferencia de tiempo sidereal de las dos localidades, es justamente igual a la diferencia de longitud entre los dos lugares.

#### ECLIPTICA Y PRECEDENCIA

A la trayectoria del Sol en el cielo, con respecto a las estrellas se le llama eclíptica. El eje de la tierra está inclinado  $23.5$  grados con respecto al plano perpendicular de su órbita; a causa de esto, la eclíptica está inclinada  $23.5$  grados con respecto al ecuador celeste. La eclíptica y el ecuador celeste se cruzan en dos puntos; el primer punto es el llamado equinoccio de primavera, el primer día de la primavera en el hemisferio norte, la otra intersección es el equinoccio de otoño, esto ocurre

aproximadamente el 21 de marzo y el 21 de septiembre respectivamente. En estos días la declinación de los rayos del Sol es de 0 grados; la declinación de los rayos varía de 23.5 a -23.5 grados durante todo el año debido a la inclinación de la eclíptica con respecto al ecuador celeste (Ver figura 1.6).

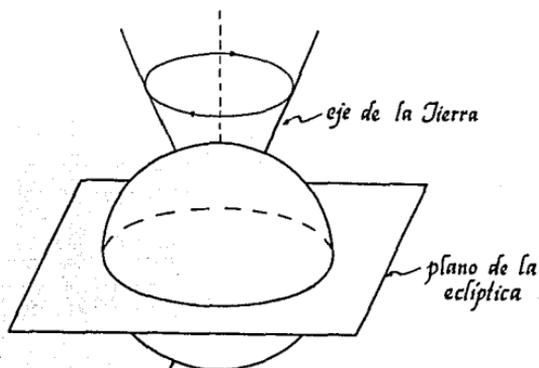


Figura 1.6 El eje de la Tierra precesa con un período de 26 000 años.

En los dos equinoccios el día y la noche duran exactamente 12 horas. Cuando la Tierra se encuentra en el punto correspondiente equinoccio de primavera, su ascensión recta es de 0 horas, incrementándose 3 min 56 seg cada día; seis meses después, la Tierra se encuentra en el equinoccio de verano, su ascensión recta en este punto es de 12 horas.

La luna viaja alrededor de la Tierra aproximadamente una vez al mes, por lo que su ascensión recta varía las 24 horas; como la órbita de la Luna está inclinada respecto al ecuador también varía su declinación. Los planetas también sufren cambios en su

ascensión recta y declinación continuamente. Las tablas de las posiciones diarias del Sol, la Luna y los planetas son publicadas anualmente.

Debido a que el eje de la Tierra cambia ligeramente su posición, las coordenadas celestes de las estrellas sufren un pequeño cambio (Ver figura 1.6). Al movimiento del eje terrestre se le denomina precesión, provocando una corrección en las coordenadas celestes, el cambio puede ser solamente de minutos en algunos años, pues el período de precesión es de 26000 años.

Debido al fenómeno de precesión, el eje terrestre cambia su posición provocando la modificación del ecuador (Ver figura 1.7); un ejemplo de lo que ocurre con este fenómeno es: En la actualidad Polaris es considerada la estrella del norte, pero dentro de algunos años no lo será más y tendrán que pasar 26000 años para volver a ser la estrella del norte; se dice que en el año 14980 A. de C., Vega era la estrella del norte. El cambio anual de las coordenadas de las estrellas a causa de la precesión, es de 50 segundos de arco.

Así, si se quiere observar un objeto celeste, y se tienen la coordenadas de hace algunos años; se podrá corregir el error ocasionado por la precesión, utilizando las siguientes fórmula :

$$\zeta \text{ Dec.} = W \text{sen}(23.5) \cos(A.R.) \quad (1)$$

$$\zeta \text{ A.R.} = W t (\cos(23.5) + \text{sen}(23.5) \text{sen}(A.R.) \tan(D)) \quad (2)$$

donde:

t es la diferencia entre el año corriente y el año en que se elaboraron las tabla.

W es el valor anual de la precesión, considerada como 50 segundos de arco al año.

Considerando el ejemplo de la estrella Aldebaran, cuyas coordenadas en 1950 eran:

$$\text{Dec.} = 16 \ 25' = 16.42 \text{ h}$$

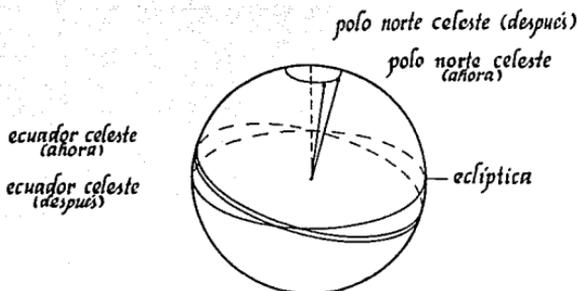
$$\text{A.R.} = 4 \text{ h } 33 \text{ m} = 68.25$$

Las coordenadas de esta misma estrella para 1980 se obtienen de la siguiente manera:

$$\zeta \text{ Dec.} = (50''/\text{año})(30) \text{sen}(23.5) \cos(68.25) \\ = 222'' = 3' \ 42''$$

$$\zeta \text{ A.R.} = (3.3\text{s}/\text{año})(30) (\cos(23.5) + \text{sen}(23.5) \text{sen}(68.25) \tan(16.42))$$

$$= 102 \text{ s} = 1 \text{ m } 42 \text{ s}$$



*Figura 1.7 Precesión. Debido a la precesión cambia la dirección del eje de la Tierra, de modo que cambia la posición en el espacio del polo norte celeste. Puesto que el polo se mueva, también lo hacen los puntos de intersección de la eclíptica con el ecuador celeste, y por lo tanto también los equinoccios. Un ciclo completo toma 26.000 años.*

Sumando el cambio a las coordenadas de 1950 se obtienen las coordenadas de 1980.

$$\begin{aligned} \text{Dec.} &= 16^{\circ} 25' + 3' 42'' \\ &= 16^{\circ} 28' 42'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{A.R.} &= 4 \text{ h } 33 \text{ m} + 1 \text{ m } 42 \text{ s} \\ &= 4 \text{ h } 34 \text{ m } 42 \text{ s} \end{aligned}$$

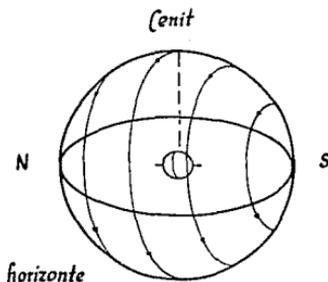
Las fórmulas anteriormente para ajustar las coordenadas de la precesión son únicamente válidas para intervalos menores de 100 años.

La mayor parte de la precesión es causada por efectos de la gravedad del Sol y la Luna sobre la Tierra, sumando también ligeros efectos debido a los planetas. A esto se debe que el movimiento de los polos no sea del todo regular. Las pequeñas perturbaciones para la precesión son llamadas nutaciones, en general las nutaciones son pequeñas comparadas con la precesión en un año, pero cuando se requieren posiciones muy exactas, éstas deben

tomarse en cuenta.

#### OBSERVANDO A LAS ESTRELLAS

En cada latitud y longitud de la Tierra se tiene un determinado campo visual del espacio. Si el observador está en el ecuador las estrellas sufren una alteración perpendicular al horizonte (Ver figura 1.8); el polo norte celeste se sitúa exactamente sobre el horizonte en el norte terrestre y el polo sur celeste se ubica exactamente sobre el horizonte en el sur terrestre. Cada estrella sufre un cambio de este a oeste sin que su declinación varíe.



*Figura 1.8 En el ecuador las estrellas se elevan, pasan justo arriba del cielo y después se ponen.*

Si ahora se ubica el observador en el polo norte, el polo norte celeste es el cenit y el ecuador celeste es el horizonte (Ver figura 1.9). Todas las estrellas se mueven formando trayectorias circulares paralelas al horizonte, sin desaparecer en el cielo, esto provoca que solamente se vean estrellas con declinación norte.

Supóngase que ahora somos observadores situados a +40 de latitud norte. Entonces todas las estrellas que tengan una declinación de +90° a -50° podrán ser observadas, pero estrellas

con declinación de  $-50^{\circ}$  a  $-90^{\circ}$  nunca podrán ser observadas en esta latitud.

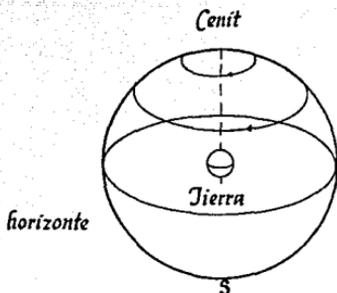


Figura 1.9 En las polos las estrellas se mueven en círculos paralelos al horizonte, y nunca salen o se ponen.

A causa de las modificaciones sufridas en el campo visual por la declinación, los telescopios están colocados en una montura tal que su eje apunta hacia el polo norte celeste; muy cercana a la estrella Polaris. Este eje se denomina eje polar. El ángulo de inclinación ( $\theta$ ) que tiene el eje polar respecto al horizonte, dependerá de la latitud de donde se encuentre el observador (Ver figura 1.10). El girar al telescopio sobre su eje polar equivale a variar la ascensión recta. El eje polar debe tener un movimiento constante para contrarrestar la rotación de la Tierra. El telescopio tiene otro eje perpendicular al eje polar el cual mueve al telescopio de norte a sur dándole así la variación de la declinación. A este tipo de montura se le denomina montura ecuatorial; el eje polar de rotación es perpendicular al eje terrestre.

Aparentemente las estrellas giran en círculos concéntricos a Polaris. En los telescopios con tipo de montura ecuatorial, una vez ajustada la declinación y la ascensión recta de una estrella, solamente queda seguir a la estrella girando el telescopio sobre su eje polar al inverso de la rotación de la Tierra con el objeto de compensar este movimiento. Se debe tener en cuenta que si estamos situados en el hemisferio sur el telescopio será ajustado

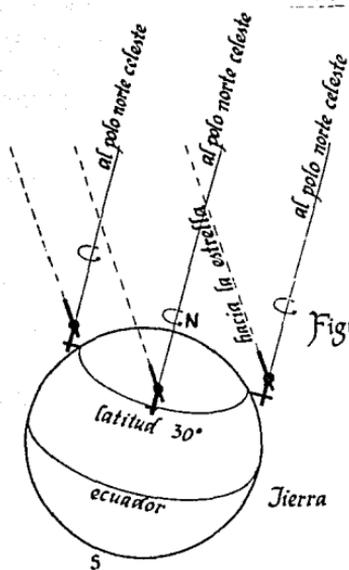
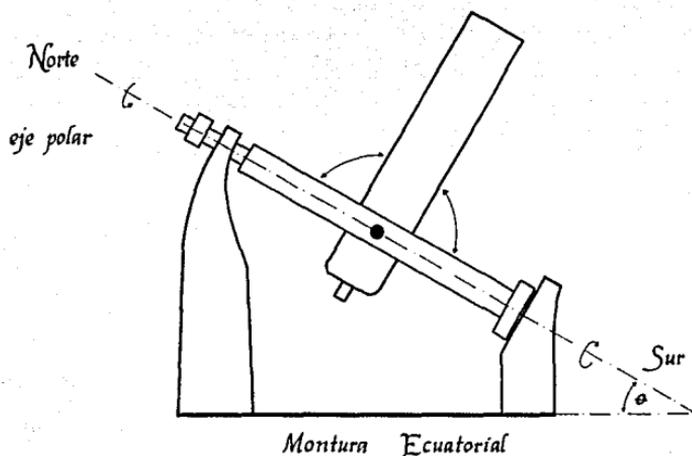


Figura 110 Un telescopio con montura ecuatorial sólo necesita rotar alrededor de un eje para seguir a una estrella. Este eje recibe el nombre de eje polar. El movimiento del eje perpendicular al eje polar barre un círculo completo de declinación.

con respecto al polo sur celeste.

Otra alternativa para una montura es, colocar el eje de rotación paralelo al horizonte y el segundo eje perpendicular al eje de rotación, este tipo de montura se denomina montura azimutal. Para observar una estrella con esta montura se tienen que realizar cálculos geométricos para ajustar frecuentemente la declinación y ascensión recta (Ver figura 1.11); estos cálculos no es necesario realizarlos para el caso de montura ecuatorial.

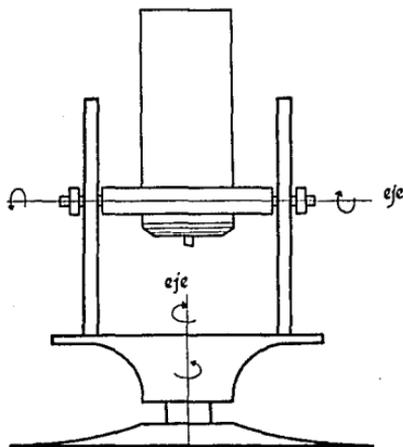
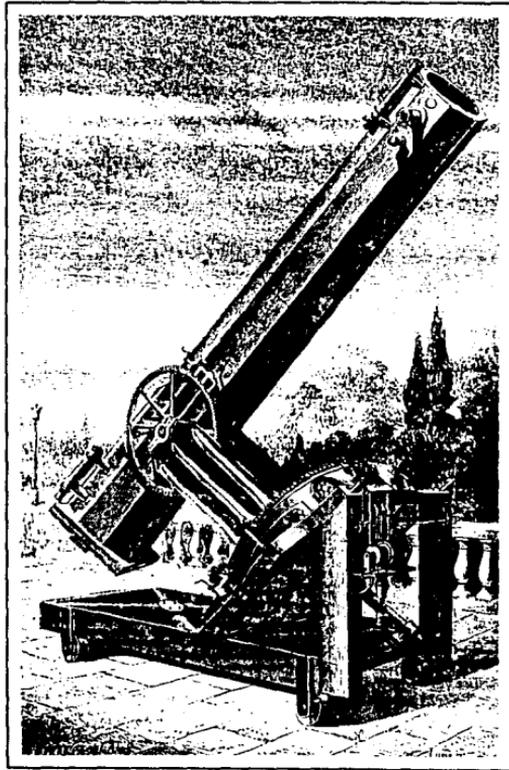


Figura 1.11 Montura acimutal

# Capítulo 2

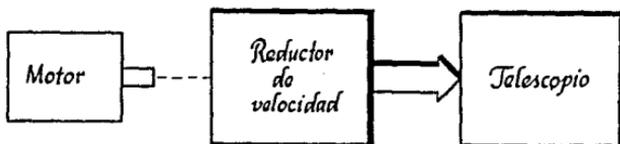


Diseño Mecánico

El telescopio requiere una gran precisión en sus movimientos, el mas mínimo error provoca que el campo visual se mueva y se pierda el cuerpo celeste de interés.

Las coordenadas celestes que tiene cada estrellas se especifican en grados, minutos y segundos para la declinación y horas, minutos y segundos para la ascensión recta; la variación de los segundos en cualquiera de estas coordenadas provoca que la estrella salga del campo visual. Es por eso que a pesar de haber elegido motores de gran precisión con una resolución de 0.9 grados por paso, éstos no se puede conectar directamente al telescopio por lo significativo que resulta ser 0.9 grados en la posición de una estrella.

Considerando la resolución de los motores, notamos que es muy pequeña y por eso se debe diseñar un acoplamiento mecánico para aumentarla; el acoplamiento es un reductor de velocidad conectado entre el motor y el telescopio como se muestra en la figura 2.1, de esa manera se puede lograr la resolución deseada, siendo capaces los motores de modificar la posición del telescopio unos cuantos segundos.



*Figura 2.1 Acoplamiento del motor de paso.*

Para empezar a describir el diseño del reductor de velocidad es necesario fijar la reducción que se requiere en la velocidad del motor. Considerando la precisión con la que se dan las coordenadas de las estrellas, es necesario ajustar el telescopio con gran precisión, ya que la variación de algunos segundos en la posición, ocasiona la salida de la estrella del campo visual. Es por eso, que se tiene la necesidad de fijar una relación que nos permita localizar sin problemas cualquier objeto celeste. La relación considerada es: al moverse el motor de pasos 0.9 grados el telescopio se moverá solamente un segundo. Esto equivale a tener una reducción de 3240 veces.

El factor de reducción anterior será considerado tanto para el motor que controla la ascensión recta como para el motor de la declinación. Con esta resolución se permite el desplazamiento del telescopio con gran suavidad, de tal forma que el observador no perciba el movimiento de éste. Facilitándonos el poder tomar fotografías de las estrellas.

La reducción requerida en el telescopio es demasiado grande, por lo tanto no es posible utilizar solamente dos engranes. Ante este problema se ha elegido utilizar tres etapas para lograr el factor de reducción requerido. La primera etapa se forma por un par de engranes con una relación de velocidad ( $m_w$ ) de 3, una segunda etapa análoga a la anterior, y por último la tercera etapa con una relación de 360, la cual se obtiene con un tornillo sin fin. Con estas tres etapas encadenadas se logra la relación de velocidad de 3240 (Ver figura 2.2).

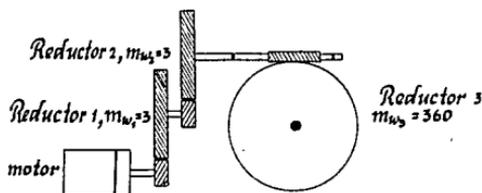


Figura 2.2 Reductor de velocidad.

En las dos primeras etapas se han escogido engranes helicoidales. Este tipo de engranes se caracteriza porque la carga se toma en un extremo del diente (siempre con otros dientes en contacto) y después hacen contacto las secciones subsiguientes del diente, tomando la carga gradualmente. La línea de contacto es siempre diagonal y sus dientes son resistentes a la ruptura. Por otra parte la transferencia gradual de la carga da lugar a un funcionamiento mas silencioso, menor carga dinámica y mayores velocidades admisibles.

## DISEÑO DE LA PRIMERA Y SEGUNDA ETAPA DE REDUCCION

Para obtener todas las características de los engranes es necesario fijar algunos parámetros. Tomando en cuenta la necesidad de gran precisión y movimientos suaves en el telescopio, se deben utilizar engranes con dientes muy finos (el tamaño del diente está

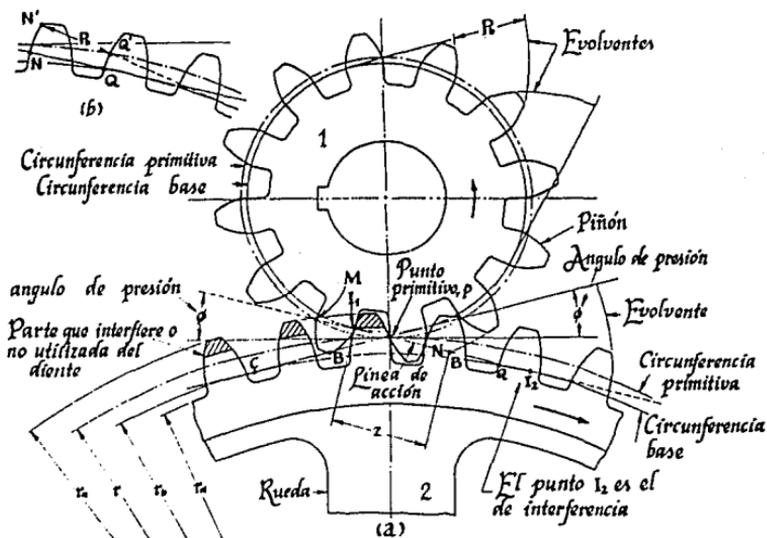


Figura 23 Acción de los dientes de engranaje. El paso base  $R-NQ=N'Q'$ , como se ve en (b), parte superior izquierda. Los radios de curvatura de los perfiles de evolvente en las circunferencias primitivas son: para la rueda,  $C_p$ ; para el piñón,  $I_1 p$ .

en función del paso diametral). El paso diametral (1) se define como la relación entre el número de dientes y el diámetro de paso (Ver figura 2.3):



Otro parámetro importante es el ángulo de hélice ( $\psi$ ), considerado en engranes helicoidales para fijar la inclinación de los dientes (Ver figura 2.4). El ángulo de hélice puede variar de 15 a 25 grados según nuestro criterio. En este caso hemos fijado a 20 grados. Por último se consideró que el piñón del reductor debe tener 48 dientes para obtener un tamaño adecuado en el diámetro de los engranes. Con toda la información anterior, se procedió a calcular todas las dimensiones necesarias para la fabricación de los engranes.

En las especificaciones de los engranes es necesario considerar los diferentes parámetros (2) que definen al diente éstos parámetros se muestran en la figura 2.5 y se encuentran en función de paso diametral que se escogió y las fórmulas para calcularlas son las siguientes; tomando en cuenta que los dientes son de paso fino de altura completa:

Si  $Pd = 48$

tenemos	Addendum	$a = 1/Pd$ $= 1/48 = 0.0208 \text{ in}$
	Dedendum	$b = 1.2/Pd + 0.002$ $= 1.2/48 + 0.002 = 0.027 \text{ in}$
	Espacio Libre	$= 0.25/Pd$ $= 0.25/48 = 0.005 \text{ in}$
	Altura total	$= a + b + \text{Espacio libre}$ $= 0.0208 + 0.027 + 0.005$ $= 0.0528 \text{ in}$

El valor obtenido del addendum nos sirve para calcular el diámetro total que debe tener el disco antes de ser tallado. En función del número de dientes, el paso diametral normal y el ángulo de hélice, se calcula el diámetro primitivo (3) ( Ver figura 2.3) :

$$D = Np/Pdn \cos f$$

considerando:	Paso Diametral Normal	$Pdn = 48$
	Ángulo de Hélice	$f = 20$
	Número de Dientes del Piñón	$Np = 48$

se tiene que el diámetro primitivo del piñón es:

$$\begin{aligned} D_{\text{piñón}} &= Np/Pdn \cos f \\ &= 48/48 \cos(20^\circ) \\ &= 1.064 \text{ in} \end{aligned}$$

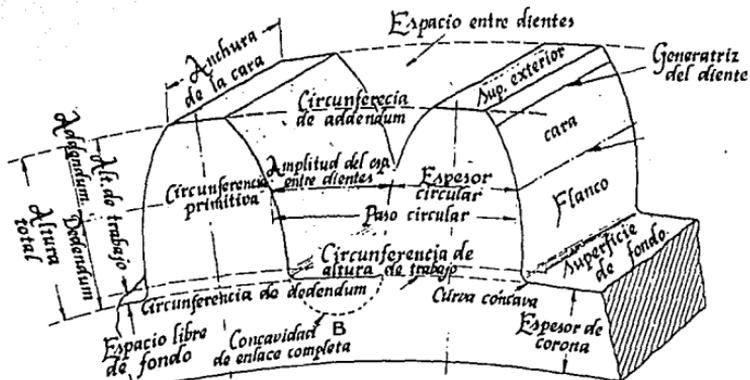


Figura 2.5 Dimensiones y nomenclatura de dientes de engrane.

El diámetro del engrane mayor está en función del número de dientes necesarios para obtener una relación de velocidad de 3; el número de dientes requerido en el engrane son:

teniendo como datos:

$$\begin{aligned} \text{Relación de Velocidad} & \quad m_w = 3 \\ \text{Número de Dientes en el Piñón} & \quad N_p = 48 \end{aligned}$$

el número de dientes en el engrane (4) es:

$$\begin{aligned} N_e &= N_p m_w \\ &= 48 \cdot 3 \\ &= 144 \text{ dientes} \end{aligned}$$

por tanto el diámetro primitivo del engrane es:

$$\begin{aligned} D_{\text{engrane}} &= N_e / P_{\text{dn cos } \phi} \\ &= 144 / 48 \cos (20^\circ) \\ &= 3.1925 \text{ in} \end{aligned}$$

El prámetro faltante para tener todas las dimensiones del engrane es el ancho de cara; para realizar el cálculo es necesario obtener el paso circular dado en función de paso circular normal. Se tiene que el paso circular (5) está dado por:

$$\begin{aligned}
 P_c &= \pi / P_d n \cos f \\
 &= 3.1416 / 48 \cos (20) \\
 &= 0.06965 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Por lo tanto el ancho de cara (b) se calcula (5) de la siguiente forma:

$$\begin{aligned}
 b &= 1.5 P_c / \tan f \\
 &= 1.5(0.06965) / \tan (20) \\
 &= 0.2870 \text{ in} \\
 &= 19/64 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Todos los valores anteriores son suficientes para construir los dos engranes del reductor, faltándonos únicamente el material para su fabricación; para decidir el material correcto, es necesario calcular las fuerzas a las que se encuentran sometidos los dientes de los engranes; estas fuerzas dependen directamente de las características del motor que se utiliza.

La máxima velocidad a la que puede funcionar el motor de pasos utilizado es de 600 pulsos/seg, lo cual equivale a 180 rev/min, entregando un par de torsión de 2.16 Kg-cm ó 0.0216 kg-m. Obteniendo la potencia del motor(6) dada por:

$$CV = T n / 71700$$

donde T Par de Torsión  
n Velocidad Máxima del Motor

se tiene :

$$\begin{aligned}
 CV &= (0.0216)(180) / 71700 \\
 &= 5.422 \text{ e-5 CV}
 \end{aligned}$$

La fuerza a la que se encuentran sometidos los dientes del engrane toma el nombre de fuerza transmitida (Ft), la cual depende de la potencia y velocidad del motor, ésta se calcula(7) con la siguiente fórmula:

$$F_t = 33000 \text{ CV} / V_m$$

donde

V<sub>m</sub> Velocidad Media del Motor  
CV Potencia del Motor

la velocidad media(8) del motor se calcula con la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned}
 V_m &= \pi D_p n \\
 &= (3.1416)(1/12)(180) \\
 &= 47.123 \text{ ft/min}
 \end{aligned}$$

por lo que la fuerza transmitida es de:

$$F_t = 33000(5.422 e-5)/47.123 \\ = 0.0379 \text{ lb}$$

Cuando se activa el mecanismo, el engrane conductor se tarda en responder y las velocidades en el engrane conducido aumentan, siendo probable que cese momentáneamente el contacto entre dientes. Luego las fuerzas actuantes vuelven a poner los dientes en contacto con un impacto que origina una carga dinámica considerablemente mayor a la fuerza transmitida, la magnitud de esta carga se encuentra en función de la fuerza transmitida, de la velocidad media, del ancho de cara y del módulo de elasticidad del material de cual están hechos los engranes.

Para calcular el módulo de elasticidad (C) es necesario buscar en la tabla AT-20 (9) el error probable en los perfiles de los dientes, considerando que los engranes están tallados esmeradamente, el error probable es:  $e = 0.001 \text{ in}$ . Pasando a la tabla AT-25 (10) que contiene los valores de el módulo de elasticidad en función de el error probable se tiene que  $C = 830$  para un material de fundición gris, dientes de altura completa y un ángulo de presión de 20. De acuerdo al valor de el módulo de elasticidad obtenido se calcula la fuerza dinámica(11):

$$F_d = F_t + 0.05V_m (F_t + C b \cos f) \cos f \\ 0.05V_m + (F_t + C b \cos f) \\ F_d = 28.64 \text{ lb}$$

El material con el que se fabriquen los engranes, será capaz de soportar la fuerza dinámica presente sin que se fracturen los dientes. Para elegir el material adecuado, es necesario calcular la fuerza soportada por los dientes con un determinado material, si esta fuerza es mayor o igual a la fuerza dinámica, el material es suficientemente resistente; la ecuación que define la fuerza de resistencia en los dientes(12) es:

$$F_s = (s b Y)/(K_f P_{dn})$$

donde

- K<sub>f</sub>** es un coeficiente de reducción de resistencia del material. El valor de K<sub>f</sub> debe estar incluido en el intervalo de 1.4 a 2, cuando la carga es aplicada cerca de la parte central del diente. Fijando aleatoriamente el valor de K<sub>f</sub> = 1.7
- Y** es el factor de forma de Lewis y se elige de acuerdo al número de dientes equivalente del piñón. El número de dientes equivalente(13) se calcula con la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} N_e &= N_p / \cos f \\ &= 48 / \cos (20^\circ) \\ &= 57.847 \end{aligned}$$

redondeando este valor tenemos:

$N_e = 58$ . En la tabla AT-24 (14) se busca el valor del factor de forma que se encuentra en función del número equivalente de dientes, teniendo el valor de  $Y = 0.713$ .

S es la resistencia de fatiga, varía según el material utilizado. Para este caso, se escoge un hierro gris ASTM 35 SAE120 (Tabla AT-6) (15) que tiene una resistencia máxima de  $S_u = 2460$ , para no exceder su límite consideramos  $S = 0.4S_u = 984 \text{ Kg/cm}^2$ , convirtiéndolo al sistema inglés tenemos que  $S = 13996 \text{ lb/in}^2$ .

por lo tanto la fuerza de resistencia en los dientes es:

$$\begin{aligned} F_s &= (13996)(19/64)(0.713)/(1.7)(48) \\ &= 36.3 \text{ lb} \end{aligned}$$

comparando el resultado obtenido de  $F_s$  con  $F_d$ , verificamos que  $F_s$  es mayor que  $F_d$ , con esto podemos concluir que el material elegido es el adecuado para el reductor de velocidad.

La segunda etapa de reducción, será fabricada con los mismos parámetros que la anterior, con el fin de facilitar el proceso de fabricación, ya que además de tener igual relación de velocidad, las fuerzas a las cuales esta sometida esta segunda etapa de reducción son menores, por lo tanto, el material utilizado para el primer reductor es suficientemente resistente para el segundo.

#### DISEÑO DE LA TERCERA ETAPA DE REDUCCION

En esta tercera etapa se requiere una reducción de velocidad 360 veces ( $m_w = 360$ ), es por eso que necesitamos un tornillo sin fin. Tomando en cuenta los datos elegidos en el reductor anterior con el objeto de no comprar otra herramienta para tallar la corona del tornillo sin fin, se tiene que el paso diametral de la corona es de  $P_d = 48$  y el ángulo de hélice  $f = 20^\circ$ ; si se requiere una reducción de 360, es necesario que el tornillo sin fin tenga solamente un hilo ( $N_t = 1$ ), esto es, por cada vuelta que gire el tornillo sin fin, la corona avanza solamente un diente de ésta; si aumentamos los hilos del tornillo sin fin, aumentaría considerablemente el tamaño de la corona, pero al considerar un hilo en el tornillo perderemos eficiencia en el reductor.

Tomando en cuenta los datos fijados anteriormente, tenemos

que los dientes en la corona(16) son de:

$$\begin{aligned} N_c &= m_w N_t \\ &= (360)(1) \\ &= 360 \text{ dientes} \end{aligned}$$

Fijando el diámetro del tornillo sin fin de  $d_t = 7/16$  in, se obtiene el ángulo de avance(17) de tornillo ( $\lambda$ ) (Ver figura 3.6):

$$\begin{aligned} l &= \text{sen. } (N_t / (P_d n d_t)) \\ &= \text{sen } (1 / (48 * 7/16)) \\ &= 2.73 \end{aligned}$$

El ángulo entre los ejes que forman la rueda y el tornillo sin fin es de  $90^\circ$ , por lo que el ángulo de avance en el tornillo es igual al ángulo de hélice de la rueda.

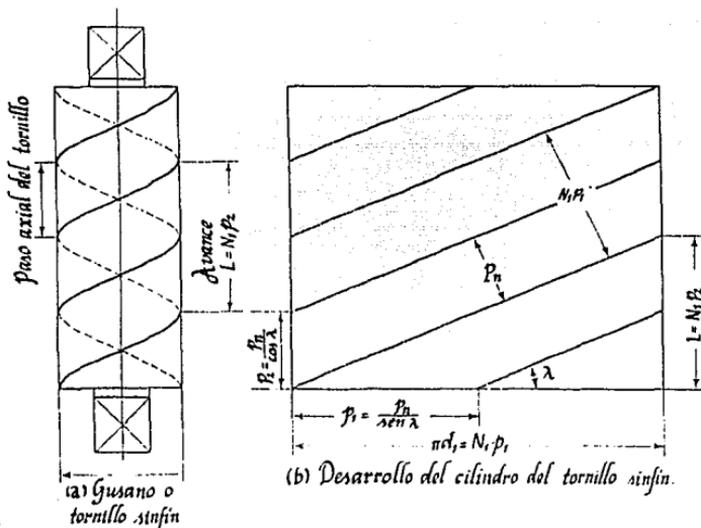


Figura 2.6 Geometría del tornillo sin fin.

La distancia axial que avanza el tornillo sin fin en una revolución es llamado avance ( $L$ )(18), teniendo el valor de:

$$\begin{aligned}
 L &= \pi dt \tan \lambda \\
 &= (3.1416)(7/16) \tan(2.73) \\
 &= 0.065 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Tomando en cuenta el paso circular del tornillo, se calcula la longitud del tornillo sin fin (1) (19):

$$l = Pc (4.5 + Nc/50)$$

considerando:  $Pc = \pi / (Pd_n \cos \lambda)$   
 $= 3.1416 / (48 \cos (2.73))$   
 $= 0.0655 \text{ in}$

por lo tanto  $l = 0.0655 (4.5 + 360/50)$   
 $= 0.766 \text{ in}$

redondeando el valor tenemos  $l = 0.8 \text{ in}$ .

Las medidas propuestas para el addendum y el dedendum(20) son las siguientes:

Addendum  $a = 0.3183 Pc$   
 $= 0.3183 (0.655)$   
 $= 0.0208 \text{ in}$

Dedendum  $b = 0.3819 Pc$   
 $= 0.3819 (0.655)$   
 $= 0.025 \text{ in}$

Sumando el addendum al diámetro primitivo (dt) del tornillo sin fin, se tiene el diámetro total del tornillo(21) antes de ser tallado es:

$$\begin{aligned}
 Dt &= dt + a + b \\
 &= 7/16 + 0.0208 + 0.025 \\
 &= 0.465 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Obtenidos todos los datos del tornillo sin fin, se procede a calcular las dimensiones de la corona, basándonos en el cálculo que se realizó anteriormente con los dos primeros reductores, considerando el ángulo de hélice igual al ángulo de avance del tornillo, se obtiene el diámetro de la corona (Dc)(22):

$$\begin{aligned}
 Dc &= Nc / (\cos \lambda) \\
 &= 360 / (\cos (2.73)) \\
 &= 7.5085 \text{ in}
 \end{aligned}$$

La anchura de cara de los dientes de la corona es en parte una cuestión que afecta a las proporciones de ésta, pero como la carga nunca se distribuye uniformemente en toda la cara, el valor de la carga máxima interviene en la decisión. Cuanto más ancha sea

la cara, mayor es la diferencia entre la carga máxima y la carga media, teniendo esto en cuenta se recomienda que el ancho de cara (b)(23) sea (Ver figura 2.7):

$$\begin{aligned} b &= 0.5 D_t \\ &= 0.5 (0.465) \\ &= 0.2313 \text{ in} \end{aligned}$$

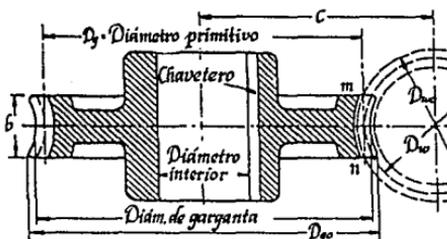


Figura 2.7 Rueda dentada de engranaje de tornillo sinfín.

Obtenidas todas las dimensiones del tornillo sinfín y la corona, se prosigue a elegir el material con el cual serán fabricados; el procedimiento a seguir es similar al del primer ductor.

Para elegir el material es necesario calcular la fuerza que transmite el tornillo sinfín a los dientes de la corona, la fórmula para obtener la fuerza transmitida ( $F_t$ )(24), esa en función de la velocidad de la corona ( $V_c$ )(25) que es :

$$V_c = \pi D_c n_c$$

donde

$$\begin{aligned} n_c &= V_m / m_w \\ &= 180 / 3240 \\ &= 0.0555 \text{ rpm} \end{aligned}$$

por lo tanto

$$\begin{aligned} V_c &= 3.1416 (7.5085/12)(0.0555) \\ V_c &= 0.1092 \text{ fpm} \end{aligned}$$

asi, la fuerza transmitida es:

$$\begin{aligned} F_t &= 3300 \text{ CV/Vc} \\ &= 33000(5.422 e^{-5})/0.1092 \\ &= 16.385 \text{ lb} \end{aligned}$$

de acuerdo a este valor, se puede calcular la fuerza dinámica ( $F_d$ )(26) a la que se encuentran sometido los dientes de la corona, por lo tanto:

$$\begin{aligned} F_d &= F_t(1200 + V_c)/1200 \\ &= 16.385(1200 + 0.1092)/1200 \\ &= 16.386 \text{ lb} \end{aligned}$$

Obtenida la fuerza dinámica se elige el material para fabricar la corona del tornillo sinfin; considerando las características de material, se calcula la fuerza de resistencia ( $F_s$ ) en los dientes de la corona(27). El material elegido para la fabricación es de bronce fosforado, el cual tiene una resistencia de fatiga de  $S_o = 8000 \text{ lb/in}^2$  y un factor de forma  $Y = 0.392$  dependiente unicamente del ángulo de presión elegido. Considerando los datos anteriores se tiene;

$$\begin{aligned} F_s &= S_o b Y \pi/P_{dn} \\ &= 8000(0.2313)(0.392)(3.1416)/48 \\ &= 47.17 \text{ lb} \end{aligned}$$

Nótese que la fuerza soportada por los dientes sin que se fracturen es mayor que la fuerza dinámica, por lo que el material escogido es correcto.

Generalmente se considera que para este tipo de reductor se utilice la combinación de dos tipos de materiales, bronce en la corona y acero en el tornillo sinfin, es por eso que se provoca un desgaste mayor en la corona, por lo que se debe calcular la máxima carga de desgaste que puede soportar la corona. De acuerdo con lo anterior se elige bronce fosforado para la corona y acero 250Bhn en el tornillo, se tiene que la máxima fuerza de desgaste ( $F_w$ )(28) soportada por la corona es de:

$$F_w = D_c b B$$

donde  $B$  es una constante que depende de la combinación de los materiales utilizados en el reductor; para los materiales escogidos  $B = 60$  de acuerdo a la tabla AT-7.

$$\begin{aligned} \text{por lo tanto } F_w &= (7.5085)(0.2313)(60) \\ &= 104.2 \text{ lb} \end{aligned}$$

nótese que  $F_w$  excede al valor de  $F_d$ , por lo tanto el material elegido es capaz de soportar las fuerzas en el reductor sin sufrir

ninguna fractura.

Con todos estos datos es suficiente para realizar la parte mecánica de el telescopio; en la tabla 2.1, se muestra un resumen de los parámetros calculados para cada reductor, y en la figura 2.8 se encuentra el reductor de velocidad con sus tres etapas.

En el telescopio se requiere gran precisión, tanto en ascensión recta como en declinación, es por eso que se establece la relación de que por cada 0.9 grados que se mueva un motor el telescopio se moverá un segundo de arco, esta resolución se usa en las dos coordenadas, necesitando un reductor igual tanto en ascensión recta como en declinación. Si queremos mover el telescopio noventa grados en declinación, considerando la máxima velocidad de los motores (600 pulsos/seg) nos damos cuenta que este recorrido tardaría 4.5 minutos; ante este problema de tiempo se coloco un embrague entre el segundo y tercer reductor, con el objeto de desconectar el motor, y así poder mover manualmente el telescopio con ayuda de una manivela; con esta adaptación se disminuye el tiempo de posicionamiento y una independencia total de los motores.

<i>Engranajes del primer reductor</i>							
	<i>Díametro primitivo</i>	<i>Addendum a</i>	<i>Dedendum b</i>	<i>Paso diametral <math>\phi=20^\circ</math></i>	<i>Ángulo de hélice <math>\psi</math></i>	<i>Ancho de cara (b)</i>	<i>Material</i>
<i>Piñón</i>	1.064	0.0208	0.027	48	20°	1/64	ASTM35
<i>Rueda</i>	3.1925	0.0208	0.027	48	20°	1/64	SAE120 HIERRO
<i>Engranajes del segundo reductor</i>							
<i>Piñón</i>	1.064	0.0208	0.027	48	20°	1/64	ASTM35
<i>Rueda</i>	3.1925	0.0208	0.027	48	20°	1/64	SAE120 HIERRO
<i>Engranajes del tercer reductor</i>							
<i>Corona</i>	7.5085	0.0208	0.025	48	2.73°	0.02313	BRONCE FOSFORADO
	<i>Díametro del cilindro primitivo</i>	<i>Addendum</i>	<i>Dedendum</i>	<i>Paso diametral <math>\phi=20^\circ</math></i>	<i>Ángulo de avance <math>\lambda</math></i>	<i>Longitud del tornillo <math>l</math></i>	<i>Material</i>
<i>Tornillo sinfin</i>	1/6	0.0208	0.025	48	2.73°	0.766	ACERO 250BHM

*Tabla 2.1 Características de la caja reductora.  
Las unidades de longitud están en pulgadas.*

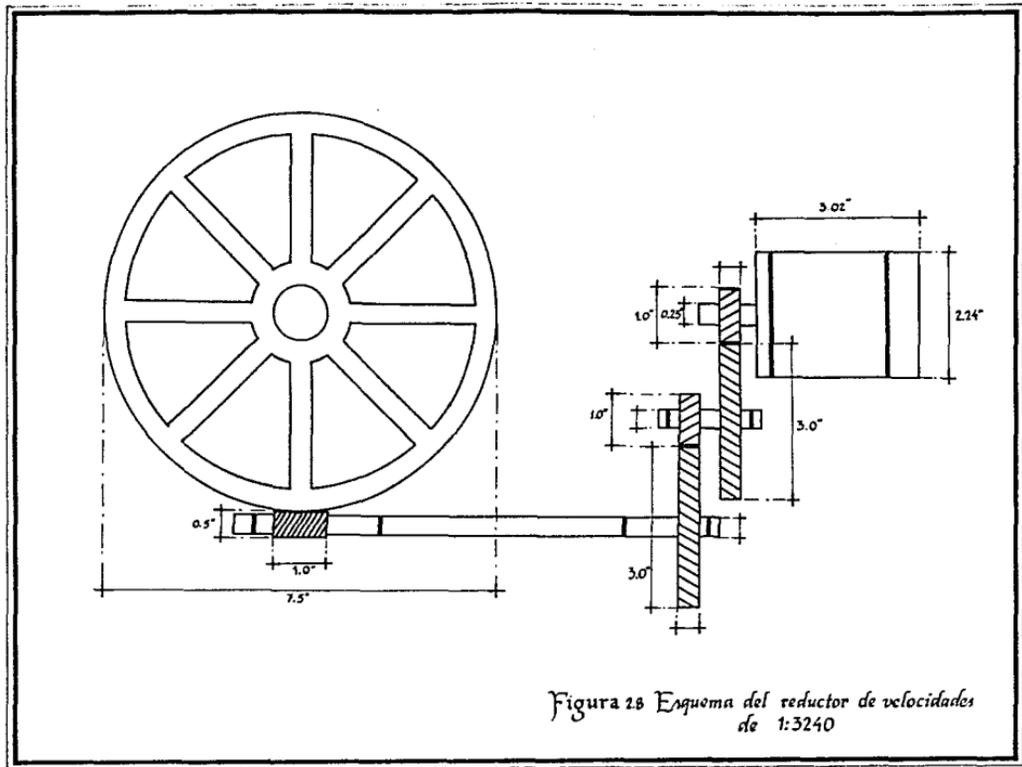
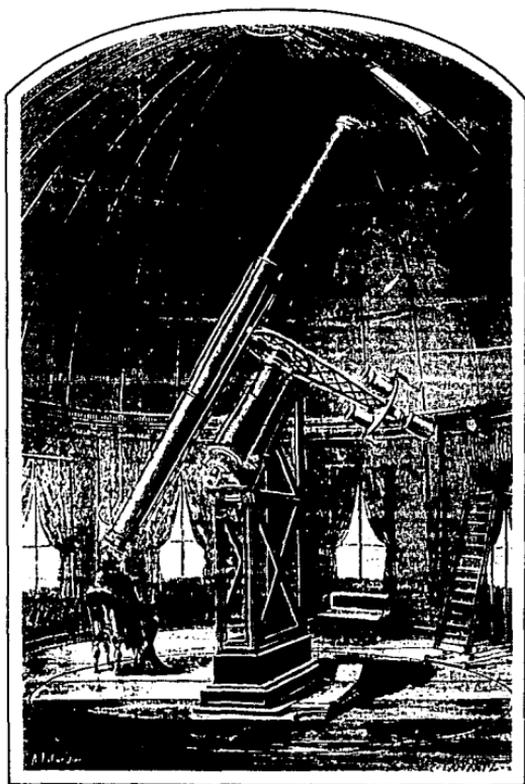


Figura 28 Esquema del reductor de velocidades  
 de 1:3240

# Capítulo 3



Etapa de Potencia

El control del telescopio mueve a éste por medio de dos motores, uno encargado de variar la coordenada de la ascensión recta y el otro de la declinación. Como ya se mencionó en los capítulos anteriores, el tipo de motores utilizados son los motores de pasos, éstos se escogieron para simplificar el sistema, ya que tienen características muy especiales, que son mencionadas a continuación.

Al utilizar éste tipo de motores, tanto el sistema electrónico como el programa monitor se simplifica considerablemente. Los dos motores son conectados al sistema electrónico por medio de una etapa de potencia, con el objeto de suministrarles la corriente suficiente para que éstos puedan moverse. Cada motor requiere 1.6 amperes para energizar cada una de sus fases; el circuito al que se encuentran conectado solamente puede entregarnos una corriente de 250 microamperes, por lo tanto es necesario acoplarlos por medio de un circuito que pueda darnos la corriente suficiente.

Como se mencionó en los capítulos anteriores, el telescopio se encuentra en un total equilibrio, con un sistema mecánico lo mas preciso posible, en donde se elimina al máxima la fricción que exista en el sistema mecánico y la montura del telescopio. En el diseño y construcción del sistema, se eligieron motores de paso de imán permanente, este tipo de motores son utilizados en sistemas que requieren movimientos muy finos y precisos. Estos motores están formados por un rotor cilíndrico dentado, magnetizado permanentemente; concéntrico con el rotor se encuentra el estator, formado por un cierto número de polos, cada polo tiene un doble de bobinado en bobinas separadas. En la figura 3.1 se muestra la configuración simplificada del motor de pasos utilizado, formado por ocho polos, cada polo también se encuentra dentado como el estator; el número total de bobinas que forman al motor son cuatro, alternadas en los ocho polos. Al aplicar secuencias de pulsos, se provoca la energización de las bobinas, teniendo como respuesta el giro del motor.

Quando circula corriente por I1 e I3, se forma en los polos correspondientes un norte magnético, si al contrario, circula las corrientes I2 e I4, se formará un sur magnético. Los dientes del rotor están en una posición tal que al energizarse los polos en función de las corrientes aplicadas, un diente del rotor tenderá a alinearse con el polo más cercano, de tal manera que se logre un equilibrio magnético. Si se energiza las otras dos bobinas, se romperá el equilibrio magnético y solamente un diente del rotor tenderá a alinearse con respecto a otro, el cual pertenece a uno de los ocho polos del estator, hasta que se vuelva a lograr el equilibrio magnético, de esta forma se puede mover el rotor, alternando la energización de las bobinas.

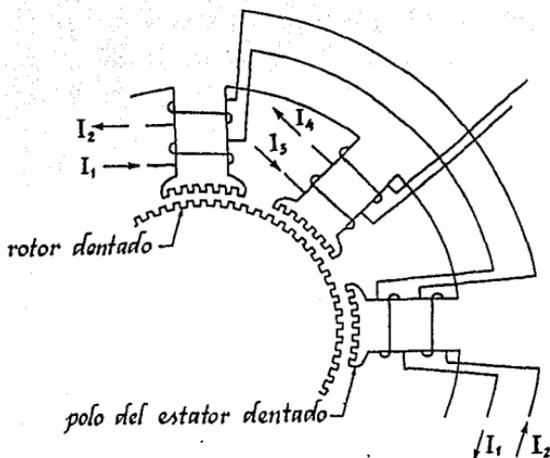


Figura 3.1 Configuración del motor de paso de imán permanente.

El tipo de motor utilizado es el Slo-Syn M062-FC03. Los motores tienen cuatro fases (Ver figura 3.2). Si se energizan las cuatro fases con una determinada secuencia, dará como resultado el giro del rotor; las combinaciones posibles para energizar las bobinas y que produzcan el giro en el rotor se muestra en la tabla localizada en la figura 3.3, cada combinación que activa determinadas fases da como resultado un paso, si se aplica a las cuatro fases la secuencia de pasos 1,3,5,7,1,3,5,7,1....., el rotor gira hacia la izquierda, pero si se le aplica la secuencia en sentido opuesto 7,5,3,1,7,5,3,1,7,...., el rotor gira hacia la derecha.

Por cada paso enviado el rotor gira un cierto ángulo, llamado ángulo de paso, el cual se encuentra en función del número de dientes del rotor y el estator; la mitad del ángulo que abarca el diente del rotor es el ángulo de paso. en el caso del motor M062-FC03, el ángulo de paso es de 1.8 grados, por lo tanto para que el rotor gire una revolución, deberán enviarse 200 pasos para completar los 360 grados equivalente a una vuelta. Los pasos por revolución que requiere un motor para dar una vuelta son:

$$SPR = 360/SA$$

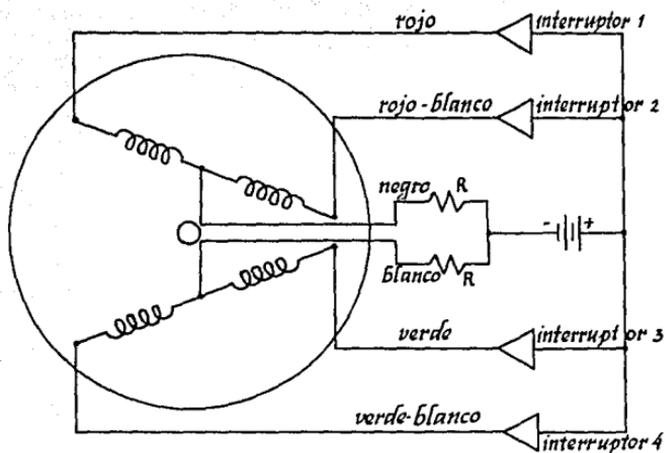


Figura 32 Diagrama del motor de paso  
MO91-FC03

Paso	Interruptor 1	Interruptor 2	Interruptor 3	Interruptor 4
1	1	0	1	0
2	1	0	0	0
3	1	0	0	1
4	0	0	0	1
5	0	1	0	1
6	0	1	0	0
7	0	1	1	0
8	0	0	1	0
1	1	0	1	0

Figura 34 Secuencia para energizar las bobinas del motor de paso, y así obtener 0.9 grados por paso. Se ha usado la notación:  
0 = apagado  
1 = encendido.

donde SPR son los pasos por revolución  
SA es el ángulo de paso, en el caso de los motores  
utilizado SA = 1.8 grados

por lo tanto  $SPR = 360/1.8$   
 $= 200$  pasos/rev

Si se incrementa la magnitud de la corriente en cada fase, solamente habrá un incremento en la torsión de el motor, pero no en la velocidad, por lo tanto, si se quiere tener un control en la velocidad del motor, es necesario aumentar la frecuencia a la cual son enviados los pulsos en las fases; por lo tanto la velocidad angular del motor ( $w$ ) es:

$$w = (2\pi)(SPS)(SA)/360$$

$$= (2\pi)(SPS)/(SPR)$$

dode SPS son los pasos por segundo  
SA es el ángulo de paso (grados)  
SPR pasos por revolución

En éste tipo de motores se puede conseguir que el motor gire la mitad del ángulo de paso especificado por el fabricante, esto depende unicamente de la secuencia enviada a las fases, éstas secuencias las especifica el fabricante (Ver figura 3.4). Si se sigue la secuencia de pasos 1,8,7,6,5,4,3,2,1,.... el motor gira hacia la derecha, si se aplica la secuencia 1,2,3,4,5,6,7,8,1,2... el rotor gira hacia la izquierda. Utilizando el modo de medio paso, el rotor gira 0.9 grados por paso, por lo tanto es necesario 400 pasos para que gire el rotor una revolución.

Paso	Interruptor 1	Interruptor 2	Interruptor 3	Interruptor 4
1	1	0	1	0
3	1	0	0	1
5	0	1	0	1
7	0	1	1	0
1	1	0	1	0

Figura 3.3 Secuencia para energizar las bobinas del motor de paso, y así obtener 1.8 grados por paso. Se ha usado la notación  
0 = apagado  
1 = encendido.

Una de las principales características que presentan los motores de pasos, es la de mantener su par bajo condiciones tácticas, esto es, a pesar de que el motor se encuentre parado con cualquiera de las fases energizada, se requiere una fuerza para mover el rotor en cualquier dirección.

Si se tuviera sensado el par del motor, a partir del estado de reposo hasta alcanzar el ángulo de paso, se nota que el momento va aumentando en forma de una senoide hasta alcanzar el par máximo ( $T_{max}$ ) (Ver figura 3.5)

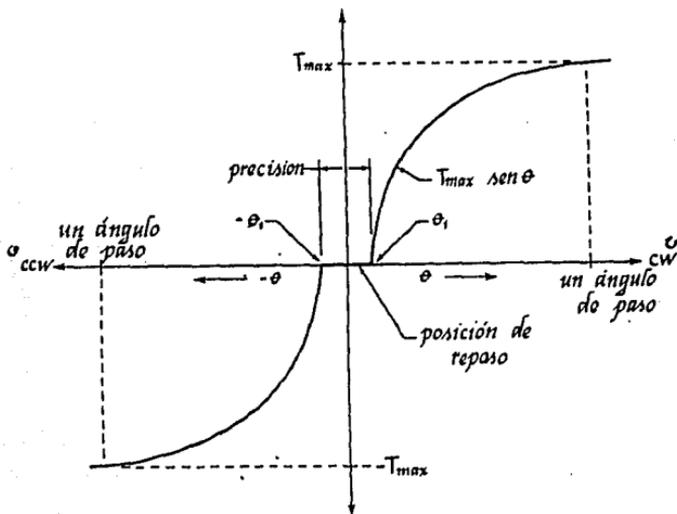


Figura 3.5 Par versus rotación.

El par máximo medido por un giro del ángulo hacia la derecha y hacia la izquierda es especificado por el fabricante, en el caso de los motores utilizados tienen un par mínimo de 100 oz-in. En la figura 3.5 se puede observar que cuando el motor se aproxima a la posición de reposo, va disminuyendo la torsión generada internamente; en los puntos  $\theta_1$  y  $-\theta_2$  la torsión ocasionada por la fricción del motor es igual a la torsión de éste, por lo tanto el motor nunca alcanza la posición precisa de reposo. Este error en

posición e una especificación de la precisión de los motores y puede ser desde el 3% al 5% del ángulo de paso, éste error no es acumulativo.

En el caso del motor utilizado se tiene un error de 3% en el ángulo de paso, ésto es, que en un paso de 1.8 grados se tienen mas o menos 3.24 min, por lo tanto en una revolución se tiene un error de mas menos 3.24 minutos, se puede notar que el error es muy pequeño, pues el error solo se presenta cuando se arrancan los motores.

La respuesta dinámica de un paso a una entrada pulso se ilustra en la figura 3.6, donde  $t_m$  es considerado el tiempo que tarda en responder el motor para girar 1.8 grados;  $t_m$  está determinado por la habilidad del motor para mover su propia masa, su respuesta corresponde a la de un sistema subamortiguado en donde las oscilaciones se determinan por tres factores diferentes que son: par de carga ( $T_L$ ), carga de inercia ( $J_L$ ) y tiempo de levantamiento de corriente .

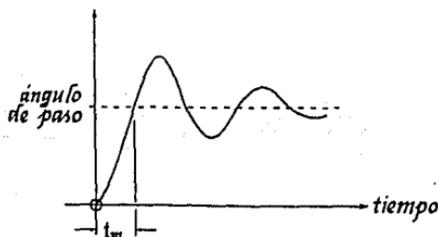


Figura 3.6 Respuesta del ángulo de paso.

Par de carga: incrementando el par de carga se reduce la oscilación y se incrementa el tiempo de levantamiento requerido para cada paso. Esto se muestra en la figura 3.7 donde  $T_{L1} < T_{L2} < T_{L3}$ .

Carga de inercia: un incremento en la carga de inercia produce un incremento en la oscilación, así como un incremento tanto en el tiempo de levantamiento como en el tiempo de asentamiento, observese en la figura 3.8 donde  $J_1 < J_2 < J_3$ . debe enfatizarse que un incremento en la carga de inercia afecta adversamente la habilidad del motor para detenerse y volverse arrancar rápidamente.

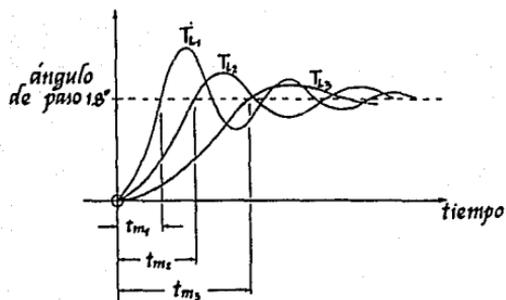


Figura 3.7 Efecto del par de carga sobre la respuesta de paso.

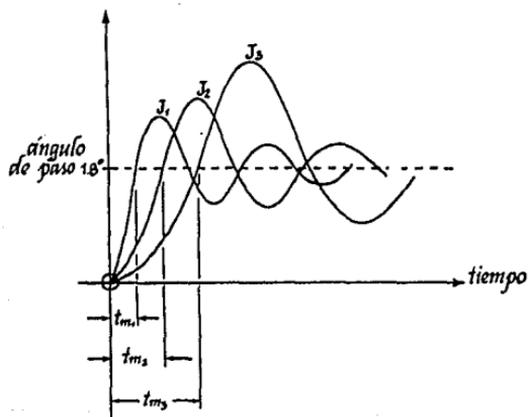


Figura 3.8 Efecto de la carga de inercia sobre la respuesta de paso.

Tiempo de levantamiento de la corriente: el par del motor es desarrollado por el paso de la corriente por los devanados del estator. Si la corriente requiere de un tiempo grande para llegar a su valor máximo, le tomará un tiempo grande al par para alcanzar su valor máximo permitido y por lo tanto se tiene una respuesta del motor (Ver figura 3.9).

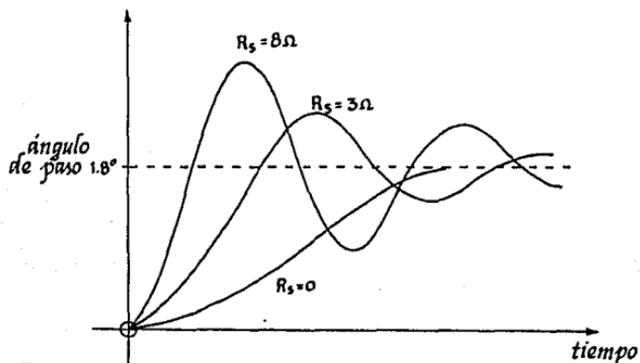


Figura 3.9 Efecto del tiempo del levantamiento de corriente sobre la respuesta de paso.

Este fenómeno se puede observar considerando una de las fases como un circuito R-L, donde R es la resistencia propia de la bobina, y la fuente de alimentación es una serie de pulsos como se muestra en la figura 3.10.

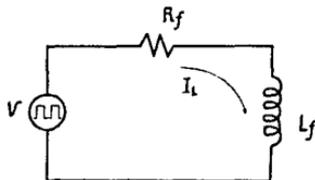


Figura 3.10 Circuito equivalente para una fase del motor.

Analizando el circuito tenemos que el voltaje de la entrada y la corriente de salida presentan las formas que se ilustran en la figura 3.11.

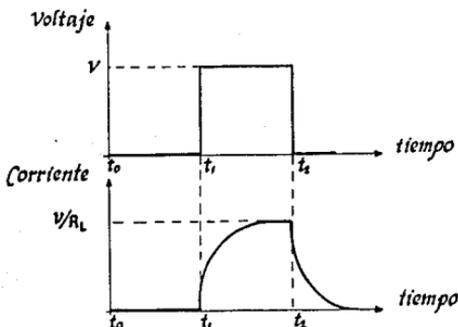


Figura 3.11 Respuesta del circuito R-L.

De la figura 5.9 se tiene que en  $t_1$ , el voltaje de entrada tiene un valor igual a  $V$ , considerando como condición inicial que la corriente del circuito es cero, esto es  $i(0) = 0$  se tiene:

Para el intervalo  $t_1 < t < t_2$

$$V = R i + V$$

como:  $V = L di/dt$

se tiene:  $V = R i + L di/dt$

La solución de esta ecuación diferencial tomando en cuenta las condiciones iniciales es:

$$i(t) = (V/R)(1 - \text{Exp}(-R t/L))$$

Considerando el intervalo  $t_2 < t < t_3$ , se puede observar que las condiciones iniciales del problema varían y ahora para este intervalo, se tiene que  $i(0) = V/R$ ; para este intervalo se tiene que la corriente está dada por la siguiente ecuación:

$$R i + V = 0$$

Cuya solución es:

$$i(t) = (V/R) \text{Exp}(-R t/L)$$

De acuerdo al análisis anterior podemos concluir que si la frecuencia es demasiado grande, el sistema no responde ya que la corriente en las bobinas sería menor que la necesaria para proporcionar el par requerido, la constante de tiempo no cambiaría en tanto que la duración de los pulsos aplicados sí. Por otro lado, si disminuimos la constante de tiempo agregando una resistencia externa, el circuito responderá más rápidamente.

Al seleccionar esta resistencia externa se debe de considerar que el sistema responde más rápido pero presenta mayor número de oscilaciones por unidad de tiempo, por otro lado al disminuir la resistencia, el sistema responde más lentamente pero sin presentar oscilaciones (Ver figura 3.9).

La frecuencia máxima permitida en el motor, se calcula de la siguiente manera:

$$f_{\max} = 1/5T$$

Los motores de pasos tienen otras ventajas, aunque no pueden tener grandes velocidades, el motor puede ser arrancado a partir de una velocidad inicial ( $V_i$ ) hasta llegar a su máxima velocidad ( $V_2$ ) en un tiempo  $t_R$  como se muestra en la figura 3.12. En un tiempo  $t_f$  se desacelera el motor hasta llegar a su velocidad ( $V_3$ ), y a partir de ahí el rotor del motor puede ser parado sin perder ningún paso, siendo una gran ventaja para controlarlo.

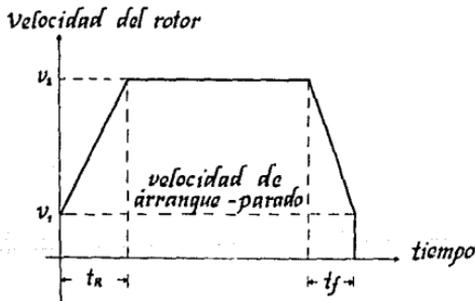


Figura 3.12 Velocidad vs tiempo para el motor de paso.

Las velocidades  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$  y los tiempos  $t_r$  y  $t_f$  dependen directamente de la carga conectada al motor.

En la figura 3.13 se muestra la gráfica de par contra velocidad para el motor utilizado; en esta figura se puede apreciar que al aumentar la frecuencia a la que se envían los pulsos, el par disminuye considerablemente, contrariamente, a frecuencias bajas el par aumenta, por lo que es preferible trabajar en bajas frecuencias para obtener un par mayor.

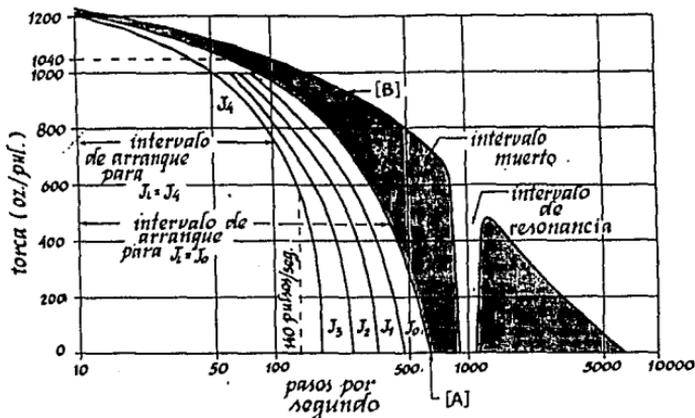


Figura 3.13 Curvas velocidad-torque del motor de paso.

Como se señaló en el capítulo anterior, el circuito Z-80 PIO es utilizado para generar la secuencia de pasos para ver los dos motores, las frecuencias a las que se envían los pulsos son controladas por medio de tiempos de retraso entre paso y paso, estos tiempos de retraso se generan por medio de programas, que se explicarán en el capítulo 6. Los motores empleados en este proyecto requieren 1.6 amperes en cada fase para mover el rotor, tomando en cuenta que solamente dos o una fase están conduciendo, se tiene que la corriente máxima que requiere cada motor es de 3.2 Amperes.

4

Como el circuito Z-80 PIO no pudo proporcionar la corriente necesaria para impulsar los motores se requiere realizar una etapa de potencia para acoplar la salida del Z-80 PIO con las fases del motor (Ver figura 3.14).

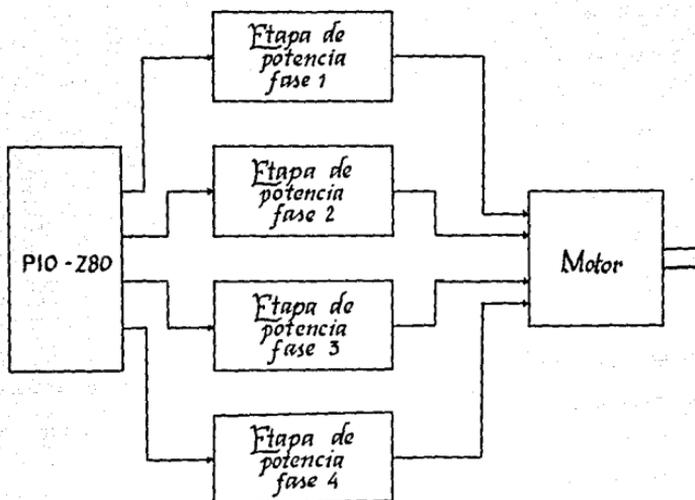


Figura 3.14 Acoplamiento del circuito PIO-280 al motor de paso.

Tomando en cuenta las características eléctricas de los motores se diseñó el circuito de potencia siguiente (Ver figura 3.15).

Con esta configuración se logra obtener la corriente suficiente para impulsar los motores de pasos, mas adelante se muestra el cálculo de las resistencias correspondientes. El funcionamiento del circuito es el siguiente.

Quando se aplica un nivel bajo de voltaje a la base del transistor T1, la corriente de su colector es cero, por lo tanto el voltaje que se tiene en la base del transistor T2 es un nivel alto, esto provoca que en el transistor T2 no circule corriente en la base ya que la unión base emisor queda polarizada en inversa, lo cual hace que no haya corriente en la fase del motor seleccionada. Si se aplica un nivel alto de voltaje en la base del transistor T1, éste se satura, de tal forma que el voltaje en la base del transistor T2 es bajo, esto ocasiona que se active el

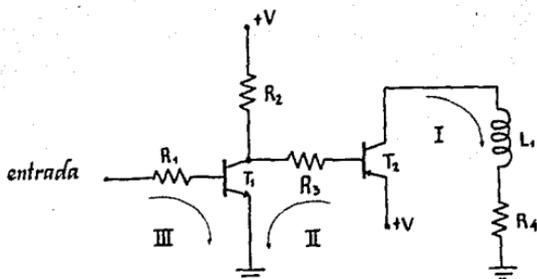


Figura 3.15 Etapa de potencia para una fase del motor de paso.

transistor T2 y circule corriente por su colector haciendo que se excite la fase del motor seleccionada.

Considerando los datos del motor proporcionados por el fabricante, es necesario que circulen 1.6 Amperes por cada fase que esté activada, lo cual provoca una caída en la fase de 5.3 Volts, por lo tanto si el Z80-PIO entrega solamente 250 uA cuando tiene un nivel alto en la salida, es necesario aumentar la corriente para tener la demandada por el motor.

Para proteger al Z80-PIO fué necesario adaptar un impulsor (buffer), de tal forma que al demandar el circuito de potencia mayor corriente que la que puede entregar el Z80-PIO, no se dañe éste. Este circuito es el 74LS126, el cual a su vez además de aislar proporciona mayor corriente que la que entrega el Z80-PIO.

Tomando en cuenta que se requiere una ganancia de corriente muy alta para poder lograr una corriente de 1.6 Amperes en la salida, el transistor T2 debe ser de potencia y además se utiliza un arreglo Darlington para lograr la ganancia necesaria.

Con esas consideraciones se escogió el arreglo Darlington TIP125, el cual está formado por transistores tipo PNP y maneja corrientes de colector entre 2 y 10 Amperes con una ganancia de corriente ( $\beta$ ) de 1250, lo cual es suficiente para nuestro diseño. El transistor T1 puede ser pequeño ya que maneja bajas corrientes. En este caso se escogió el transistor BC547 que maneja corrientes de colector hasta de 100 mA, con una ganancia de corriente ( $\beta$ ) de 150.

De acuerdo a los transistores seleccionados se procede a cal-

cular las resistencias del circuito como sigue:

Fijando la resistencia  $R_4$  igual a 1.8 ohms, ya que con éste valor se cumple con el compromiso de poder manejar frecuencias de hasta 600 pulsos por segundo y obtener suficiente momento en el motor.

Para determinar el voltaje de polarización se procedió de la siguiente manera:

Datos del fabricante para el transistor T1 (BC547)

$$\begin{aligned} B &= 150 \\ V_{ce \text{ sat.}} &= 0.25 \text{ Volts} \\ V_{be} &= 0.7 \text{ Volts} \end{aligned}$$

Datos del fabricante para el transistor T2 (TIP125)

$$\begin{aligned} B &= 1250 \\ V_{ec \text{ sat.}} &= 1 \text{ Volt} \\ V_{eb} &= 1.6 \text{ Volt} \end{aligned}$$

Considerando  $I_c$  (para T2) = 1.6 Amperes,  $R_4 = 1.0$  ohms y el voltaje de la fase ( $V_f$ ) = 5.3 Volts, en la malla I del circuito de la figura 3.15:

$$\begin{aligned} V - V_{ec \text{ sat.}} - R_4 I_c - V_f &= 0 \\ V &= V_{ec \text{ sat.}} + R_4 I_c + V_f \end{aligned}$$

Sustituyendo valores:

$$\begin{aligned} V &= 1 + (1.8)(1.6) + 5.3 \\ V &= 9.18 \text{ Volts} \end{aligned}$$

La corriente en la base del transistor T2 es:

$$\begin{aligned} I_b &= I_c / B \\ I_b &= 1.6 / 1250 \\ I_b &= 1.28 \text{ mA} \end{aligned}$$

De la malla II se tiene:

$$\begin{aligned} V - V_{eb} - R_3 I_b - V_{ec} &= 0 \\ R_3 &= (V - V_{eb} - V_{ec}) / I_b \\ R_3 &= (9.18 - 1.6 - 0.25) / 1.28 \\ R_3 &= 5.72 \text{ Kohms} \end{aligned}$$

Se escoge un valor comercial de  $R_3 = 5.7$  Kohms

Fijando la corriente que pasa por  $R_2$  a un valor de 2mA nos da como resultado una corriente de colector para el transistor T1 de:

$$I_{c1} = I_{b2} + I_{r2}$$

$$I_{c1} = 1.28 + 2$$

$$I_{c1} = 3.28 \text{ mA}$$

por lo tanto:

$$R2 = (V - V_{ce}) / I_{r2}$$

$$R2 = (9.18 - 0.25) / 2$$

$$R2 = 4.4 \text{ Kohms}$$

La corriente de la base del transistor T1 es:

$$I_{b1} = (I_{b2} + I_{r2}) / \beta$$

$$I_{b1} = 3.28 / 150$$

$$I_{b1} = 0.0218 \text{ mA}$$

Considerando que el voltaje a la salida del impulsor para un nivel alto es de 2.4 Volts se tiene que de la malla III:

$$V_{oh} - R1 \cdot I_{b1} - V_{be} = 0$$

$$R1 = (V_{oh} - V_{be}) / I_{b1}$$

$$R1 = (2.4 - 0.7) / 0.0218$$

$$R1 = 77.9 \text{ Kohms}$$

Se puede observar que la corriente aplicada en la base del transistor T1 es menor que la que puede entregar el impulsor, por lo que se asegura el no dañar los circuitos integrados y cumplir con los requerimientos de corriente establecidos para impulsar el motor.

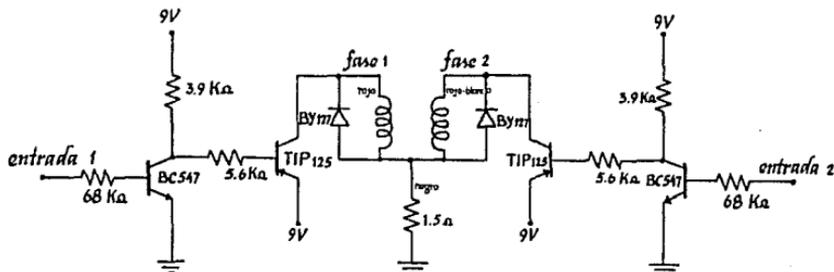
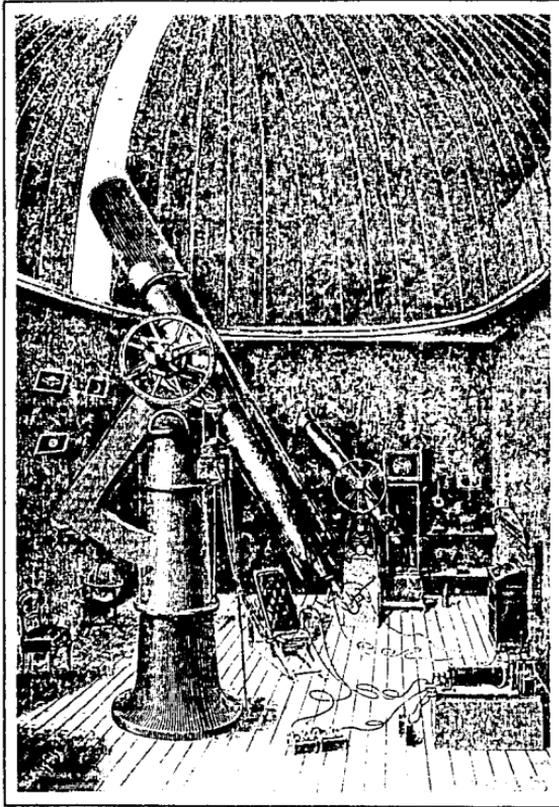


Figura 3.16 Conexión de las etapas de potencia para dos fases del motor M062-FC03.

Como se puede observar en la figura 3.16 se ha incluido un diodo de protección o diodo volante el cual es necesario para evitar daños en los transistores debidos a sobrevoltajes de colector emisor ocasionados por la conmutación de los mismos y la presencia de la inductancia de las fases correspondientes.

La conexión de los motores con la etapa de potencia se muestra en la figura 3.16.

# Capítulo 4



Diseño Electrónico

El sistema de control del telescopio está basado en el microprocesador Z-80 de ocho bits, apoyado por algunos circuitos de la misma familia como son el circuito contador de tiempo CTC-Z80 y el circuito entrada-salida en paralelo; además de estos circuitos, se cuenta con circuitos de memoria (RAM y ROM). La memoria Ram es utilizada para almacenar los datos que están cambiando constantemente y en la memoria ROM se encuentra almacenado el monitor del controlador. Todos estos circuitos están conectados con la configuración que se muestra en la figura 4.1.

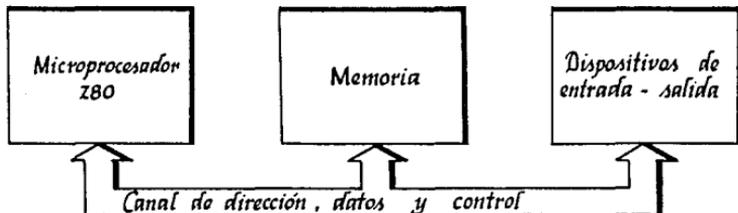


Figura 4.1 *Arquitectura del control electrónico del telescopio.*

Otros de los periféricos que se tienen en el sistema para la comunicación con el control, son el teclado de 24 teclas y siete dígitos, de esta manera el operador puede comunicarse con el control y viceversa.

A continuación se describe con detalle la conexión que fueron realizadas para formar el sistema de control del telescopio con la siguiente secuencia:

- A) Memoria
- B) Dispositivos de Entrada - Salida

A) MEMORIA

El control tiene 5 kilobytes de memoria. en donde 4 kilobytes corresponden a dos memorias EPROM 2716, en donde se encuentra almacenado el monitor y el kilobyte restante es de memoria RAM 2114, donde se almacenan datos que requieren constante modificación.

Las memorias son direccionadas por medio de un decodificador 74LS138 de 3:8 con tres habilitadores, dos de ellos están conectados a las líneas de direcciones A15 y A14 que son las más significativas del microprocesador, y el otro habilitador a la línea de control MREQ, la cual al activarse con un voltaje bajo, indica que se efectuará una operación de lectura o escritura en la memoria; las líneas A13, A12 y A11 se conectan a las entradas de selección del decodificador, de esta manera cada salida del decodificador puede habilitar un bloque de memoria de dos kilobytes cada uno.

La salida menos significativa del decodificador (Y0), es conectada al habilitador CE (chip enable) de la memoria EPROM 1 (2716), es conveniente hacer notar que el microprocesador solamente puede efectuar la operación de lectura en esta memoria. Las líneas de direcciones del microprocesador de la A0 hasta la A10, son conectadas directamente a la memoria EPROM 1, al igual que las líneas de datos (D0 hasta D7) del microprocesador. De esta manera la memoria 1 es direccionada desde la localidad 0000H a la 07FFH. La memoria 2 EPROM2 (2716) se conecta de la misma forma que la EPROM 1, la única variación es que en la entrada CE de la memoria se conecta la salida Y1 del decodificador, con esto se garantiza que esta memoria se direcciona desde la localidad 0800H a la 0FFFH. En cuanto a la memoria RAM (2114) de 1024 palabras de 4 bits cada una, se deben utilizar dos memorias para obtener 1 kilobyte, donde cada palabra está formada por 8 bits; para habilitar las dos memorias, es necesario conectar la salida Y3 del decodificador a una compuerta OR junto con la línea de dirección A10 del microprocesador, con el fin de direccionar el bloque de un kilobyte de memoria, esta memoria se habilita bajo la localidad 1000h a la 13FFH, con este tipo de memoria es necesario indicar si se requiere realizar una operación de lectura o escritura, conectando la línea de control WE del microprocesador a la de la memoria, por lo tanto si se activa la señal MREQ y WR juntas, entonces se realiza una operación de escritura con esta memoria, en cambio si solamente se activan las señales de MREQ y se direcciona esta memoria, entonces se efectuara una operación de lectura.

El sistema está diseñado para expandir la memoria si se necesita, utilizando éste mismo decodificador. en la figura 4.2 se muestra el diagrama de bloques de las conexiones de las memorias.

#### B) DISPOSITIVOS DE ENTRADA-SALIDA

Con el microprocesador Z-80 se tiene la opción de direccionar 256 puertos externos; en el control son utilizados dos circuitos de la familia del Z-80 que son el CTC-Z80 y el PIO-Z80, además del teclado y los dígitos que son considerados puertos de entrada-salida para la comunicación directa del usuario con el

microprocesador.

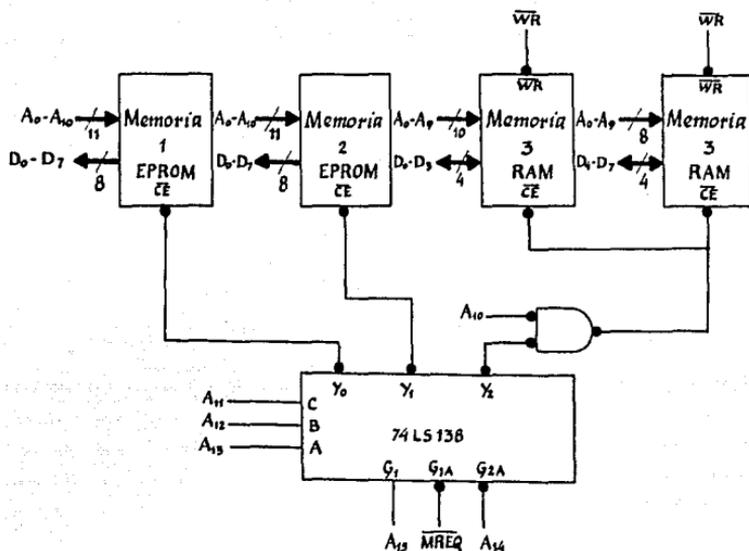


Figura 4.2 Sistemas de habilitación de las memorias del control.

A cada puerto se le asigna una dirección de igual manera que a la memoria; para direccionar cada puerto se utiliza un circuito 74LS138, decodificador 3:8 con tres entradas de habilitación, a estas entradas se conectan las líneas de las direcciones  $A_7$ ,  $A_6$  y  $A_5$  y a las entradas del decodificador se conectan las líneas  $A_4$ ,  $A_3$  y  $A_2$ . La línea  $A_0$  selecciona el puerto a utilizar del PIO y la línea  $A_1$  selecciona si la palabra que envía el CPU es de datos o de control; para el CTC  $A_0$  y  $A_1$  son utilizadas para seleccionar el canal a utilizar.

Las direcciones con las cuales se habilitan los dispositivos conectados a las salidas del decodificador se muestran en la figura 4.3.

El PIO-280 es un dispositivo programable de entrada-salida en paralelo, que permite interconectar el microprocesador con dis-

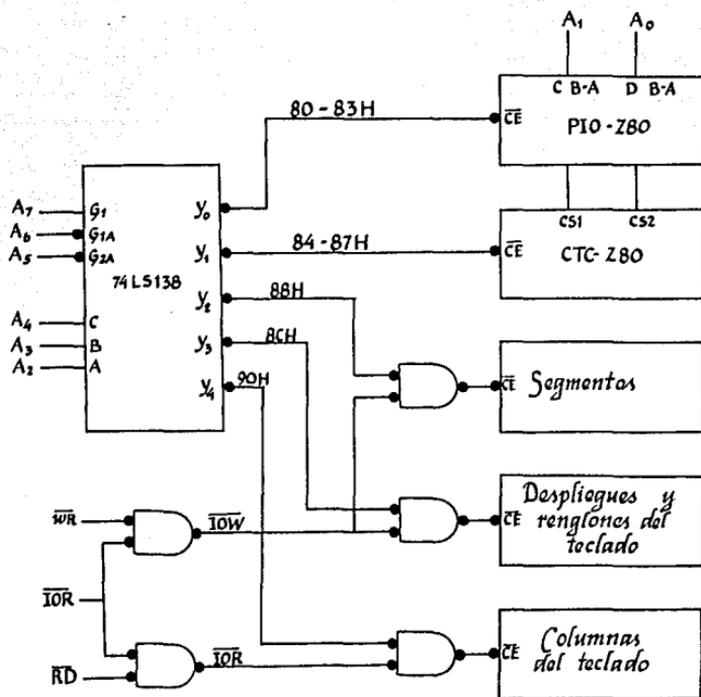


Figura 4.3 Sistema de habilitación de los puertos de entrada-salida.

positivos externos, para el caso de este trabajo se utiliza unicamente como puerto de salida, internamente tiene dos canales el A y el B, cada canal está formado por 8 bits, los cuatro bits menos significativos de canal A son utilizados para enviar la secuencia requerida para accionar el motor, y así mover el telescopio en dirección norte-sur o viceversa. Los cuatro bits más significativos del canal A, se conectaron a unos diodos emisores de luz, para indicar el tipo de información presentada en los despliegues, esta información puede corresponder a las coordenadas de la ascensión recta o de la declinación, la hora sideral o la hora solar; los diodos luminosos se encuentran a un lado de la tecla correspondiente a ese parámetro.

Del canal B del PIO-Z80, solamente se utilizan los cuatro bits menos significativos, para accionar el motor que mueve al telescopio en la dirección este-oeste o viceversa.

Todas las salidas que van conectadas a las fases de los motores, pasan primero por unos impulsores de corriente (buffers 74LS126), para proteger al PIO-Z80 y lograr la corriente necesaria para impulsar la etapa de potencia. Este puerto es habilitado bajo las direcciones 80H, 81H, 82H y 83H, cada una de éstas direcciones tiene la siguiente función:

DIRECCION	FUNCION
80H	Habilitación del canal A para recibir datos
81H	Habilitación del canal B para recibir datos
82H	Habilitación del canal A para ser programado
83H	Habilitación del canal B para ser programado

El CTC-Z80 es un circuito contador de tiempo formado por 4 canales, los cuales deben programarse bajo las siguientes direcciones:

DIRECCION	FUNCION
84H	Programación del canal 1
85H	Programación del canal 2
86H	Programación del canal 3
87H	Programación del canal 4

En el control son utilizados los tres primeros canales, programados en modo temporizador, interrumpiendo el primer y tercer canal de CTC-Z80 al microprocesador a una frecuencia de 60 Hertz y el segundo canal a 32 Hertz. Los dos primeros canales son utilizados para la hora solar y la hora sideral, el tercer canal modifica las coordenada de ascensión recta con el objeto de compensar la rotación de la Tierra en el telescopio.

El control cuenta con un teclado y siete despliegues para la comunicación y manejo del telescopio. Los despliegues tienen en común cada uno de sus segmentos; para enviar una información, debemos habilitar el puerto 88H, y enviar la información de los segmentos que deben ser encendidos, para habilitar este puerto se utilizan las señales de control del microprocesador IOR y WR, las cuales indican al ser habilitadas que el microprocesador va a efectuar una operación de escritura con algún puerto (Ver figura 4.3); cuando se habilita el puerto 88H, los datos pasan a ser al-

macenados en unos flip-flops (latch), de ahí pasa la información a una etapa de potencia, con el fin de proporcionar la suficiente corriente a cada segmento.

Los segmentos de los despliegues, necesitan una corriente de 25 miliamperes para tener una buena luminosidad, si se conectarán los despliegues directamente a los flip-flops (74LS273), no se encenderían.

Se ha visto que por el puerto 88H, se envía la información a los despliegues de que segmentos se va a encender, pero a su vez se utiliza el puerto 8CH para enviar la información que indique que despliegue va a ser encendido; al igual que el puerto 88H, éste tiene unos flip-flops (74LS273) para almacenar la información enviada, el microprocesador enviará la orden de escritura a los flip-flops por medio de sus señales WR y IOR0 y la habilitación del puerto, la cual realiza el decodificador 74LS138 (Ver figura 4.3).

Cada salida de los datos del puerto 8CH, se conecta a unos impulsores formados por una compuerta AND y un transistor a la salida (Ver figura 4.4), de esta forma se protegen los flip-flops circulando la corriente de todos los segmentos encendidos a través del transistor, sin dañar ningún circuito integrado, esta corriente llega a ser de 200 miliamperes en el caso que todos los dígitos se enciendan. El circuito utilizado para esto es el LM75452 que puede soportar hasta 300 mA de corriente de colector, suficiente para nuestras necesidades.

El circuito que es conectado a cada segmento se muestra en la figura 4.4, el cual es diseñado para que circule la corriente que encienda a los despliegues.

Para diseñar la etapa de potencia propuesta en la figura 4.4, se utilizó un transistor BC547 el cual tiene un beta de 180, con un voltaje colector emisor en saturación ( $V_{ce1}$ ) de 0.25 volts; el transistor estará funcionando en la región de saturación, por lo tanto para efectos de cálculo, es necesario considerar el factor de saturación ( $\delta$ ) que es de 0.8, tomando en cuenta la caída de voltaje ( $V_d$ ) del diodo emisor de luz y que deben de circular por éste 25 mA, se tiene que la corriente que circula por el segmento es la corriente de colector de ambos transistores, ya que la corriente de emisor del transistor BC547 es casi igual a la de colector, a causa de tener una beta grande, por lo tanto la ecuación de la malla I de acuerdo a la figura 4.5 es:

$$V_{cc} - R2I_c - V_{ce1} - V_d - V_{ce2} = 0$$

donde:  $V_{cc}$  voltaje de polarización en el colector  
 $V_{ce1}$  voltaje colector emisor en saturación del transistor BC547

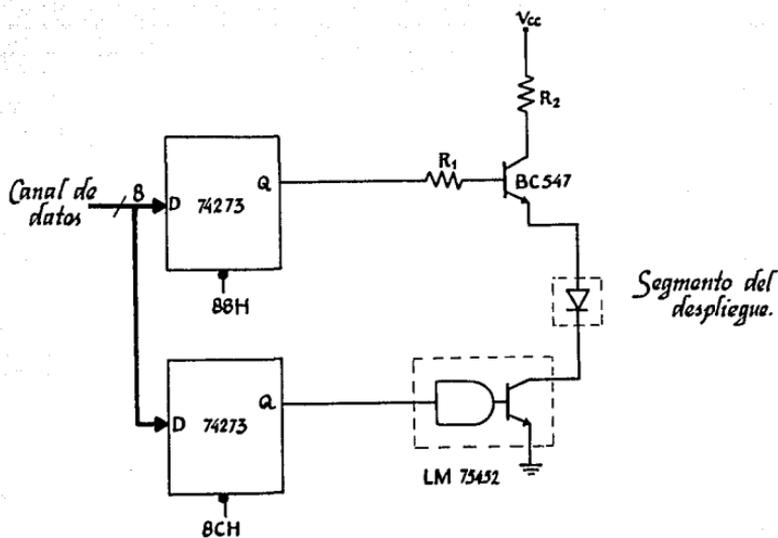


Figura 4.4 *Etapa de potencia para cada segmento del despliegue.*

$V_{ce2}$  voltaje colector emisor en saturación del circuito LM75452

despejando  $R2$  de la ecuación anterior se tiene:

$$R2 = (V_{cc} - V_{ce1} - V_{ce2} - V_d) / I_c$$

considerando que  $V_{cc} = 5V$ ,  $V_{ce1} = V_{ce2} = 0.25$ ,  $V_d = 0.7$  e  $I_c = 25mA$ , se obtiene que:

$$R2 = 150 \text{ ohms}$$

para el cálculo de  $R1$  se tiene :

$$I_b = I_c / \beta_{sat} = I_c / 58 = 0.163 \text{ mA}$$

obteniendo la ecuación para la malla II, se tiene:

$$V_{bb} - R_1 I_b - V_d - V_{ce2} - V_{be} = 0$$

donde  $V_{bb}$  es el voltaje a la salida para cuando hay un voltaje alto en el circuito 74LS273, el cual es  $V_{oh} = 3.4$  volts.

$V_{be}$  voltaje base emisor, que tiene un valor de 0.7 volts.

tenemos que  $R_1$  es igual a:

$$R_1 = (V_{bb} - V_{be} - V_d/\delta(B+1) - V_{ce2}/\delta(B+1)) / I_b$$

$$R_1 = 20.85 \text{ ohms}$$

De acuerdo a el cálculo de la etapa, el circuito final para el control de los despliegues queda como se muestra en la figura 4.5; en cuanto a los despliegues se escogieron el TIL-313, con una configuración de cátodo común, el séptimo despliegue que corresponde al signo se formo con cuatro diodos emisores de luz.

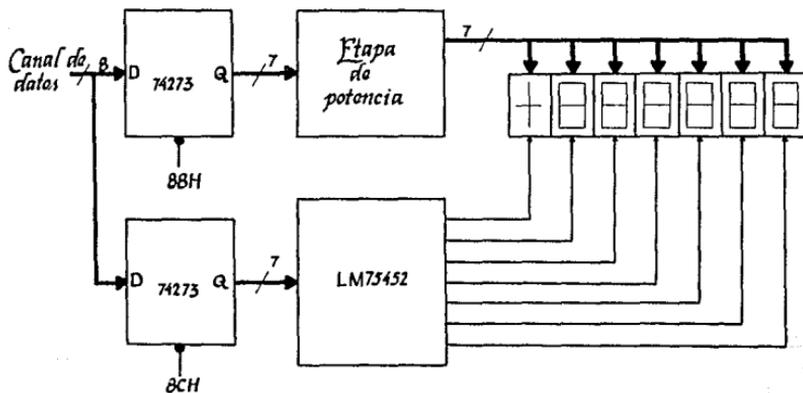


Figura 4.5 Conexión de los despliegues.

El teclado del control de telescopio utiliza parte de la lógica utilizada en los despliegues para su funcionamiento; el teclado está conectado de una manera matricial, de tal forma que los renglones son seleccionados por medio del puerto 88H, que es el mismo que se utiliza para habilitar los despliegues. Si se oprime cualquier tecla del renglón que fue activado por el puerto 88H, se debe leer la información correspondiente al puerto de entrada, que tiene la dirección 90H, en donde se tendrá la información de la tecla que está siendo oprimida. En si el puerto 90H está formado por circuitos tres estados los cuales al ser habilitados dejan pasar la información al canal de datos.

Al oprimir cualquier tecla, se realiza la conexión a la línea del circuito LM452, por lo tanto si se tiene un uno lógico a la entrada de dicho circuito, el transistor entra a la zona de saturación, si en éste momento se oprime una tecla, entonces circulará corriente por el transistor y se tendrá un voltaje bajo, a la entrada del circuito de tres estados, de ésta manera se puede saber la tecla que está siendo oprimida. Para no dañar el transistor del circuito LM75452 es necesario limitar la corriente por medio de una resistencia como se muestra en la figura 4.6; si limitamos la corriente a 1 mA se tiene que:

$$\begin{aligned} R_c &= (V_{cc} - V_{cesat}) / I_c \\ &= (5 - 0.25) / 1 \text{ mA} \\ &= 4700 \text{ ohms} \end{aligned}$$

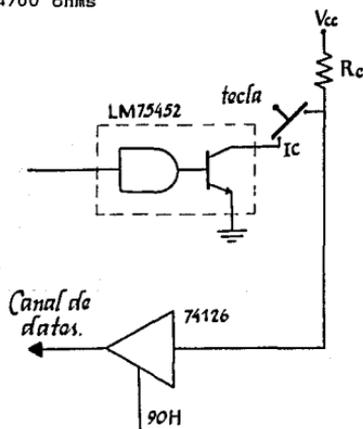


Figura 4.6 Conexión de una tecla

El microprocesador a igual que todos sus periféricos trabajan una frecuencia de dos megahertz, en el diagrama siguiente se muestra el circuito completo del control del telescopio, la configuración que se escogió para el circuito electrónico es fundamental para realizar el monitor, ya que es necesario saber bajo que direcciones responden los puertos, en el capítulo 5 se explicará el monitor.

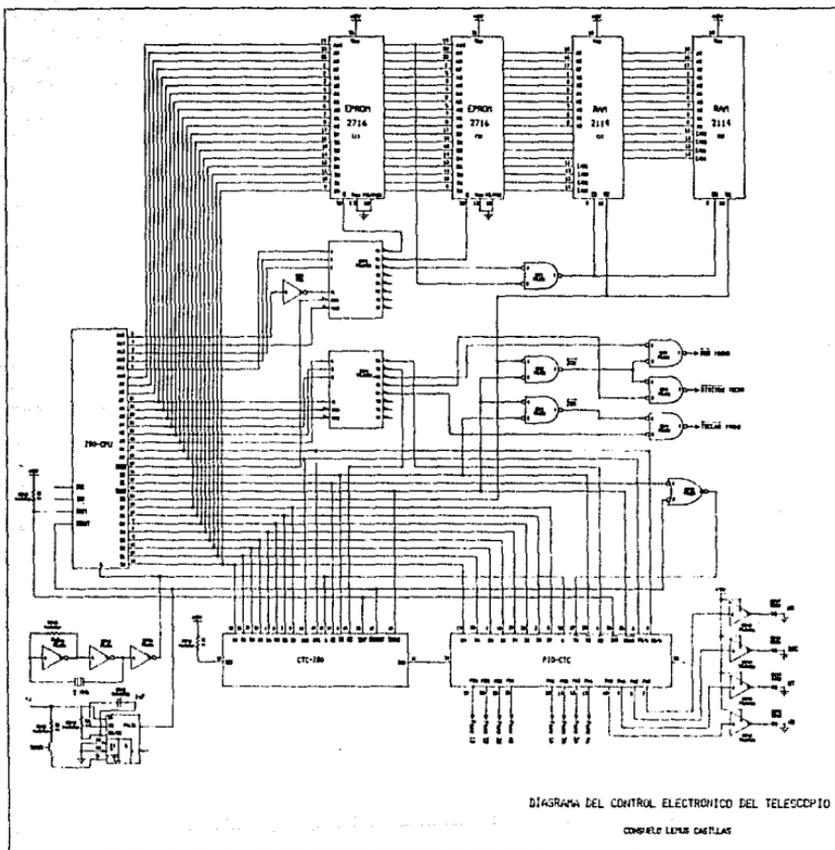


DIAGRAMA DEL CONTROL ELECTRONICO DEL TELESCOPIO

CONSEJO LENS CASILLAS

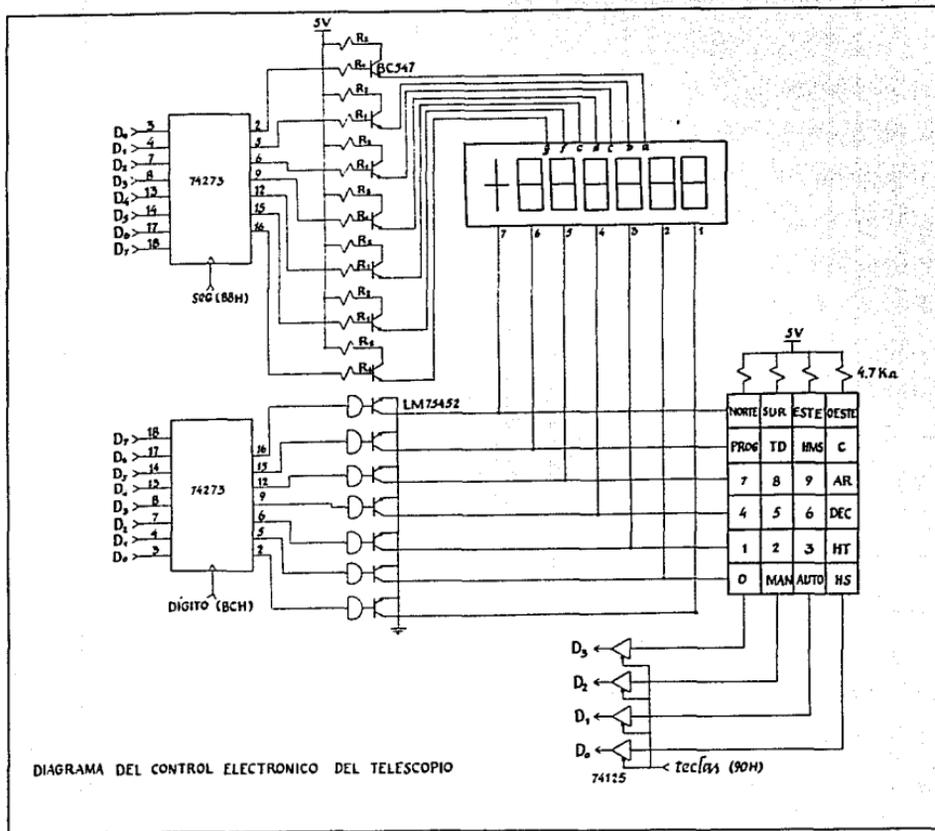
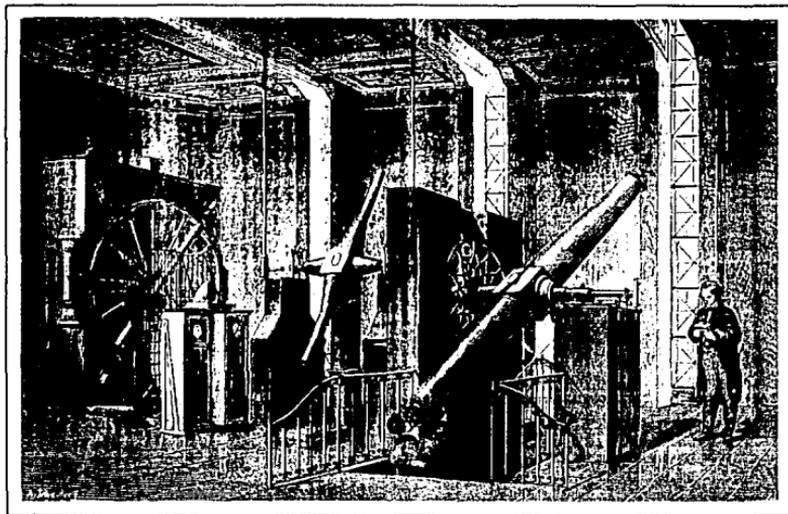


DIAGRAMA DEL CONTROL ELECTRONICO DEL TELESCOPIO

# Capítulo 5



Programa Monitor

El monitor es un programa que tiene por objeto mover al telescopio en la posición deseada, de tal manera que el observador vea el cuerpo celeste de interés, éste dará las coordenadas celestes de dicho cuerpo por medio del teclado, mientras tanto el monitor se encargará de identificar las teclas que sean oprimidas y ejecutar la función correspondiente; una vez dadas las coordenadas, verificará si el cuerpo celeste podrá ser visto en ese momento, en caso de ser visible, el control accionará los motores, para localizar al cuerpo celeste. Las acciones que tome el control electrónico, así como la captura de datos que el observador envíe al control están a cargo del programa monitor, además de llevar la hora solar y la hora sideral, ésta última como se vió en los capítulos anteriores, es necesaria para que el control se de cuenta si el cuerpo celeste es visible o no.

La estructura del monitor permite seleccionar dos modos de funcionamiento, el primero es el modo automático, en el cual una vez introducidas las coordenadas del cuerpo celeste, toma posición el telescopio y en el momento de ser localizado el cuerpo, compensa la rotación de la Tierra; el control no dejará de seguir al cuerpo celeste hasta que el telescopio llegue a una posición límite, o bien que el observador lo indique. El segundo modo es el manual, en el cual, una vez dadas las coordenadas del cuerpo celeste, verifica si es visible, si no lo es regresa a pedir de nuevo otras coordenadas, pero si es visible procede a tomar posición al telescopio; una vez localizado, el observador deberá compensar la rotación de la Tierra, ésto se realiza por medio de unas teclas, que al ser oprimidas, el monitor las identifica y procede a mover los motores en la posición y velocidad indicada por el observador, de tal forma que no se pierda el cuerpo celeste del campo visual; el programa monitor indicará si el telescopio se encuentra en una posición crítica.

#### PROGRAMACION DEL CONTROL

Al encender el control, el microprocesador empezará a ejecutar el programa monitor que se encuentra a partir de la localidad 0000H, apareciendo en el primer despliegue una H, en caso de no aparecer ésto, se deberá oprimir el botón de RESET, de esa manera se asegura que el microprocesador empiece a ejecutar el programa desde la localidad de memoria 0000H. El monitor estará llamando a la subrutina DAMETEC, para identificar cualquier tecla que sea oprimida; solamente se podrán modificar la hora sideral y la hora solar, cualquiera de estos dos horas se podrán seleccionar oprimiendo las teclas HS y HT respectivamente; al oprimir cualquiera de estas dos teclas se ejecutará la subrutinas HSOLAR o HSIDERAL según sea el caso. Dentro de estas dos subrutinas se despliega la hora por medio de la subrutina ESCRIBE, esperando sea oprimida la tecla C para efectuar la corrección o bien salir de la subrutina que se está ejecutando por medio de la tecla TD. Si

se oprime la tecla de corrección, se ejecuta la subrutina CORRIGE, la cual se encarga de leer los datos que el usuario envíe y así poner a tiempo los relojes.

Ajustados los dos relojes con la hora exacta, y teniendo en los despliegues la letra H, se deberá de oprimir la tecla TD, apareciendo la letra P, indicando que el telescopio se puede orientar cualquier punto conocido, guardando la información de dicha posición, y así localizar cualquier cuerpo celeste. Para almacenar los datos de las coordenadas donde se moverá el telescopio, se oprime las teclas correspondientes a cada coordenada, la tecla AR para la ascensión recta y la DEC para la declinación, una vez oprimidas cualquiera de éstas dos teclas se ejecutará la subrutina ARECTA y DECLINA según sea el caso, con el cuerpo de desplegar la información correspondiente y poder corregir dicha coordenada, esto último se realiza oprimiendo la tecla C. Una vez teniendo las coordenadas a donde se va a trasladar el telescopio, se moverá éste hasta dicho punto; el movimiento se efectúa por medio de las teclas NORTE, SUR, ESTE y OESTE, además de que se podrá seleccionar la velocidad a la cual se desplazará, por medio de las teclas 0, 1, 2 y 3; la detección de velocidad y dirección se logra por medio de la subrutina MOVER.

Una vez teniendo la posición exacta del telescopio, se podrá localizar el cuerpo celeste de interés, teniendo dos distintas modalidades de programación, el modo automático y el modo manual. Al seleccionar el modo automático oprimiendo la tecla AUTO, se ejecuta la subrutina AUTOMAT, la cual envía una C en el primer despliegue, indicando que se debe introducir las coordenadas del cuerpo celeste que se desea ver; las coordenadas se introducen oprimiendo la tecla AR o DEC, correspondiente a la ascensión recta y a la declinación respectivamente, la modificación de las coordenadas se realiza por medio de las subrutinas ARECTA y DECLINA. Una vez almacenados los datos, se puede tomar dos decisiones, si se oprime la tecla 4, se regresa al programa principal, y si se oprime la tecla 5, se procederá a calcular el ángulo horario con ayuda de la subrutina ANGULOH, para saber si el cuerpo celeste es visible o no, si no lo es regresará a pedir otras coordenadas, pero si es visible el control empezará a mover los motores, hasta ser localizado, inmediatamente después, compensará la rotación de la Tierra, verificando los límites en la posición del telescopio y la visibilidad del cuerpo. El movimiento de los motores, la localización y la verificación de límites se llevan a cabo por medio de las subrutinas MOVER, COMPAR, COMDEC y AHTEL.

El modo manual se ejecuta de la misma forma que el modo automático, utilizando las mismas subrutinas, la única diferencia es que al ser localizado el cuerpo celeste, el observador deberá realizar el seguimiento de éste por medio de las teclas NORTE, SUR, ESTE y OESTE, a la velocidad requerida. Dentro de esta modalidad, al ser localizado el cuerpo celeste aparecerá una L en el primer despliegue; si se desea interrumpir esa modalidad basta

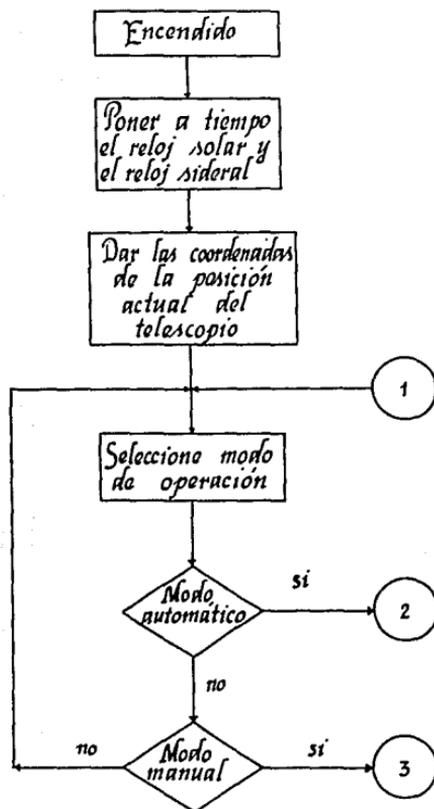
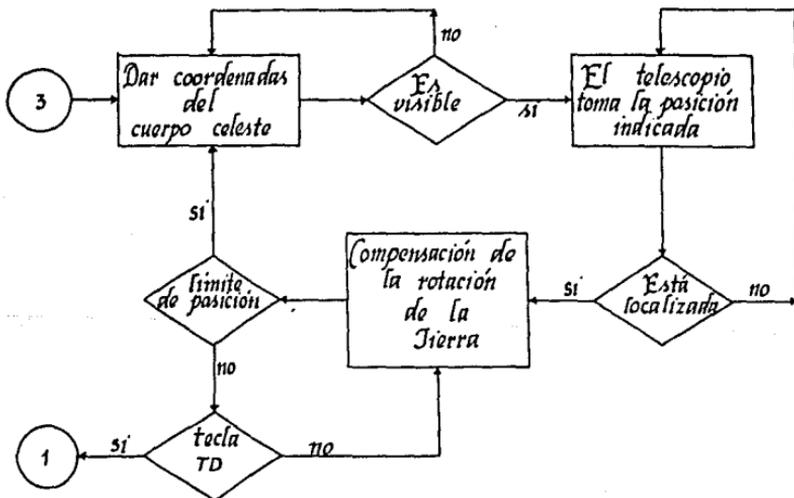
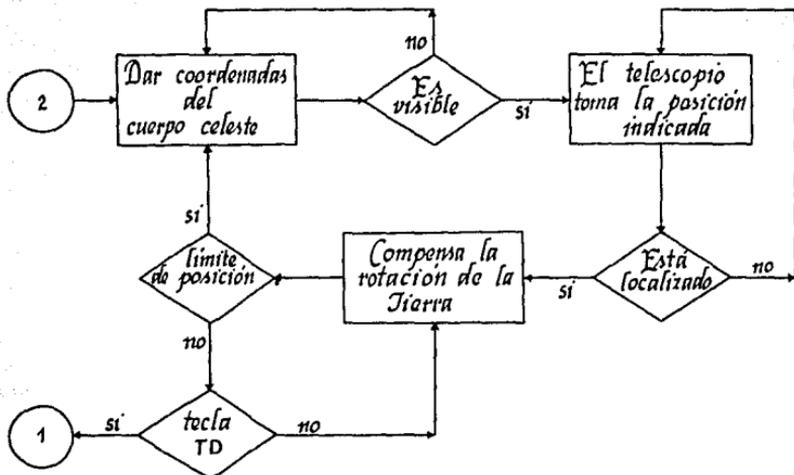


Figura 5.1 Diagrama de flujo del monitor del control del telescopio.



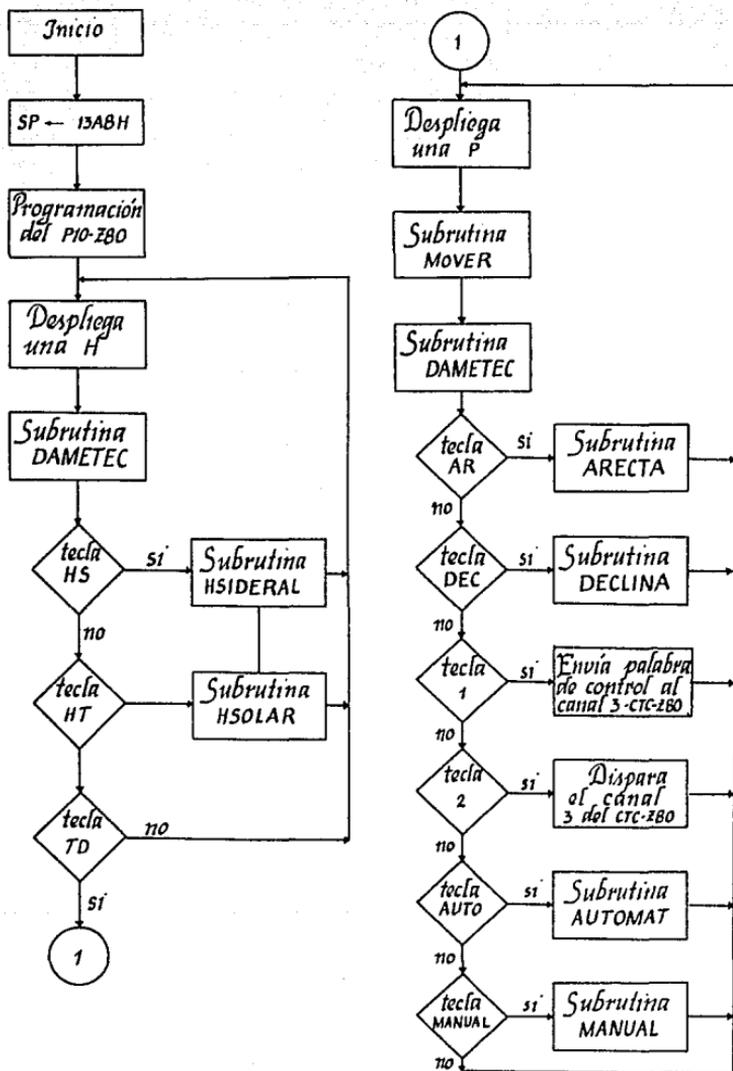


Figura 5.2 Diagrama de flujo del programa principal.

oprimir la tecla 1 y regresará al programa principal.

En la figura 5.1 se muestra el diagrama de flujo de la programación del control del telescopio, el cual es equivalente al monitor.

Como se pudo observar anteriormente, el monitor esta estructurado a base de un programa principal, el cual manda llamar a 20 subrutinas, esto se realizó con el objeto de facilitar la programación y tener una buena estructuración del programa; a continuación se explicará a detalle la función de cada una de las subrutinas, anexando al final de este trabajo el listado del programa monitor.

#### PROGRAMA PRINCIPAL

El programa principal se encuentra a partir de la localidad 0000H, al ser ejecutado éste, se inicializa el apuntador SP en la localidad 13ABH, se programa el puerto de entrada-lida PIO-Z80 y envía por el primer despliegue la letra H; esto indica que deberán ponerse a tiempo los relojes de la hora sideral y de la hora solar. Si se oprime cualquiera de las dos teclas HS o HT, será llamada las subrutina HSIDERAL o HSOLAR respectivamente, con el fin de realizar las correcciones necesarias. Una vez que se tienen a tiempo los relojes, si se oprime la tecla TD, el control enviará una P en el primer despliegue, indicando que podrá moverse el telescopio a cualquier posición, el movimiento se realiza por medio de la subrutina MOVER, de tal forma que el control sepa la posición de telescopio, una vez ajustado, por medio de las teclas 1 y 2 se indica que deberá de modificar la ascensión recta a causa del movimiento de rotación. A partir de ese momento, el observador puede escoger el modo en el cual desea trabajar, pero si desea volver a corregir los relojes deberá oprimir el botón de RESET, para que el programa sea ejecutado desde la primera localidad. El diagrama de flujo para el programa principal se muestra en la figura 5.2.

#### SUBROUTINA AUTOMAT

La subrutina AUTOMAT, es utilizada para posicionar al telescopio de una manera automática, esto es, una vez localizado el cuerpo celeste, la subrutina compensará la rotación de la Tierra, verificando que el telescopio no llegue a posiciones estratégicas.

Al ejecutarse esta subrutina, envía por el primer despliegue la letra C, indicando que se den las coordenadas del cuerpo celeste que se desea observar, las coordenadas se almacenan por medio de las teclas AR y DEC; almacenada la información, existen dos opciones, la primera es: si se desea regresar al programa principal, basta con oprimir la tecla 4, si se requiere continuar,

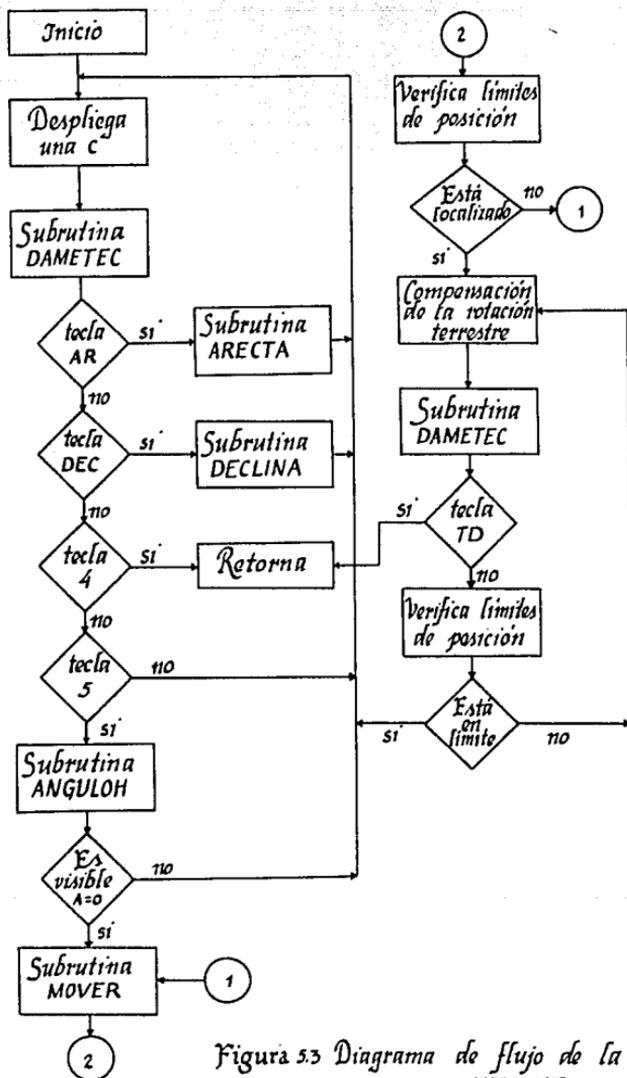


Figura 5.3 Diagrama de flujo de la subrutina AUTOMAT

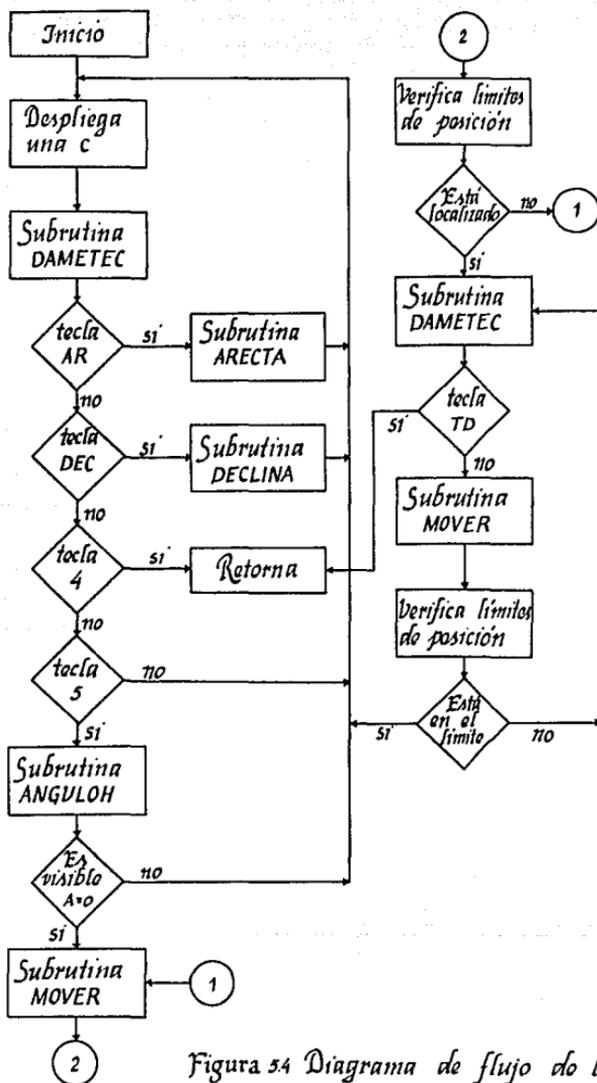


Figura 54 Diagrama de flujo de la subrutina MANUAL

para verificar la visibilidad del cuerpo celeste, se oprime la tecla 5, al oprimir la tecla se ejecuta la subrutina ANGULOH, para calcular el ángulo horario, y así decidir si el cuerpo es visible o no, si no lo es, regresa al inicio de la subrutina AUTOMAT, pero si lo es, se activan los motores para dirigir al telescopio; todo esto requiere de la ayuda de las subrutinas COMPAR, COMDEC, AHTEL y ANGULOH. Una vez localizado el cuerpo celeste, se envía una L por el primer despliegue, siguiendolo hasta que no sea visible o bien, que lo indique el observador oprimiendo la tecla TD. El algoritmo de esta subrutina se encuentra en la figura 5.3.

#### SUBROUTINA MANUAL

La subrutina MANUAL, es una de las modalidades que tiene el sistema para localizar cualquier cuerpo celeste, esta subrutina es muy similar a la AUTOMAT, unicamente difiere en que en el momento de localizar al cuerpo celeste, el observador tendrá que compensar la rotación de la Tierra por medio de las teclas NORTE, SUR, ESTE, OESTE, esta subrutina utiliza la subrutina MOVER para identificar la dirección y velocidad con la cual se moverá el telescopio. Al igual que la subrutina AUTOMAT, si el telescopio llega a lugares críticos, el control volverá a pedir nuevas coordenadas, pero si se oprime la tecla TD, el control regresa al programa principal. El diagrama de flujo para la subrutina MANUAL se muestra en la figura 5.4.

#### SUBROUTINA ANGULOH

La subrutina ANGULOH calcula el ángulo horario, equivalente restar la hora sideral y la ascensión recta del objeto celeste, esta resta se realiza por medio de la subrutina COMPARA; en sí la subrutina ANGULOH, COMPAR, COMDEC y AHTEL almacenan los datos que se quieren comparar en una localidad de memoria, en donde al llamar a la subrutina COMPARA, se realiza la diferencia de los datos que se encuentran en esas localidades de memoria.

La subrutina COMPAR, compara la ascensión recta del telescopio con la ascensión recta del cuerpo celeste; la subrutina COMDEC compara la declinación de la estrella con la declinación del telescopio y por último la subrutina AHTEL compara la ascensión recta del telescopio con la hora sideral.

#### SUBROUTINA DAMETEC

La subrutina DAMETEC es utilizada para identificar la tecla oprimida por el usuario; el teclado del controlador está conectado

en forma matricial, esto es, activando un renglón con un "1" lógico, se lee la información correspondiente a las columnas, si alguna tecla fué oprimida, en la columna correspondiente aparecerá un "0" lógico. Seleccionando el renglón y verificando la columna correspondiente a la tecla oprimida procede a identificar el número de tecla, la identificación se realiza por medio de un mapeo en la memoria.

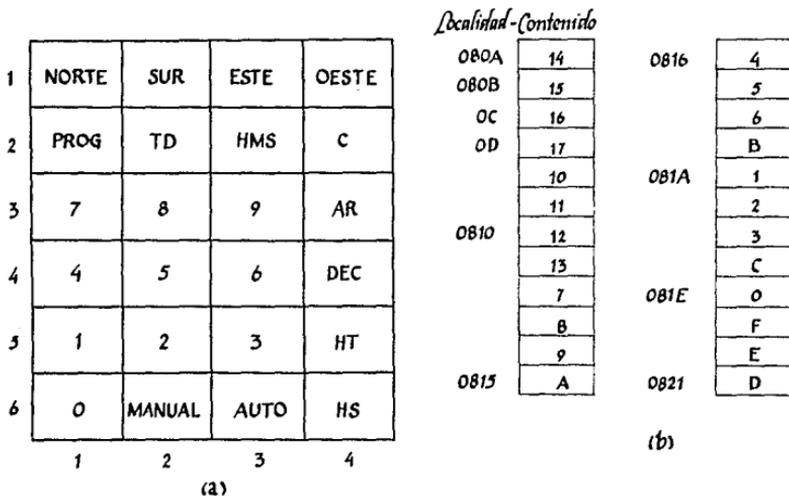


Figura 5.5 (a) Teclado del control del telescopio,  
(b) Contenido de memoria.

En la figura 6.5-a se muestra el teclado del sistema, en la esquina superior derecha se tiene el número de cada tecla, este número se encuentra almacenado en memoria y la localidad correspondiente a dicho número se calcula por medio de la siguiente función de mapeo:

$$FM = 4(H - 1) + (L - 1) + d$$

donde:

FM función de mapeo

H renglón correspondiente a la tecla oprimida

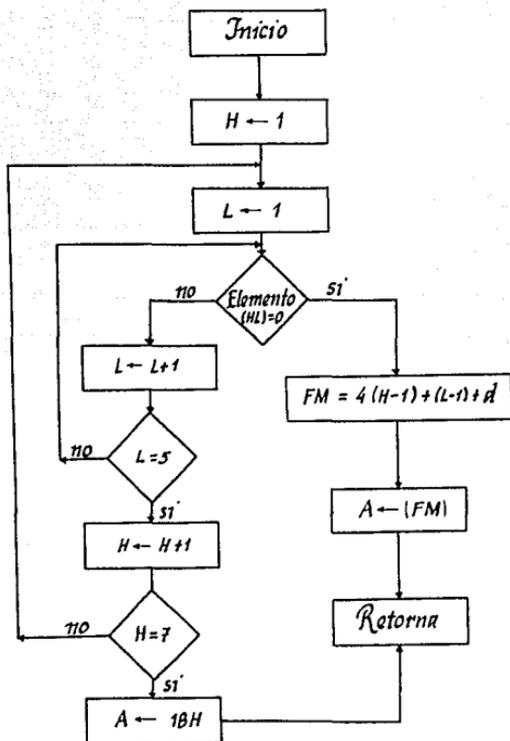


Figura 5.6 Diagrama de flujo de la subrutina DAMETEC

L columna correspondiente a la tecla oprimida

d dirección de memoria del primer número de tecla

Si por ejemplo, fué detectada la tecla AR (Ascensión Recta) correspondiente al renglón 3 columna 4 se tiene :

H = 3 , L = 4 y d = 080A H

por lo tanto;

$$\begin{aligned} FM &= 4(3 - 1) + (4 - 1) + 080A H \\ &= 8H + 080A H \\ &= 0815 H \end{aligned}$$

La localidad de memoria donde se encuentra el número de tecla es la 0815 H, así que a la tecla AR le corresponde el valor A H (Ver figura 5.5 b ).

De esta forma, la subrutina identifica la tecla por su valor, almacenándolo en el acumulador del microprocesador ( A ), si ninguna tecla fué oprimida, al acumulador se le asigna el valor 18 H. El diagrama de flujo general se encuentra en la figura 5.6

#### SUBROUTINA ESCRIBE

La subrutina ESCRIBE es utilizada para escribir en los despliegues el valor de las coordenadas celestes, la hora sidereal y la hora solar. La información de cada uno de los parámetros anteriores, se encuentra almacenado en 3 bytes, con excepción de la declinación representada con un byte más por el signo, en este caso, solamente se escribe el valor sin considerarlo.

Los despliegues se conectaron de tal manera, que sólo se puede activar uno a la vez, el despliegue se escoge enviando en la línea correspondiente un "1" lógico por el puerto 8C H, escogido el despliegue, se procede a enviar por el puerto 88 H el código de los segmentos que deseamos se prendan, cada segmento se enciende con un "0" lógico. En el capítulo anterior se puede observar la configuración que tienen los despliegues.

Antes de ser llamada la subrutina, es necesario asignarle al registro IX, la dirección de memoria donde se encuentran almacenados los datos del parámetro escogido; éstos se encuentran en código BCD. En cada byte de información se encuentran dos dígitos BCD, es por eso que se separa cada dígito, almacenándolo desde la localidad 130F H. Una vez separados se elige el despliegue y se envía la información de los segmentos que deben encender al enviar un dígito BCD, la información se realiza asignando al registro H

el valor de 8 H y a L el valor del dígito BCD; el contenido de la dirección formada por HL corresponde al código necesitado; el proceso se realiza con los seis dígitos.

Si por ejemplo, queremos desplegar el valor de la ascensión recta, es necesario asignar al registro IX el valor de 1308 H, el valor de la ascensión recta es de 23 horas 04 minutos 50 segundos. Al ejecutarse la rutina, separa cada dígito BCD a partir de la localidad 1348 H ( Ver figura 5.7 ).

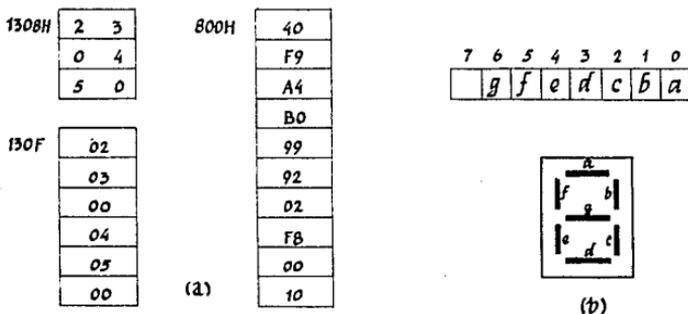


Figura 5.7 (a) Contenido de memoria, (b) Código de los segmentos que deben encender para formar un dígito.

Después de haber separado los dígitos, se localiza el código para enviar a los despliegues, si H = 08 y L = ( 1348 H ) = 02, entonces el código es igual a ( 0802 H ) = A4 H, el cual será enviado por el puerto 88 H para que aparezca un 2 en el despliegue y así sucesivamente. El diagrama de flujo de la subrutina se muestra en la figura 5.8.

La forma en la cual aparecen las horas y las coordenadas en los despliegues es la siguiente: supongamos que la hora sideral en un momento dado es 12 horas 40 minutos 13 segundos, entonces aparecerá en los despliegues lo siguiente:

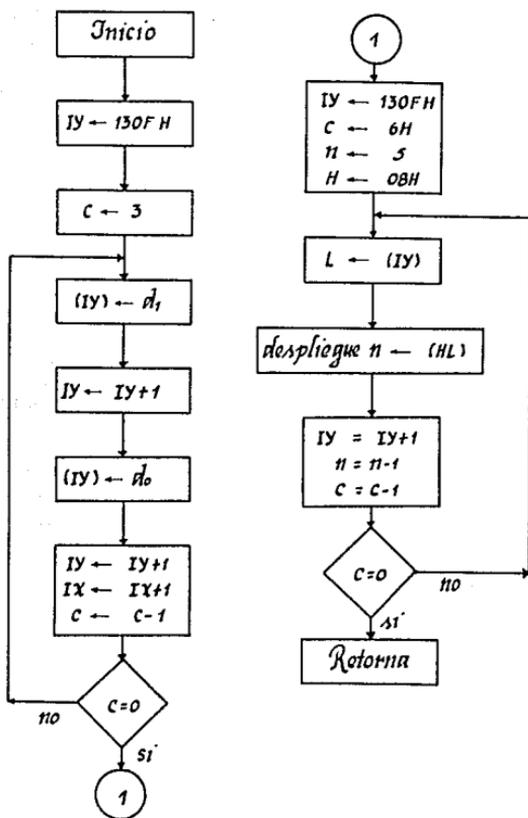


Figura 5B Diagrama de flujo de la subrutina  
ESCRIBE

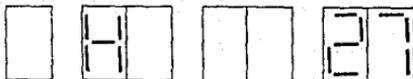
los dos primeros despliegues de la derecha corresponden a los segundos, los despliegues 3 y 4 a los minutos y el 5 y 6 a la horas. En el caso de la declinación se ocupará el despliegue 7 para indicar el signo de ésta; supóngase que la declinación tiene un valor de -14 horas 18 minutos 56 segundos, en los despliegues aparecerá los siguientes:

la única modificación, es la de los despliegues 5 y 6, donde se representan los grados y el 7 que corresponde al signo.

#### SUBROUTINA CORRIGE

La subrutina CORRIGE tiene como función modificar los parámetros de la hora sideral, hora solar y las coordenadas celestes. Al oprimir la tecla C (corrección), el programa que se encuentra ejecutando, manda llamar a la subrutina CORRIGE, en seguida, aparece el primer parámetro a corregir; si por ejemplo, se desea corregir la hora sideral, aparece en los despliegues lo siguiente:

el número en los dos primeros despliegues de la derecha indica el valor de las horas en el reloj sideral, si deseamos modificar este parámetro, es necesario oprimir las teclas con el valor correspondiente. El valor actual del parámetro, aparecerá cuando sea oprimido el segundo dígito; si se requiere modificar el siguiente parámetro correspondiente a los minutos, se oprime la tecla HMS, apareciendo en los despliegues lo siguiente:



la modificación de los minutos se realiza de la forma anteriormente mencionada, si no es necesario la modificación, si se oprime la tecla HMS, pasará al parámetro de los segundos ( S ), al volver a oprimir la tecla HMS volverán a aparecer las horas y así sucesivamente.

Si corregimos la hora solar o la ascensión recta se presenta el mismo caso anteriormente mencionado, pero al modificar la declinación, se tiene que tomar en cuenta el signo y los parámetros dados en grados, minutos y segundos; los símbolos correspondientes a cada parámetro que aparecerá en el sexto despliegue son los siguientes:



*Símbolo  
de  
signo*



*Símbolo  
de  
minutos*



*Símbolo  
de  
grados*

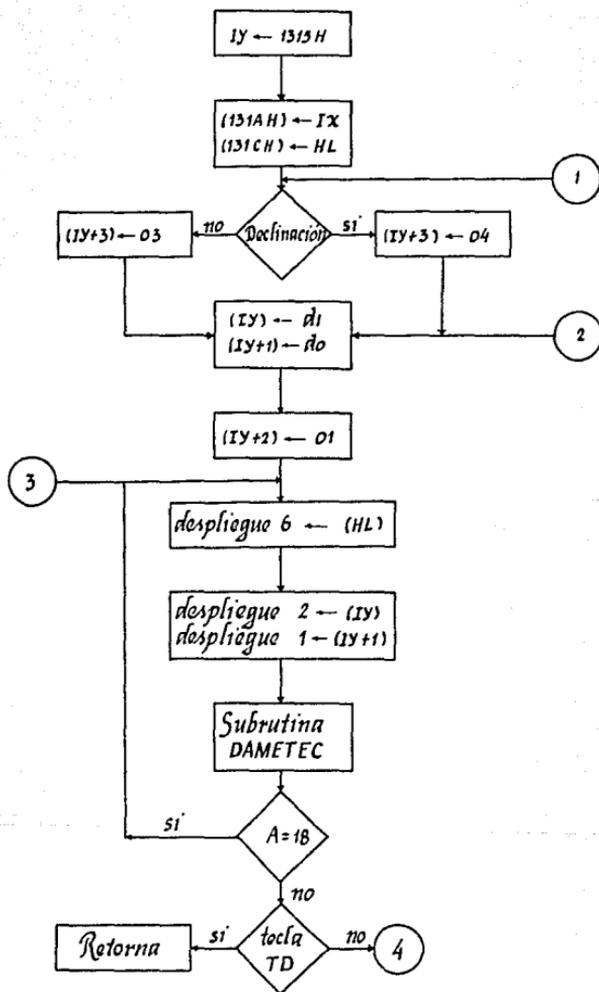


*Símbolo  
de  
segundos*

el signo de la declinación se modifica dando el valor de 00 para signo positivo y 01 para signo negativo.

Una vez obtenidos los parámetros correctos de cualquiera de las coordenadas y los relojes, se puede oprimir la tecla TD para salir de la subrutina CORREGIR.

Esta subrutina utiliza de la localidad de memoria 1315 H a la localidad 1310 H; en la localidad 1315 H y 1316 H se almacena el valor de parámetro a modificar en código BCD, el más significativo en la localidad 1315 H y el menos significativo en la 1316 H. La



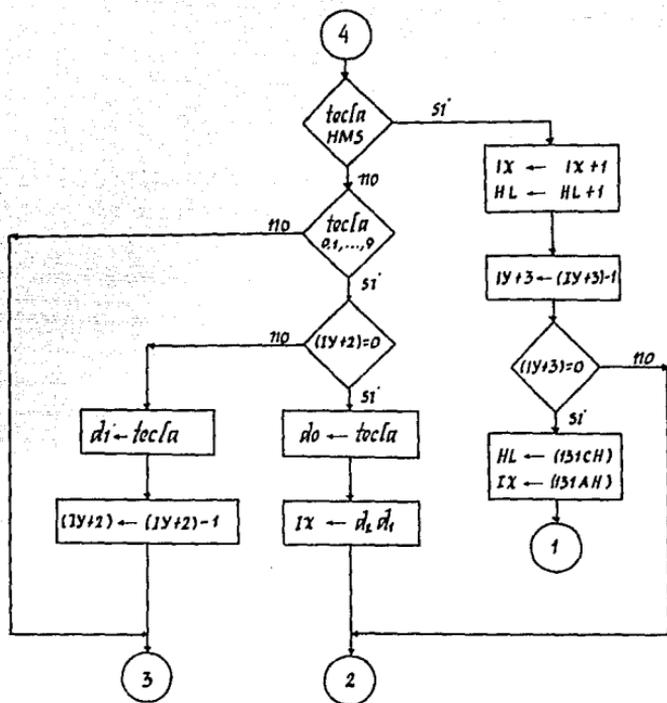


Figura 59 Diagrama de flujo de la subrutina  
CORRIGE

localidad 1317 H corresponde al almacenamiento de un contador, para indicar que fueron oprimidas las dos teclas correspondientes a los dígitos para modificar el parámetro presente. En la localidad 1318 H se almacena el número de parámetros a modificar; y en las cuatro últimas localidades se almacena el valor de los registros IX y HL .

Antes de llamar a esta subrutina, es necesario almacenar en IX la dirección de los datos correspondientes a las coordenadas o a la hora que se desea modificar; y en el registro HL se envía la dirección de los símbolos correspondientes a cada parámetro para enviar a el despliegue.

En la figura 5.9 se muestra el diagrama de flujo de la subrutina CORRIGE, considerando que el contenido de la dirección nde apunta el registro IX es igual a d2d1, donde d2 son las cuatro bits más significativos y d1 son los 4 bits menos significativos.

#### SUBROUTINA RETRASO

La subrutina RETRASO tiene como función retrasar al microprocesador un cierto tiempo, con el fin de no ejecutar inmediatamente la siguiente instrucción; el retraso se logra asignando un valor determinado a los registros H y L, decrementándolos hasta que los dos valgan cero; el retraso que ocasione la subrutina dependerá del valor de los registros H y L .

La rutina de RETRASO es muy usada para mandar escribir en los despliegues información, sin tener problemas de parpadeo o bien de que no se enciendan perfectamente los despliegues. El diagrama de flujo de la subrutina se muestra en la figura 5.10.

La subrutina de RETARDO tiene una estructura similar a la subrutina RETRASO, la única diferencia es que presenta un retraso de mayor tiempo.

#### SUBROUTINA HSOLAR

La subrutina HSOLAR es utilizada para desplegar la hora correspondiente al reloj solar; dentro de ésta subrutina se puede modificar la hora, en caso de necesitar alguna corrección. Al entrar a la subrutina se le asigna al registro IX, el valor de la

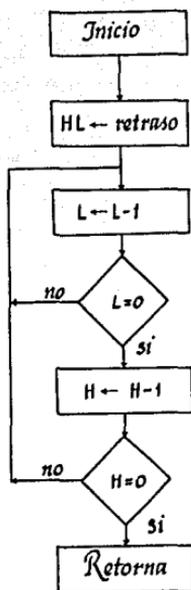


Figura 5.10 Diagrama de flujo de las subrutinas de retraso.

localidad de memoria donde se encuentran los datos de la hora, encendiendo el diodo emisor de luz localizado al lado de la tecla HS, con el objeto de tener presente el significado de la información que se tiene en los despliegues; después despliega la información correspondiente a la hora solar y pregunta si fué oprimida alguna tecla. En caso de que se haya oprimido la tecla de corrección, se programa el canal 1 del CTC y prosigue a efectuar la corrección por medio de la subrutina CORRIGE; ya efectuada la corrección se activa el canal 1 del CTC y empieza a funcionar el reloj solar. Si se oprime la tecla TD de salida, termina de ejecutarse la subrutina. En la figura 5.11 se muestra el diagrama de flujo de esta subrutina.

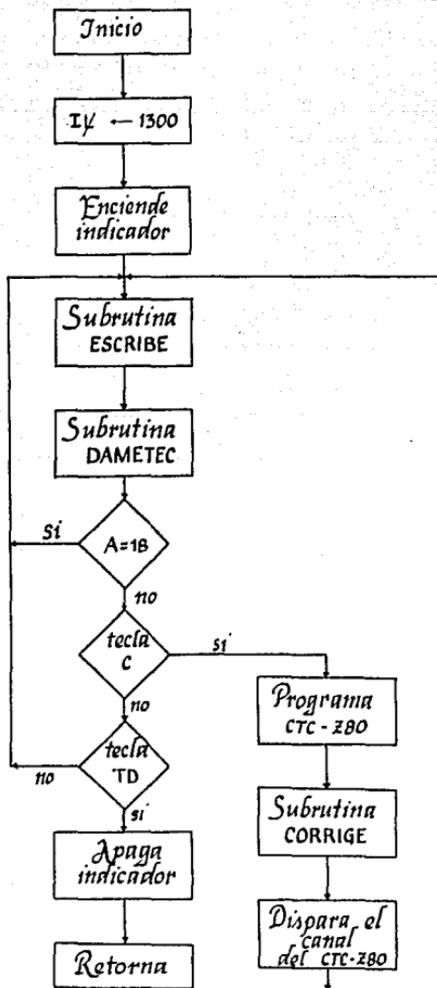


Figura 5.11 Diagrama de flujo de las subrutinas HSIDERAL y HSOLAR

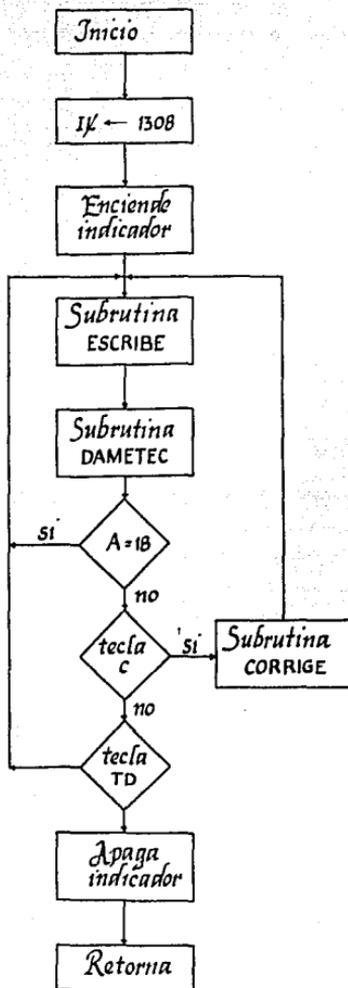


Figura 5.12 Diagrama de flujo de las subrutinas ARECTA y DECLINA

#### SUBROUTINA HSIDERAL

La subrutina HSIDERAL sigue el mismo algoritmo que la subrutina de HSOLAR, la única diferencia que presenta es que utiliza el canal 2 del CTC, y que es utilizada para manejar el reloj correspondiente a la hora sideral.

#### SUBROUTINA ARECTA

La subrutina de ARECTA es utilizada para desplegar el valor de la coordenada de ascensión recta; dentro de esta subrutina se puede modificar el valor de la coordenada. Al entrar a la subrutina se le asigna al registro IX el valor 1308 H, correspondiente a la localidad de memoria donde se encuentra la información de la coordenada, despliega la información y pregunta si es oprimida alguna tecla, en caso de no haberse oprimido ninguna tecla, sigue desplegando la coordenada y volviendo a preguntar. Si se oprimió la tecla de corrección ( C ), se prosigue a efectuar la corrección por medio de la subrutina CORRIGE. Si se oprime la tecla TD terminará de ejecutarse la subrutina ARECTA y regresa al programa principal. El diagrama de flujo de esta subrutina se muestra en la figura 5.12.

#### SUBROUTINA DECLINA

La subrutina DECLINA sigue el mismo algoritmo que la subrutina ARECTA, la única diferencia es que despliega y corrige la coordenada de la declinación.

#### SUBROUTINA MODIFICA

La subrutina MODIFICA sirve para incrementar en un segundo la coordenada de declinación y en un segundo de arco la coordenada de la ascensión recta, debe tenerse en cuenta que si un motor se mueve 0.9 grados, equivale a que el telescopio se mueva un segundo de arco, un segundo de arco es la quinceava parte de un segundo, por lo tanto la localidad de memoria 132D H considereara esto.

La decisión de incrementar o decrementar una de las coordenadas, se define por medio del contenido de la localidad de memoria 1322H; solamente tomando en cuenta los dos bits menos significativos, el bit cero indica el sentido del giro del motor, es decir, significa un decremento o incremento de la coordenada correspondiente; el bit uno indica el tipo de coordenada, esto es, si se modifica la ascensión recta o la declinación. A continuación se muestra a detalle lo anterior:

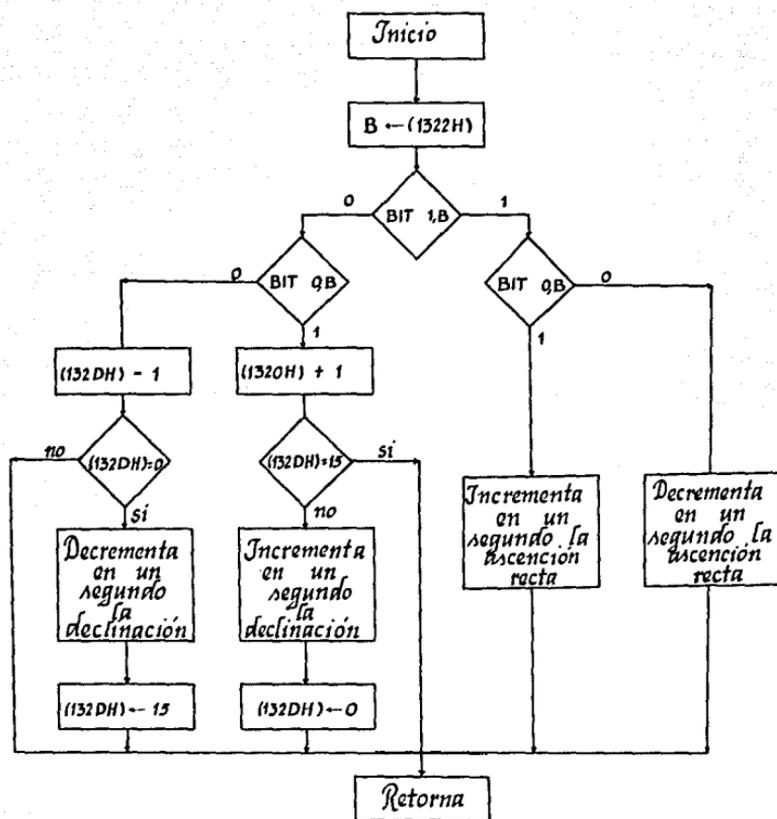


Figura 5.15 Diagrama de flujo de la subrutina MODIFICA

COORDENADA	DIRECCION	CODIGO	OPERACION
Declinación	Oeste	00	decremento
	Este	01	incremento
Ascensión Recta	Norte	10	decremento
	Sur	11	incremento

Cada vez que sea llamada esta subrutina, se decrementará o incrementará en un segundo la coordenada que se esté variando. El diagrama de flujo de la subrutina se muestra en la figura 5.13.

#### SUBROUTINA MOVER

Esta subrutina es utilizada para reconocer la tecla oprimida, siempre y cuando sea una de las cuatro teclas especificadas para el movimiento de los motores. Si es oprimida alguna de estas teclas se le asigna a la localidad de memoria 1322 H su código correspondiente.

Los motores pueden ser activados con cuatro velocidades diferentes, inicialmente tiene la velocidad 0, aumentando hasta 3. Si queremos escoger una velocidad diferente a la 0, solamente se requiere oprimir la tecla correspondiente a la velocidad requerida y enseguida indicar hacia donde queremos mover el telescopio.

Al oprimir la tecla de velocidad, inmediatamente la subrutina decide a cual subrutina de velocidad debe irse para mover los motores. El diagrama de flujo de esta subrutina se muestra en la figura 5.14.

#### SUBROUTINA VELUNO

La subrutina VELUNO es utilizada para mover los motores con la velocidad 0 o a la velocidad 1, esta son escogidas previamente por el operador.

Una vez entrando a la subrutina se le asigna al registro HL el número equivalente a la velocidad escogida, después procede a detectar el último dato enviado al motor, esto se realiza para saber que dato de la secuencia sigue, energizar las bobinas del motor con el valor correspondiente, y así hacer que gire el motor en la dirección deseada, sin perder la posición del telescopio; una vez detectado esto, se envía la secuencia correspondiente. Si se requiere la modificación de la coordenada, se llamará a la sub-

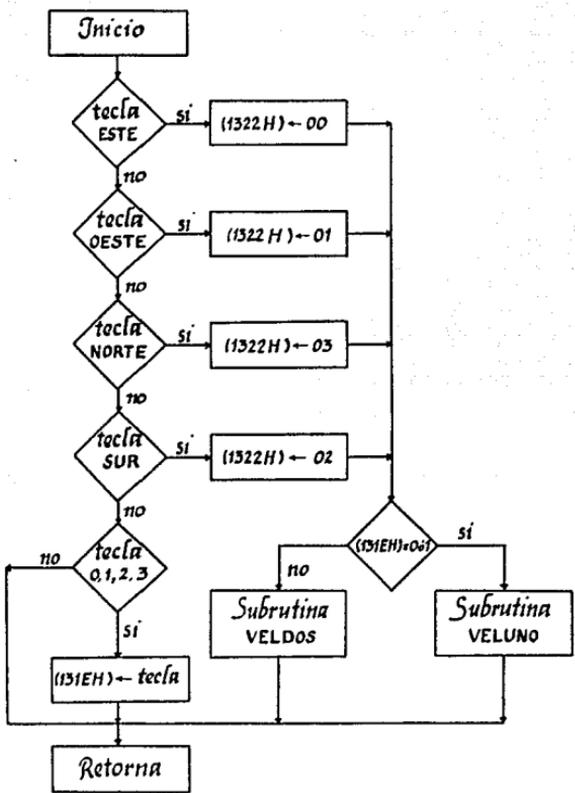


Figura 5.14 Diagrama de flujo de la subrutina MOVER

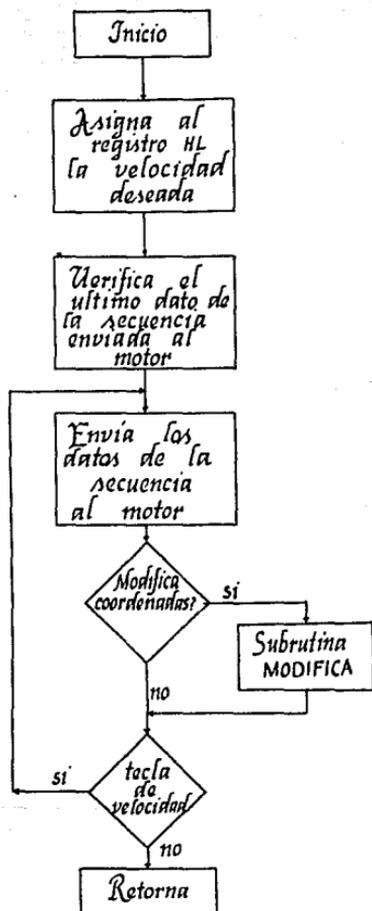


Figura 3.15 Diagrama de flujo de la subrutina VELUNO

rutina MODIFICA, cada vez que sea enviado un paso a los motores.

En caso de dejar de oprimir la tecla de movimiento, se termina de ejecutar esta subrutina, pero si se deja oprimida la tecla, continuará enviando la secuencia al motor. El diagrama de flujo de la subrutina se muestra en la figura 5.15.

#### SUBROUTINA VELDOS

La subrutina VELDOS es utilizada para mover los motores a la velocidad 2 0 3, escogidas previamente por el operador del control.

Al entrar a la subrutina, se asigna la localidad de memoria 1320 H el valor de la velocidad escogida, y en el registro HL el equivalente a la velocidad inicial, esto se realiza ya que los motores necesitan aumentar su velocidad gradualmente y no perder información. Una vez asignadas las velocidades se detecta el último dato de la secuencia enviada al motor, para continuar dando la secuencia adecuada. Cada vez que se envía un dato, si se le indica, modificará la coordenada correspondiente al movimiento realizado, utilizando la subrutina MODIFICA. Después de realizar la modificación, se pregunta si se continúa moviendo los motores de acuerdo a la tecla que se está oprimiendo, si se quiere continuar moviendo los motores se irá incrementando la velocidad hasta su máxima velocidad, en caso de no continuar termina de ejecutar la subrutina. El diagrama de flujo de la subrutina VELDOS se muestra en la figura 5.16.

#### RUTINA DE SERVICIO PARA EL CANAL 1 DEL CTC

Esta rutina es ejecutada cada vez que el CTC interrumpa al microprocesador, la frecuencia de interrupción para este canal es de 60 hertz, es por eso que es necesario dividir la frecuencia para obtener un Hertz, esto se resuelve teniendo una localidad de memoria con el valor de 60, cada vez que interrumpa el CTC, decrementa el contenido de esa localidad, cuando llega a cero, se incrementa un segundo en la hora solar, y se asigna el valor 60 a la localidad 1303 H de la memoria nuevamente. El diagrama de flujo de la rutina de servicio se encuentra en la figura 5.17.

La rutina del canal 2 y el 3 del CTC sigue el mismo algoritmo que la rutina del canal 1 del CTC, la única diferencia es la frecuencia a la cual interrumpe cada canal.

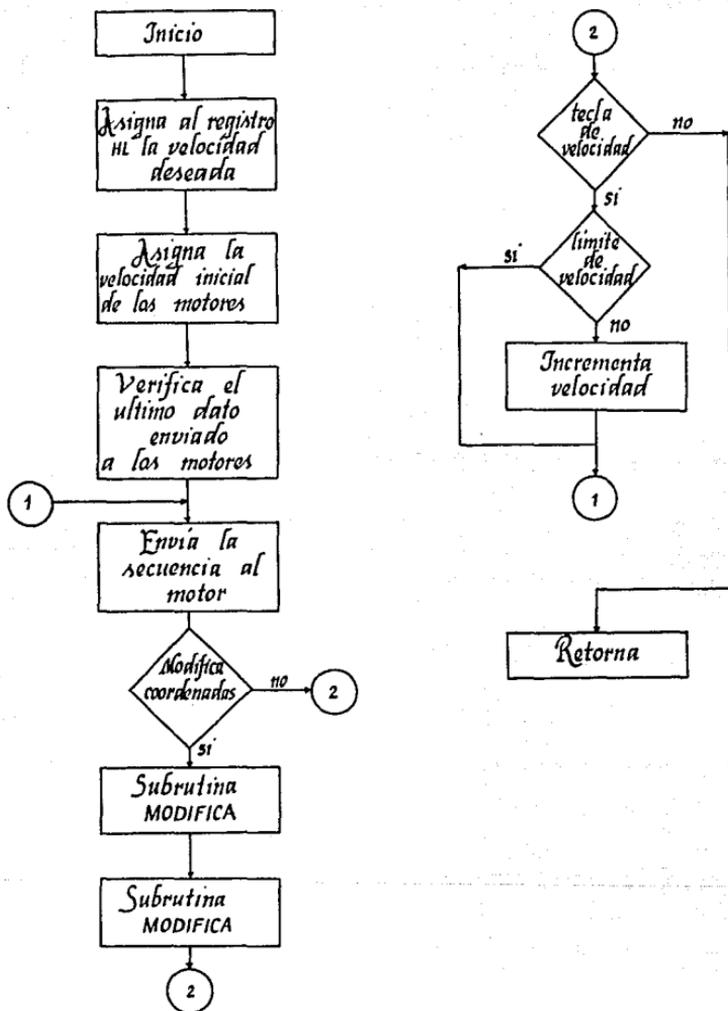


Figura 5.16 Diagrama de flujo de la subrutina VELDOS

A continuación se presenta el listado del programa monitor:

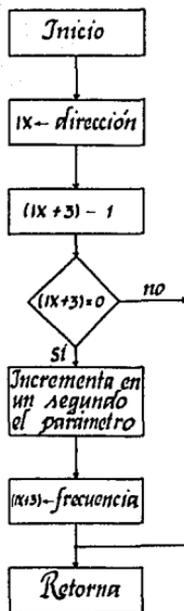


Figura 5.17 Diagrama de flujo de las rutinas de servicio del CTC-280

```

;*****
;***      ***
;*** PROGRAMA PRINCIPAL ***
;***      ***
;*****

(0000)
0000 31A813   ORG 0000H
0003 210013   LD SP,13A8H ; INICIALIZA EL SP
0006 0E0F     LD HL,1300H
0008 3600     LD C,0FH
000A 23      LIMPIA: LD (HL),00H
000B 0D      INC HL
000C 0D      DEC C
000C 20FA     JR NZ,LIMPIA ; INICIALIZA LAS HORAS Y LAS
000E 3E3C     LD A,03CH ; COORDENADAS CON EL VALOR DE
0010 320313   LD (1303H),A ; CEROS
0013 3E20     LD A,020H
0015 320713   LD (1307H),A
0018 3E0F     LD A,0FH ; PROGRAMACION DEL PUERTO A
001A 0352     OUT (82H),A ; Y B DEL PIU
001C 0383     OUT (83H),A
001E 3E07     LD A,07H
0020 0382     OUT (82H),A
0022 0383     OUT (83H),A
0024 3E00     LD A,00H
0026 0380     OUT (80H),A
0028 0381     OUT (81H),A
002A 322A13   LD (132AH),A
002D 322B13   LD (132BH),A
0030 3E01     AJUSTEH: LD A,01H
0032 038C     OUT (8CH),A ; INDICA CON EL SIMBOLO "H"
0034 3E09     LD A,09H ; QUE SE PUEDEN MODIFICAR
0036 0388     OUT (88H),A ; LOS RELOJES PARA PONERLOS
0038 0DCE09   CALL RETARDO ; A TIEMPO
003B 0D2908   CALL DAMETEC
003E 47      LD B,A
003F 3E0C     LD A,0CH
0041 B8      CP B
0042 2005     JR NZ,THSID ; VERIFICA LA TECLA DE LA
0044 0D0C09   CALL HSOLAR ; HORA SOLAR
0047 18E7     JR AJUSTEH
0049 3E0D     THSID: LD A,0DH
004B B8      CP B
004C 2005     JR NZ,SAJUSTEH ; VERIFICA LA TECLA DE LA
004E 0D210A   CALL HSIDERAL ; HORA SIDERAL
0051 18D0     JR AJUSTEH
0053 3E11     SAJUSTEH: LD A,11H ; VERIFICA TECLA DE SALIDA.
0055 B8      CP B
0056 20D8     JR NZ,AJUSTEH
0058 0DCE09   CALL RETARDO
005B 3E00     LD A,00H
005D 321E13   LD (131EH),A
0060 3E01     AJCOORD: LD A,01H

```

0062	D38C		OUT (8CH),A		:INDICA CON EL SIMBOLO "P"
0064	3E0C		LD A,0CH		:QUE SE PUEDEN MODIFICAR
0066	D388		OUT (88H),A		:LAS COORDENADAS
0068	CDCE09		CALL RETARDO		
006B	CD2908		CALL DAMETEC		
006E	47		LD B,A		
006F	3E0A		LD A,0AH		
0071	B8		CP B		:VERIFICA TECLA DE ASCENSION
0072	2005		JR NZ,TDEC		:RECTA
0074	CD660A		CALL ARECTA		
0077	18F7		JR AJCOORD		
0079	3E0B	TDEC:	LD A,0BH		
007B	B8		CP B		:VERIFICA TECLA DE DECLINACION.
007C	2005		JR NZ,TMOV		
007E	CD980A		CALL DECLINA		
0081	18DD		JR AJCOORD		
0083	3EFF	TMOV:	LD A,0FFH		
0085	321F23		LD (231FH),A		
0088	CD140D		CALL MOVER		
008B	3E0E		LD A,0EH		:VERIFICA PROGRAMA AUTOMATICO
008D	B8		CP B		
008E	CC8B03		CALL Z,AUTOMAT		
0091	3E0F		LD A,0FH		:VERIFICA PROGRAMA MANUAL
0093	B8		CP B		
0094	CC4604		CALL Z,MANUAL		
0097	3E10		LD A,10H		:VERIFICA MODO PROGRAMA
0099	B8		CP B		
009A	CC0005		CALL Z,PROGRAMA		
009D	3E01		LD A,01H		
009F	B8		CP B		
00A0	2014		JR NZ,TEC2		
00A2	3EB7		LD A,0B7H		:PALABRA DE CONTROL PARA EL
00A4	D335		OUT (95H),A		:EL CANAL 3 DEL CTC
00A6	3E04		LD A,04H		
00A8	322E13		LD (132EH),A		
00AB	CD2908	RTEC1:	CALL DAMETEC		
00AE	47		LD B,A		:VERIFICA QUE LA TECLA NO
00AF	3E01		LD A,01H		:SE TOME EN CUENTA SI SIGUE
00B1	B8		CP B		:OPRIMIDA
00B2	28F7		JR Z,RTEC1		
00B4	18AA		JR AJCOORD		
00B6	3E02	TEC2:	LD A,02H		
00B8	B8		CP B		
00B9	20A5		JR NZ,AJCOORD		
00BB	3EF4		LD A,0F4H		:VERIFICA SI LA TECLA 2 ESTA
00BD	D395		OUT (95H),A		:EN CASO DE QUE SEA VERDADERO
00BF	EF5E		IN2		:DISPARA EL CANAL 3 DEL CTC.
00C1	CD2908	RTEC2:	CALL DAMETEC		:VERIFICA SI LA TECLA SIGUE
00C4	47		LD B,A		:OPRIMIDA
00C5	3E02		LD A,02H		
00C7	B8		CP B		
00C8	28F7		JR Z,RTEC2		
00CA	1894		JR AJCOORD		

```

;*****
;***          ***
;*** SUBROUTINA COMPARA ***
;***          ***
;*****

00CC C5          COMPARA: PUSH BC          ;SALVA LOS REGISTROS UTILIZADOS
00CD D5          PUSH DE          ;EN ESTA SUBROUTINA
00CE FDE5       PUSH IY
00D0 DDE5       PUSH IX
00D2 E5         PUSH HL
00D3 3A2F13     LD A, (132FH)      ;VERIFICA EL TIPO DE DATOS CON
00D6 FE01       CP 01H          ;LOS CUALES SE VA A REALIZAR
00D8 CABE01     JP Z, CDEC        ;LA OPERACION
00DB DD213A13   LD IX, 133AH
00DF FD213E13   LD IY, 133EH
00E3 214213     LD HL, 1342H
00E6 DD7E00     LD A, (IX)          ;VERIFICA EL SIGNO DE LOS
00E9 FDBE00     CP (IY)        ;OPERANDOS
00EC 2020       JR NZ, AMBAR
00EE DD7E01     LD A, (IX+1)
00F1 FDBE01     CP (IY+1)
00F4 2018       JR NZ, AMBAR
00F6 DD7E02     LD A, (IX+2)
00F9 FDBE02     CP (IY+2)
00FC 2010       JR NZ, AMBAR
00FE DD7E03     LD A, (IX+3)      ;REALIZA LA OPERACION DE RESTA
0101 FDBE03     CP (IY+3)      ;CON LOS DATOS MENOS SIGNIFI-
0104 2008       JR NZ, AMBAR    ;CATIVOS, EQUIVALENTES A LOS
0106 3600       LD (HL), 00H    ;QUINCEAVOS DE SEGUNDO
0108 110400     LD DE, 0004H
010B 19         ADD HL, DE
010C 1814       JR CART1
010E 300C       AMBAR: JR NC, AMBAR1
0110 DD213E13   LD IX, 133EH
0114 FD213A13   LD IY, 133AH
0118 3601       LD (HL), 01H
011A 1802       JR FAMBAR
011C 3600       AMBAR1: LD (HL), 00H
011E 110400     FAMBAR: LD DE, 0004H
0121 19         ADD HL, DE
0122 DD7E03     CART1: LD A, (IX+3)
0125 FD4603     LD B, (IY+3)
0128 B8         CP B
0129 3805       JR C, CART2
012B 90         SUB E
012C 27        DAA
012D 77        LD (HL), A
012E 1835     JR CART5
0130 C615     CART2: ADD 15H
0132 27        DAA
0133 90        SUB B
0134 27        DAA
0135 77        LD (HL), A
0136 DD7E02     LD A, (IX+2)

```

0139	FE00		CP 00H	
013B	2808		JR Z,CART3	
013D	D601		SUB 01H	
013F	27		DAA	
0140	DD7702		LD (IX+2),A	
0143	1820		JR CART5	
0145	DD360259	CART3:	LD (IX+2),59H	;REALIZA LA OPERACION DE
0149	DD7E01		LD A,(IX+1)	;RESTA CON LOS SEGUNDOS
014C	FE00		CP 00H	
014E	2808		JR Z,CART4	
0150	D601		SUB 01H	
0152	27		DAA	
0153	DD7701		LD (IX+1),A	
0156	180D		JR CART5	
0158	DD360159	CART4:	LD (IX+1),59H	
015C	DD7E00		LD A,(IX)	
015F	D601		SUB 01H	
0161	27		DAA	
0162	DD7700		LD (IX),A	
0165	2B	CART5:	DEC HL	
0166	DD7E02	CART6:	LD A,(IX+2)	;REALIZA LA OPERACION DE
0169	FD4602		LD B,(IY+2)	;RESTA CON LOS MINUTOS
016C	B8		CP B	
016D	3805		JR C,CART7	
016F	90		SUB B	
0170	27		DAA	
0171	77		LD (HL),A	
0172	1821		JR CART9	
0174	C660	CART7:	ADD 60H	
0176	90		SUB B	
0177	27		DAA	
0178	77		LD (HL),A	
0179	DD7E01		LD A,(IX+1),	
017C	FE00		CP 00H	
017E	2808		JR Z,CART8	
0180	D601		SUB 01H	
0182	27		DAA	
0183	DD7701		LD (IX+1),A	
0186	180D		JR CART9	
0188	DD360159	CART8:	LD (IX+1),59H	
018C	DD7E00		LD A,(IX)	
018F	D601		SUB 01H	
0191	27		DAA	
0192	DD7700		LD (IX),A	
0195	2B	CART9:	DEC HL	
0196	DD7E01		LD A,(IX+1)	;REALIZA LA OPERACION DE RESTA
0199	FD4601		LD B,(IY+1)	;CON LAS HORAS
019C	B8		CP B	
019D	3805		JR C,CART10	
019F	90		SUB B	
01A0	27		DAA	
01A1	77		LD (HL),A	
01A2	180E		JR CART11	
01A4	C660	CART10:	ADD 60H	

```

01A6 90          SUB B
01A7 27          DAA
01A8 77          LD (HL),A
01A9 D07E00     LD A, (IX)
01AC D601       SUB 01H
01AE 27          DAA
01AF D07700     LD (IX),A
01B2 2B          CART11:DEC HL
01B3 D07E00     LD A, (IX)
01B6 F09600     SUB (IY)
01B9 27          DAA
01BA 77          LD (HL),A
01BB C39102     JP FCOMP
01BE D0213A13   CDEC: LD IX,133AH
01C2 FD213E13   LD IY,133EH
01C6 214213     LD HL,1342H
01C9 D07E00     LD A, (IX)
01CC FB8E00     CP (IY)
01CF C25E02     JP NZ,CDECS
01D2 FE01       CP 01H
01D4 204E       JR NZ,CDEC2
01D6 FD7E01     LD A, (IY+1)
01D9 DB8E01     CP (IX+1)
01DC 2010       JR NZ,BMAD
01DE FD7E02     LD A, (IY+2)
01E1 DB8E02     CP (IX+2)
01E4 2008       JR NZ,BMAD
01E6 FD7E03     LD A, (IY+3)
01E9 DB8E03     CP (IX+3)
01EC 2822       JR Z,CDEC1
01EE 300C       BMAD: JR NC,BMAD1
01F0 D0213B13   LD IX,133BH
01F4 FD213F13   LD IY,133FH
01F8 3601       LD (HL),01H
01FA 180A       JR FBAD
01FC 3600       BMAD1: LD (HL),00H
01FE D0213F13   LD IX,133FH
0202 FD213B13   LD IY,133BH
0206 110400     FBAD: LD DE,0004H
0209 19         ADD HL,DE
020A 3600       LD (HL),00H
020C 2B         DEC HL
020D C36601     JP CART6
0210 3600       CDEC1: LD (HL),00H
0212 D0213B13   LD IX,133BH
0216 FD213F13   LD IY,133FH
021A 110400     LD DE,0004H
021D 19         ADD HL,DE
021E 3600       LD (HL),00H
0220 2B         DEC HL
0221 C36601     JP CART6
0224 D07E01     CDEC2: LD A, (IX+1)
0227 FB8E01     CP (IY+1)
022A 2010       JR NZ,AMBL
;VERIFICA EL SIGNO DE LA OPERACION QUE SE VA A REALIZAR
;Y TOMA LA DECISION DE RESTAR
;O SUMAR LA COORDENADA DE
;DECLINACION SEGUN EL SIGNO

```

```

022C D07E02      LD A, (IX+2)
022F FD8E02      CP (IY+2)
0232 2008        JR NZ, AMBD
0234 DD7E03      LD A, (IX+3)
0237 FD8E03      CP (IY+3)
023A 28D4        JR Z, CDEC1
023C 300C        AMBD: JR NC, AMBD1
023E DD213F13    LD IX, 133FH
0242 FD213B13    LD IY, 133BH
0246 3601        LD (HL), 01H
0248 180A        JR F, AMBD
024A 3600        AMBD1: LD (HL), 00H
024C DD213B13    LD IX, 133BH
0250 FD213F13    LD IY, 133FH
0254 110400      FAMBD: LD DE, 0004H ;SUMA LAS COORDENAS RESPETAN-
0257 19          ADD HL, DE ;EL SIGNO
0258 3600        LD (HL), 00H
025A 2B          DEC HL
025B C36601      JP CART6
025E 77          CDECS: LD (HL), A
025F 110400      LD DE, 0004H
0262 19          ADD HL, DE
0263 3600        LD (HL), 00H
0265 2B          DEC HL
0266 DD213D13    LD IX, 133DH
026A FD214113    LD IY, 1341H
026E 1603        LD D, 03H
0270 37          CDECS1: SCF
0271 3F          CCF
0272 0E00        CDECS2: LD C, 00H
0274 D07E00      LD A, (IX)
0277 FD8E00      ADC (IY)
027A 27          DAA
027B 3804        JR C, CDECS3
027D FE60        CP 60H
027F 380A        JR C, CDECS4
0281 15          CDECS3: DEC D
0282 2818        JR Z, FCDECS
0284 D660        SUB 60H
0286 27          DAA
0287 0E01        LD C, 01H
0289 1803        JR CDECS5
028B 15          CDECS4: DEC D
028C 280E        JR Z, FCDECS
028E 77          CDECS5: LD (HL), A
028F 2B          DEC HL
0290 D02E        DEC IX
0292 FD2B        DEC IY
0294 3E01        LD A, 01H
0296 B9          CP C
0297 20D7        JR NZ, CDECS1
0299 37          SCF
029A 1806        JR CDECS2
029C 77          FCDECS: LD (HL), A

```

```

029D E1          FCOMP: POP HL
029E DDE1        POP IX      ;REGENERA EL VALOR DE LOS
02A0 FDE1        POP IY      ;REGISTROS
02A2 D1          POP DE
02A3 C1          POP BC
02A4 C9          RET
                ;*****
                ;***          ***
                ;** SUBROUTINA ANGULOH ***
                ;***          ***
                ;*****

02A5 DDE5        ANGULOH: PUSH IX
02A7 E5          PUSH HL      ;SALVA REGISTROS QUE SE
02A8 D5          PUSH DE      ;MODIFICAN EN LA SUBROUTINA
02A9 C5          PUSH BC
02AA 210413      LD HL,1304H    ;TRANSIERE LA HORA SIDERAL
02AD 113A13      LD DE,133AH    ;Y LA ASCENSION RECTA A LA
02B0 010300      LD BC,03H     ;LOCALIDAD DE MEMORIA DUNDE
02B3 ED80        LDIR          ;SE EFECTUARA LA RESTA
02B5 3E00        LD A,00H
02B7 12          LD (DE),A
02B8 13          INC DE
02B9 212313      LD HL,1323H
02BC 010300      LD BC,03H
02BF EB80        LDIR
02C1 3E00        LD A,00H
02C3 12          LD (DE),A
02C4 3E01        LD A,01H
02C6 322F13      LD (132FH),A
02C9 CDC000      CALL COMPARA    ;LLAMA A LA Rutina de compa-
02CC DD214313    LD IX,1343H    ;RACION PARA EFECTUAR LA
02D0 3E05        LD A,05H     ;RESTA Y OBTENER EL ANGULO
02D2 DDBE00      CP (IX)      ;HORARIO
02D5 3800        JR C,NOVER    ;AH=HSIDERAL-AR
02D7 2007        JR NZ,SIVER
02D9 3E50        LD A,50H
02DB DDBE01      CP (IX+1)    ;SI EL VALOR ABSOLUTO DEL
02DE 3804        JR C,NOVER    ;ANGULO HORARIO ES MAYOR
02E0 3E00        SIVER: LD A,00H    ;A 5 HRS 50 MIN. EL CUERPO
02E2 1802        JR FAH        ;CELESTE NO ES VISIBLE EN
02E4 3E01        NOVER: LD A,01H    ;ESE MOMENTO
02E6 C1          FAH: POP BC
02E7 D1          POP DE      ;REINTEGRA EL VALOR DE LOS
02E9 E1          POP HL      ;REGISTROS
02EB C9          POP IX
                RET
                ;*****
                ;***          ***
                ;** SUBROUTINA COMAR ***
                ;***          ***
                ;*****

02EC DDE5        COMAR: PUSH IX
02EE E5          PUSH HL      ;SALVA REGISTROS QUE SON
02EF D5          PUSH DE      ;MODIFICADOS EN LA SUBRU-

```

```

02F0 C5          PUSH BC          ;TINA
02F1 211313     LD HL,1313H
02F4 113A13     LD DE,133AH
02F7 010300     LD BC,03H      ;MOVIMIENTO DE LOS DATOS
02FA EDB0       LDIR           ;A LAS LOCALIDADES DE
02FC 3E00       LD A,00H       ;MEMORIA UTILIZADAS PARA
02FE 12         LD (DE),A      ;REALIZAR LA COMPARACION
02FF 13         INC DE
0300 210613     LD HL,1306H
0303 0E03       LD C,03H
0305 EDB0       LDIR
0307 3A2D13     LD A,(132DH)   ;RESTA LA ASCENSION RECTA
030A 324113     LD (1341H),A   ;DEL CUERPO CELESTE CON
030D C0CC00     CALL COMPARA   ;LA DEL TELESCOPIO
0310 DD214313   LD IX,1343H
0314 0E03       LD C,03H
0316 3E00       LD A,00H
0318 DD214313   LD IX,1343H   COMAR1:
031C DDBE00     CP (IX)
031F 2007       JR NZ,FCOMAR  ;LA RESTA TIENE COMO
0321 DD23       INC IX         ;RESULTADO UN VALOR DIFE-
0323 0D         DEC C         ;RENTE DE CERO
0324 20F2       JR NZ,COMAR1
0326 3E01       LD A,01H
0328 C1         POP BC        FCOMAR:
0329 D1         POP DE
032A E1         POP HL
032B DDE1     POP IX         ;REGENERA EL VALOR DE LOS
032D C9         RET          ;REGISTROS
;*****
;***
;*** SUBROUTINA COMDEC ***
;***
;*****
032E DDE5     COMDEC: PUSH IX
0330 E5       PUSH HL      ;SALVA LOS REGISTROS QUE
0331 D5       PUSH DE      ;SON MODIFICADOS EN ESTA
0332 C5       PUSH BC      ;SUBROUTINA
0333 212613   LD HL,1326H
0336 113A13   LD DE,133AH
0339 010400   LD BC,04H
033C EDB0     LDIR
033E 210B13   LD HL,130BH
0341 EDB0     LDIR
0343 3E00     LD A,00H
0345 322F13   LD (132FH),A ;RESTA LA DECLINACION DEL
0348 C0CC00   CALL COMPARA ;CUERPO CELESTE CON LA DEL
034B DD214313 LD IX,1343H
034F 0E03     LD C,03H
0351 3E00     LD A,00H
0353 DD214313 LD IX,1343H   CDEC1:
0357 DDBE00   CP (IX)
035A 2007     JR NZ,FCDEC  ;LA RESTA TIENE COMO RESUL-
035C DD23     INC IX      ;TADO UN VALOR DIFERENTE A

```

```

035E 0D          DEC C          ;CERO
035F 20F2        JR NZ,CDEC1
0361 3E01        LD A,01H
0363 C1          FCDEC:    POP BC
0364 D1          POP DE          ;REGENERA EL VALOR DE LOS
0365 E1          POP HL          ;REGISTROS
0366 DDE1        POP IX
0368 C9          RET
                ;*****
                ;***
                ;*** SUBROUTINA AHTEL ***
                ;***
                ;*****

0369 DDES        AHTEL:    PUSH IX
036B E5          PUSH HL          ;SALVA LOS REWGGISTROS QUE
036C D5          PUSH DE          ;SE MODIFICAN EN LA
036D C5          PUSH BC          ;SUBROUTINA
036E 210413      LD HL,1304H      ;TRANSFIERE LA HORA SIDERAL
0371 113A13      LD DE,133AH      ;Y LA ASCENSION RECTA DEL
0374 010300      LD BC,03H        ;DEL TELESCOPIO A MEMORIA
0377 EDB0        LDIR
0379 3E00        LD A,00H
037B 12          LD (DE),A
037C 13          INC DE
037D 210813      LD HL,1308H
0380 010300      LD BC,03H
0383 EDB0        LDIR
0385 3A2D13      LD A,(132DH)
0388 12          LD (DE),A
0389 3E01        LD A,01H
038B 322F13      LD (132FH),A
038E CDCC00      CALL COMPARA    ;LLAMA A LA SUBROUTINA,PARA
0391 D0214313    LD IX,1343H      ;EFECTUAR LA RESTA
0395 3E05        LD A,05H
0397 DDBE00      CP (IX)
039A 3804        JR C,TNOVER
039C 3E00        LD A,00H
039E 1802        JR TFAH
03A0 3E01        TNOVER:    LD A,01H
03A2 C1          TFAH:    POP BC          ;REGENERA EL VALOR DE LOS
03A3 D1          POP DE          ;REGISTROS
03A4 E1          POP HL
03A5 DDE1        POP IX
03A7 C9          RET
                ;*****
                ;***
                ;*** SUBROUTINA AUTOMAT ***
                ;***
                ;*****

03A8 3E01        AUTOMAT: LD A,01H      ;ENVIA UNA "C" POR EL PRI-
03AA D38C        OUT (8CH),A    ;MER DESPLIEGUE
03AC 3E46        LD A,46H
03AE D388        OUT (88H),A
03B0 CD2308      CALL DAMETEC

```

03B3	47		LD B,A	
03B4	DD212313		LD IX,1323H	
03B8	3E0A		LD A,0AH	
03BA	B8		CP B	:ALMACENA LOS DATOS DE LA
03BB	CC660A		CALL Z,ARECTA	:COORDENADA DE ASCENSION
03BE	DD212613		LD IX,1326H	:RECTA
03C2	3E0B		LD A,0BH	
03C4	B8		CP B	:ALMACENA LOS DATOS DE LA
03C5	CC980A		CALL Z,DECLINA	:COORDENADA DE DECLINACION
03C8	3E04		LD A,04H	
03CA	B8		CP B	
03CB	2878		JR Z,FAUTOMAT	:SALIDA DE LA MUDALIDAD
03CD	3E05		LD A,05H	:AUTOMATICO
03CF	B8		CP B	
03D0	20D6		JR NZ,AUTOMAT	
03D2	CDA502		CALL ANGULOH	:VERIFICA VISIBILIDAD DE LA
03D5	FE01		CP 01H	:ESTRELLA
03D7	28CF		JR Z,AUTOMAT	
03D9	3E00		LD A,00H	
03DB	321F13		LD (131FH),A	
03DE	CD2E03	AUTM1:	CALL COMDEC	:VERIFICA SI EL TELESCOPIO
03E1	FE01		CP 01H	:SE ENCUENTRA EN LA COORDENADA
03E3	2821		JR Z,MUEVAR	:DE DECLINACION DESEADA
03E5	3E00		LD A,00H	
03E7	DD214213		LD IX,1342H	
03EB	DD8E00		CP (1X)	:VERIFICA LA DIRECCION
03EE	2007		JR NZ,AUTM2	:MOVIMIENTO DEL TELESCOPIO
03F0	3E03		LD A,03H	:EN DIRECCION NORTE
03F2	322213		LD (1322H),A	
03F5	1805		JR AUTM3	:MOVIMIENTO DEL TELESCOPIO
03F7	3E02	AUTM2:	LD A,02H	:EN DIRECCION SUR
03F9	322213		LD (1322H),A	
03FC	3E01	AUTM3:	LD A,01H	
03FE	321E13		LD (131EH),A	
0401	CD640D		CALL VELUNO	:MUEVE LOS MOTORES DE ACUERDO
0404	18D8		JR AUTM1	:A LA ASCENSION RECTA
0406	CDA502	MUEVAR:	CALL ANGULOH	
0409	FE01		CP 01H	
040B	289B		JR Z,AUTOMAT	
040D	CDEC02		CALL CONAR	
0410	FE01		CP 01H	
0412	2011		JR NZ,MUEVAR1	
0414	3E01		LD A,01H	
0416	D38C		OUT (8CH),A	:LA ESTRELLA ESTA LOCALIZADA
0418	3E47		LD A,47H	
041A	D388		OUT (88H),A	
041C	CD2903		CALL DAMEDEC	
041F	FE11		CP 11H	
0421	2822		JR Z,FAUTOMAT	
0423	18E1		JR MUEVAR	
0425	3EFF	MUEVAR1:	LD A,OFFH	
0427	D388		OUT (88H),A	
0429	3E00		LD A,00H	
042B	DD214213		LD IX,1342H	

```

042F DDBE00          CP (IX)
0432 2007          JR NZ,MUEVAR2 ;MOVIMIENTO DEL TELESCOPIO
0434 3E01          LD A,01H ;EN DIRECCION ESTE
0436 322213        LD (1322H),A
0439 1805          JR MUEVAR3
043B 3E00          MUEVAR2: LD A,00H ;MOVIMIENTO DEL TELESCOPIO
043D 322213        LD (1322H),A ;EN DIRECCION OESTE
0440 CD640D        MUEVAR3: CALL VELUNO
0443 18C1          JR MUEVAR
0445 C9            FAUTOMAT:RET
;*****
;***          ***
;*** SUBROUTINA MANUAL ***
;***          ***
;*****

0446 3E02          MANUAL: LD A,02H
0448 D38C          OUT (8CH),A ;ENVIA UNA "C" POR EL
044A 3E46          LD A,46H ;SEGUNDO DESPLIEGUE
044C D388          OUT (88H),A
044E CD2908        CALL DAMETEC
0451 47            LD B,A
0452 DD212313      LD IX,1323H
0456 3E0A          LD A,0AH
0458 B8            CP B
0459 CC660A        CALL Z,ARECTA ;ALMACENA LOS DATOS DE LA
045C DD212613      LD IX,1326H ;COORDENADA DE ASCENSION
0460 3E0B          LD A,0BH ;ALMACENA LOS DATOS DE LA
0462 CC980A        CALL Z,DECLINA ;DECLINACION
0465 3E04          LD A,04H
0467 B8            CP B
0468 CAE804        JP Z,FMAN ;SALIDA DE LA MODALIDAD
046B 3E05          LD A,05H ;MANUAL
046D B8            CP B
046E 20D6          JR NZ,MANUAL
0470 CDA502        CALL ANGULOCH ;VERIFICA VISIBILIDAD
0473 FE01          CP 01H
0475 28CF          JR Z,MANUAL
0477 3E00          LD A,00H ;MODIFICACION DE LAS COORDE-
0479 321F13        LD (131FH),A ;NADAS EN EL MOTOR
047C CD2E03        MANL1: CALL COMVEC ;MOVIMIENTO DE LA DECLINACION
047F FE01          CP 01H
0481 2821          JR Z,MANL4
0483 3E00          LD A,00H
0485 DD214213      LD IX,1342H
0489 DDBE00        CP (IX)
048C 2007          JR NZ,MANL2
048E 3E03          LD A,03H ;MOVIMIENTO DEL TELESCOPIO EN
0490 322213        LD (1322H),A ;DIRECCION NORTE
0493 1805          JR MANL3
0495 3E02          MANL2: LD A,02H ;MOVIMIENTO DEL TELESCOPIO EN
0497 322213        LD (1322H),A ;DIRECCION SUR
0499 3E01          MANL3: LD A,01H
049C 321E13        LD (131EH),A
049F CD640D        CALL VELUNO

```

04A2	18D8		JR MANL1	
04A4	CD4502	MANL4:	CALL ANGULOH	
04A7	FE01		CP 01H	
04A9	289B		JR Z,MANUAL	:COMPARA LOS DATOS DE LA
04AB	CDEC02		CALL COMAR	:ASCENSION RECTA
04AE	FE01		CP 01H	
04B0	200A		JR NZ,MANL5	
04B2	3E01		LD A,01H	:ENVIA UNA "L" POR EL DES-
04B4	D38C		OUT (8CH),A	:PLIEGUE PARA INDICAR QUE
04B6	3E47		LD A,47H	:LA ESTRELLA FUE LOCALIZADA
04B8	D388		OUT (88H),A	
04BA	181C		JR MANL8	
04BC	3E00	MANL5:	LD A,00H	
04BE	DD214213		LD IX,1342H	
04C2	DDBE00		CP (IX)	
04C5	2007		JR NZ,MANL6	
04C7	3E01		LD A,01H	:MOVIMIENTO DEL TELESCOPIO
04C9	322213		LD (1322H),A	:EN DIRECCION ESTE
04CC	1805		JR MANL7	
04CE	3E00	MANL6:	LD A,00H	:MOVIMIENTO DEL TELESCOPIO
04D0	322213		LD (1322H),A	:EN DIRECCION OESTE
04D3	CD640D	MANL7:	CALL VELUNO	
04D6	18CC		JR MANL4	
04D8	CD2908	MANL8:	CALL DANETEC	:MOVIMIENTO MANUAL DEL
04DB	47		LD B,A	:TELESCOPIO
04DC	CD140D		CALL MOVER	
04DF	CD6903		CALL AHTEL	:VERIFICA LA POSICION
04E2	FE01		CP 01H	
04E4	2802		JR Z,FMAN	
04E6	18F0		JR MANL8	
04E8	C9	FMAN:	REI	

```

;*****
;***          ***
;*** SUBROUTINA DAMETEC ***
;***          ***
;*****

0829 DDES      DAMETEC: PUSH IX      ;SALVA LOS REGISTROS QUE SON
082B C5        PUSH BC      ;MODIFICADOS EN ESTA SUBRU -
082C I5        PUSH DE      ;TINA.
082D E5        PUSH HL
082E 3E7F     LD A,07FH     ;APAGA LOS SEGMENTOS DE LOS
0830 D388     OUT (88H),A    ;DESPLIEGUES.
0832 0620     LD B,20H     ;PRIMER RENGLON DEL TECLADO.
0834 0E06     LD C,06H     ;NUMERO DE RENGLONES EN EL
0836 78       RETORNA: LD A,B ;TECLADO.
0837 D38C     OUT (8CH),A   ;ACTIVA EL RENGLON DESIGNADO
0839 0B90     IN A,(90H)    ;POR EL REGISTRO B.
083B 57       LD D,A        ;CARGA EN D EL CODIGO DE LA
083C CB68     BIT 5,B        ;TECLA OPRINIDA.
083E 2804     JR Z,RENG2
0840 2601     LD H,01H
0842 1826     JR COLUMNA
0844 CB60     RENG2: BIT 4,B ;ALMACENA EN EL REGISTRO H EL
0846 2804     JR Z,RENG3    ;VALOR DEL RENGLON ACTIVADO.
0848 2602     LD H,02H
084A 181E     JR COLUMNA
084C CB58     RENG3: BIT 3,B
084E 2804     JR Z,RENG4
0850 2603     LD H,03H
0852 1816     JR COLUMNA
0854 CB50     RENG4: BIT 2,B
0856 2804     JR Z,RENG5
0858 2604     LD H,04H
085A 180E     JR COLUMNA
085C CB48     RENG5: BIT 1,B
085E 2804     JR Z,RENG6
0860 2605     LD H,05H
0862 1806     JR COLUMNA
0864 CB40     RENG6: BIT 0,B
0866 2833     JR Z,CAMBIA
0868 2606     LD H,06H
086A CB62     COLUMNA: BIT 4,D ;ALMACENA EN EL REGISTRO L EL
086C 2004     JR NZ,COLUM2   ;VALOR DE LA COLUMNA ACTIVADA
086E 2E01     LD L,01H      ;AL OPRIMIR UNA TECLA.
0870 1816     JR BUSCA
0872 CB5A     COLUM2: BIT 3,D
0874 2004     JR NZ,COLUM3
0876 2E02     LD L,02H
0878 180E     JR BUSCA
087A CB52     COLUM3: BIT 2,D
087C 2004     JR NZ,COLUM4
087E 2E03     LD L,03H
0880 1806     JR BUSCA
0882 CB4A     COLUM4: BIT 1,D

```

```

0884 2015          JR NZ,CAMBIA
0886 2E04          LD L,04H
0888 25            BUSCA: DEC H          ;REALIZA UN MAPEO CONSIDERAN-
0889 CB24          SLA H          ;DO: H-REGLON L-COLUMNA
088B CB24          SLA H          ;FUNCION DE MAPEO=4(H-1)+(L-1)
088D 2D            DEC L          ; + DESPLAZAMIENTO
088E 7D            LD A,L
088F 84            ADD A,H
0890 5F            LD E,A
0891 1600          LD D,00H
0893 DD210A08     LD IX,080AH
0897 DD19          ADD IX,DE
0899 180B          JR ASIGNA
089B 0D            CAMBIA: DEC C
089C 2304          JR Z,FCAMBIA
089E CB38          SRL B          ;INCREMENTA EL NUMERO DE
08A0 1894          JR RETORNA    ;REGLON.
08A2 3E18          FCAMBIA: LD A,18H    ;SI NO FUE OPRIMIDA NINGUNA
08A4 1803          JR FDAMTEC    ;TECLA SE ASIGNA AL REGIS-
08A6 DD7E00        ASIGNA: LD A,(IX) ;TRO A EL VALOR A=18H,SI SE
08A9 E1            FDAMTEC: POP HL   ;OPRIME UNA TECLA SE LE
08AA D1            POP DE    ;ASIGNA EL VALOR DE ESTA.
08AB C1            POP BC    ;REGRESA EL VALOR INICIAL DE
08AC DDE1          POP IX    ;LOS REGISTROS .
08AE C9            RET
                    ;*****
                    ;**
                    ;** SUBROUTINA ESCRIBE **
                    ;**
                    ;*****

08AF DDE5          ESCRIBE: PUSH IX   ;SALVA LOS REGISTROS QUE SON
08B1 FDE5          PUSH IY   ;MODIFICADOS EN ESTA SUBRU -
08B3 C5            PUSH BC    ;FINA.
08B4 D5            PUSH DE
08B5 E5            PUSH HL
08B6 FD210F13     LD IY,130FH ;DIRECCION DE MEMORIA PARA
08BA 0E03          LD C,03H  ;FACILITARNOS LA ESCRITURA.
08BC DD7E00        ETIQ1: LD A,(IX)
08BF CB3F          SRL A
08C1 CB3F          SRL A
08C3 CB3F          SRL A          ;ALMACENA EN LA LOCALIDAD DE
08C5 CB3F          SRL A          ;MEMORIA QUE APUNTA EL REGIS-
08C7 FD7700        LD (IY),A   ;TRO IY. LOS 4 BITS MAS SIG -
08CA FD23          INC IY   ;NIFICATIVOS DE LA LOCALIDAD
08CC 3E0F          LD A,0FH   ;DE MEMORIA DENOTADA POR EL
08CE DA6600        AND (IX)  ;REGISTRO IX Y EN LA SIGUIEN-
08D1 FD7700        LD (IY),A   ;TE LOCALIDAD QUE APUNTA EL
08D4 DD23          INC IX   ;REGISTRO IY ALMACENA LA PARTE
08D6 FD23          INC IY   ;MAS SIGNIFICATIVA DEL CONTE-
08D8 0D            DEC C    ;NIDO DEL REGISTRO IX.
08D9 20E1          JR NZ,ETIQ1 ;LA RUTINA SE REALIZA HASTA
08DB FD210F13     LD IY,130FH ;SEPERAR LOS DIGITOS QUE SE
08DF 3E06          LD C,06H  ;QUIEREN DESPLEGAR.
08E1 1620          LD D,20H

```

```

08E3 2600      ETIQ2:  LD H,08H
08E5 FD6E00   LD L,(IY)
08E8 7A        LD A,D
08E9 D38C      OUT (8CH),A ;DESCRIBE EL CONTENIDO DEL
08EB 7E        LD A,(HL) ;REGISTRO IY EN EL DESPLIEGUE
08EC D388      OUT (88H),A ;CORRESPONDIENTE.
08EE CD0009   CALL RETRASO
08F1 FD23     INC IY
08F3 CB3A     SRL D
08F5 0D       DEC C
08F6 20EB     JR NZ,ETIQ2
08F8 E1       POP HL ;REGRESA EL VALOR DE LOS RE-
08F9 D1       POP DE ;GISTROS.
08FA C1       POP BC
08FB FDE1     POP IY
08FD DDE1     POP IX
08FF C9       RET
;*****
;**
;** RUTINA DE RETRASO **
;**
;*****

0900 08      RETRASO: EX AF,AF'
0901 D9      EXX
0902 21FF01  LD HL,01FFH ;ASIGNACION DEL VALOR AL
0905 2D      ERET: DEC L ;REGISTRO HL DEL CUAL DEPEN-
0906 20FD    JR NZ,ERET ;DE ELRETASO.
0908 25      DEC H
0909 20FA    JR NZ,ERET
090B 08      EX AF,AF'
090C D9      EXX
090D C9      RET
;*****
;**
;** RUTINA CORRIGE **
;**
;*****

090E DDE5    CORRIGE: PUSH IX ;SALVA EN MEMORIA LOS REGISTROS
0910 FDE5    PUSH IY ;UTILIZADOS EN ESTA SUBROUTINA.
0912 E5     PUSH HL
0913 C5     PUSH BC
0914 D5     PUSH DE
0915 FD211513 LD IY,1315H
0919 D0221913 LD (1319H),IX ;ALMACENA EN MEMORIA EL VALOR
091D 221B13 LD (131BH),HL ;DE LOS REGISTROS IY E IX.
0920 CDC009  CETIQ1: CALL RETARDO
0923 7E     LD A,(HL)
0924 FE12   CP 12H
0926 2006   JR NZ,CETIQ2
0928 FD360304 LD (IY+3),04H ;SI SE CORRIGE ALGUN PARAMETRO
092C 1804   JR CETIQ3 ;CON SIGNO SE LE ASIGNA AL CON-
092E FD360303 CETIQ2: LD (IY+3),3H ;TADOR DE LA LOCALIDAD DE MEMO-
0932 D07E00  CETIQ3: LD A,(IX) ;RIA (IY+3) EL VALOR DE 4, SI
0935 CB3F   SRL A ;NO TIENE SIGNO EL PARAMETRO

```

0937	CB3F	SRL A	;SE LE ASIGNA A (IY+3) UN 3.
0939	CB3F	SRL A	
093B	CB3F	SRL A	;SEPARA LOS DOS DIGITOS BCD QUE
093D	FD7730	LD (IY),A	;SE ENCUENTRAN EN UNA LOCALIDAD
0940	FD7E00	LD A,(IX)	;DE MEMORIA EN LOCALIDADES DIS-
0943	060F	LD B,OFH	;TINTAS DE MEMORIA .
0945	A0	AND B	
0946	FU7701	LD (IY+1),A	
0949	FD360201	LD (IY+2),01H	;BANDERA PARA CONTAR LOS DOS
094D	3E20	LD A,20H	;DIGITOS QUE SERAN REEMPLAZADOS.
094F	D38C	OUT (8CH),A	
0951	7E	LD A,(HL)	;ESCRIBE EL SIMBOLO (SIGNO.GRA-
0952	D388	OUT (88H),A	;DOS,MINUTOS, ETC) CORRESPON -
0954	CD0009	CALL RETRASO	;DIENTE EN EL DESPLIEGUE 6 DE
0957	1608	LD D,08H	;LO QUE VA A SER MODIFICADO.
0959	FD5E00	LD E,(IY)	
095C	3E02	LD A,02H	;ESCRIBE EN LOS DESPLIEGUE 1 Y
095E	D38C	OUT (8CH),A	;2 EL VALOR DEL PARAMETRO QUE
0960	1A	LD A,(DE)	;SE VA A CORREGIR.
0961	D388	OUT (88H),A	
0963	CD0009	CALL RETRASO	
0966	FD5E01	LD E,(IY+1)	
0969	3E01	LD A,01H	
096B	D38C	OUT (8CH),A	
096D	1A	LD A,(DE)	
096E	D388	OUT (88H),A	
0970	CD0009	CALL RETRASO	
0973	CD2908	CALL DAMETEC	;VERIFICA SI ESTA OPRIMIENDO
0976	47	LD B,A	;UNA TECLA.
0977	FE18	CP 18H	
0979	28D2	JR Z,CETIQ4	
097B	3E11	LD A,11H	;PREGUNTA SI SE OPRIMIO LA TE-
097D	B8	CP B	;CLA (R).
097E	2846	JR Z,FCORRIGE	
0980	3E12	LD A,12H	;PREGUNTA SI SE OPRIMIO LA TE-
0982	B8	CP B	;CLA (U,','').
0983	2820	JR Z,CETIQ5	
0985	3E0A	LD A,0AH	;PREGUNTA SI SE OPRIMIO ALGUNA
0987	B8	CP B	;TECLA NUMERICA ( (U)...(9)).
0988	38C3	JR C,CETIQ4	
098A	3E00	LD A,00H	
098C	FDBE02	CP (IY+2)	
098F	2828	JR Z,CETIQ7	
0991	50	LD D,B	
0992	CB22	SLA D	;ALMACENA EL VALOR DEL NUMERO
0994	CB22	SLA D	;BCD QUE LE CORRESPONDE A LA
0996	CB22	SLA D	;TECLA . EN LOS 4 BITS MAS SIG-
0998	CB22	SLA D	;NIFICATIVOS.
099A	FD7204	LD (IY+4),D	
099D	FD3502	DEC (IY+2)	;DECREMENTA EL CONTADOR PARA
09A0	CDCE09	CALL RETARDO	;INDICAR QUE FUE CAPTURADO EL
09A3	18A8	JR CETIQ4	;DIGITO MAS SIGNIFICATIVO.
09A5	DU23	INC IX	; SE INCREMENTAN LOS AFUNTAO-
09A7	23	INC HL	;RES PARA ESPERAR EL SIGUIENTE

CETIQ4:

CETIQ5:

```

09A8 FD3503          DEC (IY+3)          :DIGITO.
09AB 200A           JR NZ,CETIQ6
09AD 2A1B13         LD HL,(131BH)      :SE INICIALIZA LA DIRECCION DE
09B0 DD2A1913       LD IX,(1319H)      :LOS APUNTADORES Y ASI ESPERAR
09B4 C32009         JP CETIQ1          :DE NUEVO EL PRIMER DIGITO.
09B7 1807          CETIQ6: JR CETIQ8
09B9 78            CETIQ7: LD A,B          :ALMACENA EL VALOR DEL NUMERO
09BA FD8604         ADD A,(IY+4)       :BCD QUE LE CORRESPONDE A LA
09BD DD7700         LD (IX),A          :TECLA,EN LOS 4 BITS MENOS
09C0 CDCE09         CETIQ8: CALL RETARDO :SIGNIFICATIVOS.
09C3 C33209        JP CETIQ3
09C6 D1            FCORRIGE:POP DE     :REGENERA A LOS REGISTROS SU
09C7 C1            POP BC           :VALOR INICIAL ANTES DE ENTRAR
09C8 E1            POP HL           :A LA SUBROUTINA.
09C9 FDE1          POP IY
09CB DDE1          POP IX
09CD C9            RET
;*****
;***                ***
;*** SUBROUTINA DE RETARDO ***
;***                ***
;*****

09CE 08            RETARDO: EX AF,AF'
09CF D9            EXX
09D0 210070        LD HL,7000H        :ALMACENA EN EL REGISTRO HL
09D3 2D            FRET:  DEC L            :EL VALOR DEL RETRASO.
09D4 20FD         JR NZ,FRET
09D6 25            DEC H
09D7 20FA         JR NZ,FRET
09D9 D9            EXX
09DA 08           EX AF,AF'
09DB C9            RET
;*****
;***                ***
;*** SUBROUTINA HSOLAR ***
;***                ***
;*****

09DC DD210013      HSOLAR: LD IX,1300H      :DIRECCION DE LOS DATOS DE
09DE 3A2A13        LD A,(132AH)      :LA HORA SOLAR
09E3 C640          ADD 40H           :ENCIENDE EL LED CORRESPON-
09E5 D380          OUT (80H),A        :DIENTE A LA TECLA HT
09E7 322A13        LD (132AH),A
09EA CD4F08        HSOL1: CALL ESCRIBE   :ESCRIBE LA HORA
09ED CD2908        CALL DAMETEC     :DETECTA SI UNA TECLA ESTA
09F0 47            LD B,A            :OPRIMIDA
09F1 3E13         LD A,013H
09F3 B8            CP B            :VERIFICA TECLA DE CORREC-
09F4 201B         JR NZ,TIHSOL    :CION
09F6 212208        LD HL,0822H       :DIRECCION DE LOS SIMBOLOS
09F9 3E23         LD A,23H          :"H","M","S"
09FB ED47         LD I,A            :VECTOR DE LA Rutina DE
09FD 3E87         LD A,0B7H       :SERVICIO DEL CANAL O CIC
09FF D384         OUT (84H),A      :PALABRA DE CONTROL

```

```

0A01 CD0E09          CALL CORRIGE
0A04 3E82            LD A,82H
0A06 D384            OUT (84H),A      ;CONSTANTE DE TIEMPO.
0A08 3E38            LD A,38H
0A0A D384            OUT (84H),A      ;DIRECCION DE LA RutINA
0A0C ED5E            IM2      ;DE SERVICIO
0A0E FB              EI
0A0F 1805            JR FHSOL
0A11 3E11            TDHSOL: LD A,11H
0A13 B8              CP B      ;VERIFICA SI LA TECLA TD
0A14 20D4            JR NZ,HSOL1 ;FUE OPRIMIDA
0A16 3A2A13          FHSOL:  LD A,(132AH)
0A19 D640            SUB 40H
0A1B D380            OUT (80H),A      ;APAGA EL LED CORRESPON-
0A1D 322A13          LD (132AH),A    ;DIENTE A LA HORA SOLAR
0A20 C9              RET
                    ;*****
                    ;***   ***
                    ;** SUBROUTINA HSIDERAL **
                    ;***   ***
                    ;*****

0A21 DD210413        HSIDERAL: LD IX,1304H ;DIRECCION DE LOS DATOS DE
0A25 3A2A13          LD A,(132AH)    ;LA HORA SIDERAL
0A28 C680            ADD 80H         ;ENCIENDE LA TECLA HS
0A2A D380            OUT (80H),A
0A2C 322A13          LD (132AH),A
0A2F CDAF08          HSID1:  CALL ESCRIBE ;ESCRIBE LA HORA SIDERAL EN
0A32 CD2908          CALL DAMETEC  ;LOS DESPLIEGUES
0A35 47              LD B,A
0A36 3E13            LD A,13H
0A38 B8              CP B
0A39 201B            JR NZ,TDHSID ;VERIFICA SI SE OPRIMIO LA
0A3B 212208          LD HL,0822H    ;TECLA C
0A3E 3E23            LD A,23H       ;DIRECCION DE LOS SIMBULOS
0A40 ED47            LD I,A         ;"H","M","S".
0A42 3EB7            LD A,0B7H      ;VECTOR DE LA RutINA DE
0A44 D394            OUT (94H),A    ;SERVICIO CANAL 1 DEL CTC
0A46 CD0E09          CALL CORRIGE
0A49 3EF4            LD A,0F4H      ;CONSTANTE DE TIEMPO.
0A4B D394            OUT (94H),A
0A4D 3E30            LD A,30H       ;DIRECCION DE LA RutINA DE
0A4F D394            OUT (94H),A    ;SERVICIO
0A51 ED5E            IM2
0A53 FB              EI
0A54 1805            JR FHSID      ;VERIFICA SI FUE OPRIMIDA
0A56 3E11            TDHSID: LD A,11H    ;LA TECLA TD
0A58 B8              CP B
0A59 20D4            JR NZ,HSID1
0A5B 3A2A13          FHSID:  LD A,(132AH)
0A5E D680            SUB 80H
0A60 D380            OUT (80H),A      ;APAGA LA TECLA HS
0A62 322A13          LD (132AH),A
0A65 C9              RET

```

```

;*****
;***
;*** SUBROUTINA ARECTA ***
;***
;*****
0A66 DD210813 ARECTA: LD IX,1308H ;DIRECCION DE LOS DATOS DE
0A6A 3A2A13 LD A,(132AH) ;LA ASCENSION RECTA
0A6D C610 ADD 10H ;ENCIENDE LA TECLA AR
0A6F D380 OUT (80H),A
0A71 322A13 LD (132AH),A
0A74 CDAF08 AREC1: CALL ESCRIBE ;ESCRIBE LA ASCENSION RECTA
0A77 CD2908 CALL DAMETEC ;EN LOS DESPLIEGUES
0A7A 47 LD B,A
0A7B 3E13 LD A,13H ;VERIFICA SI FUE OPRIMIDA
0A7D B8 CP B ;LA TECLA C
0A7E 2008 JR NZ,ARTERD
0A80 212208 LD HL,0822H
0A83 CD0E09 CALL CORRIGE
0A86 1805 JR ARFIN
0A88 3E11 ARTERD: LD A,11H
0A8A B8 CP B ;VERIFICA SI FUE OPRIMIDA
0A8B 20E7 JR NZ,AREC1 ;LA TECLA TD
0A8D 3A2A13 ARFIN: LD A,(132AH)
0A90 D610 SUB 10H
0A92 D380 OUT (80H),A ;APAGA LA TECLA AR
0A94 322A13 LD (132AH),A
0A97 C9 RET
;*****
;***
;*** SUBROUTINA DECLINA ***
;***
;*****
0A98 DD210813 DECLINA: LD IX,1308H
0A9C 3A2A13 LD A,(132AH) ;DIRECCION DE LOS DATOS DE
0A9F C620 ADD 20H ;LA DECLINACION
0AA1 D380 OUT (80H),A ;ENCIENDE LA TECLA DEC
0AA3 322A13 LD (132AH),A
0AA6 3A0813 DECINC: LD A,(1308H)
0AA9 FE01 CP 01H
0AAB 2008 JR NZ,DEC1
0AAD 3E00 LD A,00H
0AAF D38C OUT (80H),A
0AB1 3E80 LD A,80H
0AB3 1388 OUT (88H),A ;ESCRITURA DEL SIGNO.
0AB5 CD0009 CALL RETRASO
0AB8 DD23 DEC1: INC IX
0ABA CDAF08 CALL ESCRIBE
0ABD DD2B DEC IX
0ABF CD2908 CALL DAMETEC
0AC2 47 LD B,A
0AC3 3E13 LD A,13H
0AC5 B8 CP B ;VERIFICA SI SE OPRIMIO LA
0AC6 2008 JR NZ,PTERD ;TECLA C

```

```

0AC8 212508          LD HL,0825H      ;DIRECCION DE LOS SIMBOLOS
0ACB C00E09          CALL CORRIGE     ;"S","O", " ", "
0ACE 1805            JR DFIN
0AD0 3E11            DTERD: LD A,11H
0AD2 B8              CP B              ;VERIFICA SI SE OPRIMIO LA
0AD3 2001            JR NZ,DECINC     ;TECLA TD
0AD5 3A2A13          DFIN: LD A,(132AH)
0AD8 D620            SUB 20H           ;APAGA LA TECLA DEC
0ADA D380            OUT (80H),A
0ADC 322A13          LD (132AH),A
0AE0 C9              RET
;*****
;***
;*** RUTINA DEL CANAL 0 DEL CTC ***
;***
;*****

0AE0 D9              EXX
0AE1 08              EX AF,AF'        ;SALVA REGISTROS
0AE2 D0E5            PUSH IX
0AE4 D0213813        LD IX,1338H      ;DIRECCION DONDE SE ENCUENTRA
0AE6 D03503          DEC (IX+3)       ;LOS VALORES DE LA HORA SOLAR
0AEB 2040            JR NZ, EFHT      ;DECREMENTA LA LOCALIDAD DE
0AED D07E02          LD A,(IX+2)      ;MEMORIA CON EL OBJETO DE DI-
0AF0 C601            ADD 01H          ;VIDIR LA FRECUENCIA DE INTE-
0AF2 27              DAA              ;RRUPCION A UN HERTZ
0AF3 D07702          LD (IX+2),A      ;INCREMENTA LOS SEGUNDOS
0AF6 3E60            LD A,60H
0AF8 D0BE02          CP (IX+2)
0AFB 202C            JR NZ,EHT
0AFD D0360200        LD (IX+2),00H
0B01 D07E01          LD A,(IX+1)      ;INCREMENTA LOS MINUTOS
0B04 C601            ADD 01H
0B06 27              DAA
0B07 D07701          LD (IX+1),A
0B0A 3E60            LD A,60H
0B0C D0BE01          CP (IX+1)
0B0F 2018            JR NZ,EHT
0B11 D0360100        LD (IX+1),00H
0B15 D07E00          LD A,(IX)        ;INCREMENTA LAS HORAS, CON-
0B18 C601            ADD 01H          ;SIDERANDO QUE LOS DIGITOS
0B1A 27              DAA              ;SE MANEJAN EN BCD
0B1B D07700          LD (IX),A
0B1E 3E24            LD A,24H
0B20 D0BE00          CP (IX)
0B23 2004            JR NZ,EHT
0B25 D0360000        LD (IX),00H
0B29 D036033C        EHT: LD (IX+3),3CH
0B2D D0E1            EFHT: POP IX     ;DEVUELVE EL VALOR ORIGINAL
0B2F 09              EXX              ;A LOS REGISTROS UTILIZADOS
0B30 08              EX AF,AF'
0B31 FB              EI
0B3C ED4E            RETI

```

```

;*****
;***
;*** RUTINA DEL CANAL 1 DEL CTC ***
;***
;*****
0B34 D9      EXX
0B35 08      EX AF,AF'
0B36 DDE5      PUSH IX
0B38 DD213C13 LD IX,133CH ;SALVA REGISTROS
0B3C DD3503      DEC (IX+3) ;DIRECCION DONDE SE ENCUENTRA
0B3F 2040      JR NZ,EFHS ;LOS VALORES DE LA HORA SI-
0B41 DD7E02      LD A,(IX+2) ;DERAL
0B44 C601      ADD 01H ;INCREMENTA LA LOCALIDAD DE
;CON EL OBJETO DE DIVIDIR
0B46 27      DAA
0B47 DD7702      LD (IX+2),A ;LA FRECUENCIA DE INTERRUPT-
0B4A 3E60      LD A,60H ;CION A CASI UN HERTZ
0B4C DDBE02      CP (IX+2) ;INCREMENTA LOS SEGUNDOS
0B4F 202C      JR NZ,EHS
0B51 DD360200    LD (IX+2),00H
0B55 DD7E01      LD A,(IX+1) ;INCREMENTA LOS MINUTOS
0B58 C601      ADD 01H
0B5A 27      DAA
0B5B DD7701      LD (IX+1),A
0B5E 3E60      LD A,60H
0B60 DDBE01      CP (IX+1)
0B63 2018      JR NZ,EHS
0B65 DD360100    LD (IX+1),00H
0B69 DD7E00      LD A,(IX) ;INCREMENTA LAS HORAS
0B6C C601      ADD 01H
0B6E 27      DAA
0B6F DD7700      LD (IX),A
0B72 3E24      LD A,24H
0B74 DDBE00      CP (IX)
0B77 2004      JR NZ,EHS
0B79 DD360000    LD (IX),00H
0B7D DD360320    LD (IX+3),20H
0B81 DDE1      EHS: POP IX ;DEVUELVE EL VALOR ORIGINAL
0B83 D9      EXX ;A LOS REGISTROS UTILIZADOS
0B84 08      EX AF,AF'
0B85 FB      EI
0B86 ED4D      RETI

```

```

;*****
;***          ***
;*** SUBROUTINA MODIFICA ***
;***          ***
;*****

0B88 D0E5      MODIFICA: PUSH IX
0B8A F5       PUSH AF          ;SALVA REGISTROS
0B8B C5       PUSH BC
0B8C D0212213 LD IX,1322H      ;ASIGNA AL REGISTRO B EL
0B90 D04600   LD B,(IX)      ;CODIGO DE LA TECLA DE
0B93 C848     BIT 1,B        ;VELOCIDAD OPRIMIDA
0B95 C2450C   JP NZ,EMOD5    ;DIRECCION DE LA ASCEN -
0B98 D0210A13 LD IX,130AH      ;SION RECTA
0B9C C840     BIT 0,B        ;INCREMENTA UN SEGUNDO LA
0B9E 284A     JR Z,EMOD1     ;ASCENSION RECTA.
0BA0 3A2D13   LD A,(132DH)
0BA3 3C       INC A
0BA4 322D13   LD (132DH),A
0BA7 FE0F     CP 0FH
0BA9 C2E30C   JP NZ,FMODIF    ;CADA VEZ QUE EL CONTENIDO
0BAC 3E00     LD A,00H      ;DE LA LOCALIDAD DE MEMORIA
0BAE 322D13   LD (132DH),A      ;LLEGA A 15, PASA A INCRE-
0BB1 D07E00   LD A,(IX)      ;MENTAR UN SEGUNDO EN LA
0BB4 C601     ADD 01H      ;COORDENADA DE ASCENSION
0BB6 27       DAA          ;RECTA
0BB7 D07700   LD (IX),A
0BBA FE60     CP 60H
0BBC C2E30C   JP NZ,FMODIF
0BBF D0360000 LD (IX),00H
0BC3 D07EFF   LD A,(IX-1)      ;INCREMENTA LOS MINUTOS
0BC6 C601     ADD 01H
0BC8 27       DAA
0BC9 D077FF   LD (IX-1),A
0BCC FE60     CP 60H
0BCE C2E30C   JP NZ,FMODIF
0BD1 D036FF00 LD (IX-1),00H
0BD5 D07EFE   LD A,(IX-2)      ;INCREMENTAN LAS HORAS
0BD8 C601     ADD 01H
0BDA 27       DAA
0BDB D077FE   LD (IX-2),A
0BDE FE24     CP 24H
0BE0 C2E30C   JP NZ,FMODIF
0BE3 D036FE00 LD (IX-2),00H
0BE7 C3E30C   JP FMODIF
0BEA 3A2D13   EMOD1: LD A,(132DH) ;DECREMENTA UN QUINCEAVO DE
0BED FE00     CP 00H      ;SEGUNDO LA ASCENSION RECTA
0BEF 2807     JR Z,EMOD1
0BF1 3D       DEC A
0BF2 322D13   LD (132DH),A
0BF5 C3E30C   JP FMODIF
0BF8 3E0E     EMOD1: LD A,0EH
0BFA 322D13   LD (132DH),A
0BFD D07E00   LD A,(IX)      ;DECREMENTA LOS SEGUNDOS EN

```

```

0C00 FE00          CP 00H          ;LA ASCENSION RECTA
0C02 280C          JR Z,EMOD2
0C04 DD7E00        LD A,(IX)
0C07 D601          SUB 01H
0C09 27            DAA
0C0A DD7700        LD (IX),A
0C0D C3E30C        JP FMODIF
0C10 DD360059      EMOD2: LD (IX),59H
0C14 DD7EFF        LD A,(IX-1)    ;DECREMENTA LOS MINUTOS EN
0C17 FE00          CP 00H          ;LA ASCENSION RECTA
0C19 280C          JR Z,EMOD3
0C1B DD7EFF        LD A,(IX-1)
0C1E D601          SUB 01H
0C20 27            DAA
0C21 DD77FF        LD (IX-1),A
0C24 C3E30C        JP FMODIF
0C27 DD36FF59      EMOD3: LD (IX-1),59H
0C2B DD7EFE        LD A,(IX-2)
0C2E FE00          CP 00H
0C30 280C          JR Z,EMOD4
0C32 DD7EFE        LD A,(IX-2)    ;DECREMENTA LAS HORAS EN
0C35 D601          SUB 01H        ;LA ASCENSION RECTA
0C37 27            DAA
0C38 DD77FE        LD (IX-2),A
0C3B C3E30C        JP FMODIF
0C3E DD36FE23      EMOD4: LD (IX-2),23H
0C42 C3E30C        JP FMODIF
0C45 DD210E13      EMOD5: LD IX,130EH    ;DIRECCION DE LA COORDENA-
0C49 DD7EFD        LD A,(IX-3)    ;DA DE LA DECLINACION
0C4C FE00          CP 00H
0C4E C2DC0C        JP NZ,EMOD12
0C51 CB40          BIT 0,B
0C53 282E          JR Z,EMOD7
0C55 DD7E00        EMOD6: LD A,(IX)
0C58 C601          ADD 01H
0C5A 27            DAA
0C5B DD7700        LD (IX),A      ;INCREMENTA UN SEGUNDO LA
0C5E FE60          CP 60H        ;DECLINACION
0C60 C2E30C        JP NZ,FMODIF
0C63 DD360000      LD (IX),00H
0C67 DD7EFF        LD A,(IX-1)    ;INCREMENTA LA DECLINACION
0C6A C601          ADD 01H        ;UN MINUTO
0C6C 27            DAA
0C6D DD77FF        LD (IX-1),A
0C70 FE60          CP 60H
0C72 206F          JR NZ,FMODIF
0C74 DD36FF00      LD (IX-1),00H
0C78 DD7EFE        LD A,(IX-2)
0C7B C601          ADD 01H
0C7D 27            DAA
0C7E DD77FE        LD (IX-2),A
0C81 1860          JR FMODIF
0C83 DD7E00        EMOD7: LD A,(IX)
0C86 FE00          CP 00H        ;DECREMENTA UN SEGUNDO LA

```

```

0C88 280B          JR Z,EMOD8      ;DECLINACION
0C8A DD7E00        LD A,(IX)
0C8D D601          SUB 01H
0C8F 27            DAA
0C90 DD7700        LD (IX),A
0C93 184E          JR FMODIF
0C95 DD7EFF        EMOD8: LD A,(IX-1)
0C98 FE00          CP 00H          ;DECREMENTA LOS MINUTOS DE
0C9A 280F          JR Z,EMOD9      ;LA DECLINACION
0C9C DD360059      LD (IX),59H
0CA0 DD7EFF        LD A,(IX-1)
0CA3 D601          SUB 01H
0CA5 27            DAA
0CA6 DD77FF        LD (IX-1),A
0CA9 1838          JR FMODIF
0CAB DD7EFE        EMOD9: LD A,(IX-2)  ;DECREMENTA LAS HORAS DE
0CAE FE00          CP 00H          ;LA DECLINACION
0CB0 2813          JR Z,EMOD10
0CB2 DD360059      LD (IX),59H
0CB6 DD36FF59      LD (IX-1),59H
0CBA DD7EFE        LD A,(IX-2)
0CBD D601          SUB 01H
0CBF 27            DAA
0CC0 DD77FE        LD (IX-2),A
0CC3 181E          JR FMODIF
0CC5 DD360001      EMOD10: LD (IX),01H
0CC9 DD7EFD        LD A,(IX-3)
0CCC FE00          CP 00H
0CCE 2006          JR NZ,EMOD11
0CD0 DD36FD01      LD (IX-3),01H
0CD4 180D          JR FMODIF
0CD6 DD36FD00      EMOD11: LD (IX-3),00H
0CDA 1807          JR FMODIF
0CDC CB40          EMOD12: BIT 0,B
0CDE CA550C        JP Z,EMOD06
0CE1 18A0          JR EMOD7
0CE3 C1            FMODIF: POP BC   ;SALVA REGISTROS
0CE4 F1            POP AF
0CE5 DDE1          POP IX
0CE7 C9            RET

```

```

;*****
;***
;*** SUBROUTINA MOVER ***
;***
;*****
0D14 3E14      MOVER: LD A,14H      ;VERIFICA SI ES OPRIMIDA LA
0D16 B8       CP B          ;TECLA QUE MUEVE EL TELES -
0D17 2007     JR NZ,TESTE   ;COPIO HACIA EL OESTE, SI ES
0D19 3E00     LD A,00H      ;OPRIMIDA LA ASIGNA A LA
0D1B 322213   LD (1322H),A    ;LOCALIDAD 1322H SU RESPEC-
0D1E 1832     JR VELOZ    ;TIVO CODIGO
0D20 3E15     TESTE: LD A,15H      ;VERIFICA SI FUE OPRIMIDA LA
0D22 B8       CP B          ;QUE MUEVE AL TELESCOPIO
0D23 2007     JR NZ,TNORTE  ;HACIA EL ESTE
0D25 3E01     LD A,01H      ;
0D27 322213   LD (1322H),A    ;
0D2A 1826     JR VELOZ    ;
0D2C 3E16     TNORTE: LD A,16H      ;VERIFICA SI FUE OPRIMIDA LA
0D2E B8       CP B          ;TECLA QUE MUEVE AL TELESCO-
0D2F 2007     JR NZ,TSUR   ;PIO HACIA EL NORTE
0D31 3E03     LD A,03H      ;
0D33 322213   LD (1322H),A    ;
0D36 181A     JR VELOZ    ;
0D38 3E17     TSUR: LD A,17H      ;VERIFICA SI FUE OPRIMIDA LA
0D3A B8       CP B          ;TECLA QUE MUEVE AL TELESCO-
0D3B 2007     JR NZ,TVEL   ;PIO HACIA EL SUR
0D3D 3E02     LD A,02H      ;
0D3F 322213   LD (1322H),A    ;
0442 180E     JR VELOZ    ;
0444 3E03     TVEL: LD A,03H      ;SI FUE OPRIMIDA UN TECLA CON
0446 B8       CP B          ;UN VALOR MENOR O IGUAL A 3.
0447 381A     JR C,FMOVER   ;ALMACENA EL VALOR DE ESTA
0449 78       LD A,B        ;EN LA LOCALIDAD 131EH, LA
044A 321E13   LD (131EH),A    ;CUAL INDICA LA VELOCIDAD CON
044D CDCE09   CALL RETARDO    ;LA CUAL SE MOVERAN LOS
0450 1811     JR FMOVER   ;MOTORES
0452 3A1E13   VELOZ: LD A,(131EH) ;DE ACUERDO A LA TECLA Y VELO-
0455 5F       LD E,A        ;CIDAD ESCOGIDA, SE LLAMA A LA
0456 3E01     LD A,01H      ;SUBROUTINA CORRESPONDIENTE
0458 B8       CP E
0459 3805     JR C,ETVEL2
045B CD640D   CALL VELUNO
045E 1803     JR FMOVER
0460 CD1A0E   ETVEL2: CALL VELLO3
0463 C9       FMOVER: RET
;*****
;***
;*** SUBROUTINA VELUNO ***
;***
;*****
0D64 C5      VELUNO: PUSH BC      ;SALVA REGISTROS
0D65 E5      PUSH HL
0D66 D5      PUSH DE
0D67 3A1E13   LD A,(131EH)    ;VERIFICA LA VELOCIDAD ESCO-

```

0D6A	47	LD B,A	;LE ASIGNA AL REGISTRO HL
0D6B	3E00	LD A,00H	;EL RETRASO EQUIVALENTE A LA
0D6D	B8	CP B	;VELOCIDAD DESEADA
0D6E	2005	JR NZ,ETV1AA	
0D70	210000	LD HL,0000H	; VELOCIDAD 0.
0D73	1803	JR ETV1AB	
0D75	210050	ETV1AA: LD HL,5000H	; VELOCIDAD 1.
0D78	3A2213	ETV1AB: LD A,(1322H)	
0D7B	57	LD D,A	;VERIFICA EL ULTIMO VALOR DE
0D7C	CB4A	BIT 1,D	;SECUENCIA ENVIADA Y DETECTAR
0D7E	2806	JR Z,ETV111	;CUALSECUENCIA SIGUE
0D80	3A2A13	LD A,(132AH)	
0D83	47	LD B,A	
0D84	1804	JR ETV122	
0D86	3A2B13	ETV111: LD A,(132BH)	
0D89	47	LD B,A	
0D8A	E60F	ETV122: AND 0FH	
0D8C	47	LD B,A	
0D8D	0E00	LD C,00H	
0D8F	DD21E80C	LD IX,0CE8H	
0D93	DD7E00	ETV133: LD A,(IX)	
0D96	B8	CP B	
0D97	280A	JR Z,ETV144	
0D99	0C	INC C	
0D9A	DD23	INC IX	
0D9C	3E08	LD A,08H	
0D9E	B9	CP C	
0D9F	20F2	JR NZ,ETV133	
0DA1	1828	JR ETV1BB	
0DA3	E5	ETV144: PUSH HL	
0DA4	CB42	BIT 0,D	
0DA6	2805	JR Z,ETV155	
0DA8	21F40C	LD HL,0CF4H	
0DAB	1803	JR ETV166	
0DAD	21FC0C	ETV155: LD HL,0CFCH	
0DB0	0600	ETV166: LD B,00H	
0DB2	09	ADD HL,BC	
0DB3	7E	LD A,(HL)	
0DB4	67	LD H,A	
0DB5	CB3F	SRL A	
0DB7	CB3F	SRL A	
0DB9	CB3F	SRL A	
0DBB	CB3F	SRL A	
0DBD	4F	LD C,A	
0DBE	DD21E80C	LD IX,0CE8H	
0DC2	DD03	ADD IX,BC	
0DC4	3E0F	LD A,0FH	
0DC6	A4	AND H	
0DC7	4F	LD C,A	
0DC8	E1	POP HL	
0DC9	1810	JR ETV1EE	
0DCB	CB42	ETV1BB: BIT 0,D	;ASIGNA EL VALOR DE LA DIREC-
0DCD	2006	JR NZ,ETV1CC	;CION DONDE SE ENCUENTRA LA
0DCF	DD21EF0C	LD IX,0CEFH	;SECUENCIA DEL MOTOR

```

0003 1804          JR ETVIDD
0005 0021E90C     ETVICC: LD IX,0CE8H
0009 0E00         ETVIDD: LD C,00H
00DB CB4A        ETVIEE: BIT 1,D
00DD 200A        JR NZ,ETVIFF
00DF DD7E00      LD A,(IX)
0DE2 D381        OUT (81H),A      ;ENVA LA SECUENCIA CORRESPON-
0DE4 322B13      LD (132BH),A    ;DIENTE AL PUERTO 81H. EL CUAL
0DE7 1808        JR ETVIGG      ;MUEVE AL MOTOR QUE CORRESPONDE
0DE9 DD7E00      ETVIFF: LD A,(IX) ;A LA DECLINACION
0DEC D380        OUT (80H),A    ;ENVA LA SECUENCIA POR EL
0DEE 322A13      LD (132AH),A  ;PUERTO 80H. EL CUAL CORRES-
0DF1 CB42        ETVIGG: BIT 0,D ;PONDE A LA ASCENSION RECTA
0DF3 2004        JR NZ,ETVIHH
0DF5 DD2B        DEC IX
0DF7 1802        JR ETVIII
0DF9 DD23        ETVIHH: INC IX
0DFB 0C          ETVIII: INC C
0DFC 3A1F13      LD A,(131FH)
0DFE FE00        CP 00H
0E01 CC880B      CALL Z,MODIFICA ;MODIFICA EL VALOR DE LAS
0E04 CD280F      CALL FREC      ;COORDENADAS SEGUN CORRES-
0E07 CD2908      CALL DAMETEC   ;PONDA
0E0A 47          LD B,A        ;PREGUNDA SI SE DEJO DE
0E0B FE18        CP 18H        ;OPRINIR LA TECLA DE MOVI-
0E0D 2807        JR Z,FVELUNO  ;MIENTO
0E0F 3E08        LD A,08H
0E11 B9          CP C
0E12 20C7        JR NZ,ETVIEE
0E14 18B5        JR ETVIIB
0E16 D1          FVELUNO: POP DE ;REGRESA EL VALOR A LOS REGIS-
0E17 E1          POP HL      ;TROS OCUPADOS
0E18 C1          POP BC
0E19 C9          RET
                ;*****
                ;***          ***
                ;*** SUBROUTINA VELDOS ***
                ;***          ***
                ;*****
0E1A C5          VELDOS: PUSH BC      ;SALVA LOS REGISTROS QUE SE
0E1B E5          PUSH HL      ;MODIFICAN EN ESTA SUBROUTINA
0E1C D5          PUSH DE
0E1D 3A1E13      LD A,(131EH)  ;ASIGNA AL REGISTRO HL EL
0E20 47          LD B,A        ;VALOR EQUIVALENTE A LA
0E21 3E02        LD A,02H      ;VELOCIDAD DESEADA
0E23 B8          CP B
0E24 2008        JR NZ,ETV2AA
0E26 210007      LD HL,0700H  ;VELOCIDAD FINAL2
0E29 222013      LD (1320H),HL
0E2C 1806        JR ETV2AF
0E2E 2E2001      ETV2AA: LD HL,0100H ;VELOCIDAD FINAL3
0E31 222013      LD (1320H),HL
0E34 210050      ETV2AF: LD HL,5000H ;VELOCIDAD INICIAL
0E37 3A2213      LD A,(1322H)

```

0E3A	57		LD D, A	;VERIFICA EL ULTIMO VALOR
0E3B	CB4A		BIT 1, D	;DE LA SECUENCIA ENVIADA
0E3D	2806		JR Z, ETV210	
0E3F	3A2A13		LD A, (132AH)	
0E42	47		LD B, A	
0E43	1804		JR ETV211	
0E45	3A2B13	ETV210:	LD A, (132BH)	
0E48	47		LD B, A	
0E49	E60F	ETV211:	AND 0FH	
0E4B	78		LD A, B	
0E4C	0E00		LD C, 00H	
0E4E	DD21F00C		LD IX, 0CF0H	
0E52	DD7E00	ETV212:	LD A, (1X)	
0E55	B8		CP B	
0E56	2832		JR Z, ETV217	
0E58	DD23		INC IX	
0E5A	0C		INC C	
0E5B	3E04		LD A, 04H	
0E5D	B9		CP C	
0E5E	20F2		JR NZ, ETV212	
0E60	DD21040D		LD IX, 0D04H	
0E64	0E00		LD C, 00H	
0E66	DD7E00	ETV213:	LD A, (IX)	
0E69	B8		CP B	
0E6A	280A		JR Z, ETV214	
0E6C	DD23		INC IX	
0E6E	0C		INC C	
0E6F	3E04		LD A, 04H	
0E71	B9		CP C	
0E72	20F2		JR NZ, ETV213	
0E74	1841		JR ETV2BB	
0E76	E5	ETV214:	PUSH HL	
0E77	3E01		LD A, 01H	
0E79	322C13		LD (132CH), A	
0E7C	CB42		BIT 0, D	
0E7E	2805		JR Z, ETV215	
0E80	21080D		LD HL, 0D08H	
0E83	1817		JR ETV219	
0E85	21100D	ETV215:	LD HL, 0D10H	
0E88	1812		JR ETV219	
0E8A	E5	ETV217:	PUSH HL	
0E8B	3E00		LD A, 00H	
0E8D	322C13		LD (132CH), A	
0E90	CB42		BIT 0, D	
0E92	2805		JR Z, ETV218	
0E94	21080D		LD HL, 0D08H	
0E97	1803		JR ETV219	
0E99	210C0D	ETV218:	LD HL, 0D0CH	
0E9C	0600	ETV219:	LD B, 00H	
0E9E	09		ADD HL, BC	
0E9F	7E		LD A, (HL)	
0EA0	67		LD H, A	
0EA1	CB3F		SRL A	
0EA3	CB3F		SRL A	

```

0EA5 CB3F          SRL A
0EA7 CB3F          SRL A
0EA9 4F           LD C, A
0EAA DD21F00C      LD IX, 0CF0H
0EAE DD09          ADD IX, BC
0EB0 3E0F          LD A, 0FH
0EB2 A4           AND H
0EB3 4F           LD C, A
0EB4 E1           POP HL
0EB5 1810          JR ETV2EE
0EB7 CB42          ETV2BB: BIT 0, D           ;ASIGNA LA DIRECCION DONDE
0EB9 2006          JR NZ, ETV2CC          ;SE ENCUENTRA LA SECUENCIA
0EBB DD21F30C      LD IX, 0CF3H          ;DEL MOTOR
0EBF 1804          JR ETV2DD
0EC1 DD21F00C      ETV2CC: LD IX, 0CF0H
0EC5 0E00          ETV2DD: LD C, 00H
0EC7 CB4A          ETV2EE: BIT 1, D
0EC9 200A          JR NZ, ETV2FF
0ECB DD7E00          LD A, (IX)
0ECE D381          OUT (81H), A           ;ENVIA LA SECUENCIA AL MOTOR
0ED0 322B13         LD (132BH), A         ;POR EL PUERTO 81H, EL CUAL
0ED3 1808          JR ETV2GG            ;CORRESPONDE A LA DECLINACION
0ED5 DD7E00          ETV2FF: LD A, (IX)
0ED8 D380          OUT (80H), A         ;ENVIA LA SECUENCIA AL MOTOR
0EDA 322A13         LD (132AH), A         ;POR EL PUERTO 80H, EL CUAL
0EDD CB42          ETV2GG: BIT 0, D           ;CORRESPONDE A LA ASCENSION
0EDF 2004          JR NZ, ETV2HH
0EE1 DD2B          DEC IX
0EE3 1802          JR ETV2II
0EE5 DD23          ETV2HH: INC IX           ;INCREMENTA EL VALOR DE LA
0EE7 0C           ETV2II: INC C           ;DIRECCION DONDE SE ENCUENTRA
0EEB 3A1F13         LD A, (131FH)         ;ALMACENADA LA SECUENCIA DEL
0EEB 0600          LD B, 00H            ;MOTOR
0EEB B8           CP B
0EEE 2010          JR NZ, ETV2JJ
0EF0 3A2C13         LD A, (132CH)
0EF3 FE00          CP 00H
0EF5 CC880B         CALL Z, MODIFICA      ;MODIFICA LAS COORDENADAS
0EF8 CD880B         CALL MODIFICA        ;SEGUN SE MUEVA EL MOTOR
0EFB 3E00          LD A, 00H
0EFD 322C13         LD (132CH), A
0F00 CD2B0F        ETV2JJ: CALL FREC
0F03 CD2908        CALL DAMETEC
0F06 47           LD B, A
0F07 3E18          LD A, 18H
0F09 B8           CP B
0F0A 2818          JR Z, FVELD05
0F0C 3A2123         LD A, (2321H)
0F0F BC           CP H
0F10 2006          JR NZ, ETV2KK
0F12 3A2013         LD A, (1320H)
0F15 BD           CP L
0F16 2808          JR Z, ETV2LL
0F18 37           ETV2KK: SCF           ;AUMENTA LA VELOCIDAD DE

```

```

0F19 C5          PUSH BC          ;LOS MOTORES, HASTA SU LIMITE
0F1A 01FF00     LD BC,00FFH
0F1D ED42       SBC HL,BC
0F1F C1         POP BC
0F20 3E04       ETV2LL: LD A,04H
0F22 B9         CP C
0F23 20A2       JR NZ,ETV2EE
0F25 1890       JR ETV2BB
0F27 D1         FVELDOS: POP DE          ;REGENERA EL VALOR ORIGINAL A
0F28 E1         POP HL          ;LOS REGISTROS QUE FUERON
0F29 C1         POP BC          ;MODIFICADOS EN LA SUBROUTINA
0F2A C9         RET
                ;*****
                ;***
                ;** SUBROUTINA FREC **
                ;***
                ;*****

0F2B E5         FREC:  PUSH HL
0F2C 08         EX AF,AF'
0F2D 20         AFREC: DEC L
0F2E 20FD       JR NZ,AFREC      ;RETRASO UTILIZADO PARA DAR
0F30 25         DEC H          ;DISTINTAS VELOCIDADES A LOS
0F31 20FA       JR NZ,AFREC      ;MOTORES
0F33 08         EX AF,AF'
0F34 E1         POP HL
0F35 C9         RET
                ;*****
                ;***
                ;** RUTINA DEL CANAL 2 DEL CTC **
                ;***
                ;*****

0F36 D9         EXX          ;SALVA LOS REGISTROS
0F37 08         EX AF,AF'
0F38 DDE5       PUSH IX
0F3A DD212E13   LD IX,132EH
0F3E DD3500     DEC (IX)
0F41 204F       JR NZ,EFAR
0F43 DD7EFF     LD A,(IX-1)
0F46 C601       ADD 01H
0F48 27         DAA
0F49 DD77FF     LD (IX-1),A     ;POR CADA SEGUNDO, LA
0F4C FE13       CP 13H          ;DECLINACION SE MODIFICA
0F4E 2030       JR NZ,EAR       ;UN QUINCEAVO DE SEGUNDO
0F50 DD36FF00   LD (IX-1),00H
0F54 DD210813   LD IX,1308H
0F58 DD7E02     LD A,(IX+2)
0F5B C601       ADD 01H
0F5D 27         DAA
0F5E DD7702     LD (IX+2),A
0F61 FE60       CP 60H
0F63 2028       JR NZ,EAR
0F65 DD360200   LD (IX+2),00H
0F69 DD7E01     LD A,(IX+1)    ;INCREMENTA UN MINUTO
0F6C C601       ADD 01H

```

0F6E	27		DAA	
0F6F	DD7701		LD (IX+1),A	
0F72	FE60		CP 60H	
0F74	2017		JR NZ,EAR	
0F76	DD360100		LD (IX+1),00H	
0F7A	DD7E00		LD A, (IX)	
0F7D	C601		ADD 01H	;INCREMENTA LAS HORAS
0F7F	27		DAA	
0F80	DD7700		LD (IX),A	
0F83	FE24		CP 24H	
0F85	2006		JR NZ,EAR	
0F87	DD360000		LD (IX),00H	
0F8B	2005		JR NZ,EFAR	
0F8D	3E04	EAR:	LD A,04H	
0F8F	322E13	EFAR:	LD (132EH),A	
0F92	DDE1		POP IX	
0F94	08		EX AF,AF	
0F95	D9		EXX	;REGENERA EL VALOR DE LOS
0F96	ED4D		RETI	;REGISTROS

Errors	0
Range Count	0

# Conclusiones

En el presente trabajo se describe el diseño mecánico, electrónico, así como el programa del control de un telescopio.

Originalmente se pensó en la construcción de todo el sistema, sin embargo las limitaciones para la obtención de la herramienta adecuada, así como lo elevado de los costos de las mismas impidió que se culminara esta parte, lo cual no impide que en una fase siguiente se culmine este proyecto, ya que en el trabajo se presenta en detalle el diseño mecánico, en tanto que las partes del control electrónico, así como la programación se realizaron y se efectuó el control real de los motores seleccionados para el sistema de control de posición del telescopio como se había planteado originalmente. El programa de control se realizó en un sistema starter kit Z80.

El control diseñado presenta opciones que no se tienen generalmente en los controladores comerciales para telescopios de uso no profesional como son el despliegue de la hora sideral, las coordenadas y la facilidad de programar la posición del cuerpo celeste que se desea observar, así como el indicar si el cuerpo celeste no es visible en ese momento para el observador.

Por otro lado, un control similar que incluye un telescopio de 30 cm. de diámetro del cristal primario, tiene un costo aproximado de \$ 2000.00 dólares, en tanto que el control diseñado en este trabajo de tesis tendría un costo menor a los \$ 700.00 dólares.

Además, la tecnología de control utilizada así como los programas de control del telescopio podría emplearse con éxito en el control de posición de antenas parabólicas de estaciones terrenas.

# REFERENCIAS

## Capítulo 1

University Astronomy  
Pasachoff and Kutner ( 1, 2 )

## Capítulo 2

Diseño de Elementos de Máquinas  
V.M. Faires ( 1, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13,  
14, 15, 23, 24, 28 )

Diseño de Ingeniería Mecánica  
Joseph Edward Shigley ( 2, 8, 9 )

Design of Machine Elements  
M. F. Spotts ( 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 )

Diseño de Máquinas  
A.S.Hall A.R.Holomenco, H.G. Laughlin ( 25, 26, 27 )

# BIBLIOGRAFÍA

- 1- El Telescopio Moderno  
Augusto T Arcinis  
Montaner y Simon, Editores (1879)
- 2- University Astronomy  
Pasachoff and Kutner  
W. B. Saunders Company (1978)
- 3- El Universo  
Time Life
- 4- Astronomy  
Rev. diciembre de 1986
- 5- Astronomy  
Rev. marzo de 1988
- 6- Diseño en Ingeniería Mecánica  
Joseph Edward Shigley  
Mc. Graw Hill 2a. ed. 1983
- 7- Diseño de Elementos de Máquinas  
V. M. Faïres  
UTEHA, 1981
- 8- Elementos de Máquinas  
V. Dobrovolski, K Zablonski  
Editorial MIR Moscú, 1976
- 9- Resistencia de Materiales  
E. Peschard  
Universidad Nacional Autónoma de México, 1979
- 10- Diseño de Máquinas  
A.S. Hall, A.R. Holomenco, H.G. Laughlin  
Mc. Graw Hill, 1982
- 11- Estática y Resistencia de Materiales  
John H. Jackson y Harold G. Wirtz  
Mc. Graw Hill, 1983
- 12- Design of Machine Elements  
M. F. Spotts  
Prentice Hall, 1982

- 13- Feedback and Control Systems  
A.C. Mc. Donald and H. Lowe  
Reston Publishing Co. 1981
- 14- Introduction to Feedback Control Systems  
Pericles Emmanuel, Edward Leff  
Mc. Graw Hill, 1980
- 15- Lógica Digital y Diseño de Computadoras  
M. Morris Mano  
Prentice Hall, 1978
- 16- Diseño Digital  
M. Morris Mano  
Prentice Hall, 1988
- 17- An Engineering Approach to Digital Design  
William I Fletcher  
Prentice Hall, 1978
- 18- Sistemas Digitales Principios y Aplicaciones  
Ronald J. Tocci  
Prentice Hall 1988
- 19- The Z-80 Microcomputer Handbook  
William Barden Jr.  
Ward w. Sams & Co. Inc. 1978
- 20- The TTL Handbook  
Texas Instruments Inc., 1981
- 21- Intel Memory Components Handbook  
Intel Corp. Inc. 1985
- 22- Intel Microsystems Components Handbook  
Intel Corp. Inc. 1985
- 23- Semiconductor Databook  
Texas Instruments Inc. 1982