

11126
55



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**“Sistema de Seguimiento Solar, Para un
Heliostato, Controlado por Computadora.”**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

P R E S E N T A :

RAYMUNDO MARTINEZ URIBE

ASESOR: ING. JOSE ANTONIO SANCHEZ GUTIERREZ

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

2003



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 esta 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.



ANEXO A LA LEY
GENERAL DE EDUCACIÓN
NACIONAL

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

U. N. del M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen Garcia Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

" Sistema de Seguimiento Solar, para un Helioestado,
Controlado por Computadora "

que presenta al pasante: Raymundo Martínez Uribe
con número de cuenta: 0912171-1 para obtener el título de:
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 17 de Febrero del 2003

PRESIDENTE Ing. Filiberto Loyva Fíña
VOCAL Ing. José Antonio Sánchez Gutiérrez
SECRETARIO Ing. Ramón García Galicia
PRIMER SUPLENTE Ing. Juan Antonio Prociado Valtierra
SEGUNDO SUPLENTE Ing. Víctor Hugo Landa Cresco

[Handwritten signatures and initials]

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Los sueños, pueden volverse realidad. . .

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Gracias, Dios por permitir la terminación de este sueño, por tu amor incondicional, por caminar a mi lado en todo este tiempo y por los grandes regalos.

A mi Blanca ósea a mi Mami,

Por todos esos esfuerzos, enseñanzas, paciencia, amor, jalones de orejas, cansancios, lagrimas, atención que nunca podré pagarte, por esas horas de amor que nunca podré pagar. Gracias.

A mi Papito Raymundo,

Por sus esfuerzos, enseñanzas, lagrimas, atención, cuidados que nunca podré pagar. Gracias.

A mis Carnales. . .

Rosario, Leo, Freddy, Betto y Mago. Por el apoyo que me han brindado, y por ser un gran regalo en mi infancia, sin ustedes este proyecto no se hubiera terminado.

Gracias a mis hijos Lely y Hugo. Por el amor que me tienen.

A los que ya se nos adelantaron. . .

Entre tantos a la Aguelita Leonor y el Aguelito Marlo. Gracias

Gracias Tereguao Por la forma en que me miras, la forma en que me hablas, me besas y me abrazas por tu apoyo por tu gran corazón, por nuestro nene, por ser como eres. Gracias, a Hilario, Moni, Don Cuco, el Mauri y Michel.

A mi pequeña gran familia, aquellos hermanos que me tendieron la mano en esos días que nunca olvidaré, Gracias por su amor, por su amistad, comprensión, compañía, y por todo . . .

Gracias, Mi Ale Ro, por darme esa mano que recuerdo y recordare por toda mi vida además de por tu gran amistad y cariño.

Gracias, a Jorge Zaragoza, El George del Ray, por tus cuidados, paciencia, por brindarme vida, cuando mas la necesite y por tu gran amistad.

¡ Si Zenze!!!!!!! !

Gracias a mi Alebe, por tus enseñanzas tu inocencia y afecto incondicional que me has brindado.

Gracias a mi Morena por tu amistad y por esas grandes platicas de hot line que me brindaste y de las cuc'as pude aprender tanto.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Gracias a Mi Chio por esas noches sudorosas y de pasión desenfadada, por tu gran amistad.

Gracias a mi Rana, por tu gran amistad, y tu afecto.

Gracias a Mi Marybel por tu confianza, por tu cariño y por esa gran amistad.

Gracias a Mi cosita el Humber por estar conmigo, por compartir estos momentos y por tu apoyo en el desarrollo del software de esta tesis por la confianza que me brindas, por esas bromas que compartimos, por que ya no queda mucha gente a la que se le pueda hacer una ¡buena broma!

A mi Adrián Camacho por esos días en que tus canciones y tu corazón abrazaron el mío, por tu Amistad, apoyo que me has brindado. Gracias.

A mi Piliísimo por su simpatía y gran amistad. Gracias
A mi Charly por su compañía y gran amistad. Gracias
A mi Monín, por su amistad. Gracias

Gracias a la familia Cruz, por su apoyo, amor, comprensión Sra. Ella y El Sr. Pancho

Gracias a sus hijos Edgar, Lourdes y Bertha.

A mi Rafa por esos grandes Días que hiciste tan alegres. Gracias

A los amigos de ayer . . .

Alma, Chayo y Vero y los tres alegres compadres Luis y David. Gracias Por esos años que vivirán por siempre en mi corazón.

Gracias a mi Pozoli por continuar esta vieja amistad.

Gracias a los amigos de escuela que se convirtieron en un gran apoyo en esos tiempos difíciles de estudiante. A Gabriel, Snarp, Toño, y Marco entre otros.

Y Finalmente a mi asesor Ing. José Antonio Sánchez, por brindarme de su conocimiento y tiempo Gracias.

Y Gracias a los muchos que faltaron por mencionar.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Índice.

Introducción.	1
1. Fundamento de Energía Solar	4
1.1 Origen Del Universo	4
1.2 El Sol	5
1.2.1 Estructura del Sol	6
1.2.2 Tiempo de Vida del Sol	12
1.2.3 Radiación Solar	13
1.3 La Tierra	14
1.3.1 Estructura de la Tierra	15
1.3.2 Movimiento de Rotación	17
1.3.3 Movimiento de Traslación	19
1.4 Ángulos Básicos Tierra – Sol	21
1.4.1 Deducción de la Ecuación de la Declinación Solar	24
1.4.2 Deducción de la Ecuación del Angulo Horario	26
1.5 Ángulos Solares Derivados	27
1.5.1 Deducción del Angulo de Altitud Solar	30
1.5.2 Deducción del Angulo Azimut	31
1.6 Ecuación del Tiempo	35
2. Fundamentos Eléctricos, Componentes y Conceptos para el Control Electrónico del Helióstato	38
2.1. Voltaje	38
2.2 Corriente	39
2.3 Resistencia	40
2.4 Ley de Ohm	42
2.5 El Diodo	43
2.5.1 Modelos del Diodo	48
2.6 Transistores	50
2.6.1 Características de los transistores	55
2.6.2 Potencia	57
2.6.3 Curvas características del transistor	60
2.6.4 Diferencia en transistores	60
2.7 Compuertas	61
2.8 Comparadores de magnitud	66

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3. Evolución y Componentes del CPU	67
3.1 Historia Del Microprocesador	67
3.2 Principios Básicos de los Microprocesadores	67
3.2.1 Arquitectura Interna básica	69
3.2.2 Arquitectura del sistema	71
3.3 Evolución de microprocesador	73
3.3.1 Bus de Datos.	76
3.3.2 Bus de memoria.	77
3.3.3 Bus de direcciones	79
3.3.4 Bus de Control	80
3.3.5 Registros Internos	80
3.3.6 Tasas de velocidad del procesador	81
3.3.7 Sockets Over Drive.	82
3.4 Tarjeta Madre.	84
3.4.1 Ranuras de Expansión E/S	85
3.4.2 Diferentes Arquitecturas de Bus E/S	85
3.4.3 Arquitectura del Bus ISA	87
3.4.4 Descripción de pines del Bus ISA	89
3.5 Interfase	90
4 Motores PAP.	92
4.1 Motores Paso a Paso	92
4.2 Motores Paso a Paso de Imán Permanente	94
4.2.2 Parámetros del motor Paso a Paso de Imán Permanente	97
4.3 Motores Paso a Paso de Reluctancia Variable	99
4.4 Modos de Operación del motor Paso a Paso	101
4.5 Control de Los Motores Paso a Paso	104
4.6 Modos de Excitación de Los Motores Paso a Paso	105
4.6.1 Modo Bifásico Modificado	108
4.6.2 Modo Trifásico	108
4.6.3 Modo Trifásico Modificado	109
4.6.4 Modo de Cuatro - Fases	110
4.6.5 Modo de cuatro Fases Modificado	111
4.7 Inercia y Par de Carga	112
4.8 Métodos de amortiguamiento	113
4.8.1 Amortiguamiento Mediante Embrague de deslizamiento	116
4.8.2 Amortiguamiento Resistivo	117
4.8.3 Amortiguamiento Capacitivo	118
4.8.4 Amortiguamiento Bifásico	119
4.8.5 Amortiguamiento por Par de Retroceso	120
4.9 Armónicos	121

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

5	Dispositivos Electrónicos de Control	132
5.1	Modos de Programación Para el Funcionamiento de la Tarjeta de Interconexión Periférica Controlando los Motores de Paso a Paso	135
5.2	Plano De Control	174
5.3	Comunicación entre el Procesador la Interface y Los Controladores de lo Motores.	137
5.4	Apertura y Configuración de un puerto de Comunicación.	139
5.5	Programa de Control	139
6.	Sistema de Seguimiento Indirecto del Sol.	151
6.1	Sistema de Seguimiento Indirecto del Sol por Coordenadas.	151
6.2	Ecuaciones de Seguimiento Indirecto del Sol.	152
6.3	Campo de Helióstato con Receptor Central	154
	Conclusiones	157
	Apéndice A	160
	Apéndice B	165
	Apéndice C	168
	Plano de Control	173
	Bibliografía	174

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Introducción

Desde la revolución industrial hasta nuestros días, la energía es uno de los factores mas importantes para el desarrollo de un país, pero esta no sirve de mucho si no se reconoce la importancia tecnológica de transformarla, es decir, un país sin tecnología esta condenado a no poder desarrollarse, ya que el sistema capitalista (neoliberalismo), exige el desarrollo de tecnología, para poder ingresar al denominado primer mundo.

Una parte del desarrollo tecnológico, esta determinado por la investigación, generación, desarrollo y aplicación de conocimientos, con el fin de comprender, transformar, y generar, eficientemente, la energía. Esto no es una tarea fácil, necesita de apoyo financiero, científico y político, pero hoy en nuestro país la investigación, así como la educación es uno de los rublos que menos apoyos tienen desde varios sexenios atrás además de ser seriamente deteriorados año tras año.

Mientras en el extranjero, países desarrollados invierten el 20% del su Producto Interno Bruto. En México se invierte solo el 2% del Producto Interno Bruto. Empero, a pesar de los bajos costos de inversión en el rublo de la educación - investigación; de las Universidades Nacionales emanan diferentes proyectos, que traen consigo, no solo renovación, si no innovación. Pero estas investigaciones, quedan desgraciadamente en bibliotecas y laboratorios. Ofreciendo la opción necesaria de este país para crecer. Ahorro, mejora y evolución, que si fueran impulsadas por el gobierno e industrias, no se engañaría al pueblo mintiéndole con la opción, de concecionar.

Observemos el petróleo, México es un país productor, pero como esta fuente de energía, no se vende de una forma muy elaborada, la mayoría de sus ventas es en crudo, lo cual determina un costo muy bajo para su venta y México no puede beneficiarse de tener este recurso, o por lo menos beneficiarse aun mas,

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

vendiendo este ya transformado a un costo obviamente mas elevado, y así por fin eliminar el gasto - compra, de productos transformados por otros países.

Este proyecto de tesis, muestra nuevamente, la importancia del desarrollo tecnológico, una opción energética viable, limpia, y eficiente. Es un sistema de seguimiento indirecto del sol, que permitiría aprovechar la energía solar desperdiciada de los desiertos de Sonora y Chihuahua entre otros. Es decir la opción energética para México en la cual no se ha puesto atención ni se ha invertido ni impulsado esta área nacional tecnológica.

Sin embargo por arreglos políticos las universidades publicas, de los países en vías de desarrollo han sido victimas de convenios con el banco mundial, en donde la capacidad de criticar y proponer, es decir, la capacidad de poder crear, ha sido reemplazada por la educación técnica profesional, entregándose a las diferentes sociedades profesionistas técnicos - obreros calificados - que carecen de la posibilidad de desarrollar tecnología nacional, y que únicamente están capacitados para manejar maquinaria de otros países, terminando de esta manera con la oportunidad, que como país, podamos crear nuestra propia tecnología y desarrollar los propios mercados pertinentes.

Las nuevas propuestas energéticas, hoy no son la excepción, las empresas dedicadas a impulsar el desarrollo de tecnologías en nuestro país brillan por su ausencia, y aquellas que fungen como tal no son impulsadas, y esto provoca que las universidades agonicen en esta misión, con sus muy bajos recursos y sentenciadas por el banco mundial en México.

Sistemas económicos y políticos han creado el mito, que no es posible utilizar fuentes de energías renovables y limpias. Condenándonos a seguir empleando la fuente de energía que rige la economía mundial. Las alternativas energéticas representan nuevas áreas de investigación con aplicación a desarrollos

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

industriales, que generarían ahorros de consumo de energía y la conservación de los diferentes ecosistemas de la tierra.

Un ejemplo es el sol, cuya influencia es tan grande que de él depende toda la producción de energéticos terrestres.

Se sabe que la energía que entrega el sol rebasa por 500 veces la necesidad de energía que el mundo requiere. Es decir que el sol entrega al globo terráqueo más 50, 000 quads*. Lo cual demuestra como la radiación solar y otras alternativas energéticas, como la potencia hidroeléctrica, la energía eólica, no son aprovechadas eficazmente y sólo se le da preferencia a combustibles fósiles.

Saber como se formó el sol, y cómo genera su energía, ya no es un reto para los investigadores como lo era antes, ahora el reto es hacer que las fuentes alternativas de energía sean tecnología competitiva con las fuentes tradicionales de energía.

* quad definido por la letra q. Es una medida que compara grandes cantidades de energía
1q = 1 cuatrillón de BTUs. Donde BTU = la unidad térmica británica.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1. FUNDAMENTOS DE ENERGÍA SOLAR.

1.1 Origen Del Universo.

¿Quiénes somos?, ¿De donde venimos?, ¿Hacia donde vamos?, etc, son las incógnitas que han impulsado a filósofos y científicos a desarrollar diferentes teorías que puedan satisfacer las dudas existenciales del hombre. Gracias al desarrollo de tecnología se ha permitido comprobar teorías propuestas desde milenios atrás, y el hombre ha podido a comprender y deducir las leyes que rigen al universo.

La búsqueda del origen de la vida nos ha trasladado al origen del universo, en donde encontramos una serie de teorías.

Pese al gran avance tecnológico que se ha desarrollado en las últimas décadas, siguen existiendo partes del medio ambiente desconocidas dentro del espacio interior hacia el centro de la tierra, y del espacio exterior hacia el mundo galáctico.

Estudios de radioastronomía, de cuyas graficas los astrónomos concluyen que el universo se expande. Da razón a la teoría de la gran explosión (big - bang) desarrollada por el físico Ruso George Gamow en 1948. Esta teoría plantea que la densidad y temperatura extremadamente alta del universo, concentrado en un punto, fusionaron partículas subatómicas en los elementos químicos. Dicha explosión, supone mando al espacio gran cantidad de materia y gases interestelares, y a lo largo de millones de años se agruparon por el mismo torbellino que agrupo la explosión.

La gran concentración de gases y materia, al girar provocó centros gravitacionales. En el caso del sol, alcanzó a atraer una gran cantidad de gases, entre los cuales se halla principalmente el hidrógeno, el carbono, y el nitrógeno. La gran masa provocó que

TESIS CON
FALLA DE CERCEN

los gases se golpearan entre sí y al compactarse originó una serie de reacciones termonucleares. Dichas reacciones originaron un flujo tanto hacia dentro como hacia fuera del sol, y a lo largo de millones de años transformaron el hidrógeno. (Es decir, el sol, es un reactor de energía nuclear.)

Investigaciones más recientes indican que el hidrógeno y el helio habrían sido los productos primarios de la gran explosión y los elementos más pesados se produjeron más tarde, dentro de las estrellas.

Se sabe que la composición química de el sol, es típica a la del resto del universo: hidrógeno (92%), helio (8%), y trazas de los demás elementos principalmente carbono, nitrógeno, oxígeno y hierro.

1.2 El Sol.

El sol ubicado en el centro del sistema solar, es sin duda el cuerpo más importante de nuestra galaxia, es una de las estrellas del Universo, enana de color amarillo, miembro de los más numerosos tipos de estrellas, las del tipo espectral G₂, que se mantiene unida por su propio campo gravitacional y presiones internas como las del plasma y la radiación.

Con respecto a la tierra, es el proveedor de energía; sin el cual la vida en la tierra no podría existir. Además de ser el astro alrededor del cual giran los planetas.

El astro rey a su vez se mueve, junto con su sistema, en torno al centro de la galaxia a una velocidad de 250 km / seg. Tiene un periodo de rotación que varía desde casi 27 días terrestres en su ecuador hasta cerca 30 días en sus polos. Del movimiento de las

manchas solares se ha concluido que el sol gira alrededor de su eje. Lo contiene un diámetro aproximado de $1,391 \times 10^3$ km, es decir que su diámetro es 109 veces mayor que el de la tierra. Su masa es 2.2×10^{27} toneladas cerca de 700 veces la del sistema solar. Es totalmente gaseoso, debido a su temperatura extremadamente alta. Con una gravedad superficial aproximada de 28 veces la de la tierra. Posee un campo magnético entre 1 y 2 Gauss.

Los astrofísicos dividen generalmente la estructura de el sol en tres regiones: *interior solar, la fotosfera, atmósfera solar.* ¹

1.2.1 Estructura Del Sol.

Interior Solar.- Integrado por la zona convectiva, zona radiativa, y núcleo. Es la masa principal donde se lleva acabo la energía irradiada por el astro rey, y se debe a reacciones de fusión, (la fusión termonuclear – es la unión de dos núcleos ligeros, a temperaturas extremadamente altas para formar un núcleo más pesado²). Se esquematiza la conversión nuclear de los ciclos, hidrógeno - helio y del carbón – nitrógeno, respectivamente como se muestra en las figuras 1-1 y figura 1-2.

Al llevarse acabo dichas reacciones nucleares se desprenden rayos gama, que se transforman en rayos X debido a que en elementos pesados, cuando un átomo esta tan excitado que resultan excitados electrones internos cercanos al núcleo se emite radiación penetrante (rayos X). Estas transiciones electrónicas implican cantidades de energía, muy grandes, las cuales generan luz y calor.

Se estima que cada día 5×10^{16} Kg. De hidrógeno se transforman, en helio y energía. Es decir, que el sol transforma seis millones de toneladas de materia en energía cada segundo, lo cual es muy poco comparado con su masa total

Esta transformación, la diferencia de masa es precisamente la energía producida de acuerdo con la fórmula de Einstein:

$$E = mc^2.$$

Así pues el transporte de energía a las zonas restantes se lleva acabo por dos procesos:

- Primero por transferencia de radiación, es decir, al absorberse, disiparse, y remitirse, la misma, en el interior solar (De ahí el nombre de zona radiativa).
- Por convección en la parte externa por debajo de la superficie del sol, donde la convección es más efectiva que la transferencia radiativa, la energía es llevada hacia arriba por el gas caliente ascendente, se expande entonces el gas, se enfría y desciende.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

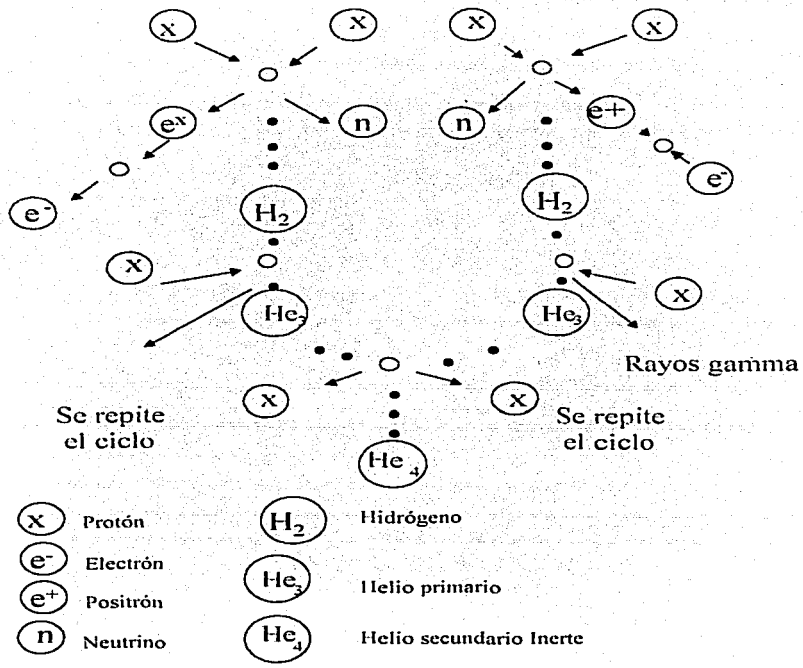
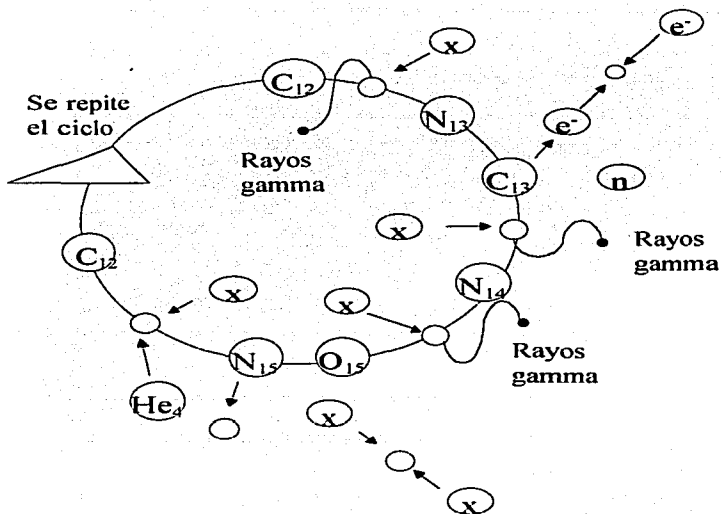


Fig. (1-1) Ciclo Hidrógeno - Helio.

Se muestra como núcleos de hidrógeno desestabilizados por la presión y la temperatura, se transforman en helio y energía que se desprende. El ciclo sería muy lento si hubiera pocos átomos pero como hay muchos, la actividad es enorme.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



- C_{12} Carbono primario
- N_{13} Nitrógeno Estable
- C_{13} Carbono secundario
- N_{14} Nitrógeno secundario
- O_{15} Oxígeno Inestable
- N_{15} Nitrógeno terciario

Fig. (1-2). Ciclo carbón - nitrógeno.
 En esta figura podemos observar como bajo las misma condiciones de presión y temperatura, se produce helio, y rayos gamma

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

A esta parte del sol se le conoce como capa conectiva y se extiende desde unos 8 decimos de radio solar hasta la superficie.³

Así entonces la luz, cargada de rayos ultravioleta, entre otros, es lanzado al espacio prácticamente sin obstáculos ya que los gases superiores de la atmósfera son casi transparentes a esa radiación.

Fotosfera. (Superficie del sol) Es una capa delgada de gas, aproximadamente de 300 km, que forma el contorno brillante del sol, y es la capa donde proviene la mayor parte de la radiación térmica. Tanto la presión como la densidad son muy bajas en esta capa y la temperatura fluctúa entre 8500 °K en la parte superior con una temperatura media de 6000°K.

Es en esta área donde aparecen las llamadas manchas solares, que son regiones con temperaturas de unos, 1500 °K menos que la de los gases circundantes, por esa razón fenómenos esporádicos, duran algunas horas o a lo más algunos meses. Algunas alcanzan un tamaño superior al de la tierra, y con frecuencia forman grupos de hasta cien o más.

Las manchas se mueven lentamente sobre la superficie solar ya que estas son gaseosas. Algunas de ellas, enormes, llamadas prominencias, resultan sumamente espectaculares; son de color rojo, y se elevan a distancias de cientos de miles de kilómetros, con duración de hasta varios días, que parecen moverse con una velocidad de 1. 300 km / seg.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Atmósfera Solar. Compuesta por la Cromosfera y la Corona. Ambas regiones de la atmósfera solar ofrecen poca resistencia a la radiación proveniente de la fotosfera y contribuyen muy poco a la radiación solar total.

La cromosfera (Es una capa relativamente delgada de gas opaca que mide sólo unos 500 km. de espesor, a presión y densidad extremadamente bajas). Se caracteriza por tener espículas (prominencias de gas caliente) cuya temperatura asciende a millones de grados °K. Comienza donde el gas alcanza una temperatura mínima de 7000 °K. En esta región se disipa energía mecánica generada probablemente por la convección o la rotación, por lo que la temperatura se dispara hacia fuera pasando por la llamada zona de transición, que es una capa delgada, de algunas centenas kilómetros. En la que la temperatura aumenta bruscamente desde unos 25000 hasta un millón de grados °K⁴.

Aparece como el anillo de luz roja que circunda al sol, el cual puede observarse con filtros especiales, pues la observación directa causa ceguera.

La corona es el halo que rodea al sol, visible únicamente, durante un eclipse total de sol. Esta formada por gases rarificados que se extienden más allá de la cromosfera. La temperatura en esta área es casi siempre constante

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



*Figura 1 – 3 Esquema Solar.
Muestra partes que componen el Interior Solar y Fotosfera.*

1.2.2. Tiempo De Vida Del Sol.

Hasta ahora se ha comprobado por la ley de la transformación de la materia, que rige la naturaleza, la vida de el Sol no es eterna, ya que sus reacciones nucleares continuarán como en el presente, otros 4500 millones de años. Después de este tiempo, el hidrógeno de su núcleo se habrá agotado. En ese momento empezará la fusión de helio, los gases solares se expandirán y el sol se convertirá en una estrella gigante roja. Será tan grande que la órbita de la tierra estará dentro de su atmósfera; miles de años después, comenzará a vibrar y fusionar carbón en su núcleo. Para finalmente expulsar su atmósfera al espacio, dejando expuesto su núcleo. Sus restos se verán como una estrella enana (una estrella muy pequeña y muy caliente) rodeada por una nube esférica de

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

gas brillante. La atmósfera del viejo Sol se seguirá expandiendo hasta mezclarse con gas interestelar. La estrella enana amarilla se enfriará y terminará como una enana negra (un cuerpo muy denso, frío, y sin luz propia.)

La evolución del universo no ha sido estática ya que la materia tiende a transformarse generalmente en nuevas y más estructuradas cadenas químicas, orgánicas e inorgánicas. Pudiera ser que en un futuro los gases que estuvieron contenidos por el Sol, y que fueron expulsados en las últimas etapas de su existencia se combinen con nubes de gas interestelar, y que de la mezcla surja alguna nueva estrella con planetas, e incluso alguno llegará a desarrollar vida.

1.2.3 Radiación Solar.

Desde que se desprende el rayo solar en su recorrido por la exosfera hasta llegar a la ionosfera, cabe pensar que ha perdido algo de energía (tomaremos como 100%) la incidencia total sobre la atmósfera terrestre que es de 1.353 W/m^2 # llamada constante solar, 95%, de la cual es de longitud inferior a $2 \mu\text{m}$.

En la mesosfera se pierde 30%, debido a las reflexiones provocadas por las nubes (llamadas noctucilantes) y a la faja de polvo existente. Al mismo tiempo pierde 6% en dispersión difusa y el 14% en absorción de gases de la misma atmósfera.

Entre los gases de la atmósfera terrestre, la capa de ozono es un verdadero filtro de rayos ultravioleta, además de atrapar los rayos de mayor longitud de onda en el rebote de la luz solar. (aprox. Unos 12 micrones). Este gas hace posible la existencia de la vida en la tierra, teniendo una función triple impide la pérdida de calor en la atmósfera, y filtra los excesos de rayos ultravioleta, que

Este valor fue aceptado por la NASA en 1971 con un porcentaje de error de ± 1.5

TESIS CON
FALLA EN EL ORIGEN

si llegarán directamente a la biosfera, romperían los enlaces químicos que hacen posible la vida. Del 50% restante de energía sólo el 25 % llega de manera directa⁵. El cual varía aproximadamente un 7 % entre los meses de enero a julio, esto debido a que la intensidad de la radiación solar incidente sobre la atmósfera varía intensamente con el cuadrado a la distancia de la tierra al sol⁶, y esta será utilizada en producir lo que conocemos como el clima.⁷

Esto marca dos puntos muy importantes para el aprovechamiento de la energía solar. La luz difusa y la luz directa.

1.3 La Tierra.

Sobre la base de que todos los planetas tienen órbitas regulares casi circulares y coplanares, y se trasladan en una misma dirección (con excepción de Venus y Urano) con una distancia al Sol no arbitraria, y con un orden regular. Además que en el presente siglo los astrónomos pudieron observar que los procesos de nucleosíntesis⁸ se realizan en el interior de las estrellas, lo cual ha permitido formar modelos de creación del sistema solar a partir de nebulosas cósmicas.⁹ Demasiados modelos han sido propuestos pero todos incluyen la formación de los elementos en el seno de lo que sería el Sol, y la posterior formación y acrecentamiento de los planetas. Con todo esto se ha deducido un origen común del sistema solar.

Probablemente los planetas terrestres (Venus, Tierra, Marte) fueron desposeídos de una gran porción de sus elementos más ligeros, y por efecto del viento solar quedaron sólo elementos más pesados.⁹ Conocido como diferenciación. Los cuales se fueron hacia el interior y los livianos quedaron en la superficie.

⁸ Proceso mediante el cual se forman nuevos elementos químicos a partir de reacciones atómicas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Al comparar la densidad de las rocas superficiales en la tierra aproximadamente 3gr/cm^3 con la densidad promedio del planeta (5.5 gr /m^3) y con la información sísmica de los dos tipos de ondas generadas. ** De los temblores se ha determinado que la tierra posee núcleo formado por níquel rodeado de líquido (magma), protegido por diferentes capas las cuales están chocando, desapareciendo así la corteza vieja.

Los gases emitidos por los volcanes transformaron la vieja atmósfera; y la existencia de las plantas la modificaron, hasta la que hoy conocemos.

1.3.1 Estructura De La Tierra.

La atmósfera de la tierra se divide en varias capas, principalmente por su composición química: La primer capa se llama troposfera mide unos 16 Km. De altura de composición química homogénea, y se calienta por emisión de luz infrarroja y por convección, las temperatura en esta capa llega a disminuir 323°K .

En la atmósfera los gases se encuentran en capas y en las capas inferiores los de mayor densidad.

A unos 50 Km. De altura existente de la capa de ozono (O_3), Gas formado por tres moléculas de oxígeno que absorbe la luz ultravioleta irradiada por el Sol y se calienta hasta llegar a los 273°K .

** Se producen ondas P (primarias) y S (secundarias) las cuales son ondas de compresión y viajan a 7 Km./seg . Y ondas que viajan a 5 Km./seg . Respectivamente.

A continuación esta la mesosfera donde la temperatura vuelve a disminuir hasta 183 °K. Y después se calienta nuevamente en la termosfera, aquí los gases atmosféricos atrapan los rayos X del sol se ionizan y como consecuencia la capa se calienta. Así se forma la ionosfera que aumenta de tamaño de día y decrece durante la noche.

Así pues la atmósfera terrestre esta constituida por 78% de N₂, 28% O₂, 2.2% CO₂, y cantidades variables de vapor de agua¹⁰.

Nuestro planeta es de forma esférica, ligeramente achatado por los polos y ensanchado en el ecuador, debido al movimiento de rotación. Ocupa el quinto lugar en diámetro y masa 12,756 Km y $5,976 \times 10^{21}$ Kg. respectivamente, con respecto a los planetas el sistema solar, el tercero en distancia al sol, (147 000 000 Km. para el perihelio y 151 000 000 Km. para el afelio^{***}). Tiene seis movimientos elementales, pero sólo analizaremos dos, uno de rotación sobre su eje imaginario y otro de traslación al rededor del sol. Ambos de vital importancia para los diversos climas existentes en el mundo y base para el estudio de la geometría solar como uno de los objetivos fundamentales de este proyecto de tesis.

^{***} Debido a la traslación terrestre alrededor de el sol, la tierra presenta dos puntos importantes en su trayectoria eclíptica: el perihelio, cuando la tierra esta mas cerca de el sol y ocurre el primero de enero. El afelio, el primero de julio cuando la tierra se encuentra mas alejada de el sol.



Figura 1 – 4 Estratos de la tierra.

Muestra núcleo interior y exterior, manto, manto superior corteza somática, corteza sílica, sedimento, Hidrosfera, océano y atmósfera.

1.3.2 Movimiento De Rotación.

La tierra funciona como una inmensa pelota que contiene un par de fuerzas dentro de si misma, de las cuales surge un eje de giro, el cual la mente percibe fácilmente (eje polar).

Este movimiento es uniforme, es decir, la tierra gira a una velocidad constante, con una dirección de Oeste a Este. Alrededor de dicho eje se mueve toda la masa integrada por una infinidad de puntos, los cuales al girar se pueden contener en planos, paralelos entre sí, y perpendiculares al mismo eje. Estos planos presentan los diferentes lugares de la tierra. Este mismo movimiento terrestre provoca una serie de fricciones con la atmósfera y electrifica la superficie de la tierra lo cual produce un campo magnético natural asemejando a la tierra a un gran imán.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Este campo magnético torna a diferente polaridad. Positiva o negativa. Y los puntos donde ocurren las concentraciones electromagnéticas se denominan por diferencia de cargas: norte (positivo) y sur (negativo).

Una consecuencia de esta rotación es el concepto: latitud, que es el ángulo formado por el punto extremo de una recta y el plano ecuatorial, sobre la superficie aparente de la tierra. De donde tomaremos como 0° al ecuador teniendo un máximo en el eje que lo corta a 90° (polos), por esta razón sólo conocemos latitud norte o latitud sur (y los diferentes ángulos contenidos en un rango de $0^\circ - 90^\circ$).

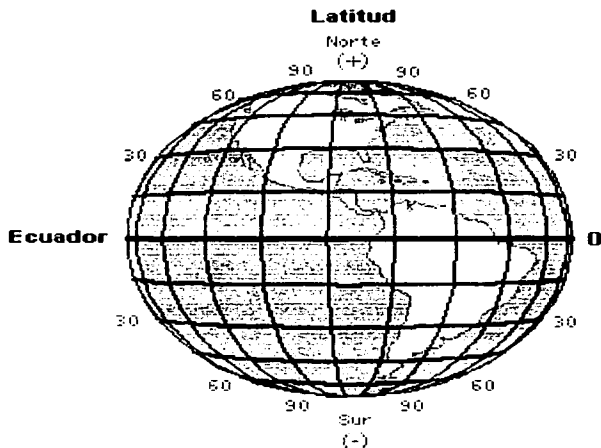


Figura 1 - 5 Ilustra Globo Terrestre.
Muestra el plano ecuatorial (latitud cero) y los polos (-90 grados) latitud sur
y/o latitud norte (90°).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Así podemos encontrar como la latitud de la tierra, tiene una gran importancia en el clima del mundo, ya que cada lugar en la tierra se presenta en un paralelo diferente, provocando diferencia en el asoleamiento durante el año, además de las variaciones en la llegada de los rayos solares, tangenciales en unos puntos, (polos) y verticales en otros (zona tórrida). Debido a la forma de la superficie de la tierra y al eje que lo contiene.

1.3.3 Movimiento De Traslación.

La trayectoria de la tierra alrededor del sol, es de forma elíptica con poca excentricidad por lo que se le denomina eclíptica, el sol se encuentra situado en uno de sus focos, por esta razón, la tierra recorre una parte de su órbita con mayor rapidez que en otras. Además de variar la distancia de la tierra al sol.

El eje de la tierra no es perpendicular al plano de la órbita, forma con la perpendicularidad a este plano un ángulo de $23^{\circ} 27'$; por esta razón el plano del ecuador no coincide con el plano de la órbita sino que forma con el ángulo de $23^{\circ} 27'$

Sin importar la posición de la tierra en su órbita, siempre encontraremos un círculo llamado "círculo de iluminación" el cual divide la parte que recibe rayos del sol, (día), del que no recibe (noche). Este círculo esta determinado por un plano que permanece normal al plano de la órbita y que pasa por el centro de la tierra, por lo que los rayos solares caen perpendiculares a este plano.

Si este eje polar fuera perpendicular al plano de la órbita, estaría contenido en el plano del círculo de iluminación y este coincidiría siempre con un meridiano.

Pero como el eje de la tierra no es perpendicular al plano de la órbita, al moverse la órbita a lo largo del eje, el círculo de iluminación corta de manera desigual a los paralelos de la tierra (arcos nocturnos menores que los arcos diurnos, y viceversa) sólo dos veces al año coincide con los meridianos y divide en dos partes iguales a los paralelos¹¹. Esto quiere decir, que sólo dos veces al año, el día es de la misma duración que la noche en todos los lugares de la tierra. Estas fechas en que el día es de la misma duración que la noche se llaman *equinoccios*. Así entonces el 21 de marzo encontramos el equinoccio de primavera y el 23 de septiembre el equinoccio de otoño.

Hay dos fechas de importancia para la geometría solar, son los *solsticios*, ya que la tierra se aleja y acerca al sol, posteriormente, debido a su trayectoria, el círculo de iluminación divide a los paralelos, dándonos como resultado la máxima diferencia en duración del día y la noche. Proporcionándonos el día mas largo el 21 de julio (*solsticio de verano*) y la noche mas larga el 21 de diciembre (*solsticio de invierno*).

Este distanciamiento de la tierra respecto al sol, debido a su trayectoria, en conjunto con el eje de la tierra, además de la latitud, la forma de la tierra (casi esférica) y la atmósfera trae consigo un calentamiento diferente en diversos lugares de la tierra, trayendo como consecuencia el cambio de *estaciones* y por ende el cambio de clima, para la *regulación interna* de la temperatura.

A causa de su eje inclinado, la superficie de la tierra se ha dividido en 5 zonas. La zona tórrida incluye todos los lugares donde el sol esta en el cenit, (*perpendicular a la superficie de la tierra*) al menos una vez al año. La zona tórrida se extiende 23° 27' grados a cada lado del ecuador.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Las zonas templadas incluyen todos los lugares donde el Sol, aparece todos los días en el horizonte, pero nunca en el cenit.

Las zonas templadas se extienden en latitudes de 23.5 grados a 66.5 grados (norte y sur).

Las zonas frías incluyen todos los lugares donde el sol, permanece por debajo del horizonte (o sobre él) al menos un día completo cada año¹².

1.4 Ángulos Básicos Tierra - Sol.

El rayo solar (luz directa), puede ser aprovechado de diferentes formas, ya sea desde iluminar, hasta calentar o energizar, esto hace necesario el predecir su localización en su recorrido aparente por la bóveda celeste en determinados puntos de la tierra en los cuales se tenga planeado un objetivo de aprovechamiento de este fenómeno. Está localización puede advertirse de varias maneras, gráficamente (mediante montañas) o geoméricamente (en base a ángulos directores).

Gracias a la trayectoria cíclica que rige la tierra alrededor de el astro rey, podemos encontrar que el sol recorre tres puntos importantes (aparentes) por la bóveda celeste, dentro de los cuales se restringe nuestro estudio y que creo necesario esquematizarlo, para la mejor comprensión de los ángulos directores, los cuales nos permitirán predecir en que lugar se encontrará el sol, (rayo de luz) en cualquier día del año y a cualquier hora para un lugar determinado en el globo terráqueo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Dejando inmóvil la tierra, y suponiendo que el sol, gira alrededor del globo terráqueo, encontraremos que todos los puntos por donde sale y entra el sol, a la bóveda celeste, estarán contemplados dentro un triángulo, contemplado de los solsticios al equinoccio.

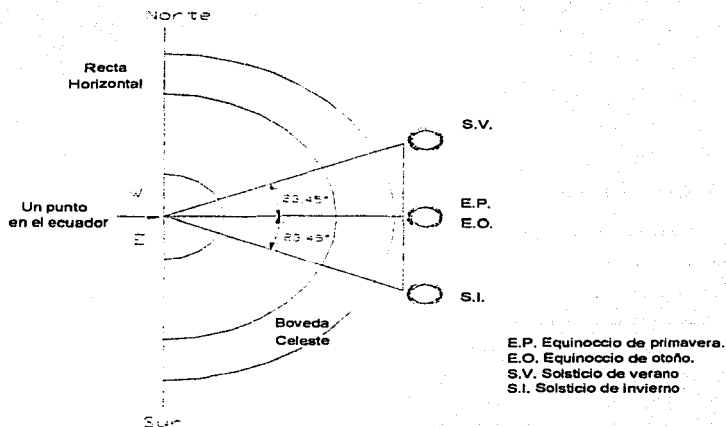


Figura 1 - 6 Trayectoria Solar vista desde un punto en el Ecuador, ilustra el triángulo que dibuja el sol en su recorrido del solsticio de invierno, pasando por el equinoccio de primavera, al solsticio de veranos, regresando al equinoccio de otoño, para volver a empezar el ciclo (año) solar

La posición de un punto P , sobre la superficie de la tierra (P representa un lugar en el hemisferio norte de la tierra) se conoce en cualquier instante con respecto a los rayos del sol, si se conocen la latitud (l), el ángulo horario (h), y la declinación del sol (d).

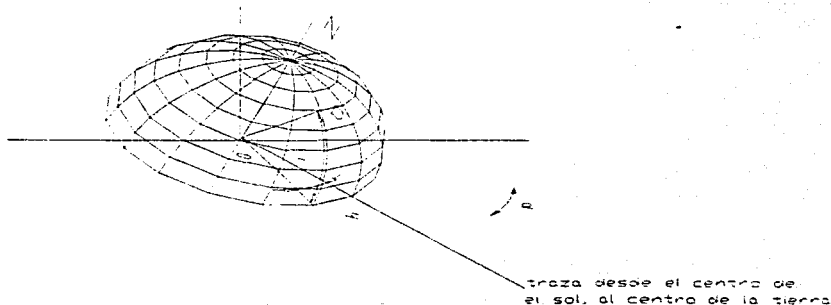


Figura 1 - 7 Ilustra corte del globo terrestre.
Un punto (P) sobre la tierra puede encontrarse. A través de la latitud (l),
ángulo horario (h), y la declinación del sol (d).

La latitud es la distancia angular del punto P (norte o sur) al ecuador. Es el ángulo entre el segmento \overline{OP} y la proyección de \overline{OP} sobre el plano ecuatorial. El origen (O) representa al centro de la tierra.

El ángulo horario h , es el ángulo medio sobre el plano ecuatorial de la Tierra entre la proyección de \overline{OP} y la proyección de la línea que une el centro del sol con el centro de la tierra. En el mediodía solar, al ángulo horario es cero. El ángulo horario expresa el tiempo del día con respecto al medio día solar. Una hora de tiempo esta expresada por:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

$$360_{24} = 15 \text{ grados de ángulo horario}^{113}.$$

La declinación del Sol, d es la distancia angular de los rayos del sol (norte o sur) al ecuador. Es el ángulo entre una línea trazada desde el centro del sol al centro de la tierra y la proyección de está línea sobre el plano ecuatorial de la tierra.

1.4.1 Dedución De La Ecuación De La Declinación Solar.

La ecuación de la declinación (d) es fácil de deducir, si tomamos en cuenta la periodicidad de la trayectoria terrestre, ya que las funciones trigonométricas son particularmente adecuadas para describir fenómenos de esta naturaleza.

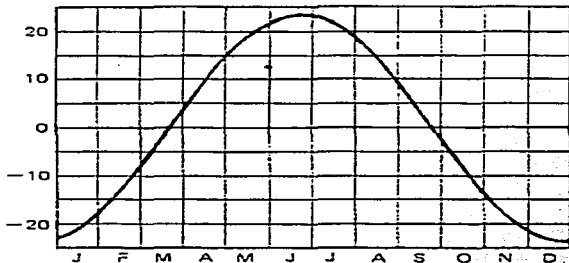


Figura 1 - 8 Grafica de la periodicidad de trayectoria terrestre. Muestra solsticios y equinoccios durante un año, es decir 3645.24 días.

Si iniciamos nuestra función en el solsticio de verano, la función será coseno, ya que:

$$\cos(0) = 1$$

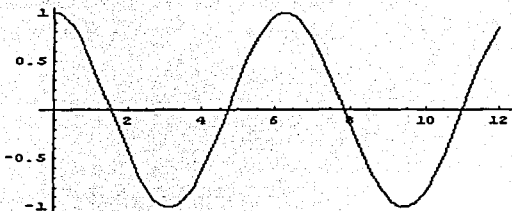


Figura 1 - 9 Función coseno de la grafica de periodicidad de la trayectoria solar.
Inicia en el solsticio de varano junio 22, día 173.

Si iniciamos en el equinoccio de primavera la función será:

$$\sin(0) = 0$$

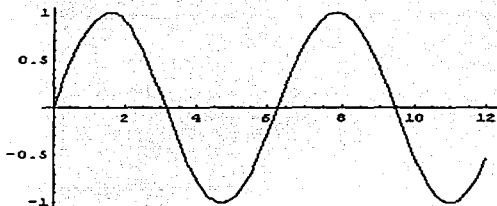


Figura 1 - 10 Función seno de la de la grafica de periodicidad de la trayectoria solar.
Inicia en el equinoccio de primavera, marzo 2, día 80.

Así pues la función coseno:

$$d = 23.45 \cos \left[\left(\frac{0.985648}{1 \text{ día}} \right) (N - 173) \right]$$

Hemos mencionado antes, que un ciclo de traslación de la tierra alrededor de el sol (1 año), es igual a 360° que se da en un tiempo de 365.242 días. De lo anterior deducimos:

$$360^\circ = 365.242 \cdot$$

$$x = 1 \text{ día}$$

$$0.985648 = 1 \text{ día}$$

$$-23.45 \leq d \leq 23.45$$

1.4.2 Deducción De La Ecuación Del Angulo Horario.

El ángulo horario h es el ángulo medido sobre el plano ecuatorial de la tierra, entre la proyección de \overline{OP} y la proyección de la línea que une al centro del Sol con el centro de la tierra. En el medio día solar el ángulo horario es cero .4

El ángulo horario expresa el tiempo del día con respecto al medio día solar. Una hora de tiempo esta representada por $360 / 24 = 15^\circ$ de ángulo horario.

Para el ángulo horario al amanecer (h_s), la altura solar es de 0° ($\beta = 0^\circ$), por lo que el ángulo horario nos queda :

$$\cos \beta = \cos \varphi \cos d \cos h_s + \sin \varphi \sin d \sin h_s = 0$$

Para el amanecer o el anochecer:

Despejando $\cos h_s$

$$\cos h_s = -\frac{\text{sen } l \text{ sen } d}{\cos l \cos d} = -\text{tg } l \text{ tg } d$$

$$\Rightarrow h_s = \cos^{-1}(-\text{tg } l \text{ tg } d) \text{ \u00c1ngulo horario al amanecer.}$$

La duraci\u00f3n del d\u00eda es de $2 h_s$ (en grados)

Tambi\u00e9n conocemos que 1 hora = a 15°

$$\therefore 2h_s \left(\frac{1 \text{ hr.}}{15^\circ = \text{hr.}} \right)$$

1.5 \u00c1ngulos Solares Derivados.

Otros \u00e1ngulos de importancia para los c\u00e1lculos de radiaci\u00f3n solar son: el \u00e1ngulo del cenit, el \u00e1ngulo de altitud, y el \u00e1ngulo de Azimut. Para una superficie de una orientaci\u00f3n particular, se pueden definir el \u00e1ngulo de incidencia y el \u00e1ngulo de azimut sol - pared.

Un observador sobre la tierra observar\u00e1 al Sol moverse a trav\u00e9s de la b\u00f3veda celeste siguiendo una trayectoria de un arco c\u00edrcula de horizonte a horizonte, similar a lo que esquematiza la figura 1 - 11; y donde se definen los \u00e1ngulos cenit, altitud solar, y azimut.

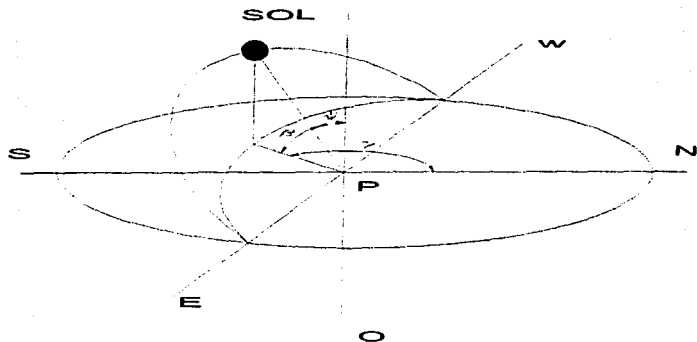


Figura 1- 11 Esquema de la trayectoria solar en un plano.
 Muestra P, un punto que representa la posición de un observador,
 centro de la tierra (O), ángulo cenit (ψ), altura solar (β), vector del rayo solar
 (I_N), ángulo azimut (γ).

P. punto donde se encuentra el observador.

O representa el centro de la tierra.

ψ . Ángulo del cenit .formado por los rayos solares y una línea perpendicular al plano ecuatorial.

β . Ángulo de altitud, formado por los rayos solares y la proyección de los rayos solares sobre el plano horizontal.

I_N . Vector del rayo de sol.

γ . Ángulo de azimut .ángulo en el plano horizontal, medido entre el norte y la proyección horizontal de los rayos de sol.

TESIS CON
 FALLA DE CUBIEN

En la figura 1 - 12 se muestra un sistema de coordenadas donde coincide el eje z con el eje de la tierra, el plano x - y coincide con el plano ecuatorial de la tierra, en el plano x - z permanece el vector que representa el rayo solar, coincidiendo también con una línea dibujada de el centro del sol al centro de la tierra.

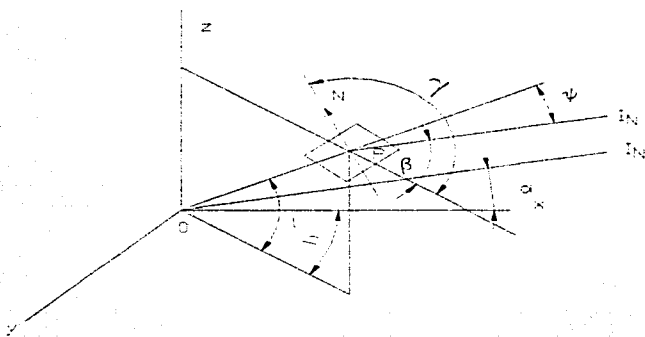


Figura 1 - 12 Relación de un punto (P), sobre la superficie de la tierra, vs rayos del sol. Muestra centro de la tierra (O), observador (P), rayos solares (I_N), ángulo cenital (ψ), altitud solar (β), ángulo azimut (γ), Vector polar (\overline{NS}), Declinación solar (d), latitud (l).

TESIS CON
 ORIGINAL DE ORIGEN

1.5.1 Deducción del Ángulo de Altitud Solar (β).

Conocemos que la altura solar (β) es el ángulo formado entre el rayo incidente y la proyección horizontal de este y además es el complementario de (ψ) es decir entre el rango incidente y la vertical.

En base al teorema:

Si los vectores A y B están expresados en términos de vectores unitarios, i, j, k. Entonces

$$A \cdot B = a_1 \cdot a_2 + b_1 \cdot b_2 + c_1 \cdot c_2$$

De la figura anterior sean a_1 , b_1 , y c_1 , los cósenos directores del rayo incidente a_1 , b_1 , y c_1 y los cósenos directores de la vertical (\vec{OP}) a_2 , b_2 , y c_2 en el sistema de coordenadas x, y, y z. (espacio) respectivamente.

Por lo que el ángulo del cenit se puede calcular en función del producto punto de los cósenos directores del rayo incidente y de la vertical, es decir,

$$\cos \psi = a_1 \cdot a_2 + b_1 \cdot b_2 + c_1 \cdot c_2$$

Los cósenos directores del rayo incidente ($\cos \theta$)

$$\begin{aligned} a_1 &= \cos d, & \text{implica que} & & a_1 &= \cos d \\ b_1 &= 0 \\ c_1 &= \sin d \end{aligned}$$

Los cósenos de la vertical ($\overline{O'}$)

$$a_2 = \cos l \cos h$$

$$b_2 = \cos l \sin h$$

$$c_2 = \sin l$$

Obtenemos

$$\cos \psi = \cos d (\cos l \cos h) + 0 + \sin d \sin l$$

$$\cos \psi = \text{coseno del ángulo del cenit}$$

$$\sin \beta = \cos \psi = \cos d \cos l \cos h + \sin d \sin l$$

1.5.2 Deducción Del Angulo Azimut (γ).

Conocemos que el ángulo Azimut, es el ángulo formado entre el vector norte - sur (\overline{NS}) y la proyección horizontal del rayo incidente.

Sean los cósenos directores del vector con respecto a los ejes x , y , y z . También sean a_2 , b_2 , y c_2 los cósenos correspondientes de l , entonces a_3 , b_3 , y c_3 los cósenos directores de la proyección horizontal del rayo incidente a_4 , b_4 , y c_4 en el sistema de coordenadas x , y , y z respectivamente

Por lo que el ángulo de azimut se puede colocar en función del producto punto de los cósenos directores del vector \overline{NS} y del vector de la proyección horizontal del rayo incidente, es decir,

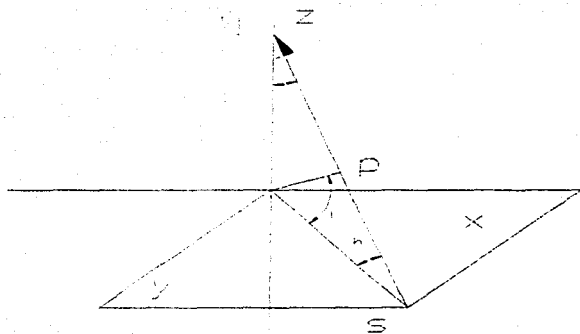


Figura 1 - 13 Deducción del ángulo azimut. Muestra el vector (\overline{NS}), latitud (l), Proyección horizontal, del rayo incidente,

$$\cos \gamma = a_3 a_4 + b_3 b_4 + c_3 c_4$$

$$a_3 = -\cos 90 - l \cos h$$

$$b_3 = -\cos (90 - l) \sin h$$

$$c_3 = \sin (90 - l)$$

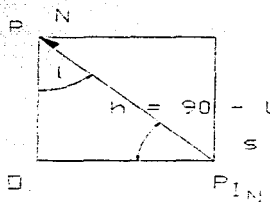


Figura 1- 14 Cosenos directores del vector \overline{NS} , latitud (l), y h .

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Para \overline{NS} es (+) para AM y cuando pasa entonces es (-).

$$a_3 = -\operatorname{sen} l \cos h$$

$$b_3 = -\operatorname{sen} l \cos h$$

$$c_3 = \cos l$$

Los cósenos directores de la proyección horizontal de el rayo incidente:

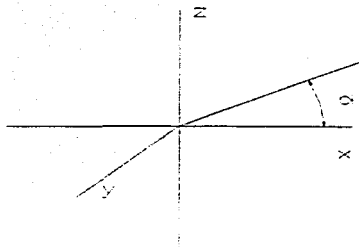
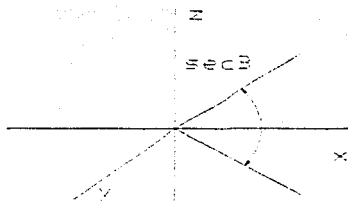


Figura 1 – 15 ilustra el Rayo Incidente sobre el plano (x – z).

$$a_4 = \sec \beta \cos d$$

$$b_4 = 0$$

$$c_4 = \sec \beta \operatorname{sen} d$$

Por lo tanto:

$$\cos \gamma = \sin l \cos h \sec \beta \cos d + 0 + \cos l \sec \beta \sin d$$

$$\frac{l}{\cos \beta} = \sec \beta \Rightarrow$$

$$\cos \gamma = \sec \beta [\cos l \sin d - \sin l \cos h \cos d]$$

El ángulo de la azimut esta comprendido entre ($0^\circ \leq \gamma \leq 180^\circ$).

Cuando es medido hacia el este se encuentra antes del medio día solar

Cuando es medido hacia el oeste el punto (P) se encuentra después del medio día solar.

Cuando el rayo incidente (I), se encuentra en el cenit, es decir, $\gamma = 0^\circ$ o bien $\beta = 90^\circ$, la proyección del rayo sobre la superficie horizontal, es un punto, por lo que el ángulo de azimut queda indefinido para este valor.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.6 Ecuación del Tiempo.

Análisis para convertir el tiempo solar en tiempo civil y viceversa:

$$t_s = t_{civil} - ET + LA$$

ET. Ecuación del tiempo. (Corrección por movimientos de traslación y rotación terrestres.)

T_{civil} = tiempo civil

LA. Corrección por diferentes posiciones longitudinales.

T_s = Tiempo solar.

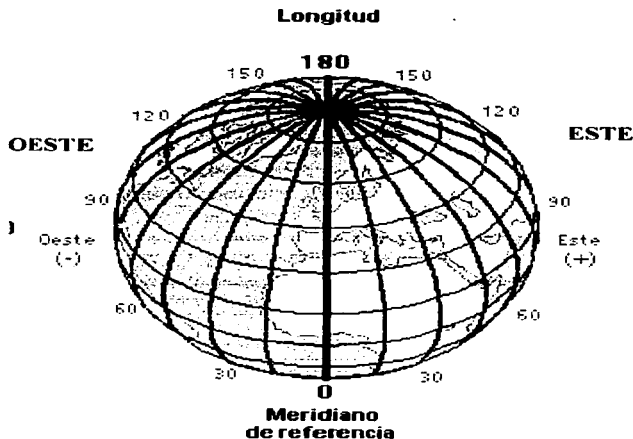


Figura 1 - 16 Ilustra La distribución y orden de los meridianos en el globo Terrestre. El meridiano de referencia, meridiano 0 es el meridiano de Greenwich.

El tiempo local se mide desde la longitud precisa de un observador sobre un meridiano particular.

A cada grado de diferencia de longitud corresponde un tiempo de cuatro minutos

Así a 90° (Hora del centro / central estate time) de longitud oeste, el LCT (Hora del centro / local central time) esta atrasado 6 hrs. respecto a GCT **meridiano cero, o meridiano de Greenwich.**

$$Et = (0.1236 \text{sen} x - 0.0043 \text{cos} x + 0.1538 \text{sen} 2x + 0.0608 \text{cos} 2x)$$

Donde x es una función del día del año

N, día del año.

La corrección por posición longitudinal:

$$L_n = (\text{meridiano oficial} - \text{meridiano local}) 4 \text{ min}$$

Sabemos que:

$$15^\circ = 1 \text{hr.}$$

$$15^\circ = 60 \text{min.}$$

$$1^\circ = 4 \text{min.}$$

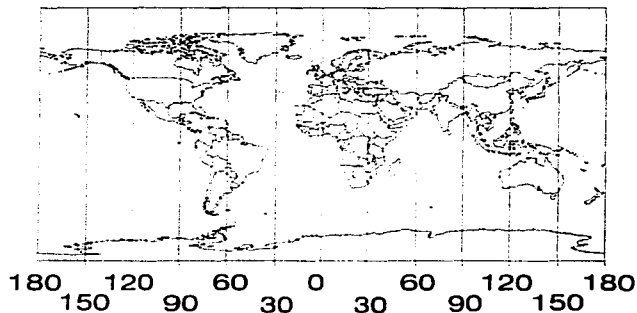
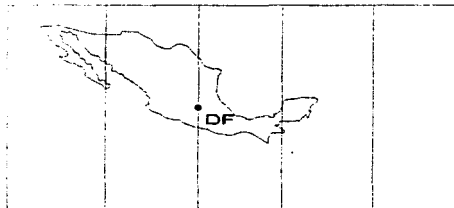


Figura 1 - 17 Representa el globo terrestre en un plano, muestra meridianos. A la izquierda del lector encontramos el Oeste, y a la derecha el Este.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

OESTE



ESTE

120 105 99 90 75
 Hora de Hora del Hora del
 Las Montañas Centro Este

Figura 1 – 18 Ilustra a la republica Mexicana. Muestra Meridiano Central, (90°) Meridiano real para el D.F. (99°). El Meridiano de las montañas (105°). Meridiano del Este (75°) y sus nombre mas frecuentes.

Y el tiempo oficial en la República Mexicana esta dado por la hora centro, Meridiano de 90° Oeste, Con un atraso real de 36 minutos para el DF.

En horario de verano, el meridiano del Este es el que rige el tiempo de la Republica Mexicana. Con un atraso real de 96 minutos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2 FUNDAMENTOS ELÉCTRICOS, COMPONENTES Y CONCEPTOS PARA EL CONTROL ELECTRÓNICO DEL HELIÓSTATO.

2.1 Voltaje.

Se define como voltaje, a la energía necesaria para trasladar 1 coulomb (un electrón tiene una carga de -1.6021×10^{-19} Coulombs) de un punto a otro donde hay que ejercer un trabajo de 1 joule. Su unidad de medida es el volt (V).

La diferencia de potencial es semejante a la energía potencial de una masa en un campo gravitacional. Una pelota en reposo sobre el piso no puede rodar influida por la gravedad, debido a que no existe una energía potencial con respecto al piso mismo, pero si colocamos una pelota en la ladera de una colina, rodará hacia abajo debido a la energía potencial que tiene.¹ La diferencia de potencial es la diferencia de voltaje entre dos puntos de un circuito, independientemente del voltaje de cada uno de los puntos. Por ejemplo, la diferencia de potencial entre un punto en un circuito a 10 V y otro punto del mismo circuito a 0V es, 10 V.

El equivalente al voltaje de un circuito eléctrico es la presión en un circuito neumático. A mayor voltaje mayor será la fuerza de la electricidad, al igual que a mayor presión mayor será la fuerza que el circuito neumático podrá ejercer.²

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.2 Corriente.

Se define corriente eléctrica como la carga que atraviesa la sección de un conductor en una unidad de tiempo:

$$I = \frac{Q}{t}$$

La intensidad se representa por la letra I y la unidad de intensidad de corriente eléctrica es el ampere (A), que equivale a una carga de 1 Coulomb que se mueve con rapidez de 1 segundo:

$$1 \text{ amperio} = \frac{1 \text{ Coulomb}}{1 \text{ segundo}}$$

El flujo de corriente convencional circula de positivo a negativo y es la dirección en que indican las flechas en la mayoría de los símbolos de los diagramas de circuitos, aunque se debe tomar en cuenta que el flujo real de electrones va en la dirección opuesta a fin de poder comprender el funcionamiento de los componentes electrónicos a escala individual.

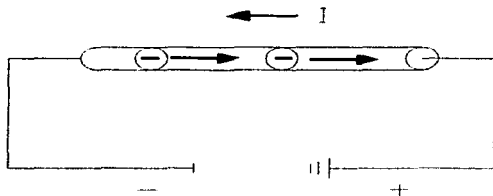


Figura 2 - Esquema del flujo de corriente. Muestra el flujo de electrones de positivo a negativo.

2.3 Resistencia

La resistencia eléctrica es la dificultad que presentan los cuerpos al paso de las cargas eléctricas a través de los mismos. El símbolo utilizado es R , la unidad de medida es el Ohm.

Experimentalmente se demuestra que la resistencia eléctrica de un cuerpo cilíndrico o prismático depende de la naturaleza del material y de la temperatura y es directamente proporcional a su sección. A temperatura constante la resistencia de un cuerpo es:

$$R = \rho \frac{l}{s}$$

En la cual ρ es una constante llamada resistividad específica de los materiales

Despejando de la fórmula anterior la resistividad ρ resulta:

$$\rho = \frac{(Rs)}{l}$$

En el sistema internacional, la resistividad deberá expresarse en Ohms por metro cuadrado de sección y metro de longitud.

$$\text{Unidad de resistividad } \rho = (\Omega\text{m}^2)/\text{m} = \Omega\text{m}$$

En este caso, al aplicar la resistividad deberá ponerse la longitud de los conductores en metros y la sección en metros cuadrados.

Como en la práctica las secciones de los conductores se dan en mm, es preferible expresar la resistividad en $(\Omega \text{ mm}^2)/\text{m}$, es decir en ohm por milímetro cuadrado de sección y metro de longitud.

La resistencia, en general, aumenta con la temperatura y esta variación obedece en los metales a la siguiente fórmula:

$$R_t = R_0 (1 + at + bt^2)$$

En la cual, a y b son dos constantes características del metal que pueden determinarse empíricamente. De esta forma, la medida de resistencias puede servir de base para medir temperaturas (termómetro de resistencia).

Para intervalos de temperatura no muy grandes, la fórmula puede ponerse bajo la forma:

$$R_t = R_0 (1 + at)$$

y en muchos metales, el coeficiente a tiene un valor muy aproximado al del coeficiente de dilatación de los gases, o sea:

$$a = 1/273$$

Algunas aleaciones tienen una resistividad que apenas varía con la temperatura, es decir, los coeficientes a y b son casi nulos. Así, tenemos: la manganina, aleación de cobre (85%), Mn (11%) y Ni (4%), que tiene una resistividad de 40×10^{-2} prácticamente independiente de la temperatura.

En las proximidades del cero absoluto de temperatura, la resistividad de algunos metales desciende bruscamente hasta casi anularse, de modo que la corriente eléctrica apenas encuentra resistencia y circula durante mucho tiempo sin necesidad de generador alguno (estado superconductor).

El símil de la resistencia en un circuito eléctrico es la restricción en un circuito neumático, y en ambos tiene un efecto limitador de flujo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La resistencia en un circuito eléctrico se puede asociar en serie o paralelo.

Cuando las resistencias están asociadas en serie, la resistencia equivalente es la suma de cada una de ellas por separado:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

Mientras que, por el contrario, cuando las resistencias están asociadas en paralelo, la inversa de la resistencia equivalente es la suma de las inversas de cada una de ellas por separado:³

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

2.4 Ley de Ohm.

La relación corriente – voltaje en un resistor fue descubierta por Henry Cavendish (1710 – 1810) sin embargo pese a que no público su hallazgo, un físico alemán tiene el crédito de esta ley.

Esta ley postula una relación entre las tres magnitudes características de corriente eléctrica (diferencia de potencial, intensidad, y resistencia) afirma que el voltaje a través de un resistor es directamente proporcional a la corriente que pasa por el resistor. ⁴La unidad de resistencia se elige de tal forma que el coeficiente de proporcionalidad sea la unidad.

$$I = \frac{V_1 - V_2}{R}$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Por lo tanto, la unidad de resistencia sería la de aquel conductor que al establecer entre sus puntos una diferencia de potencial de un volt, dejará circular una intensidad de corriente de un ampere. Esta es la unidad en el sistema internacional (SI) – que es el único empleado en corriente eléctrica – y recibe el nombre de ohm.

2.5 El Diodo.

Construidos por materiales semiconductores y monocristalinos, en su mayoría de silicio y germanio. Esto debido a la gran capacidad que tienen estos materiales para cambiar sus características eléctricas de una manera significativa a través de un proceso conocido como impurificación (los materiales que han sido sometidos este proceso se les denomina material extrínseco), además que estas también pueden alterarse al aplicárseles luz y calor⁵.

Hay dos materiales extrínsecos de importancia para la fabricación de dispositivos semiconductores, el tipo n, y el tipo p. Estos materiales se forman agregando un número predeterminado de átomos de impureza a una base de silicio o germanio.

El tipo n, se crea añadiendo elementos de impureza que tengan cinco electrones de valencia (pentavalentes), como antimonio, arsénico, y fósforo, este átomo de impureza insertado, a donado un electrón relativamente libre.

El tipo p, se crea impurificando un cristal puro de germanio o silicio, con átomos de impureza que tengan tres electrones de valencia, como el indio, el boro, y el galio, dejando como resultado un número insuficiente de electrones para completar los enlaces covalentes de la red recién formada, esto provoca la vacancia, también llamada hueco y se presenta como un círculo o signo positivo, debido a la ausencia de carga negativa. Ya que esta vacancia aceptará de inmediato un electrón libre, las impurezas añadidas reciben el nombre de átomos aceptores.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En consecuencia, hay una transferencia de huecos hacia la izquierda y de electrones hacia la derecha.

Para comprender adecuadamente el funcionamiento del diodo era necesario conocer la estructura atómica. Esperamos que la siguiente explicación rápida y superficial será suficiente. Los electrones fluyen de (negativo a positivo) en un material conductor, cuando la diferencia de potencial separa los electrones de sus átomos hacia el polo positivo del circuito (crea huecos) y al mismo tiempo alimenta al polo negativo con electrones libres. Ello tiene el efecto de dispersar los electrones libres por todo el circuito. El diodo está formado por la unión de dos materiales semiconductores. El material p tiene insuficientes electrones para permitir que la corriente fluya y el material n tiene un número insuficiente de huecos para permitir el flujo de la corriente. Los materiales p y n se fusionan en un punto en donde hay una delgada capa, que se denomina barrera de potencial. Y que evita el desplazamiento de huecos y electrones a través de la conexión

Supongamos un diodo conectado en un circuito, como se muestra en la figura 2 - 2. Con la línea positiva en el polo P del diodo y la negativa en el polo N del diodo. El material N será alimentado con un exceso de electrones y cuando la diferencia de potencial sea de 0.7 V o más empujara a los electrones a través de la barrera de potencial, con lo que se conseguirá el flujo de corriente.

TESIS CON
FOLIA DE ORIGEN

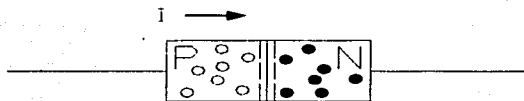


Figura 2 - 2 Esquema de arranque del diodo.
Muestra el paso de electrones después de alcanzar el voltaje de arranque.

Supongamos que el diodo está conectado a la inversa (figura 2 - 3). La línea positiva separa a los electrones libres del material N y la línea negativa rellenará los huecos disponibles en el material P, con lo que no habrá conductividad.

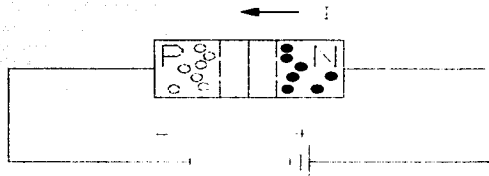


Figura 2 - 3 Apertura del Diodo.
Producto de la polarización inversa del diodo.

En el diodo sólo se necesita una diferencia de potencial, llamado voltaje de arranque para permitir el paso de corriente (0.7 para el Si y 0.3V para el germanio), mientras que en la dirección inversa el flujo de corriente queda bloqueado. En el diagrama el símbolo se muestra correctamente orientado a lo largo del componente, que es similar en forma y tamaño a una resistencia. El diodo tiene una única franja de color en un extremo para mostrar el sentido de bloqueo de la corriente.

El diodo funciona como una válvula antirretorno neumática (válvula check). El flujo de aire en un antirretorno queda bloqueado en una dirección pero puede fluir libremente en la dirección opuesta. Utiliza un muelle ligero que requiere muy poca diferencia de presión para abrir el asiento y permitir el flujo de aire⁶.

El diodo es un componente de estado sólido (semiconductor) y los hay de tres tipos: El diodo, el diodo zener y el diodo emisor de luz (LED).

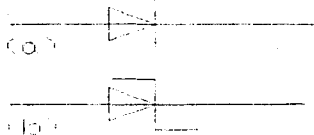


Figura 2 – 4 Simbología del diodo.

Muestra la forma como se representa el diodo en diagramas o planos.
(a) muestra diagrama del diodo (b) muestra diagrama del diodo zener.

El diodo Zenner se puede identificar en los diagramas de un circuito por una línea extra en el símbolo, tal como se muestra en la (figura 2 - 4). La corriente fluirá libremente en la misma dirección que en el diodo. Sin embargo, en la dirección opuesta el flujo de corriente quedará bloqueado hasta llegar a un voltaje límite determinado. Por encima de este voltaje se produce una ruptura y entonces la corriente puede fluir. La caída de voltaje del zenner será equivalente al valor límite

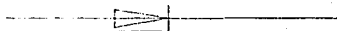


Figura 2 - 5 Diagrama Diodo Luiminoso.

El diodo emisor de luz, (LED figura 2 - 5) se utiliza como piloto indicador en una gran variedad de aplicaciones. Su barrera de potencial esta hecha con un material especial que emite luz al fluir la corriente. Las principales características de este componente son su tamaño reducido, bajo costo, bajo consumo de energía e insignificante aumento de la temperatura en funcionamiento. El diodo se coloca en un cuerpo traslúcido con una lente que dirige la luz. Los LED son sensibles a un exceso de voltaje y deben estar conectados en serie con una resistencia adecuada.

Los indicadores multisegmento se utilizan para mostrar caracteres numéricos o alfanuméricos y están disponibles en un paquete completo de chips integrados que incorpora toda la circuitería decodificadora

2.5.1 Modelos del Diodo.

Primer dispositivo electrónico sencillo, de los semiconductores, de vital importancia en los sistemas electrónicos. Se encuentra en una amplia gama de aplicaciones, que se extiende desde las más amplias hasta las más complejas. Con todas sus características de funcionamiento, operación, y descripción integrada en manuales elaborados por los fabricantes llamadas hojas de especificaciones.

El diodo ideal. Es un dispositivo de dos terminales que funciona como un interruptor, dentro de un circuito. En consecuencia, está en circuito abierto en la región que no hay conducción, es decir, cuando el voltaje y la corriente fluyen en sentido contrario a su sentido de operación el diodo se abre, provocando así lo que normalmente llamamos circuito abierto, y cuando fluye la corriente por su sentido de operación el diodo funciona como corto circuito.

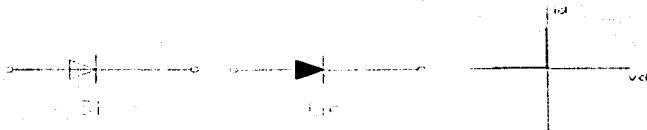


Figura 2 - 6 Modelo Ideal del Diodo.

Muchos de los diagramas utilizados en la industria, donde es despreciable una caída de voltaje de 0.7 V y 0.3 V utilizan este modelo del diodo para identificarlo.

En general, es fácil determinar si un diodo se encuentra en la región de conducción, con solo verificar que la dirección de la corriente (opuesta al de los electrones, para el flujo convencional) concuerde con la flecha del símbolo de dicho elemento.

El segundo modelo (modelo aproximado) que se utiliza, es para especificar el voltaje de arranque que se necesita para activar (encender) el diodo. (0.3 para el germanio y 0.7 para el silicio). Ya que es en este voltaje donde el diodo comienza a funcionar, no es una fuente independiente de energía, es simplemente un mecanismo o un método cualquiera que sea para incluir los efectos del voltaje de umbral que lo alejan de las características ideales.

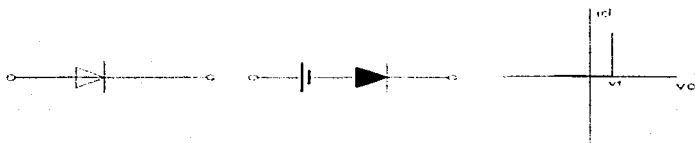


Figura 2 - 7 Modelo Aproximado del funcionamiento del Diodo.

En el comportamiento más aproximado del diodo (circuito equivalente del diodo) se le incrementa una resistencia para demostrar el quiebre de las características, esta resistencia es tan pequeña, si se compara con otros elementos de la red, que se hace innecesaria su representación en diagramas que manejen un voltaje donde este quiebre, y caídas de voltaje (voltaje de

arranque) no representen variaciones considerables, facilitando así la representación del diodo por el *modelo ideal*

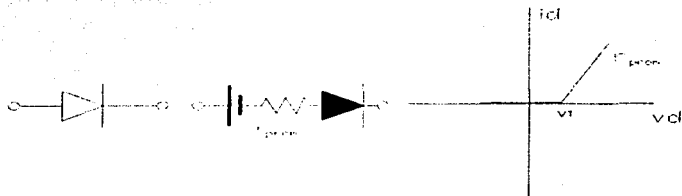


Figura 2 – 8 Modelo real del funcionamiento del diodo.

2.6 Transistores.

El 23 de Diciembre de 1947, Walter H. Brattain Y John Bardeen, demostraron el efecto amplificador del principio del transistor. El primer transistor (un transistor de punto de contacto) pequeño, sin requerimientos de filamentos, o pérdidas térmicas, ofrecía una construcción de mayor eficiencia, y resultaba más eficiente, por que el propio dispositivo ofrecía una construcción de mayor resistencia, y un dispositivo que absorbía menos potencia, con voltajes de operación mas bajos, y que no requería calentamiento.⁷

Si a una unión PN se le añade una tercera, de manera que se obtenga un arreglo PNP o NPN, se obtiene lo que se conoce con el nombre de transistor. Para la siguiente explicación se tomará en consideración un transistor NPN, como el que se muestra en la

figura 2 - 9. Las tres secciones del transistor reciben el nombre de emisor, base, y colector, siguiendo un orden de izquierda a derecha.

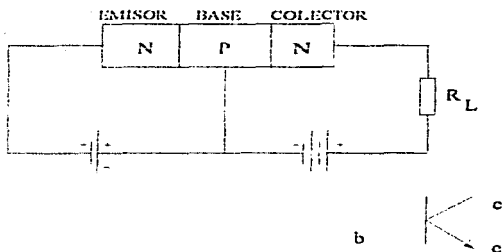


Figura 2 - 9 Transistor NPN.
Muestra Base, Colector y Emisor. Parte inferior muestra simbología

Proporcionando a cada uno de los tres cuerpos un potencial adecuado, el transistor desarrollará la facultad de amplificar señales, ya sea de voltaje y/o corriente, formador de ondas o circuito lógico. Se puede considerar al transistor como la unión de dos diodos, teniendo uno de ellos una polarización directa y de baja resistencia, mientras que el otro tiene una polarización inversa, y de resistencia elevada. Es de aquí la acción básica de amplificación, producida al transferir un circuito de baja resistencia a uno de alta resistencia.

Según la figura 2 - 9, el emisor y la base tienen polarización directa, mientras que la base y el colector tienen polarización inversa.

Esto indica que habrá un flujo de cargas entre el emisor y la base, si esta como se tiene en los diodos tiene un espesor semejante al del emisor. Si por el contrario que el espesor de la base se reduce a tal grado, que sea extremadamente delgada, se observará el siguiente fenómeno:

Los electrones impulsados por el polo negativo de la batería en dirección a la base, traspasarán a esta y penetrarán en la dirección del colector. En esta región serán atraídos por el positivo de la batería, de manera que la carga circula a través del colector, pasando por la batería para llegar finalmente de nuevo al emisor. Depende del espesor de la base la cantidad de cargas que la traspasen, deseándose que sea un porcentaje alto. Hoy en día se han logrado espesores que permiten un paso de carga mayor a 98%.

En las siguientes figuras se muestran ambos tipos de transistores, como elementos de un circuito, en el cual se tiene una fuente de señal a la entrada y una resistencia de carga a la salida. La figura 2 - 10 representa un transistor NPN y la figura 2 - 11 uno de tipo PNP. La única diferencia de ambas conexiones consiste en la diferente polaridad de las baterías, las cuales proporcionan la polarización correcta.

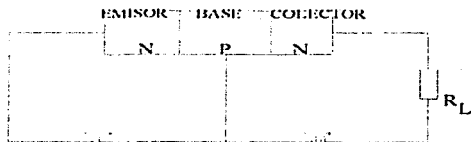


Figura 2 - 10 Transistor NPN.
Ilustra La adecuada polaridad de las baterías.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

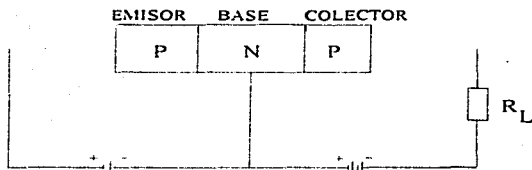


Figura 2 - 11 Transistor PNP.
Ilustra la adecuada polaridad de la batería.

Analizando las condiciones de entrada se tendrá: emisor y base tienen polarización directa, por lo cual un pequeño cambio en la tensión de la misma origina un cambio considerable en la corriente del emisor, esto implica que el transistor tiene una pequeña resistencia de entrada, que será de:

Para corriente continua,

$$R_1 = \frac{V_{EB}}{I_E}$$

y tendrá un valor de:

$$R_1 = \frac{\Delta V_{EB}}{\Delta I_E}$$

Para corriente alterna.
El valor de la resistencia de entrada en esta clase de conexión no tendrá valores mayores de 100Ω . Con las pequeñas

variaciones en la corriente de emisor I_E Y de la tensión ΔV_{EB} , se requerirá también una pequeña potencia de entrada para que el transistor pueda trabajar. Esta potencia de corriente alterna tendrá valores del orden de:

$$P_1 = \Delta V_{EB} * \Delta I_B$$

Las condiciones a la salida son las siguientes: La corriente de colector I_C y su variación ΔI_C son prácticamente de la magnitud de la corriente de emisor y su variación ΔI_E ; la corriente de colector sin embargo aparece únicamente a causa de la elevada tensión V_{CB} y a través del gran valor de resistencia interna R_2 originado por la polarización inversa. La salida por lo tanto puede generarse con un generador de alta resistencia, el cual genera una corriente que poco depende de la resistencia de carga conectada a él. Mientras se mantenga la relación:

$$\text{Resistencia de carga } R_L \ll R_2$$

El valor de operación de ΔI_C es prácticamente igual al valor de ΔI_C de corto circuito; este valor es aproximadamente $0.98 \Delta I_E$, de modo que el valor de tensión alterna a la salida será:

$$\Delta U_2 = R_L \Delta I_C = 0.98 R_L \Delta I_E$$

Comparando el valor anterior con la tensión de entrada:

$$\Delta U_1 = \Delta U_{EB} = R_1 \Delta I_E$$

Se observa que el transistor tiene amplificación de tensión de:

$$A_v = \frac{\Delta U_2}{\Delta U_1} = 0.98 \frac{R_L}{R_1}$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Para Valores de R_1 cercanos a 100Ω , resistencia de carga de unos $10\text{ K}\Omega$, se tendrá una ganancia aproximada de 100. Lo mismo es valido para la potencia de salida.

Con lo anterior queda visto que un transistor conectado con base común no tiene amplificación de corriente, pero obtiene una amplificación considerable de tensión y de potencia.⁸

2.6.1 Características de los transistores.

Para facilitar la representación de un transistor en un determinado circuito, se utiliza por lo general el símbolo que se muestra en la figura 2.6. El emisor se representa por medio de una flecha oblicua. La base es una línea recta y el colector es una recta oblicua sin cabeza de flecha. Para distinguir el tipo de transistor, se hace uso del sentido de flecha. Una base con sentido hacia la base indica que es un transistor **PNP**, donde podemos apoyarnos pedagógicamente, creando un sentido a las siglas (point in) (figura 2 - 12), mientras que una flecha en sentido que se aleja de la base, indica que se trata de un transistor tipo **NPN**, donde podemos apoyarnos nuevamente de las sigla (not point in) (figura 2 - 13)



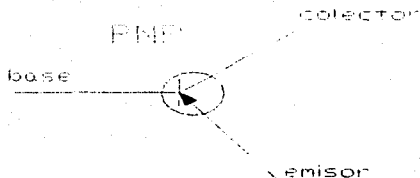


Figura 2 – 12 Representación de un Transistor PNP.
Muestra la el sentido de la flecha del emisor la cual identifica de que tipo de transistor se trata.

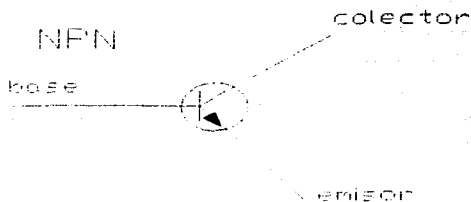


Figura 2 – 13 Representación de un transistor NPN
Muestra la el sentido de la flecha de emisor la cual identifica de que tipo de transistor se trata.

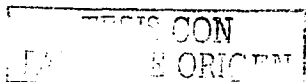
TUBOS CON
 ORIGEN
 FAI

2.6.2 Potencia.

La potencia máxima que puede disipar un transistor es la que se genera sin que haya alteraciones en la estructura cristalina de las materias empleadas en las uniones. O sea la disipación siempre deberá ser tal que el transistor no pierda sus cualidades de operación regulable. La ruptura de estructura cristalina depende fundamentalmente de los siguientes factores: la temperatura y el voltaje aplicado.

Como se explico anteriormente, el colector y la base que están en polarización inversa, equivale, a que entre estos dos elementos existe una resistencia de valor elevado. La potencia disipada en forma de calor en esta unión es de $I_c^2 R$, un aumento en la temperatura origina que aumente el número de conductores de cargas involucrando un aumento de la temperatura disipada. El fenómeno se repite ya que tiene una reacción en cadena: el aumento de la temperatura disipada origina un aumento de la corriente I_c , lo que a su vez vuelve a originar un aumento de temperatura hasta llegar a tal grado que se abate totalmente la estructura del material. Esta autoalimentación de potencia se evita con una resistencia en el circuito emisor, como más adelante se verá. Es por eso que cuando se indica la potencia máxima de disipación de un transistor, esta siempre se hace con referencia a una temperatura ambiente. La potencia máxima permisible que puede ser disipada por un transistor se obtiene:

$$P_{CMAX} = \frac{T_J - T_{AMB}}{R_{THERM}}$$

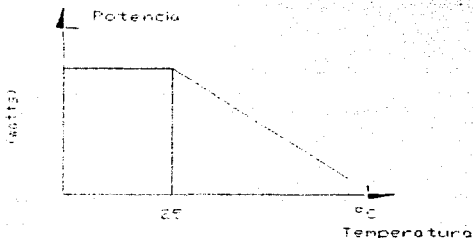


T_J . Temperatura máxima que puede resistir la estructura cristalina del material que compone el transistor sin que pierda sus características de conducción regulable.

T_{AMB} . Temperatura ambiente en la cual deberá operar el transistor, mientras menor sea este valor, tanto mayor será el valor de la potencia máxima.

R_{THERM} . Indica El valor de la resistencia al calor de los materiales de la unión. Este valor también es un dato que proporciona el fabricante. Las unidades de este valor son de $^{\circ}C/watt$.

Una representación grafica de la dependencia de la potencia disipada y la temperatura, se muestra a continuación (figura 2-14):



*Figura 2 - 14 Grafica Potencia vs Temperatura.
Muestra como la potencia no aumenta, lo que aumenta es la temperatura, hasta después de los 25 grados. La temperatura sigue en aumento y la potencia disminuye.*

El segundo valor que limita la potencia es el voltaje aplicado. Siempre será mayor el voltaje aplicado entre base y colector que el que se tiene entre el emisor y la base, por lo que el primero será el voltaje crítico. De lo mencionado anteriormente se sabe que la tensión entre el colector y la base es invertida, y si este voltaje llega al valor zenner habrá una circulación grande de carga, por abatirse la estructura atómica del material. Ya que este incremento de corriente es casi instantáneo, existe el peligro que la corriente carezca demasiado y origine la destrucción del elemento.

El valor de la potencia máxima siempre aparece en forma de hipérbola en las curvas características de los transistores

La frecuencia con la que es excitado es otro factor, que hace variar la potencia generada de un transistor, si la frecuencia aplicada rebasa cierto limite entonces la ganancia decae rápidamente. La respuesta a la frecuencia depende de varios factores, dos de lo más importantes son:

1. La velocidad, con lo cual los portadores de carga se desplazan de emisor hacia el colector, cuando se aplica una señal
2. La capacitancia entre las diferentes secciones del transistor.

Las características de frecuencia de un transistor frecuentemente se da en términos de la frecuencia de corte. La frecuencia de corte se obtiene cuando la relación de la corriente de salida de colector a la corriente de emisor cae a un valor de .0707 debajo de su valor, a una frecuencia de 1000 ciclos por segundo.

2.6.3 Curvas Características Del Transistor.

Para determinar las características de amplificación de un transistor, se hace uso de los parámetros característicos, los cuales se utilizan cuando las señales son muy pequeñas, o se emplean las curvas características, cuando se trabaja cerca de sus límites de operación. De esta manera y gracias a los datos proporcionados por los fabricantes, nosotros podemos predecir el comportamiento de un transistor, conociendo su punto óptimo de operación, niveles límite de operación, temperaturas óptimas de operación, puntos de saturación, amplificación de la señal resultante, formas de conexión y sus señales resultantes etc., para su aplicación o reemplazo en circuitos. Todos estos datos son proporcionados por los fabricantes, en diferentes manuales.

2.6.4 Diferencias En Transistores.

Sabemos que un transistor BJT, es un dispositivo controlado por corriente. El transistor de efecto de campo FET, es un dispositivo unipolar, y es un dispositivo controlado por voltaje.

Pueden hacerse algunas comparaciones entre estos dispositivos:

- El FET tiene una resistencia extremadamente alta con un valor típico de casi $100M\Omega$ (la resistencia de entrada típica del BJT es de $2k\Omega$).
- El FET no tiene voltaje unión cuando se utiliza como interruptor (o muestreador).
- El FET es hasta cierto tiempo inmune a la radiación aunque el BJT es sumamente sensible.

- El FET es menos ruidoso que el BJT y, en consecuencia más apropiado para etapas de entrada de amplificadores de bajo nivel

- El FET puede operarse para obtener una mayor estabilidad térmica que el BJT.

- El FET es más pequeño que el BJT y por lo tanto más popular en los circuitos integrados.

- Algunas desventajas del FET son la ganancia de ancho de banda relativamente pequeña del dispositivo, y es más fácil dañarse cuando se le maneja en comparación con el BJT

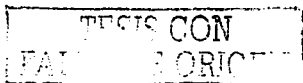
2.7 Compuertas.

En el XIX, el matemático inglés George Simon Boole (1815 – 1864) publicó el tratado "Análisis matemático de Lógica". A partir de sintetizar la lógica aristotélica, Boole desarrolló un lenguaje simbólico que llamó Álgebra Booleana, la cual podía ser aplicado al razonamiento lógico de las relaciones entre proposiciones.

El trabajo de Boole permaneció en el anonimato hasta 1938, hasta que Claude B. Shannon, explicó como relacionar la teoría lógica a la teoría de los circuitos electrónicos, estableciendo los principios de lógica digital.

La lógica binaria trata con variables que toman dos valores discretos y con operaciones que asumen el significado lógico, de 1 y 0. Regida por postulados y axiomas, hay tres operaciones lógicas básicas: *Estas llamadas señales digitales, pueden emplearse para controlar señales analógicas especificando rangos determinados.*

- AND
- OR
- NOT



De estas operaciones (ecuaciones lógicas*) existe un resultado especificado por la definición de la operación lógica por cada combinación de valores. Estas definiciones (axiomas y postulados) pueden listarse en una forma compacta usando tablas de verdad**; ó un diagrama de temporización***, la cual muestra la relación entre los valores que las variables pueden tomar y el resultado de la operación. Que describen y predicen el comportamiento de los circuitos lógicos (compuertas).

Cualquier información deseada para calcular o controlar, puede ser operada pasando señales binarias a través de varias combinaciones de circuitos lógicos con cada señal que representa una variable y transporta un bit de información.¹⁰

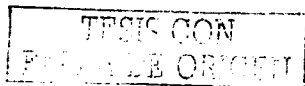
Los circuitos lógicos digitales están contruidos invariablemente en (CI) circuitos integrados. Un (CI) circuito integrado es un cristal semiconductor de silicio, llamado pastilla (sustrato) y generalmente contiene, transistores, diodos, resistencias y condensadores. Con dos presentaciones, pastilla plana y la pastilla de hilera doble(muy frecuente en el mercado), con protección de cerámica o de plástico. Y donde cada fabricante publica su propio manual de características.

Las compuertas o gates, son bloques básicos de cualquier circuito digital; realizan operaciones lógicas sencillas y toman decisiones (Rigiendo a estas la lógica binaria). Con dos o más líneas de entrada y una de salida. Todos los aparatos digitales,

* Ecuación lógica. Relaciona matemáticamente las salidas con entradas.

** Tabla de verdad. Representa ordenadamente todas las posibles combinaciones de estados lógicos que pueden existir en las entradas y el valor que toma la salida en cada caso.

*** Diagrama de temporización. Representa gráficamente el comportamiento de una compuerta con señales variables en el tiempo

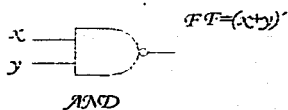


desde el más simple dispositivo hasta el más sofisticado computador, están formados por compuertas conectadas en una gran variedad de configuraciones.

Se usan como compuertas normalizadas para el diseño digital las siguientes ocho compuertas:

- AND
- OR
- INVERSOR
- SEPARADOR
- NAND
- NOR
- OR – exclusiva (XOR)
- NOR – exclusiva o equivalencia.

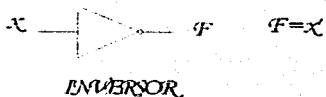
Los símbolos gráficos y las tablas de verdad de las ocho compuertas siguientes se muestran en la siguiente figura. Cada compuerta tiene una o dos entradas variables designadas como x e y , y una variable de salida binaria designada como z (Sin olvidar que a excepción del inversor y el separador pueden expandirse a múltiples entradas, siempre y cuando la operación binaria que representa sea conmutativa y asociativa).



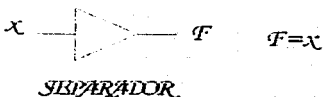
x	y	F
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



x	y	F
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



x	F
0	1
1	0



x	F
0	0
1	1

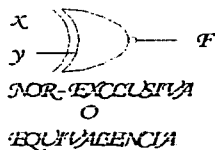
Figura 2 - 15 Muestra Compuertas Digitales y Tabla de Verdad.



$$F = y' + xy$$

$$= x(+y)$$

x	y	F
0	0	0
0	1	1
1	0	0
1	1	0



$$F = y + x'y'$$

$$= (x)y$$

x	y	F
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Figura 2 - 15(Continúa) Muestra Compuertas Digitales y Tabla de Verdad.

A menudo los circuitos integrados se clasifican de acuerdo con la complejidad de su circuitería, que se estima por el número de compuertas lógicas, equivalentes en el sustrato. Así entonces existen 5 niveles estándar de complejidad que son:

1) *Baja escala de integración. (SSI)*

Contiene de 1 a 12 compuertas o circuitos equivalentes integrados.

2) *Mediana escala de integración (MSI) (Combinacionales.)*

Circuito que contiene de 12 a 100 compuertas lógicas o circuitos equivalentes. Una compuerta en promedio contiene de 6 a 8 transistores y demás resistencias.

TESIS CON
PALMARE ORIGIN

3) *Gran escala de integración. (SI)*

Circuito integrado que contiene de 100 a 1000 compuertas lógicas o circuitos equivalentes.

4) *Muy alta escala de integración. (VLSI)*

De 10 000 a 99 000 compuertas lógicas.

5) *Ultra escala de integración. (ULSI).*

Mas de 100 000 compuertas en un chip.

2.8 Comparadores De Magnitud.

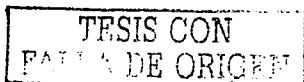
Otro Miembro útil perteneciente a la categoría de mediana integración es el comparador de magnitud.

Circuito combinacional que compara dos cantidades binarias de entrada y genera salidas que indican que palabra tiene la mayor magnitud.

Un comparador es un circuito que nos da un solo nivel, siempre que sus entradas son idénticas, si sus entradas son diferentes, el nivel de salida cambia.

Estos circuitos se utilizan en lectores de tipo binario, telefónico, o llaves electrónicas.

El principio básico es la función XOR, o OR - exclusiva ya que esta función da un nivel bajo a su salida cuando los datos son iguales.



3 EVOLUCION Y COMPONENTES DEL CPU.

3.1 Historia Del Microprocesador.

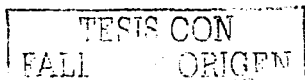
Los antiguos babilonios empezaron a usar el ábaco (calculadora primitiva hecha con esferas huecas), al rededor de 500 años A.C. Esta máquina inspiro a la humanidad para desarrollar una calculadora en que se utilizaban engranes y ruedas (Blas Pascal en 1642). En la década de los 40 se continuaron los trabajos, con las computadoras gigantescas hechas con tubos de vacío (bulbos) y relevadores. Mas adelante, en 1960, se continuo se continuaron los trabajos, con los transistores y componentes electrónicos de estado sólido; para llagar así a las poderosas computadoras. Con el advenimiento de los circuitos integrados se perfecciono el microprocesador y los sistemas del microprocesador.

3.2 Principios Básicos De Los Microprocesadores.

La técnica informática no es algo natural. si una maquina, como lo es el ordenador, es capaz de guardar y/o representar datos, es por que alguien se ha inventado un procedimiento artificial para poder conseguir eso¹.

El principio de funcionamiento de los ordenadores se debe, a la facilidad que tienen los dispositivos electrónicos de manejar informaciones binarias. Se han desarrollados circuitos capaces de realizar operaciones matemáticas como de manejar información alfanumérica o procesar una información grafica. En cualquier caso, para el ordenador todas esas informaciones siempre se resumen en lo mismo, voltaje o no voltaje, 0 o 1.

Cundo un ordenador guarda su información en algún periférico, sustituye el estado de tensión /no tensión, por estados como campo magnético (discos magnéticos) o reflexión de la luz /



no reflexión de la luz (discos ópticos), pero en cualquier caso siempre tratamos con información 0 y 1, llamado dígito binario (bit), un sistema como este donde solo se manejan dos signos recibe el nombre sistema binario y la información que producen se le llama información binaria.

La información 0 y 1 no tiene ninguna utilidad en sí, si no representa una información útil para el usuario. En ese sentido es necesario establecer una relación entre los ceros y unos de los ordenadores y las relaciones alfanuméricas, de audio, video o de cualquier otra naturaleza utilizada por el hombre. Para eso, existen unos procedimientos llamados codificación, llamándose código, a la tabla de correspondencia (o fórmula) que relaciona la información alfanumérica, de audio o de video con la información binaria.

En los ordenadores de tipo PC, encontramos la utilización del código ASCII (American Standard Code for Information Interchange). El código ASCII representa con 7 bits las letras mayúsculas y minúsculas, los números, los signos de puntuación y caracteres de control. Pero para los procesadores más modernos existe también un código ASCII extendido de ocho bits por carácter, el cual incorpora una gran variedad de símbolos gráficos. El código ASCII extendido es el utilizado habitualmente por el sistema operativo DOS del PC.

Las computadoras compatibles con la PC usan procesadores fabricados principalmente por Intel. Compañías como AMD, Cyrex, e IBM, realizando procesos de ingeniería han diseñado los propios, a un precio más accesible aunque en algunos casos, menos eficientes que los de Intel, pero no menos efectivos. lo cual ha traído como consecuencia evitar un disparado precio de los procesadores Intel, todos estos procesadores son compatibles con los diferentes dispositivos electrónicos de un PC.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.2.1 Arquitectura Interna Básica.

Los microprocesadores modernos, igual que los anteriores, interpretan códigos de instrucción recibidos de la memoria, ejecutan operaciones aritméticas, lógicas y de control, basadas en datos almacenados en registros internos, palabras de memoria o unidades de interconexión². Los microprocesadores modernos están estructurados de modo que contengan muchas unidades internas de procesamiento, cada uno de los cuales efectúa una tarea específica (Téngase en cuenta que cada una de estas unidades de procesamiento es, en realidad, un microprocesador para fines especiales.) Esto significa que el microprocesador moderno puede a menudo procesar cierto número de instrucciones en forma simultánea, en diversas etapas de la ejecución.

Esta capacidad recibe a menudo el nombre de *paralelismo*³.

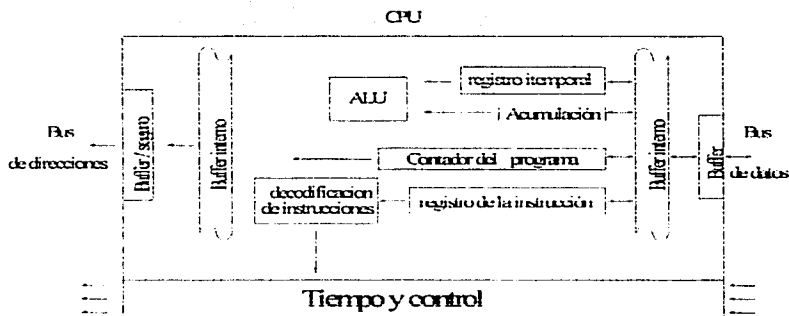


Figura 3 - 1 Unidades internas de procesamiento.

El microprocesador contiene un número de registros (elementos de almacenamiento), una unidad lógica aritmética, una unidad de tiempo, una lógica de control⁴, y circuitería de decodificación de instrucciones además de las conexiones necesarias para la entrada y salida de datos.

El espacio de direccionamiento de un sistema basado en un microprocesador, se denomina memoria lógica o memoria física.

Así pues la memoria lógica se numera por bytes, además de ser el mismo espacio básico en todos los microprocesadores Intel donde la única diferencia es que algunos procesadores contienen mas memoria que otros.

Las memorias físicas de los procesadores Intel difieren en ancho. Las memoria 8088 es de 8 bits de ancho, las memorias del 8086, 80186, 80286 y 80386SX tienen 16 bits de ancho, para la 80486 32 bits de ancho. Para la programación no hay diferencia en el ancho de memoria, porque la memoria lógica siempre es de 8 bits de ancho⁵, pero si existe una gran diferencia para el diseñador de software.

La memoria esta organizada en bancos de memoria⁶. Los microprocesadores de 16 bits tienen dos bancos de memoria para formar una sección de memoria de 16 bits de ancho, a la cual se direcciona por bytes o por palabras. Los microprocesadores de 32 bits tienen cuatro bancos de memoria, pero se les direcciona como bytes, palabras o dobles palabras.

⁵ Un banco de memoria es una sección de 8 bits de ancho.

TESIS CON
FUELA DE ORIGEN

3.2.2 Arquitectura Del Sistema.

La comunicación entre un procesador y el sistema se da a través de 3 canales básicos: *el canal de direcciones, el canal de datos y de control*. El *canal de direcciones* suministra una dirección en la memoria para la memoria del sistema o el espacio de entrada/salida (E/S) para los dispositivos de E/S del sistema. El *canal de datos* transfiere estos entre el microprocesador y la memoria y los dispositivos de E/S conectados en el sistema. El *canal de control* suministra señales de control que hacen que en la memoria o el espacio de E/S efectúen una operación de lectura o de escritura. Las señales de control que hacen posible la lectura o escritura en la memoria o el espacio de E/S varían muy poco entre un miembro y otro de la familia ⁶.

El ancho del canal de datos determina cuantos bytes transfieren a la vez, entre el microprocesador y la memoria, mientras que el ancho del canal de direcciones determina cuanta memoria direcciona al el microprocesador. En las futuras generaciones de microprocesadores y de microcomputadoras se tendrán canales de quizá 128 bits.

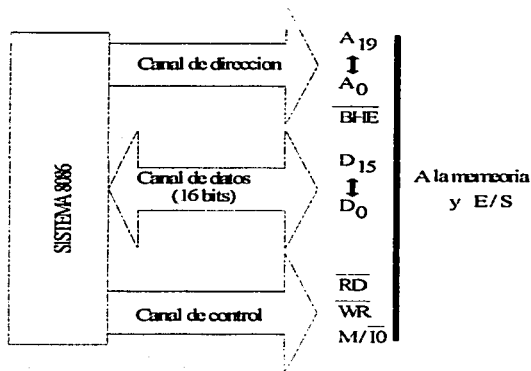


Figura 3 - 2 Ilustra el canal de datos de 16 bits, el canal de direcciones de 20 bits, y el canal de control.

Con la ayuda de la figura 3 - 2 quiero facilitar la comprensión de la comunicación, y el control, del microprocesador con los periféricos que integran el sistema. Todos los microprocesadores de la familia Intel, tendrán una forma similar de comunicación entre sus periféricos, conforme vaya dándose su evolución, obviamente las diferencias entre procesadores podrán ser consultadas en los manuales de operación, proporcionados por los diferentes fabricantes

3.3 Evolución Del Microprocesador.

En 1971 Intel y el talento creativo de Merjian E. Of Lanzaron el primer microprocesador: el 4004, de **4 bits**, con capacidad para direccionar 4096 localidades de 4 bits en la memoria, contaba sólo con 45 instrucciones diferentes.

Como consecuencia sólo tenía aplicaciones limitadas, por ejemplo, para los primeros juegos de video, y en controladores pequeños basados en microprocesadores. Así cuando se necesitó de aplicaciones más complejas este quedó rebasado.

En ese mismo año al percatarse que el procesador era un producto viable para la comercialización, Intel Corporation, produjo un nuevo microprocesador: el 8008 de **8 bits**. Con un tamaño ampliado de la memoria (**16K *8**) y 48 instrucciones adicionales, con la capacidad de aplicaciones mucho más avanzadas

Conforme los ingenieros desarrollaban usos más demandantes para el microprocesador, la memoria y el juego de instrucciones del 8008 fueron quedando limitadas.

Por tanto en 1973, Intel Corporation introdujo en el mercado un nuevo microprocesador: el 8080, de **8 bits**, diseccionaba más en la memoria y ejecutaba más instrucciones, con diez veces más rapidez que el 8008, solo necesitaba 2.0 μ s, además de ser compatible con la lógica de transistores (TTL) lo cual significaba que se podía conectar con componentes de lógica TTL estándar. Todas estas ventajas introdujeron la era del 8080 y la época siempre en expansión del procesador.

Pronto otras empresas empezaron a lanzar sus propias versiones de los procesadores de 4 y 8 bits

* 1K es igual 1024 y un byte es un número de 8 bits.

En 1977, Intel introdujo una nueva versión del procesador 8080, el 8085, ligeramente más avanzado, ya que direcciona la misma cantidad de memoria, ejecuta más o menos la misma cantidad de instrucciones y suma 1.3 μ s en lugar de 2 μ s.; ahora con componentes externos como, el generador de reloj, y el controlador del sistema, que en el procesador 8080, eran componentes externos.

En 1978, Intel lanza el microprocesador 8086, y un año más tarde el 8088, dispositivos de **16 bits**, ejecutan instrucciones en 400 μ s, una gran mejoría en relación de velocidad del el 8085. Tienen también capacidad para direccionar a 1 Mbyte o una memoria de 512K palabra. Tienen un gran número de registros internos. Estos registro adicionales permiten escribir, software con mucha más eficiencia. Así mismo, los programas de aplicación del software (sistemas administrativos basados en datos, listados, procesadores de palabras y verificadores de ortografía) empezaron a requerir más de los 64 Kbytes de memoria disponibles en el microprocesador de 8 bits

La evolución del microprocesador de 16 bits, continuo con la introducción del microprocesador 80186, utilizado en muchas aplicaciones de control, pero no como el microprocesador principal en los sistemas de computadoras personales, si no para controlar la memoria de disco duro o una interfase para comunicaciones.

El microprocesador 80286, es una versión mejorada del 8086, que contienen una unidad de administración de memoria y direcciona a una memoria de 16 Mbyte. La velocidad de reloj es a 16 MHz, en la últimas versiones producidas por Intel. La versión básica del 8086 y del 8088 ejecutaba hasta 2.5 MIP. (millones de instrucciones por segundo), en tanto las versiones básicas del 80286 ejecuta hasta 8 MIP'.

Intel creo posteriormente una versión nueva de microprocesadores, de **32 bits**, cuya principal ventaja es una

TESIS CON
LA DE ORIGEN

frecuencia de reloj mucho mas alta (33MHz en el 80386 y 66 MHz en la versión de reloj del 80486) así como un espacio mucho mayor en la memoria de (4Gbytes).

El microprocesador 80486 contiene básicamente un 80386 mejorado, un procesador aritmético(para la versión DX del 80486) y una memoria cache interna de 8Kbytes. El 80386 ejecuta muchas instrucciones en dos ciclos de reloj, mientras que el 80486 ejecuta muchas instrucciones en un ciclo de reloj. Estas mejoras, combinadas con un reloj de 66MHz (80486 DX2) permiten que las instrucciones se ejecuten a 54 MIP. , de acuerdo con Intel Corporation.

El 22 de marzo de 1993 se libero en el mercado la nueva generación de microprocesadores Intel, el denominado Pentium; compatible con toda la línea de microprocesadores Intel, pero con diferencias. El Pentium comprende conductos de datos gemelos, lo que permite ejecutar dos instrucciones al mismo tiempo, lo que Intel llama tecnología superescalar. Así entonces el Pentium puede ejecutar muchas instrucciones en una proporción de dos instrucciones por ciclo. El Pentium es uno de los primeros chips CICS (Conjunto de instrucciones complejo de computadora) que es considerado como superescalar, El Pentium es como tener dos 486 en la máquina. (Entre muchas otras ventajas).

En mayo de 1997 Intel da a conocer el Pentium II. El chip se caracteriza por su cartucho SEC (contacto en un solo extremo) y su gran disipador de calor. El procesador se monta sobre su propia tarjeta pequeña, junto un cache L2, la cual se conecta a la tarjeta madre mediante un conector de extremo, muy similar a una tarjeta PCI de E/S. Intel desarrollo un nuevo factor de NLX para ir junto con el Pentium II.

Estos son procesadores muy rápidos, ya que el Pentium II a 266 MHz es dos veces más rapido que el Pentium clásico a 200 MHz entre otras ventajas.

TESIS CON
PA LA DE ORIGEN

<i>No. de pieza.</i>	<i>Ancho el canal de datos.</i>	<i>Tamaño de memoria</i>
8048	8	2K interna
8051	8	8K interna
8085A	8	64 K
8086	16	1M
8088	8	1M
8096	16	8K interna
80186	16	1M
80286	8	1M
80386Dx	32	16M
80386SL	16	432MG
80386SX	16	16M
80486DX	32	4G
80486SX	32	4G
Pentium	32/64	4G

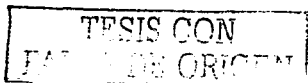
Tabla. 3 -1 Evolución de microprocesadores.

3.3.1 Bus De Datos.

Una de las formas de describir un procesador, es por el tamaño del bus de datos y del bus de direcciones. *Un bus es simplemente una serie de conexiones que transporta señales comunes.* Un ejemplo es un compresor que entregue 7 Kg. de presión a una tubería en línea, si conecto, tomas de aire en el recorrido de esta línea siempre tendré 7 Kg. de presión en cualquier toma; y habré construido un bus de datos. **Así entonces es el conjunto de alambres (o pins) utilizados para enviar y recibir datos.**

Se puede denominar bus a cualquier medio de transmisión que tenga más de una toma en cada extremo⁸.

Los datos en una computadora, se mandan como señales digitales, en un determinado intervalo de tiempo, en el que un solo



alambre lleva 5v para indicar un bit de datos 1 o 0v para indicar in bit de datos cero. Lógicamente entre más líneas conductoras lleva, se puede enviar más información en un mismo intervalo de tiempo. Un chip como el 286, el cual tiene 16 líneas para transmitir y recibir información tiene un bus de 16 bits, mientras que un 486 (que contiene 32 bits), tiene el doble de líneas conductoras en la transmisión simultanea y puede enviar el doble de información en el mismo intervalo de tiempo. Una estructura como esta tiene la capacidad de mover cuatro bytes de información a la vez por línea conductora.

El bus del procesador opera a la misma velocidad de reloj a la que lo hace la CPU, en forma externa. Esto puede parecer engañoso, ya que la mayoría de los CPUs actuales operan internamente a una velocidad de reloj superior a como lo hacen en forma externa.

Así entonces el bus de datos del procesador es un conjunto de líneas bidireccionales, que transportan información del coprocesador hacia la memoria o puertos - periféricos - y de éstos hacia el microprocesador.

Por lo tanto, un Pentium, Pentium Pro, o Pentium II pueden transferir 64 bits de datos a la vez.

3.3.2 Bus De Memoria.

El bus de memoria se usa para transferir información entre la CPU y la memoria principal - la RAM de su sistema -. Este bus puede formar parte del procesador o en la mayoría de los casos, estar implementado por separado mediante un conjunto de chip dedicado que es responsable de transferir información entre el bus de el procesador y el bus de memoria. Los sistemas que operan a velocidades de reloj de la tarjeta madre de 16 MHz o mayores efectúan ciclos de frecuencias que exceden la capacidad de los chips de RAM dinámica. Prácticamente en todos los sistemas de 16 MHz o más rápidos habrá un conjunto especial de chips o controlador de memoria que la interfaz entre el bus de procesador más rápido y la más lenta memoria principal. Por lo común este

conjunto de chips es el mismo que es responsable de manejar el bus de E/S. La. Figura 3 - 2 muestra donde se ubica el bus de memoria en la PC.

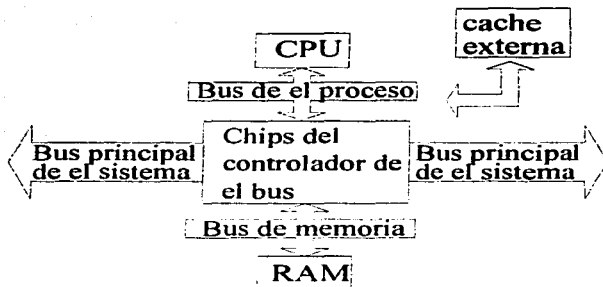


Figura 3 - 3 Ubicación de memoria dentro del CPU.

La información que viaja a través del bus de memoria se transfiere a una velocidad mucho menor que la información del bus del procesador. Los sockets para chips o las ranuras para SIMMs / DIMMs (Módulos de memoria sencilla / Dual en línea) de memoria se conectan al bus de memoria en forma muy similar a como se conecta las ranuras de expansión al bus E/S.

3.3.3 Bus De Direcciones.

El bus de direcciones (unidireccional) por él solamente circula información proveniente del microprocesador. Comprende a las líneas que transmiten una dirección generada por el CPU, la cual selecciona a un puerto o a una localidad de memoria. Esta dirección especifica el origen o destino de la información que transmitirá el por el bus de datos¹⁰. Cada línea lleva un bit de información. Este bit aislado corresponde a un solo dígito de la dirección. Entre más líneas (dígitos) se emplean en el cálculo de estas direcciones, será mayor el número total de ubicaciones posibles a referenciar o direccionar. El tamaño (o ancho) del bus de direcciones indica la cantidad máxima de RAM que puede direccionar un chip¹¹.

Las computadoras emplean el sistema de numeración binario (de base 2), de modo que un número de dos dígitos sólo proporciona cuatro direcciones únicas (00, 01, 10, y 11), calculado como 2 elevado a la segunda potencia; y un número de tres dígitos proporcionará sólo ocho direcciones (de la 000 a la 111) que es a la tercera potencia. Por ejemplo, los procesadores 8086 y 8088 emplean un bus de direcciones de 20 bits, que permite calcular un máximo de 2 a 20^{a} potencia, o 1,048,576 bytes (1Mb) de ubicaciones de dirección.

El bus de datos y el bus de direcciones son independientes, así que los diseñadores de chips pueden utilizar cualquier tamaño que deseen para cada uno. Sin embargo por lo regular, los chips con buses de datos más grandes tienen también buses de direcciones de mayor tamaño. Los tamaños de los buses pueden proporcionar información importante acerca del potencial de un chip, medido en dos formas relevantes. El tamaño del bus de datos es u indicador de la capacidad de transferencia de información del chip y el tamaño del bus de direcciones le indica que tanta memoria puede manejar el chip.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.3.4 Bus De Control.

La sincronización y el sentido de transferencia de información en el bus de datos (hacia a adentro o hacia fuera del microprocesador) y el tipo de transferencia se indican por medio de señales de control originadas en el CPU. Cada una de las señales en el bus de control es unidireccional. Algunas de ellas son salidas de el microprocesador, mientras otras son entradas a él¹².

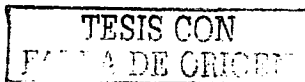
3.3.5 Registros Internos.

Según el tamaño de los registros internos nosotros podemos medir la capacidad de manejo de información simultánea del microprocesador.

A menudo los registros internos son mas grandes que el bus de datos , lo que significa que el microprocesador requiere de dos ciclos antes de poder operar en el. Por ejemplo, tanto el 386SX como el 386DX tienen registros internos de 32 bits, pero el 386DX puede hacer el trabajo en un solo ciclo. Lo mismo sucedería al pasar datos de los registros de vuelta al bus del sistema.

El Pentium tiene un bus de datos de 64 bites, pero registros internos de 32 bites, que funcionan como dos chips de 32 bits en uno. El bus de datos de 64 bits proporciona un llenado muy eficiente de estos registros múltiples¹³.

Podemos concluir que los registros internos son la capacidad e manejo de información simultanea de un procesador.



3.3.6 Tasas De Velocidad Del Procesador.

La velocidad de reloj de un sistema de computadora se mide en términos de frecuencia por lo regular expresada como un número de ciclos por segundo. Un oscilador de cristal controla la velocidad de reloj, utilizando un fragmento de cuarzo en un pequeño contenedor de estaño.

Al aplicar voltaje al cuarzo, este comienza a vibrar (oscilar) a una frecuencia armónica determinada por la forma y el tamaño del cristal. Las oscilaciones emanan del cristal en forma de una corriente que se alterna a la frecuencia armónica del cristal. Las oscilaciones emanan del cristal en forma de una corriente que se alterna a la frecuencia armónica del cristal. Esta corriente alterna es la señal de reloj. Un sistema típico de computadora ejecuta millones de estos ciclos por segundo, de modo que la velocidad se mide en mega hertz (MHz) (un Hertz equivale a un ciclo por segundo).

Un ciclo individual es el elemento de tiempo más pequeño para el procesador. Cada acción requiere de por lo menos un ciclo y comúnmente varios ciclos, mas estados de espera (una tic de reloj, donde no sucede nada para asegurar que el procesador no se está adelantando al resto de la computadora).

También el tiempo requerido para ejecutar instrucciones varía. A los procesadores originales 8086 y 8088 les tomaba un promedio de 12 ciclos para ejecutar una sola instrucción. Los procesadores 286 y 386 mejoraron estas proporciones alrededor de 4.5 ciclos por instrucción; el 486 disminuyó aún más el índice a 2 ciclos por instrucción. El Pentium incluye conductos de

* Los Hertz reciben su nombre del físico alemán Heinrich Rudolph Hertz. En 1885, Hertz, confirmó, mediante la experimentación, la teoría electromagnética, la cual establece que la luz es una forma de radiación electromagnética y se propaga en forma de ondas.

instrucciones gemelos, y otras mejoras que proporcionan una operación a un ciclo por instrucción promedio.

3.3.7 Sockets Over Drive.

Intel ha declarado que todos sus futuros procesadores tendrán disponibles versiones Over Drive para actualizaciones posteriores. Como resultado, Intel ha desarrollado una serie de diseños de sockets que darán lugar no sólo al procesador original con el que se embarca el sistema, sino también el futuro procesador Over Drive.

En muchos casos, las futuras unidades Over Drive serán mucho más, que sólo el mismo tipo de procesador operando a una mayor velocidad de reloj. Aunque la serie original de procesadores Over Drive para los chips 486SX y 486DX fueron simplemente versiones de los mismos chips con el reloj duplicado. Intel ha desarrollado desde entonces actualizaciones Over Drive que van mas allá de este nivel.

Estos nuevos procesadores requieren por lo general un socket más grande que el de los procesadores originales a los que replazan, reservando pins adicionales para nuevos procesadores cuando estén listos. Intel ha puesto a disposición de todo el mundo las especificaciones de pins, y algunas funciones de los nuevos procesadores de manera que los diseñadores de tarjetas madre pueden instalar los sockets adecuados. Después de todo lo que tiene que hacer el usuario final es comprar el nuevo chip e instalarlo en lugar de el original. Para facilitar este proceso, Intel requiere ahora que todos estos sockets sean de diseño ZIF.

Intel ha creado una serie de diseños de sockets, denominado Socket 1 a Socket 8. Cada uno esta diseñado para manejar un rango diferente de procesadores originales y de actualización.

La siguiente tabla (tabla 3 - 2), muestra las especificaciones de estos sockets y la disposición de pines de cada uno de estos.

TESIS CON
FOLIO DE ORIGEN

No. de Socket	No. de Pines	Disposición de Pines	Voltaje	Procesadores que soporta
Socket 1	169	17 x 17 PGA	5v	SX/SX2, DX/DX2,, DX4 OverDrive
Socket 2	238	19 x 19 PGA	5v	SX/SX2, DX/DX2,, DX4 Over Drive, 486 Pentium OverDrive
Socket 3	237	19 x 19 PGA	5v/3.3v	SX/SX2, DX/DX2,, DX4, 486 Pentium OverDrive
Socket 4	273	21 x 21 PGA	5v	Pentium 60/66, Pentium 60/66 OverDrive
Socket 5	320	37 x 37 SPGA	3.3v	Pentium 75 - 133 Pentium 75 + OverDrive
Socket 6	235	19 x 19 PGA	3.3v	DX4, 486 Pentium OverDrive
Socket 7	321	37 x 37 SPGA	VRM	Pentium 75 - 200, Pentium 75 + Over Drive
Socket 8	387	Patron dual SPGA	VRM	Pentium Pro.

Tabla 3 - 2 Compatibilidad entre Socket y procesador, No. de pines, Disposición de Pines y voltaje.

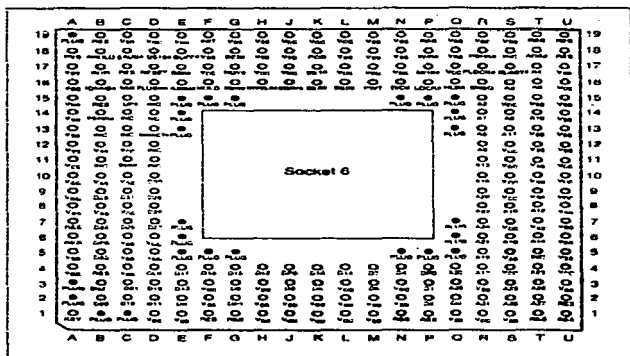


Figura 3 - 4 Configuración del Socket 6 Intel de 235 pines.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Se ha incluido la representación del socket 6 con la intención de facilitar el reconocimiento de la diferencia entre cada socket así como en la distribución de pins, establecidos por Intel, para cada procesador.

3.3.8 Tarjetas Madre.

El componente más importante en un sistema PC, es la tarjeta principal o tarjeta madre, también llamada tarjeta del sistema o tarjeta plana. A esta se conectan todos los dispositivos internos y periféricos del PC y deben existir cierta compatibilidad entre ellos.

Obsérvese que todos los procesadores que se venden hoy en día, operan a un múltiplo de velocidad de la tarjeta madre ¹⁴. Por ejemplo el Pentium 75 MHz opera a una velocidad de tarjeta madre de 50 MHz, los chips Pentium de 60, 90, 120, 150 y 180MHz, operan a una velocidad base de la tarjeta madre de 60 MHz.

Al igual pasa con la velocidad de disco duro y el reconocimiento de Modems, tarjetas de sonido y video, selección, de Simms ó DDimms, etc., y demás periféricos.

Todos los datos necesarios para el uso óptimo de cualquier tarjeta madre pueden ser encontrados en los manuales que provee cada fabricante.

TESIS CON
PALE DE ORIGEN

3.3.9 Ranuras De Expansión E/S.

Como ya hemos mencionado un bus es una trayectoria común a través de la cual pueden viajar los datos dentro de una computadora. Esta trayectoria se utiliza para comunicar dos elementos o más de la computadora, el bus del procesador, bus de memoria, bus de direcciones, y bus de E/S*.

El bus de E/S o ranuras de expansión es lo que permite a su CPU comunicarse con sus dispositivos periféricos, ya que este bus permite agregar a la computadora dispositivos que amplían su capacidad, por ejemplo pueden adaptarse tarjetas de sonido, video, o sistemas mas especializados como las tarjetas de interfaz de red, los adaptadores host SCSI o la interfaz que utilizaremos en esta tesis para el control de motores de paso.

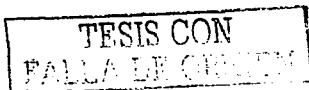
3.3.10 Diferentes Arquitecturas Del Bus De E/S.

Desde la aparición de la primera PC, se han desarrollado muchos tipos de buses. Debido a la necesidad de CPUs mas rápidas, demandas crecientes de los programas, y mas grandes requerimientos de multimedia se requiere de mayores velocidades de E/S para un mejor desempeño de los periféricos con el sistema

Es curioso pero la estandarización del bus E/S (también llamados Slots), ha traído como consecuencia el lento desarrollo tecnológico en la evolución de este. Debido al cuidado que se tienen en la compatibilidad, la cual ata al presente con el pasado.

Así pues podemos encontrar principalmente las siguientes arquitecturas de este bus:

* El bus de E/S es el bus principal del sistema, y la mayoría de datos fluye a través de él



ISA

Bus local PCI

MCA

Tarjeta PC

EISA

Fire Wire

VI- Bus

Bus Serial Universal.

La diferencia entre estos buses es la cantidad de datos que pueden transferir a la vez y la velocidad a la que pueden hacerlo. Cada arquitectura de bus esta implementada por un conjunto de chips que se conecta al bus del procesador. Por lo regular este conjunto de chips controla también el bus de memoria¹⁵.

El slot ISA¹⁶ al que conectaré, la interfase para el control de los motores que manipularán el diseño del helióstato, esta contenido en una tarjeta de sistema SIS 530, con procesador K6 - AMD.

La detección correcta del helióstato la pude determinar en base al manual, de la tarjeta madre, donde el proveedor da a conocer datos técnicos, compatibilidad, y configuración de esta tarjeta.

Así entonces y por razones ya mencionadas, a continuación solo estudiaremos, los datos de salidas en cada pin y la arquitectura del bus ISA 8/16 bit. Dejando el estudio de las otras arquitecturas al lector de esta tesis.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

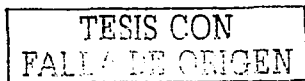
3.4 Arquitectura Del Bus ISA.

(Arquitectura Estándar de la Industria), es la arquitectura bus que se presento como un bus de 8 bits para la PC original de IBM en 1981 y se amplio mas adelante a 16 bits, en 1984 con la PC /AT de IBM. ISA es la base de la computadora personal moderna y la principal arquitectura utilizada en la vasta mayoría de los sistemas PC en el mercado actual. Puede parecer sorprendente que una arquitectura aparentemente anticuada se utilice en los sistemas actuales de alto rendimiento, pero es cierto, por razones de confiabilidad, costeabilidad y compatibilidad, además de que este antiguo bus es todavía mas rápido que muchos de los periféricos que se conectan a él¹⁷.

Así pues la versión más antigua es un bus de 8 bits que operaba a una velocidad de 4.77 MHz en la PC y la XT. La versión de 16 bits utilizada en la AT operaba a 6 MHz y después a 8MHz.

Mas adelante, la industria en su conjunto acordó una velocidad externa de 8.33 MHz , para las versiones de 8 y 16 bits del bus ISA, manteniendo así la compatibilidad hacia atrás , ya que algunos sistemas pueden operar mas rápido que otros, pero algunas tarjetas no funcionarían correctamente a velocidades mas altas ya que la transferencias de datos requieren entre dos y ocho ciclos, por lo tanto el flujo teórico máximo de datos del bus ISA es de el rededor de 8 Mb / seg¹⁸.

Con la introducción del chip 286, IBM, ante la disyuntiva, de tener que crear un nuevo bus de E/S y de ranuras de expansión o de intentar desarrollar un sistema que pudiera manejar tarjetas tanto de 8 bits como de 16 bits, decidió crear el sistema A/T, donde es posible conectar tarjetas de 8 bits en la parte delantera de la ranura de expansión o una tarjeta de 16 bits en ambas partes de dicha ranura.



El conector de extensión en cada de las ranuras de expansión de 16 bits agrega 36 pins de conector para transportar las señales adicionales necesarias para implementar la trayectoria de datos mas amplia. Además, se modificaron dos de los pins en la porción de 8 bits del conector. Estos dos cambios menores no alteran el funcionamiento de las tarjetas de 8 bits¹⁹.

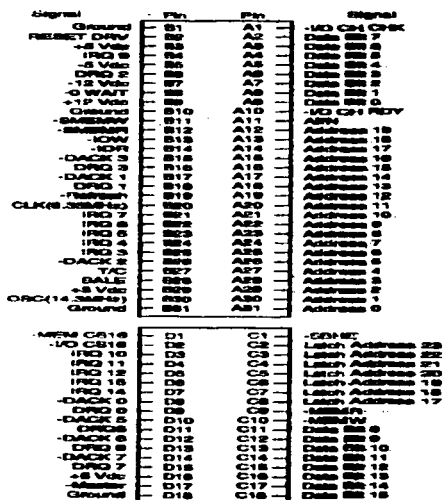


Figura 3 - 4 Ilustra el Bus ISA, y su configuración de pines

3.4.1 Descripción De Pines Del Bus ISA.

Ya que el desarrollo de esta tesis, ha requerido de demasiado tiempo, he decidido hablar, únicamente de los elementos necesarios de comunicación entre los motores paso a paso y el PC.

La siguiente tabla muestra, cuales son los pines del bus ISA, que se utilizan para programar la tarjeta que interconecta al procesador con los motores paso a paso.

No de Pin	Nombre	Descripción.
A ₂ - A ₀	D ₀ - D ₇	Transmisión y recepción de datos.
A ₁₁	AEN	Validación de direcciones
A ₂₂ - A ₃₁	ADDRESS ₀ - ADDRESS ₉	Utilizado por el microprocesador para transmitir ceros y unos.
B ₁	GROUND	Tierra
B ₂	RESET DRV	Permite la reinicialización de los circuitos Activa a nivel bajo.
B ₃	+ 5 V dc	Corriente continua.
B ₁₀	GROUND	Tierra
B ₁₃	- IOW	Indica que se trata de una escritura Activa a nivel bajo..
B ₁₄	- IOR	Indica que se trata de una lectura. Activa a nivel bajo.
B ₂₉	+ 5 V dc	Corriente continua.
B ₃₁	GROUND	Tierra

Tabla 3 - 3 Definición de Pines del Bus ISA, utilizados en la programación de la interface periférica PPI 8255 - A.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.5 Interfase.

Cuando esta en el modo de salida de datos, la Interfase recibe información binaria del bus de datos, al ritmo y modo de transferencia del microprocesador y la transmite a un dispositivo externo al ritmo y modo de transferencia del dispositivo. La interfase, se comporta de manera similar en el modo de entrada de datos, excepto que la dirección de transferencia esta en la dirección opuesta. Una interconexión consiste de un número de registros, lógica de selección y circuitos de control que configuran las transferencias requeridas. La lógica de interconexión se incluye a menudo dentro de una pastilla RAM o ROM para proporcionar un componente LSI que incluya condiciones de memoria y de comunicación dentro de una pastilla de CI.

La mayoría de los componentes de integración pueden ser programados para acomodar una variedad de combinaciones de modos de operación. El microprocesador por medio de instrucciones de programa, transfiere un byte a un registro de control dentro de la unidad de interfase. Esta información de control coloca la interconexión en uno de los modos posibles disponibles para un dispositivo particular. Cambiando el byte de control es posible cambiar las características de interconexión. Por esta razón las unidades de interconexión LSI se llaman a menudo programables.

Las que transfieren la de control, a una programable son incluidas en un programa de microcomputador y pueden iniciar la para un modo particular de .

Los componentes de interconexión se diseñan para operar con el bus del sistema del sistema del microprocesador particular sin ninguna lógica adicional, diferente de la decodificación de direcciones. Hay una variedad de componentes de interconexión de uso comercial y cada uno puede ser calificado en una de las siguientes cuatro categorías:

TESIS CON
PAPA DE ORIGEN

a) *Una interconexión periférica en paralelo* transfiere datos entre el microprocesador y el dispositivo periférico.

b) *Una interconexión de comunicación en serie* convierte los datos en paralelo del microprocesador a datos en serie para la transmisión y convierte los datos en serie entrantes a datos en paralelo para ser recibidos por el microprocesador.

c) *Una interconexión dedicada especial* es construida para comunicarse con un dispositivo particular de entrada y salida o puede ser programada para operar con un dispositivo particular.

d) *Una interconexión de acceso directo de memoria (DMA)* se usa para transferir datos directamente entre un dispositivo externo y la memoria. Los separadores del bus en el microprocesador son inhabilitados y pasan al estado de alta impedancia durante la transferencia DMA²⁰.

TESIS CON
FALLA DE CENCEN

4 MOTORES PASO A PASO.

4.1 Motores Paso A Paso.

El motor de paso (stepper motor) es el único motor cuya salida es verdaderamente digital. La mayoría de los rotores de motor, incluyendo los de los motores de corriente alterna, giran a una velocidad proporcional a la tensión (o frecuencia) que se les aplica. El motor paso a paso como su nombre lo indica, gira con movimientos discretos, llamados pasos. Después de que el rotor da un paso, deja de girar hasta que recibe el siguiente comando. El funcionamiento del motor paso a paso puede asemejarse a una serie de electroimanes o solenoides ordenados en un círculo como se muestra en la figura 4 - 1.

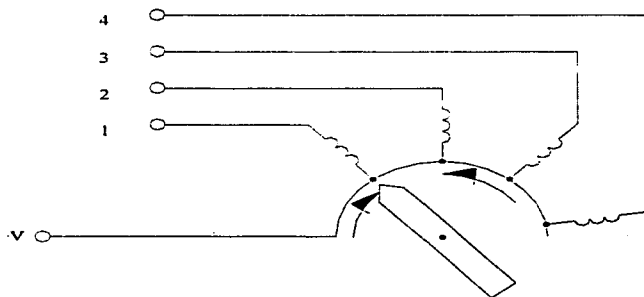


Figura 4 - 1 Serie de electroimanes que controlan el motor paso a paso.

Cuando secuencialmente se aplica potencia, los electroimanes interaccionan con el rotor, haciendo que gire en el sentido de las agujas del reloj o al contrario, dependiendo de los comandos de entrada, el ángulo de paso se determina en el diseño del motor, pero no debería ser mayor de 180°.

Existen dos grandes grupos de motores paso a paso:

Mecánicos, basados en mecanismos de accionamiento por trinquete o de otro tipo.

Magnéticos (los verdaderos motores). Puesto que los motores paso a paso magnéticos son comunes, sólo trataremos éstos.

Hay dos tipos básicos de motores paso a paso magnéticos:

- Magnetoeléctricos o de imán permanente (PM).
- Reluctancia variable (VR) ¹.

4.2 Motores Paso A Paso De Imán Permanente.

El motor paso a paso de Imán Permanente, funciona por la reacción entre un campo magnético y un rotor de imán permanente. En su forma mas sencilla, la unidad del imán permanente esta formada por un rotor de imán permanente bipolar que gira en el interior de un estator ranurado de cuatro polos. Como se muestra en la Figura 4 - 2.

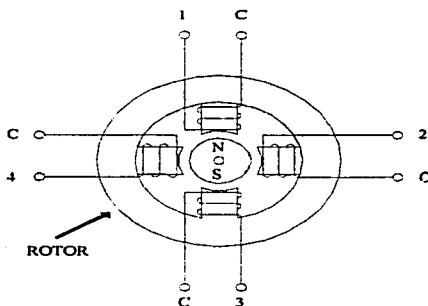


Figura 4 - 2 Construcción del motor Paso A Paso de imán permanente de cuatro fase (90°).

Aunque el rotor se muestra en el esquema como redondo y liso, el rotor de imán permanente real tiene dientes. Igualmente, el estator es de construcción dentada. La corriente se aplica sucesivamente a cada devanado del estator, los cuales crean una serie de campos electromagnéticos. El rotor de imán permanente, que interacciona con la reacción del estator, es empujado para alinearse con cada devanado que esta magnetizado. Cada

realineamiento sucesivo produce un movimiento de un paso del rotor; en este caso, un paso de 90° , ya que los cuatro polos del estator están separados 90° entre sí. Variando la secuencia de excitación de los devanados, el motor puede girar en el sentido de las agujas del reloj, o al contrario.

Debido a la reacción del rotor y al ángulo de paso relativamente grande del motor paso a paso de imán permanente, el rotor tiene una leve tendencia a rebasar el polo que lo atrae, el cual lo empuja hacia atrás. Como consecuencia, al rotor lo rebasa de nuevo, esta vez un poco menos y en el sentido opuesto. Este comportamiento oscilatorio continua hasta que toda la energía del rotor es absorbida, momento en que el rotor se para. La forma de onda oscilante mostrada en la figura 4-3, ilustra el amortiguamiento de las oscilaciones. Algunas veces, cuando, el número de oscilaciones no es tolerable, se deben utilizar medios externos de amortiguamiento. Sin embargo, en el caso del motor de paso de imán permanente, raramente es necesario.

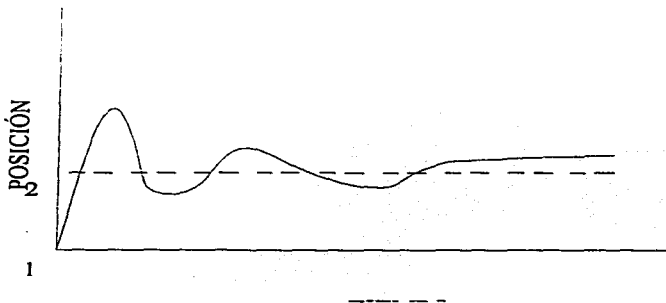


Figura 4 - 3 Oscilaciones del motor paso a paso.

Un nuevo tipo de motor paso a paso de imán permanente ha superado los problemas de tamaño y peso que limitaban la velocidad máxima que el motor podía alcanzar. El rotor de este nuevo motor es un disco delgado hecho de material magnético de tierras raras figura 4 - 4. Como el disco es delgado, se puede magnetizar hasta con cien diminutos imanes individuales, equiespaciados alrededor del borde de disco. Generalmente los motores paso a paso de imán permanente están limitados a un ángulo de paso mínimo de 30° , para un máximo de 12 pasos por revolución. Generalmente el tamaño de los nuevos motores de disco delgado es la mitad de los motores híbridos y el peso un 60% menor.

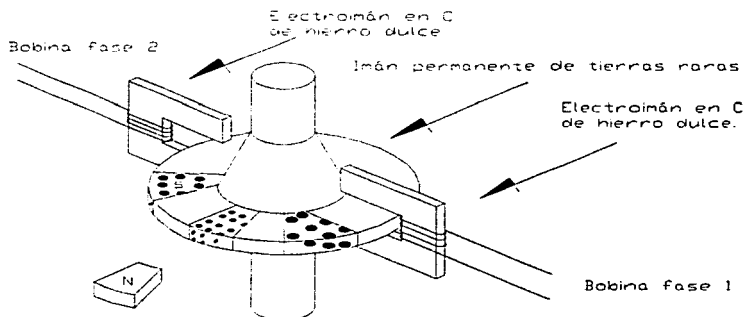


Figura 4 - 4 Motor paso a paso de imán permanente con armadura de disco.

El disco del motor paso a paso se monta sobre un soporte no magnético, el disco y el soporte forman el rotor. Los imanes de disco se polarizan con polos norte y sur alternativos, como se

muestra en la figura 4 - 4. Un simple electroimán en forma de C constituye los polos del inductor. Cuando se excita una de las fases, el rotor se alinearán por sí solo, con el campo electromagnético generado. Después, cuando la primera fase se haya desactivado y la segunda se active, el rotor gira la mitad de la mitad (es decir, un cuarto) de un polo del rotor, para alinearse con el campo procedente de la segunda fase. Para que el rotor continúe girando en el mismo sentido, la segunda fase desactiva y de nuevo se activa la primera fase. *Como en otros motores paso a paso, los motores de disco, pueden moverse medio paso, activando ambas bobinas al mismo tiempo en uno de cada dos semipasos.*

4.2.2 Parámetros Del Motor Paso a Paso De Imán Permanente.

Se deben aplicar a los devanados del estator las corrientes y tensiones de excitación adecuadas. El rotor puede llegar a desmagnetizarse por una excitación excesiva, por encima de las características normales. Las mejores fuentes de información sobre las corrientes y tensiones de excitación apropiadas son las hojas de especificaciones de los fabricantes. Por ejemplo, la hoja de especificaciones de un motor paso a paso, Airpax L82101 - P2, indica, que está diseñado para operar con una tensión de estator de 12V. Algunos fabricantes proporcionan la resistencia del rotor y la potencia máxima que el rotor puede disipar, en lugar de la corriente y tensión nominales. El mismo motor paso a paso de Airpax tiene una resistencia de estator de 118Ω .

Generalmente, la inercia del rotor es mayor en los motores paso a paso imán permanente que en los de reluctancia variable. Recuerde de sus conocimientos de física que la inercia es la resistencia que un cuerpo posee para iniciar un movimiento, o cambiar la dirección del movimiento. La inercia es directamente proporcional a la masa de un objeto, cuanto mayor sea la masa de un cuerpo, mayor inercia posee. Generalmente, la inercia del

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

rotor, (también llamada momento de inercia) viene dada en gramos por metro cuadrado ($g - m^2$). O bien el sistema inglés onza por pulgada ($on - in^2$). Los motores imán de permanente permiten velocidades del rotor mas altas que otros motores e, inversamente velocidades de paso mas bajas.

Otro parámetro que se encuentra usualmente en las hojas de especificaciones es el ángulo de paso. El ángulo de paso se define como la cantidad especifica (en grados) de rotación del eje generada por un cambio de polaridad del devanado. Generalmente, los ángulos de paso son mayores en el motor paso a paso de imán permanente. El rango de ángulo de paso va desde 0.72° hasta 90° , siendo los pasos de 7.5° a 18° los mas comunes. Normalmente los motores paso a paso de imán permanente tienen 12 o 24 polos, lo que permite ángulos de paso de 3.75° , 7.5° o 15° . Normalmente sólo son posibles pasos de 45° y 90° en los rotores bipolares. Aumentar el número de polos da lugar a ángulos de paso mas pequeños, y a velocidades máximas de paso más altas.

Junto con el ángulo de paso, las hojas de especificaciones, de los fabricantes, facilitan, el número máximo de pasos por segundo. Este parámetro remplace el valor nominal de revoluciones por minuto de un motor de corriente continua a corriente alterna. La velocidad máxima de paso, de este tipo de motor, es inversamente proporcional a la masa (inercia) del rotor. Cuando la masa y la inercia aumentan, la velocidad máxima del paso decrece.

Los motores paso a paso de imán permanente, tienen un útil e interesante parámetro, llamado par de mantenimiento. Este par se produce cuando los devanados del estator se excitan, y el motor pasa a una nueva posición, donde el motor se mantendrá en esa posición, debido a la atracción entre los dos campos magnéticos. El par de mantenimiento se define como el par necesario para hacer girar al rotor un paso completo con el estator excitado pero bloqueado. Generalmente, el par de

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

mantenimiento es mayor que el par de marcha. Por tanto este par actúa como un mecanismo de frenado en condiciones de carga.

Incluso cuando el campo del estator no está excitado, se requiere un par para mover el rotor, dado que este produce un fem, cuando interacciona con los devanados del estator. Este par se llama par residual y, usualmente es aproximadamente la décima parte del par de mantenimiento. Esta útil función de motores paso a paso de imán permanente mantiene la carga en la posición correcta, incluso cuando el motor está desactivado. Sin embargo, la posición no se mantendrá con tanta precisión como cuando el motor está excitado.

La precisión de un motor paso a paso se expresa en grados, o como un porcentaje por paso realizado. La precisión del paso es el error total cometido por el motor en un movimiento de un solo paso. Por ejemplo si la precisión de un motor es 6.5% , un motor paso a paso 7.5°, posicionará la carga dentro del +/- 6.5%. Este error no es acumulativo, lo que significa que el error no se suma en cada paso. La precisión estará dentro del +/- 6.5%, ya se realicen 1 o 1000 pasos.

4.3 Motores Paso A Paso De Reluctancia Variable.

Los motores paso a paso de reluctancia variable, utilizan un rotor multidevanado ferromagnético con un estator electromagnético, similar al motor de paso a paso de imán permanente. Un diseño trifásico típico (Figura 4 - 5) tiene 12 polos de estator espaciados 30°; el rotor tiene 8 polos espaciados a intervalos de 45°. Los polos del estator los excita secuencialmente el devanado trifásico. Cuando se aplica corriente a la fase 1, los dientes del rotor más cercanos a los cuatro polos excitados (magnetizados) del estator, quedan alineados. Los cuatro dientes restantes del rotor se alinean a mitad del camino de los polos del

estator, no excitados. Esta posición es la posición de menor reluctancia magnética entre los campos del rotor y de el estator.

La magnetización de la fase 2 produce una respuesta idéntica. El segundo conjunto de cuatro polos del estator atrae magnéticamente a los cuatro dientes del rotor más próximos, haciendo que el rotor avance por un camino de menor reluctancia hasta una posición de alineamiento. Esta operación se repite a medida que el campo electromagnético del estator se desplaza secuencialmente al rededor del rotor. Realizar la excitación de los polos en una secuencia definida produce el movimiento progresivo (paso a paso) en el sentido de las agujas del reloj, o al revés.

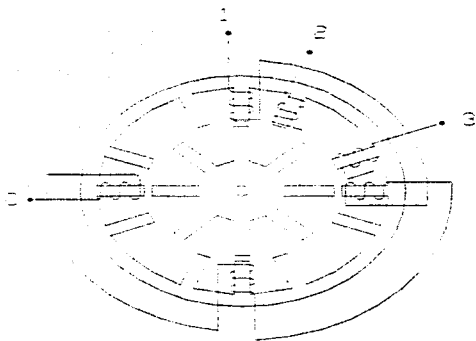


Figura 4 - 5 Motor paso a paso de VR trifásico.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El paso exacto del movimiento (ángulo de paso) es la diferencia de ángulo entre los dientes del rotor y del estator, en este caso 30° y 45° respectivamente, lo que da una diferencia neta de 15° . Los ángulos de paso de los motores paso a paso de reluctancia variable, son pequeños, lo que hace posible una resolución mas fina, que la que se puede obtener con el tipo imán permanente. Generalmente, las velocidades máximas de paso son mayores que en el motor de imán permanente. Debido a que el rotor de los motores paso a paso de reluctancia variable no es retentivo, cuando se magnetiza no tiene par residual.

Un motor paso a paso de reluctancia variable típico utiliza un estator con 12 inductores. Los polos están separados aproximadamente 30° y se agrupan para funcionamiento trifásico, en el que cada fase tiene un grupo de cuatro bobinas separadas 90° . El rotor tiene ocho dientes espaciados 45° . Los motores paso a paso de reluctancia variable tiene una velocidad máxima de paso, aproximadamente, 10,000 pasos / s mucho mayor de la que puede producir un motor tipo imán permanente. Sin embargo, para altas velocidades, el tipo reluctancia variable tiende a sobrepasar los polos, y debe amortiguarse.

4.4 Modos De Operación Del Motor Paso A Paso.

Apartir del estudio teórico sobre el funcionamiento del motor paso a paso, podemos dividir el funcionamiento del motor, en cuatro modos: reposos, bloqueo, bidireccional, y acelerado. Estos modos de operación se ilustran en las curvas velocidad – par, de las curvas que se muestran a continuación, tanto para el motor paso a paso de imán permanente como de reluctancia variable.

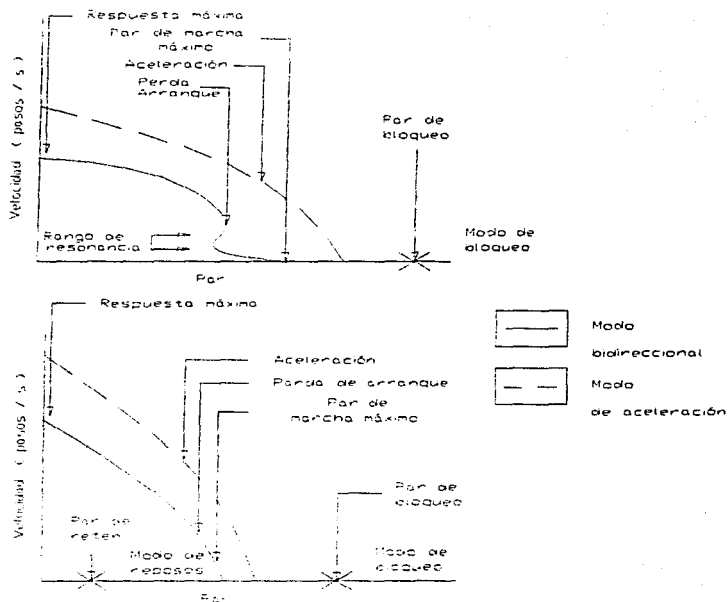


Figura 4 - 6 Curvas par - velocidad de un motor paso a paso. (superior) Muestra Motor paso a paso de reluctancia variable; (inferior) Muestra para un tipo de motor paso a paso de Imán permanente

El primer modo de operación es el modo reposo. Los motores paso a paso de imán permanente no magnetizados, debido a la interacción entre el rotor de imán permanente y el estator, tienen

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

resistencia al movimiento, lo que se llama par residual; algunas veces se llama memoria de posición. *Esta característica es útil cuando se debe conocer la posición final en el caso de un fallo eléctrico en el sistema. Los motores paso a paso de reluctancia variable no tienen esta característica.*

El segundo modo de operación es el modo de bloqueo. Cuando se excita un devanado del estator, tanto el tipo de imán permanente como en el de reluctancia variable, existe una resistencia al movimiento. En las hojas de especificaciones, este modo a veces se llama par de bloqueo estático.

El tercer modo de operación se llama modo bidireccional. En el modo bidireccional, el eje avanza continuamente y se para momentáneamente (marcha - parada). El sentido de rotación puede invertirse momentáneamente. Las curvas características dadas en las hojas de especificaciones indican la velocidad máxima a la que una carga dada puede girar en el modo bidireccional sin perder un paso. La carga máxima que el motor puede controlar se produce para una velocidad de aproximadamente 5 pasos / s, y en las hojas de especificaciones se designa como par marcha máximo. La velocidad máxima (en pasos por segundo) a la que un motor paso a paso girará en el modo bidireccional, se produce para una carga cero, y en las hojas de especificaciones, se designa como velocidad máxima de paso o respuesta máxima.

El cuarto y último modo de operación del motor paso a paso, es el llamado modo de aceleración. Este tipo de motor puede acelerarse, por encima de su rango bidireccional marcha - parada en un modo de aceleración unidireccional. El rotor entra en sincronismo con el campo del estator, que gira como en un motor de corriente alterna síncrono. En el modo de aceleración, el motor está por encima de su rango de velocidad marcha - parada bidireccional, y no puede invertirse instantáneamente manteniendo la integridad de impulsos y pasos. Asimismo, el motor no puede arrancar en este modo. Para que el motor alcance la

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

velocidad del modo de aceleración, desde el modo de reposo o bidireccional, tiene que acelerarse muy cuidadosamente (de manera progresiva). De forma similar, para que el motor pare, o invierta su sentido en el modo de aceleración, primero debe decelerar cuidadosamente hasta alcanzar una velocidad dentro de su modo bidireccional. Cuando la aceleración o deceleración se realizan de manera progresiva se mantiene la integridad de impulsos y pasos.

4.5 Control de Los Motores Paso A Paso.

Los primeros sistemas paso a paso usaban interruptores de conmutación mecánicos para excitar secuencialmente los devanados del estator de un motor de este tipo. Típicamente, las aplicaciones requerían la transmisión de la rotación del eje bidireccional para indicadores remotos, tales como compases remotos.

Usualmente, el motor paso a paso moderno es excitado por un circuito de estado sólido de alta velocidad (el controlador), que envía secuencias de comandos al motor para que gire en el sentido de las agujas del reloj (SAR) o a la inversa (CSAR) como se muestra en la figura 4 - 7.

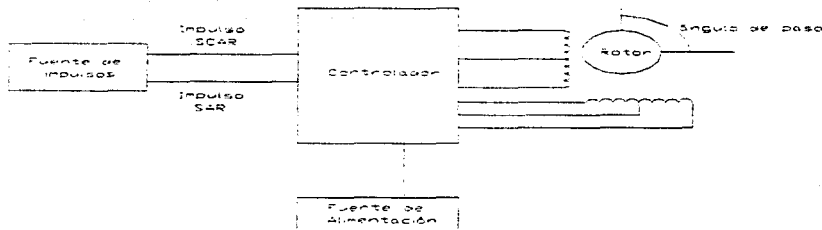


Figura 4 - 7 Diagrama de bloques de un controlador para motor paso a paso.

4.5. Modos de Excitación de Los Motores Paso a Paso.

Dependiendo del devanado del estator y del funcionamiento deseado, un motor paso a paso se puede excitar en diferentes modos: bifásico, y bifásico modificado; trifásico, y trifásico modificado; o cuadrifásico y cuadrifásico modificado. Fase se refiere a un devanado del estator, y modificado significa que dos devanados se excitan simultáneamente. Todos estos modos de excitación, excepto los bifásicos son compatibles con la mayoría de los controladores paso a paso.

Normalmente los motores paso a paso de imán permanente están formados por dos devanados de estator con una derivación intermedia, como muestra la figura 4 - 8 Cuando el terminal central está conectado al controlador, este modo se considera como un motor de cuatro fases. Los motores bifásicos tienen la derivación central eliminada o en circuito abierto, y solo están conectados los terminales de los extremos.

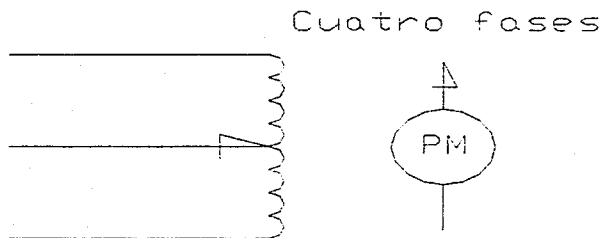


Figura 4 - 8 Motor paso a paso de cuatro fases.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En los motores de paso a paso de reluctancia variable, debido a su geometría y construcción, sus devanados se ordenan en Y, como ilustra en la figura 4 - 9. Se excitan en modo trifásico o trifásico modificado.

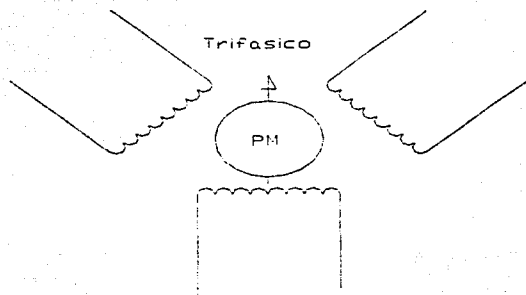


Figura 4 - 9 Motor paso a paso de reluctancia variable trifásico con los devanados en configuración Y.

En cada momento se magnetiza una fase completa del motor, de uno a otro extremo. Comparada con la excitación estándar de cuatro fases (la forma usual de clasificar los motores de cuatro fases, en las hojas de especificaciones), la resistencia bifásica se duplica, por lo que la potencia y la corriente de entrada se dividen por dos. La disipación de calor aumenta debido a que se emplea más cobre en el devanado del motor. Gracias a la reducida entrada y a la mayor disipación de calor, la salida del motor puede mejorar hasta un 10% respecto al modo de excitación de cuatro fases estándar. Consulta la tabla 4 - 1 y figura 4 - 10. para ver la secuencia de entrada y la posición del rotor.

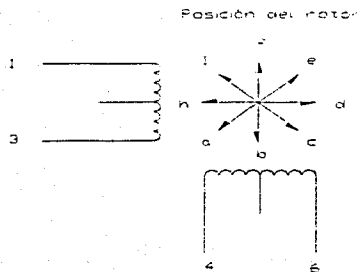


Figura 4 - 10 Posición del rotor y orientación de los devanados.

Modo de excitación	Devanado excitado (Fig. 4.10)	Posición del rotor (Fig. 4.10)	Sentido Del movimiento.
Comutación bifásica de B + y B - .	3 - 1	f	SCAR
	6 - 4	b	SCAR
	1 - 3	b	SCAR
	4 - 6	d	SCAR
Comutación bifásica modificada de B + y B - .	3 - 1 y 6 - 4	g	SCAR
	1 - 3 y 6 - 4	a	SCAR
	1 - 3 y 4 - 6 3 - 1 y 4 - 6	c e	SCAR SCAR

SCAR : Sentido contrario a las agujas del reloj.

Tabla. 4 - 1 Secuencia de excitación y posición del rotor del motor bifásico.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

4.6.1 Modo Bifásico Modificado.

Ambos devanados (es decir, considerando un devanado desde un extremo al otro, ignorando la derivación central) se excitan simultáneamente. En este modo, la potencia de entrada es la misma que en el modo de cuatro fases estándar, el controlador es más complejo y más costoso que en un sistema de cuatro fases. Para aplicaciones críticas, el funcionamiento máximo se obtiene para entradas mínimas de potencia.

4.6.2 Modo Trifásico.

La mayoría de los motores paso a paso de reluctancia variable (VR) usan devanados trifásicos. Los devanados de una fase se excitan al mismo tiempo para obtener los valores especificados en las hojas de especificaciones. La secuencia de excitación y el consiguiente movimiento se indican en la tabla 4 - 2 y la figura 4 - 11. La figura ilustra la posición del rotor y la orientación de los devanados.

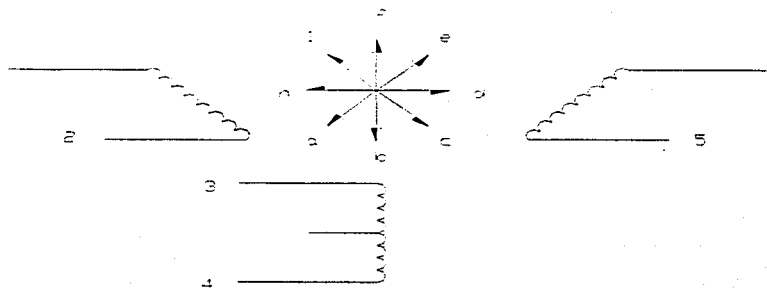


Figura 4 - 11 Posición del rotor y orientación de los devanados para el modo de excitación trifásica.

Modo de excitación	Devanado excitado (Fig. 4.11)	Posición del rotor (Fig. 4.11)	Sentido Del movimiento.
Comutación trifásica de B + y B - .	2 - 1	a	SCAR
	3 - 4	c	SCAR
	5 - 6	e	SCAR
Comutación trifásica modificada de B + y B - .	2 - 1 y 3 - 4	b	SCAR
	3 - 4 y 5 - 6	d	SCAR
	5 - 6 y 2 - 1	f	SCAR

SCAR : Sentido contrario a las agujas del reloj.

Tabla. 4 - 2 Secuencia de excitación y posición del rotor del motor trifásico.

4.6.3 Modo Trifásico Modificado.

En este modo se excitan simultáneamente dos fases adyacentes del motor trifásico. El rotor se mueve a una posición de reluctancia mínima, correspondiente a la mínima, correspondiente a la resultante de los dos campos magnéticos. Puesto que se magnetizan dos devanados, se requiere dos veces la potencia del modo estándar, como se muestra en la Tabla 4 -2. La salida no se incrementa significativamente, pero se mejoran notablemente las características de amortiguamiento.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.6.4 Modo De Cuatro - Fases.

En este modo de excitación, cada semidevanado (de un extremo al terminal intermedio, como se muestra en la figura 4 - 12 se ve como una fase separada, y se magnetiza una fase en cada momento. En la tabla 4 - 3 se muestra la secuencia de activación. La posición del rotor y la orientación del devanado se muestran en la figura 4 - 12. Las curvas características de los motores de cuatro fases que se presentan en la mayoría de las hojas de las especificaciones, usan este modo de excitación. Aunque este modo es menos eficiente que otros, el controlador no es complicado, ya que es un sencillo contador en anillo de etapas.

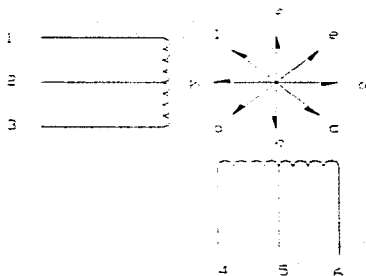


Figura 4 - 12 Posición del rotor y orientación de los devanados para el modo de excitación de cuatro fases.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.6.5 Modo de Cuatro Fases Modificado.

Como indica la tabla 4 - 3, este modo, dos fases (mitades) de los diferentes devanados se magnetizan simultáneamente . Puesto que dos fases son excitadas a la vez., se requiere el doble de potencia de entrada de excitación de una única fase. El par de salida aumenta alrededor del 40%, y la velocidad de respuesta máxima también aumenta, comparada con la de la excitación de fase única.

Modo de excitación	Devanado excitado (Fig. 4.12)	Posición del rotor (Fig. 4.12)	Sentido Del movimiento.
Comutación de cuatro De solo B +	2 - 1 5 - 4	f b	Indices SCAR
	2 - 3 5 - 6	b d	SCAR SCAR
Comutación de cuatro Fases modificada de solo B +	2 - 1 y 5 - 4 2 - 3 y 5 - 4	g a	Indices SCAR
	2 - 3 y 5 - 6 2 - 1 y 5 - 6	c e	SCAR SCAR

SCAR : Sentido contrario a las agujas del reloj.

Tabla. 4 - 3 Secuencia de excitación y posición del rotor del motor de cuatro fases.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.7 Inercia y Par De Carga.

La velocidad de respuesta máxima de un motor paso a paso se mide en condiciones de vacío (sin carga). Cuando el par de carga sobre el motor aumenta, el incremento máximo o velocidad de respuesta decrecerá proporcionalmente. El aumento de los valores del par describe una curva continua. La curva resultante describe las áreas de operación bidireccional de un motor paso a paso sobre su rango completo de capacidad de par. Dicha curva se presenta en la figura 4 - 13. Leyendo de izquierda a derecha, el par es máximo a 0 pasos (impulsos) / s, y la respuesta es máxima en ausencia de carga. El funcionamiento a velocidades por encima de las indicadas en la curva de la figura 4 - 13 corresponde al modo de aceleración unidireccional, tratado anteriormente.

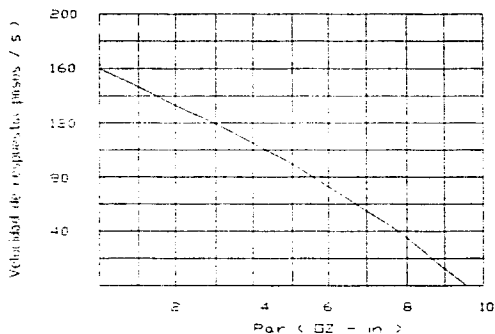


Figura 4 - 13 Muestra curva par vs velocidad de un motor paso a paso de cuatro fases.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.8 Métodos de Amortiguamiento.

Un factor denominado resonancia puede ser un problema en los motores paso a paso de reluctancia variable y, ocasionalmente, en los motores de imán permanente, especialmente cuando la inercia de la carga es alta. *La resonancia es la incapacidad del rotor para seguir el comando de control de avance.* Cada elemento tiene una frecuencia de resonancia natural. Cuando se alcanza la frecuencia de resonancia natural de un motor, éste dejará de avanzar y oscilará alrededor de un punto.

Una breve descripción del movimiento dinámico de un motor paso a paso ayudará a definir mejor la resonancia. Como se muestra en la figura 4 - 14, cuando el motor paso a paso va desde la posición 1 a 2, la energía cinética del rotor se debe disipar, lo que produce un movimiento de oscilación. En los motores del tipo de imán permanente (PM), estas oscilaciones se amortiguan mediante la interacción del rotor con el campo magnético activado, las corrientes parásitas y las pérdidas por histéresis. Sin embargo, en los motores de reluctancia variable (VR), que no tienen imán permanente, las corrientes parásitas y las pérdidas por histéresis proporcionan un amortiguamiento que es demasiado pequeño. En condiciones de resonancia, el rotor oscilará aleatoriamente y perderá la integridad de la relación entre pasos e impulsos. Las figuras 4 - 15 y 4 - 16 ilustran gráficamente esta situación final, estando en línea con el devanado 2 del estator excitado. En esta situación, los polos 2 y 3 del rotor están en la misma distancia del devanado 3 del estator, a una distancia de 22.5°. Si, en este preciso momento, la corriente se conmuta del devanado 2 del estator, al devanado 3, el rotor puede avanzar, en cualquier dirección, independientemente del comando programado.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

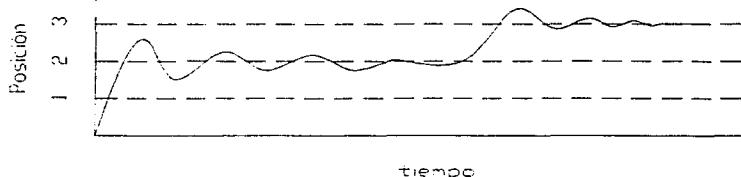


Figura. 4 - 14 Oscilaciones del motor paso a paso después de avanzar.

En un motor paso a paso de reluctancia variable (VR) de paso 15° , como se muestra en la figura 4 - 16, la resonancia puede producirse en varios puntos. Si se quiere eliminar la resonancia en los motores de reluctancia variable (VR), la amplitud de la oscilación se debe mantener dentro a una distancia máxima de 7.5° con respecto a cada posición de avance de 15° . Para eliminar la resonancia, se pueden emplear varios métodos de amortiguamiento.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

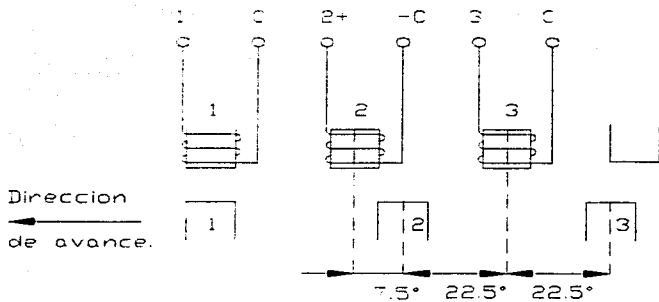


Figura. 4 - 15 Resonancia del motor paso a paso 15°

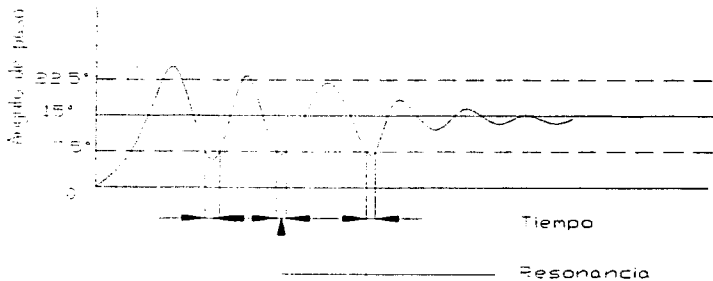


Figura 4 - 16 Representación gráfica de la resonancia de un motor paso a paso.

4.8.1 Amortiguamiento Mediante Embrague De Deslizamiento.

Un amortiguador de embrague deslizante es un dispositivo mecánico que utiliza una gran rueda de inercia que se desliza entre dos coronas. Cuando el rotor se mueve, la rueda de inercia se resiste al movimiento y añade una carga de fricción al sistema. Esta fricción tiene el efecto de reducir la velocidad del rotor y, consecuentemente, de decrecer la tendencia rebasar, o no llegar, al polo correspondiente. La fricción se controla mediante la presión de un resorte, y el desgaste se reduce utilizando discos de teflón para separar los elementos de acero.

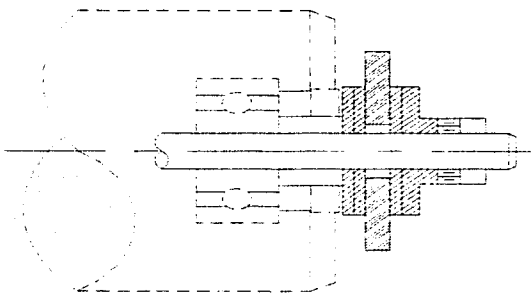


Figura 4 - 17 Amortiguador de embrague deslizante.

La mayoría de los motores paso a paso se suministran con una extensión de eje posterior para acomodar este tipo de montaje de amortiguador. La figura 4 - 18, muestra un típico amortiguador de

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

embrague deslizante montado en el eje posterior del motor paso a paso de reluctancia variable. El inconveniente de utilizar un sistema de fricción para amortiguar la resonancia es que está variará con el desgaste del sistema, ralentizando la respuesta.

4.8.2 Amortiguamiento Resistivo.

Como ilustra la figura 4 - 18 en el amortiguamiento resistivo se colocan resistencias externas entre los devanados del estator. Las resistencias permiten pasar a la corriente nominal a través de una fase, mientras que limitan la corriente a través de las dos fases restantes. Como resultado, un pequeño par inverso se aplica al rotor mediante los dos devanados que no lleven corriente. Este paso inverso impide al rotor acelerar rápidamente, y limita el rebasamiento. El amortiguamiento resistivo incrementa el consumo de potencia en un 20% para la mayoría de las cargas de inercia.

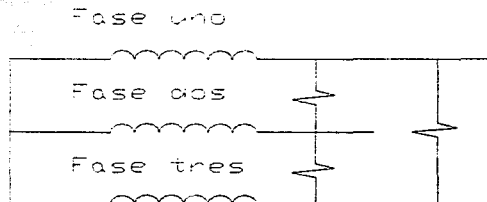


Figura 4 - 18 Amortiguamiento resistivo.

4.8.3 Amortiguamiento Capacitivo.

Como se muestra en la figura 4 - 19, en el amortiguamiento capacitivo se emplean, en lugar de resistencias, condensadores para aplicar el par inverso al rotor. En el instante en que la fase 1 se desmagnetiza y el campo dos se excita, el condensador de la fase 1 se descarga lentamente. La corriente de descarga aplica un par de retroceso sobre el rotor. Esta operación se repite cuando se avanza a las restantes fases. Este método de amortiguamiento ofrece la ventaja de consumir menos potencia que la técnica de amortiguamiento resistivo.

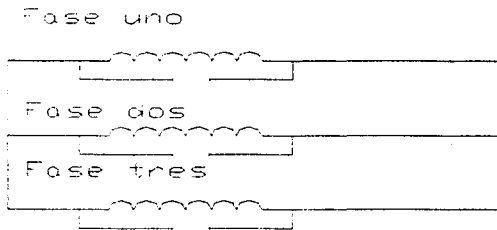


Figura 4 - 19 Amortiguamiento capacitivo.

4.8.4 Amortiguamiento Bifásico.

En el amortiguamiento bifásico se excitan simultáneamente dos devanados del estator. La excitación hace que el rotor avance a una posición de reluctancia mínima a mitad de camino entre los polos del estator o como se muestra en la figura 4 - 20. El ángulo de paso no varía de la excitación de fase única, pero la posición final del rotor diferirá. Mientras que avanza hasta la posición final, los dos dientes adyacentes del rotor ejercen un par igual y opuesto. En combinación con el campo magnético del estator, este sistema produce dos veces el efecto de amortiguamiento de la excitación de fase única. La desventaja del amortiguamiento bifásico es que el consumo de potencia es, aproximadamente, el doble que para la excitación de fase única. La velocidad y el par suministrados, sin embrago, permanecen esencialmente invariables.

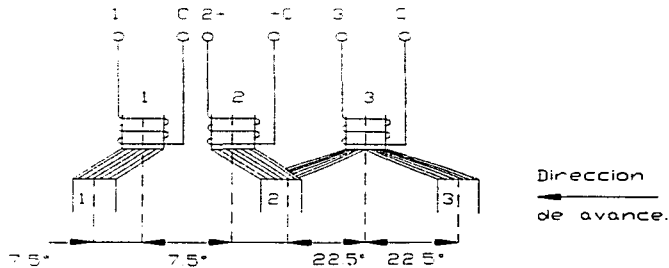


Figura 4 - 20 Amortiguamiento bifásico.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.8.5 Amortiguamiento Por Par de Retroceso.

El método más satisfactorio de amortiguamiento del motor paso a paso es que el utiliza controladores electrónicos de par inverso. El controlador de par de retroceso, controla al motor paso a paso, en el modo de fase única, y produce los efectos de amortiguamiento, suministrando un impulso de potencia, al devanado del estator previamente (en último lugar) magnetizado. De esta manera, se eliminan tanto las tendencias de rebasamiento como las de no rebasamiento. El amortiguar de este modo no incrementa el consumo de potencia, ni afecta de forma notable al funcionamiento. Sin embargo, la mayor complejidad y el aumento de costes en el controlador de par de retroceso pueden ser factores que deben considerarse.

La tabla 4 - 4 resume los valores de los parámetros típicos de los motores paso a paso. Se ha incluido la categoría "Tipo imán permanente (PM) especial". Se han desarrollado motores especiales paso a paso híbridos, que mejoran el funcionamiento en algunas áreas de operación. La tabla 4.5 sólo refleja los valores típicos, y no los valores máximos.

Parámetro	PM	VR	Tipo PM especial
Tamaño	5 - 32	8 - 25	23 - 34
Modo	2, 4	3, 4	4
Ángulo de paso (grados)	45, 90	7.5, 15	1, 8
Pasos por revolución	8, 4	48, 24	200
Pasos por segundo máximo (pps)	90 - 500	350 - 1025	250 - 600
Par residual	Si	No	Mínimo
Par de marcha máximo (oz. - in)	0.17 - 24	0.15 - 12	25 - 100
Resonancia	Mínima	Algo	Mínima

Tabla. 4 - 4 Parámetros de los motores paso a paso.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.9 Harmónicos.

Durante los 80's la conversión de la potencia electrónica llegó a ser común en la industria, el comercio, e instituciones. Esta nueva tecnología conocida como convertidores de potencia impactó todas las redes eléctricas. Desafortunadamente estas fuentes de energía crean disturbios, en los servicios de red y en los elementos consumidores de esta.

Cuando estos disturbios de la potencia eléctrica y electrónica afectan el factor correcto de potencia, resulta frecuentemente en fallas prematuras para los elementos contenidos por la red y para aquellos que dependen de el.

Las compañías eléctricas instalan capacitores en forma estratégica en las líneas de distribución con la intención de entregar una señal mas "limpia", a sus consumidores.

Los servicios generan un casi perfecto voltaje senoidal, como se muestra en la figura 4 - 21

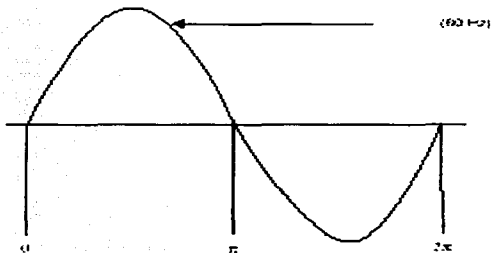


Figura 4 -21 Muestra señal senoidal de voltaje a 60 Hz.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En plantas industriales se instala un banco de capacitores, un capacitor al arrancador de un motor, o filtros a fuentes conmutables de corriente directa. Con la intención de proteger los elementos que constituyen la red y a los elementos que dependen directa e indirectamente de ella.

Debido al crecimiento exponencial de la potencia eléctrica y electrónica, muchos servicios de red están adaptando un estándar descrito en la IEEE 519. *Guía para control de armónicos en sistemas eléctricos.*

El origen de los armónicos es bien conocido. Sin embargo los efectos son diferentes en cada red. Estos son predecibles. El costo efectivo y las soluciones reales existen para la cura de los problemas relativos a los armónicos; sin embargo, *los problemas causados por las fuerzas eléctricas dependen de la naturaleza de los dispositivos y sus efectos en las redes dependientes. Problemas severos no pueden ser resueltos por soluciones genéricas.*

Las cargas inductivas, capacitivas, y o resistivas dibujan corrientes que son precisamente proporcionales al voltaje, y son también una casi perfecta senoidal (figura 4 – 22)

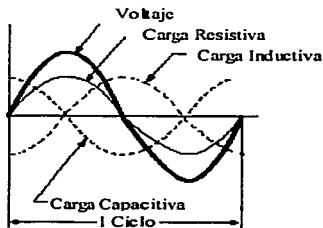


Figura 4 –22 Muestra Voltaje, Carga resistiva, Carga Inductiva y Carga Capacitiva en sus respectivos desfases.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Note que la magnitud de la frecuencia fundamental puede ser expresada como cien por ciento, y las otras frecuencias (armónicas) como un porcentaje de la fundamental. Ver figura 4-26

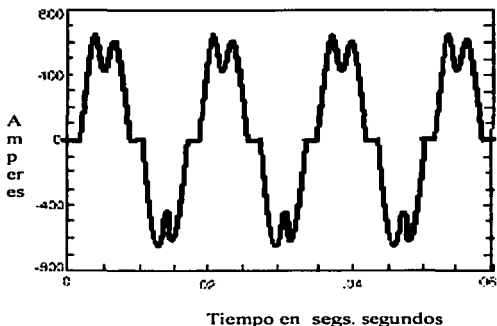


Figura 4 - 26 Muestra deformación de onda senoidal.

Las frecuencias armónicas son números múltiplos enteros de la fundamental. Los armónicos producidos por las cargas no lineales mas comunes son quinto, séptimo, onceavo, y treceavo (300, 420, 660, y 780 Hz, respectivamente).

Frecuencias mas altas que la fundamental son una representación matemática de una forma de onda no senoidal. No obstante la no existencia de estas altas frecuencias, responde a redes eléctricas, como si ellas existieran. Por consiguiente, los análisis y soluciones pueden basarse en los resultados de una transformada de Fourier.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Una herramienta de medición mas amplia esta referida a una Distorsión Armónica Total (THD).

La siguiente ecuación ilustra la distorsión de corriente:

$$\% \text{ THD} = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + I_4^2 + I_5^2 + \dots}}{I_1} \times 100\% = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_1} \times 100\%$$

La siguiente ecuación ilustra distorsión del voltaje:

$$\% \text{ THD} = \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + V_4^2 + V_5^2 + \dots}}{V_1} \times 100\% = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} V_h^2}}{V_1} \times 100\%$$

THD es la adición geométrica de los valores harmonicos, ambos corriente o voltaje dividido por el valor fundamental. IEEE519 discute limites en voltaje y distorsión de la carga en el punto de acoplamiento del servicio de red en términos de valores aceptables e inaceptables.

Corrientes no lineales fluyen a través de una red de impedancia a dispositivos no lineales deformando la forma de onda del voltaje. El grado al cual la distorsión ocurre depende de el nivel de impedancia de la red. Este es la fuga de voltaje que cruza la impedancia de la red a varias frecuencias que causan la distorsión del voltaje.

El origen o propósito de la distorsión es la disminución no lineal en la red.

Si un voltaje senoidal es aplicado a una disminución no lineal, la corriente no será proporcional al voltaje. Normalmente, el duplicar el voltaje causa un cambio correspondiente en la carga y

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

en el filo de onda de la corriente remanente. Considere un resistor lineal como se muestra en la figura 4 - 27. Una corriente senoidal y proporcional resulta de la impresión de un voltaje senoidal. Con el resistor no lineal el mismo voltaje causa un flujo de corriente no senoidal.

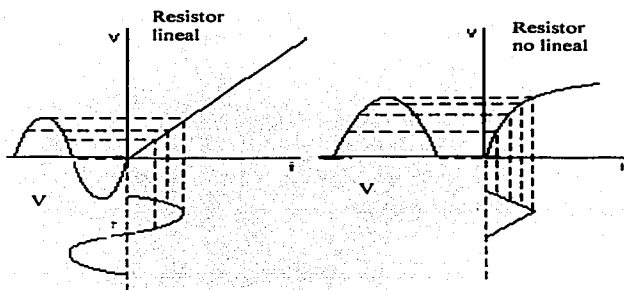


Figura 4- 27 Esquematiza el comportamiento de el voltaje, aplicado a un resistor lineal y un resistor no lineal respectivamente.

Si la frecuencia del voltaje es cambiada, la frecuencia de la corriente cambia acórdemente, pero aun es idéntica al voltaje. La impedancia del resistor también cambia pero es constante a cada frecuencia.

Cuando el mismo voltaje es aplicado a un resistor no lineal la corriente llega a ser distorsionada. La distorsión eléctrica en la red entonces, es causada por las características no lineales de las disminuciones conectadas a la red.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La tolerancia de una red de distorsión armónica depende de la susceptibilidad de las cargas. La carga mínima susceptible es resistiva. En este caso, la energía armónica y fundamental es casi completamente usada y convertida en calor. Esto no es un problema por que esta es generalmente la función de una disminución resistiva. Las máquinas rotativas particularmente los motores de inducción jaula de ardilla, que están en ruta armónica se calentarán anormalmente, debido a la pérdida de hierro y cobre a altas frecuencias. El ruido también se incrementa. En casos extremos el flujo de distribución armónica en la rejilla de ventilación puede causar un rechazo al empezar a amortiguar y puede iniciar un muy alto deslizamiento de los componentes de rotor mecánico detrás del campo de magnético rotativo².

Los transformadores sufren pérdidas de cobre y flujo debido a la corriente armónica. Los voltajes armónicos pueden causar severas pérdidas de hierro. El daño general es el sobrecalentamiento y pérdida en la operación resultante de la vida del motor. Existen varios estándares (IEEE y ANSI) que determinan la pérdida operacional de la vida del motor.

ANSI / IEEE C 57.110, *prácticas recomendadas para el establecimiento de la capacidad transformadora cuando se suministra corrientes de carga no senoidal (1996)*, indican que la corriente de distorsión máxima vista por un transformador no debe exceder 5 % a una corriente estimada. (La suma geométrica de los voltajes fundamental y armónico). No debe exceder 5% de la carga calculada y el 10% sin carga.

Las alimentaciones reguladas por conmutación, constituyen una fuente de parásitos radioeléctricos que se deben minimizar en origen y limitar su propagación después, tanto por vía de la radiación como por la de conducción a lo largo de las líneas de alimentación. Por otro lado, los reguladores de tiristores introducen en la red de alimentación componentes armónicos y desfases bastante molestos. Ver figura 4 – 28.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

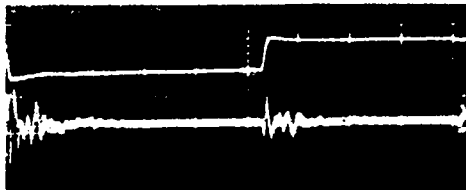


Figura 4 - 28 Muestra distorsiones de en una señal de corriente continua en un osciloscopio.

En la figura 4 - 29 encontramos las curvas del índice de armónicos impares engendrados por una regulación de tensión o de corriente a base de tiristores por control de fase que actúan sobre los dos ciclos de la tensión senoidal de entrada. Peor es la generación tensión y corriente armónicas para los dispositivos de media onda, ya que, además de los armónicos de rango impar, vienen a añadirse los de rango par, mas cierta componente continua.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

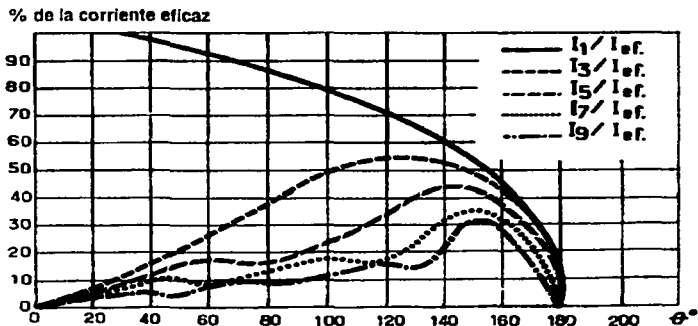
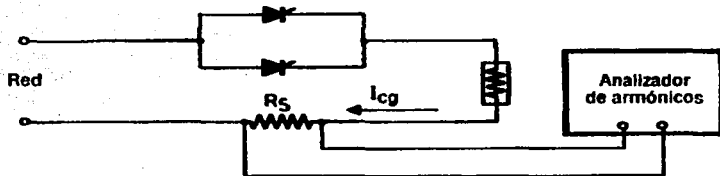


Figura 4 - 29. Muestra curvas de índice de armónicos 3, 5, 7, y 9 engendrados por un rectificador controlado por tiristor en una onda completa y en función del ángulo de retardo al cebado. Con rectificación de media onda es mucho peor.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La generación de armonicos es generada por:

- Por conducción. Las corrientes perturbadoras natural mente utilizan los conductores de entrada y salida de alimentación y se propagan así en la dirección de la fuente primaria - pudiendo de estas forma parasitar el resto de los aparatos alimentados por dicha fuente- y en la de los circuitos alimentados. Los conductores conducen corrientes armonicas, sujetos a calentamientos anormales debido al efecto de piel y efecto proximidad. Este varía como una función de frecuencia y espacio. Son los filtros paso bajo apropiados los que se pueden oponer a este modo de propagación de parásitos.
- Por radiación electromagnética: los conductores recorridos por corrientes indeseables así como los componentes de un montaje alcanzados por tensiones impulsionales se comportan como antenas emisoras, que radian la energía perturbadora en distintas direcciones. La energía perturbadora se radia fundamentalmente cuando las dimensiones de la fuente o algunas de sus partes (componentes o conductores) son del mismo orden de magnitud que la longitud de onda. La propagación por radiación mejora cuando la longitud de onda disminuye como consecuencia del debilitamiento. Por esta razón, para evaluar los parásitos emitidos por una fuente se ha adaptado una medida de corriente perturbadora en una línea que se encuentra dentro de la gamma comprendida entre 0.15 kHz y 30 MHz, y la gamma del campo electromagnético radiado para las frecuencias superiores a 30 MHz. Solo mediante blindajes bien diseñados es posible luchar contra la propagación de parásitos por radiación.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Propagación mixta. Algunos elementos del montaje inducen por vía capacitiva o magnética tensiones o corrientes parásitas en otros conductores "sanos" del montaje, los cuales van a su vez a comportarse como portadores parásitos y van a permitir su propagación ya se por conducción o por radiación y, así, poco a poco, irán contaminando los conductores de entrada y de salida de alimentación.

Con precauciones especiales en la realización y el cableado de los montajes es posible luchar contra este tipo de propagación.

Las amplitudes de las corrientes armonicas contenidas en la corriente absorbida por el aparato deben ser tales que si estuviera conectado a una red de potencia infinita a través de una impedancia convencional de unión monofásica las tensiones armonicas de distintos rangos que aparezcan en los bornes del aparato respeten las siguientes condiciones:

3

- Armónico de rango 3:
 - Amplitud inferior en todo momento de 1%
 - Amplitud inferior de 0.75% de medida en un intervalo de tiempo de 5 s.
- Armónico de rango 5 y 7:
 - Amplitud inferior en todo momento al 0.75%
- Armónico de rango 9, 11, y 13:
 - Amplitud inferior en todo momento al 0.4%
- Armónico igual a 15° superiores:
 - Amplitud inferior en todo momento al 0.3%
- En todos los casos el índice de distorsión debe ser inferior o igual al 2%
- Evitar la regulación por rectificador controlado.

TESIS CON
F.A.T. LA DE ORIGEN

En la medida de lo posible intentar que los rectificadores controlados trabajen con ángulos de retardo al cebado inferior a $90^\circ - 100^\circ$ ver figura 4 - 28

En cuanto la potencia regulada alcance cierto valor - digamos, superior a 400 W-, utilizar tanto como sea posible una alimentación trifásica, ya que los elementos harmónico engendrados en las tres fases tienen tendencia a compensarse.

En una instalación, antes de incluir varias alimentaciones reguladas por tiristor, utilizar acoplamiento de transformadores que desfasen unos respecto a otros las tensiones de alimentación de los diferentes aparatos de manera que los harmónicos engendrados por ellos en lugar de añadirse tengan tendencia a compensarse.

Utilización de shunts sintonizados, filtros antiharmónicos de potencia, que aunque son competencia de la instalación industrial, los datos técnicos pueden ser encontrados en manuales de los proveedores como Siemens entre otros.

Obviamente para evitar la conducción de harmónicos por conductor IEEE 519 - 1962 provee una carta de cables para un espectro armónico específico.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

5 DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS DE CONTROL.

Conectada al bus ISA, esta tarjeta de interconexión periférica en paralelo, esta integrada por una PPI 8255 – A, un comparador H74H688P, comunicada a su vez, a dos controladores SAA 1042, encargados directo, de pulsar los motores PAP.

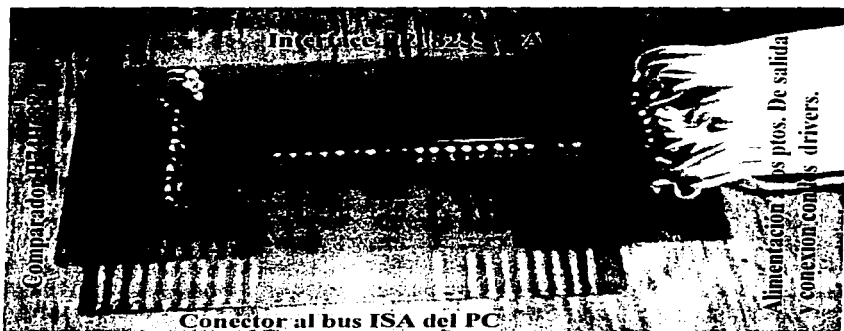


Figura 5 – 1 Muestra la tarjeta de interconexión entre el PC y los controladores de los motores de paso a paso.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

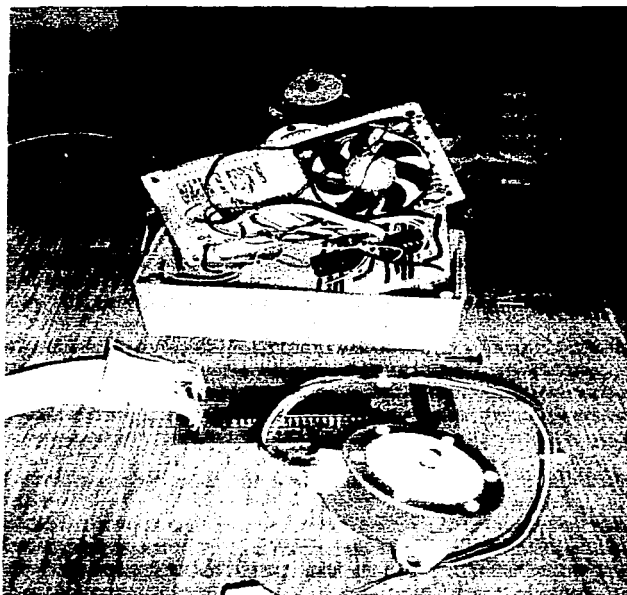


Figura 5 – 2 Muestra conexión de los controladores de los motores de paso a paso enfriados por un ventilador. AL fondo y al frente motores de paso

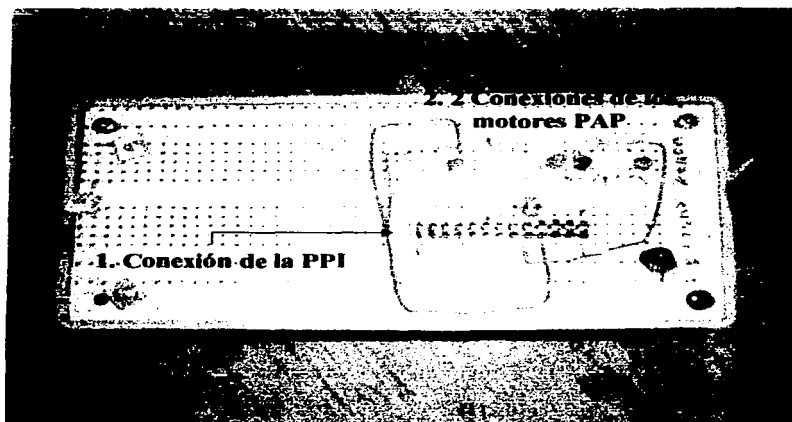


Figura 5 -3 Caja de controladores. 1. Conexión PPI a los controladores.
2. Par de conectores de motores de PAP.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

5.1 Modos de Programación Para el Funcionamiento de La Tarjeta de Interconexión Periférica, Controlando Los Motores de Paso.

El comparador H74H688P, U_1 , compara, los niveles que se aplican a sus entradas Q_0 a Q_7 , con los que se han manipulado sobre sus patillas P_0 a P_7 . Si la palabra presente sobre sus entradas es la misma que la programada, y su patilla de validación, G , esta a nivel bajo, entonces su salida $P = Q$ pasa a nivel bajo, validando de esta forma al circuito. En este caso, es necesario, que las líneas del bus de direcciones A_2 a A_9 y la línea AEN , se encuentren a nivel bajo, y las direcciones de, A_8 y A_9 , estén en un nivel alto. Esto corresponde con la dirección H300 en hexadecimal¹.

Así pues, A_0 y A_1 , líneas de dirección, directamente extraídas del bus del PC, (bus ISA), disponemos de cuatro direcciones en el interior que programan directamente a la PPI².

- Puerto A, dirección 0;
- Puerto B dirección 1.
- Puerto C, dirección 2.
- Puerto de control, dirección 3³.

El bus de direcciones, del procesador, D_0 a D_7 , se encargará de activar, o desactivar los puertos de la PPI, con el que se quiera establecer, comunicación. Dependiendo si se envían, niveles altos, o bajos.

Para comprender, aun más, el funcionamiento de los dispositivos involucrados, habrá, que consultar la tabla 5.1 y los apéndices, A, B, C, incluido al final de esta tesis. Apoyados por el plano No. 1 para facilitar la comprensión del control.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Bus de direcciones.

PPI										
A ₉	A ₈	A ₇	A ₆	A ₅	A ₄	A ₃	A ₂	A ₁	A ₀	
1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	Palabra de control
1	1	0	0	0	0	0	0	=	P	$\Leftrightarrow \overline{P=Q} \text{ VS } \overline{CS} \text{ PPI}$
1	1	0	0	0	0	0	0	=	Q	

Arreglo del puente.

Tabla 5.1 Esquematiza programación binaria de los puertos de control de la PPI 8255 -A.

Los controladores, conectados a las patillas de los puertos de la PPI, serán alimentados, por la patilla, No.7, correspondiente al reloj del controlador, la cual, hará pulsar (activar) los motores PAP. Mientras que la patilla No. 10, será la responsable de asignar el sentido de rotación.

**TESIS CON
FALLA DE CONTROL**

5.2 Plano De Control

Ver pagina 174

5.3. Comunicación Entre El Procesador, La Interface y Los Controladores de Los Motores.

Uno de los lenguajes mas sencillos y de mayor extensión es el BASIC (Beginners Allpurpose Symbolic Instruction Code), es decir, lenguaje de programación para principiantes creado en los años sesenta por estudiantes entusiastas de electrónica. Ampliado y desarrollado por Bill Gates, fundador de la empresa Microsoft, para proporcionar un acceso fácil al ordenador y a sus amplias posibilidades, incluso para aquellos que no son especialistas en electrónica⁴.

Existen junto con el BASIC, muchos lenguajes de programación por ejemplo el Pascal, sin embargo, aunque menos complejo, el lenguaje BASIC, ofrece un sistema de palabras, ordenes, que el procesador comprende. En realidad los ordenadores no comprenden mas que un lenguaje, el cual tiene mucho que ver con la electrónica: el lenguaje máquina, que funciona mediante sistema binario, como ya se ha explicado anteriormente. El lenguaje de alto nivel (QBASIC) ofrece la ventaja de que el programador no tenga que ocuparse directamente de asuntos como la creación de una memoria intermedia (buffer) de entrada y salida de datos o del manejo de las líneas de el control del modem. Hay que añadir que la forma en que se organiza ese lenguaje, varía de ordenador a ordenador.¹¹⁵

Ya que los ordenadores se diferencian todos, internamente, e incluso sus lenguajes máquina, son muy diferentes entre si, hay que crear un BASIC para cada tipo de ordenador. Esto no lo hacen normalmente los productores de ordenadores, si no las grandes empresas que se han especializado en la programación de ordenadores. Por eso las diferentes versiones de BASIC, para los



distintos ordenadores, se diferencian también en detalle. QUICKBASIC se ha desarrollado por la casa MICROSOFT especialmente para PCs diferentes, es prácticamente una ampliación del lenguaje de programación GWBASIC suministrado desde hace tiempo con MS - DOS y así resulta en muchos puntos, más cómodo en su manejo y con mayores capacidades. Dentro de las grandes ventajas que ofrece este lenguaje de programación, es la comunicación entre los periféricos y su PC.

Esta opción, no sólo abre el panorama de este lenguaje de programación, si no que al poderse comunicar con los periféricos que integran el PC, conduce a los principios de control, por medio del procesador personal, mediante el lenguaje de alto nivel. Ya que como hemos dicho, las comunicaciones pueden ser programadas desde el QUICKBASIC. En este sentido, aunque el lenguaje BÁSIC puede hacer llamadas directas a las funciones del DOS o del BIOS.

Las únicas operaciones que tiene que realizar el programador, para comunicarse con algún periférico:

- Abrir y configurar el puerto de comunicaciones.
- Leer y / o escribir información por él bus.
- Cerrar el puerto de comunicaciones.

TESIS CON
FALLA DE CRICEN

5.4 Apertura Y Configuración de Un Puerto de Comunicaciones.

En este proyecto la comunicación se realizará en el bus ISA, siguiendo los siguientes pasos:

- Declarando la dirección del puerto de comunicación, Bus ISA.
- Enviando la palabra de control por el bus, con objeto de programar la (PPI 8255 – A) en el modo necesario.

Por ultimo establecer las señales de control a los controladores (drivers). Responsables directos de el movimiento de los motores de paso a paso.

5.5 Programa De Control.

CLS

```
DIM Tc AS DOUBLE
DIM mm AS INTEGER
DIM Hr AS INTEGER
DIM E1 AS DOUBLE
DIM TS AS DOUBLE
DIM E11 AS DOUBLE
DIM E12 AS DOUBLE
DIM E13 AS DOUBLE
DIM E14 AS DOUBLE
DIM x AS DOUBLE
DIM LA AS DOUBLE
DIM H AS DOUBLE
```

```
REM DIA DEL AÑO
```

```
DO
```

```
CLS
```

```
LOCATE 12, 25: INPUT "INGRESE DIA DEL AÑO: ", N
```

```
LOOP WHILE (N > 365 OR N <= 0)
```

```
CLS
```

```
REM LATITUD DE EL LUGAR
```

```
LOCATE 3, 20: PRINT "REGISTRE TAMBIEN LA LATITUD DE EL LUGAR"
```

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

LOCATE 6, 3: PRINT "RECUERDA QUE LATITUD SE TOMARA DE 0º A 90º SI ES NORTE"

LOCATE 7, 3: PRINT "EN CASO DE SER LATITUD HACIA EL SUR SE TOMARA DE 0º A -90º"

DO

LOCATE 12, 3: INPUT "INGRESE LATITUD DE EL LUGAR: ", L

LOOP WHILE (L > 90 OR L < -90)

CLS

DO

LOCATE 5, 12: PRINT "INGRESA EL MERIDIANO LOCAL DE LA REGION"

LOCATE 6, 2: PRINT "TOMANDO COMO REFERENCIA EL MERIDIANO DE GREENWICH, ES DECIR MERIDIANO 0º"

LOCATE 10, 25: INPUT "MERIDIANO LOCAL: ", Mloc

LOOP WHILE (Mloc > 360 OR Mloc < 0)

LOCATE 14, 3: PRINT "RECUERDA QUE EN LA REP. MEXICANA NOS RIGEN COMO MERIDIANOS OFICIALES:"

LOCATE 16, 10: PRINT "75º EN HORARIO DE VERANO Y PARA EL RESTO DEL AÑO 90º"

LOCATE 19, 25: INPUT "MERIDIANO OFICIAL: ", Mof

CLS

LOCATE 3, 15: PRINT "PARA PODER DIMENSIONAR NUESTRO CAMPO:"

LOCATE 4, 13: PRINT "TOMAREMOS COMO ORIGEN SOBRE EL PLANO HORIZONTAL"

LOCATE 5, 10: PRINT "LA TORRE DE RECEPTOR CENTRAL DEL CAMPO DE HELIOSTATOS"

LOCATE 10, 3: INPUT "ALTURA DEL RECEPTOR CENTRAL RESTANDO LA ALTURA DEL HELIOSTATO: ", LNG

LOCATE 11, 3: PRINT "DISTANCIA DEL HELIOSTATO SOBRE EL VECTOR NTE."

LOCATE 12, 3: INPUT "(TOMANDO NEGATIVAS LAS DISTANCIAS HACIA EL SUR): ", D

LOCATE 13, 3: PRINT "DISTANCIA DEL HELIOSTATO SOBRE EL VECTOR ESTE"

LOCATE 14, 3: INPUT "(TOMANDO NEGATIVAS LAS DISTANCIAS HACIA EL OESTE): ", Y

LOCATE 16, 3: PRINT "DETERMINE EL TIEMPO DE CORRECCION DE POSICIONAMIENTO DE EL HELIOSTATO"

DO

LOCATE 18, 3: INPUT "TIEMPO DE POSICIONAMIENTO EN MINUTOS", Q

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

```

LOOP WHILE (Q > 30 OR Q < 0)
  T = Q * 60
CLS

T$ = TIMES$
Hr = VAL(T$)

IF Hr < 12 THEN AMPM$ = " AM" ELSE AMPM$ = " PM"
IF Hr > 12 THEN Hr = Hr

LOCATE 4, 6: PRINT ""; STR$(Hr); RIGHT$(T$, 6); AMPM$; ""
M$ = RIGHT$(T$, 5)
  mm = VAL(M$)
  PRINT "EL RELOJ"; M$

  S$ = RIGHT$(M$, 2)
  ss = VAL(S$)

rad = 3.141593 / 180

REM Variable dependiente del día del año.
x = 360 * (N - 1) / 365.242

REM Ecuación del tiempo
Et1 = (.1236 * (SIN(x * rad)))
Et2 = (.0043 * (COS(x * rad)))
Et3 = (.01538 * (SIN((x * 2) * rad)))
Et4 = (.0608 * (COS((x * 2) * rad)))
Et = (Et1) - (Et2) + (Et3) + (Et4)

REM Corrección por diferentes meridianos.
Laa = ((Mof - Mloc) * 4)
LA = Laa / 60
Min = mm / 60
Sec = ss / 3600
Ic = (Hr + Min + Sec)

IS = (Ic - (Et) + (LA))

LOCATE 7, 3: PRINT USING "TIEMPO CIVIL ###.###"; Tc
LOCATE 8, 3: PRINT USING "TIEMPO SOLAR ###.###"; Ts

IF Ts < 12 THEN H = (12 - Ts) * 15
IF Ts > 12 THEN H = (Ts - 12) * 15

```

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

IF TS = 12 THEN H = 0

IF TS < 12 THEN EPMA\$ = " AM" ELSE EPMA\$ = " PM"

IF TS > 12 THEN TS = TS - 12

LOCATE 9, 35: PRINT "Tiempo solar es "; STR\$(TS); EPMA\$

LOCATE 12, 35: PRINT "Angulo horario es "; STR\$(H); EPMA\$

REM DECLINACION

DCN = 23.45 * (COS((.985643 * (N - 173)) * rad))

'LOCATE 16, 35: PRINT "LA DECLINACION ES", DCN

REM NUMERO DE HORAS DE SOL

HSO = -1 * (TAN(DCN * rad) * TAN(L * rad))

HS = (-ATN(HSO / SQR(-HSO * HSO + 1)) + 1.5708) / rad

HSOL = 2 * (HS / 15)

LOCATE 15, 35: PRINT "HORAS DE INSOLACION", HSOL

REM CENIT SOLAR (CT)

C = (COS(DCN * rad) * COS(L * rad) * COS(H * rad)) + (SIN(DCN * rad) * SIN(L * rad))

CT = (-ATN(C / SQR(-C * C + 1)) + 1.5708) / (rad)

'LOCATE 17, 35: PRINT "ANGULO CENITH SOLAR", CT

REM ALTURA SOLAR

B = 90 - CT

'LOCATE 18, 35: PRINT "ALTURA SOLAR", B

REM AZIMUTH

A = (SIN(L * rad) * COS(H * rad)) * (1 / COS(B * rad)) * COS(DCN * rad) + COS(L * rad) * (1 / COS(B * rad)) * SIN(DCN * rad)

AZIM = (-ATN(A / SQR(-A * A + 1)) + 1.5708) / (rad)

'LOCATE 19, 35: PRINT "ANGULO AZIMUTH", AZIM

REM CALCULO DE L

Good = SQR((D ^ 2) + (Y ^ 2) + (LNG ^ 2))

REM COMPONENTES DEL VECTOR NORMAL

VNX = ((SIN(CI * rad) * COS(AZIM * rad) * Good) - D)

VNX1 = (VNX) ^ 2

VNY = ((SIN(CI * rad) * SIN(AZIM * rad) * Good) - Y)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

VNY1 = (VNY) ^ 2

VNZ = ((COS(CT * rad) * Good) + LNG)

VNZ1 = (VNZ) ^ 2

REM CALCULO DEL VECTOR NORMAL

VN = SQR(VNX1 + VNY1 + VNZ1)

NX = VNX / VN

NY = VNY / VN

NZ = VNZ / VN

REM ORIENTACION DEL ESPEJO

REM ALTURA DEL ESPEJO

OM = (-ATN(NZ / SQR(-NZ * NZ + 1)) + 1.5708) / (rad)

'PRINT "LA ALTURA DEL ESPEJO"; OM

REM "ANGULO DE AZIMUT DEL HELIOSTATO"

EZ = NY / NX

'PRINT "la división ny/nz", EZ

REM función arco tangente

AZ = ATN(EZ) * (1 / rad)

'PRINT "Angulo Azimut del espejo"; AZ

BEEP: BEEP

TIMER ON

ON TIMER(T) GOSUB DISPLAY:

IF B = 0 THEN PRINT "ANOCHECER"

DO WHILE (B >= 0): LOOP

END

DISPLAY:

CLS

'PRINT "1ER POSICION DE ALTURA ESPEJO", OM

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

OM = OM1
'PRINT "1ER POSICION DEL AZIMUTH ESPEJO". AZ
AZ = AZ1

TS\$ = TIMES\$
Hr = VAL(TS\$)

IF Hr < 12 THEN AMPM\$ = " AM" ELSE AMPM\$ = " PM"
IF Hr > 12 THEN Hr = Hr

LOCATE 4, 6: PRINT ""; STR\$(Hr); RIGHT\$(TS\$, 6); AMPM\$
M\$ = RIGHT\$(TS\$, 5)
mm = VAL(M\$)
'PRINT "EL RELOJ"; M\$

S\$ = RIGHT\$(M\$, 2)
ss = VAL(S\$)

rad = 3.141593 / 180

REM Variable dependiente del día del año.
 $x = 360 * (N - 1) / 365.242$

REM Ecuación del tiempo
Et1 = (.1236 * (SIN(x * rad)))
Et2 = (.0043 * (COS(x * rad)))
Et3 = (.01538 * (SIN((x * 2) * rad)))
Et4 = (.0608 * (COS((x * 2) * rad)))
Et = (Et1) - (Et2) + (Et3) + (Et4)

REM Corrección por diferentes meridianos.

Laa = ((Mof - Mloc) * 4)
LA = Laa / 60
Min = mm / 60
Sec = ss / 3600

Tc = (Hr + Min + Sec)
IS = (Tc - (Et) + LA)

LOCATE 6, 3: PRINT USING "TIEMPO CIVIL ##.###"; Tc
LOCATE 7, 3: PRINT USING "TIEMPO SOLAR ##.###"; IS

IF TS < 12 THEN H = (12 - TS) * 15
IF IS > 12 THEN H = (IS - 12) * 15

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

IF IS = 12 THEN H = 0

IF TS < 12 THEN EPMA\$ = " AM" ELSE EPMA\$ = " PM"

IF TS > 12 THEN TS = TS - 12

LOCATE 3, 30: PRINT "TIEMPO SOLAR "; STR\$(TS); EPMA\$

LOCATE 4, 30: PRINT "ANGULO HORARIO "; STR\$(H); EPMA\$

REM DECLINACION

DCN = 23.45 * (COS((.985643 * (N - 173)) * rad))

LOCATE 7, 30: PRINT "ESTA ES LA DECLINACION", DCN

REM NUMERO DE HORAS DE SOL

HSO = -1 * (TAN(DCN * rad) * TAN(L * rad))

HS = (-ATN(HSO / SQR(-HSO * HSO + 1)) + 1.5708) / rad

HSOL = 2 * (HS / 15)

LOCATE 11, 30: PRINT "HORAS DE INSOLACION "; HSOL

REM CENITH SOLAR (C1)

C = (COS(DCN * rad) * COS(L * rad) * COS(H * rad)) + (SIN(DCN * rad) * SIN(L * rad))

CT = (-ATN(C / SQR(-C * C + 1)) + 1.5708) / (rad)

LOCATE 8, 30: PRINT "EL ANGULO CENITH SOLAR", CT

REM ALIURA SOLAR (B)

B = 90 - CT

LOCATE 9, 30: PRINT "ALTURA SOLAR "; B

REM AZIMUTH

A = (SIN(L * rad) * COS(H * rad)) * (1 / COS(B * rad)) * COS(DCN * rad) + COS(L * rad) * (1 / COS(B * rad)) * SIN(DCN * rad)

AZIM = (-ATN(A / SQR(-A * A + 1)) + 1.5708) / (rad)

LOCATE 10, 30: PRINT "ANGULO DE LA AZIMUTH "; AZIM

REM CALCULO DE L

Good = SQR((D ^ 2) + (Y ^ 2) + (LNG ^ 2))

REM COMPONENTES DEL VECTOR NORMAL

VNX = ((SIN(CT * rad) * COS(AZIM * rad) * Good) - D)

VNX1 = (VNX) ^ 2

VNY = ((SIN(CT * rad) * SIN(AZIM * rad) * Good) - Y)

VNY1 = (VNY) ^ 2

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

VNZ = ((COS(C1 * rad) * Good) + LNG)
VNZ1 = (VNZ) ^ 2

REM CALCULO DEL VECTOR NORMAL
VN = (SQR(VNX1 + VNY1 + VNZ1))

NX = VNX / VN
NY = VNY / VN
NZ = VNZ / VN

REM ORIENTACION DEL ESPEJO

REM ALTURA DEL ESPEJO

OM1 = (-ATN(NZ / SQR(-NZ * NZ + 1)) + 1.5708) / (rad)
LOCATE 16, 3: PRINT "LA ALTURA DEL ESPEJO"; OM1

REM "ANGULO DE AZIMUT DEL HELIOSTATO"

EZ = NY / NX
' PRINT "la división ny/nz", EZ

REM Función arco tangente

AZ1 = ATN(EZ) * (1 / rad)
'PRINT "ANGULO AZIMUTH DEL ESPEJO", AZ1

AAE = OM1 - OM
AZE = AZ1 - AZ

LOCATE 13, 3: PRINI "PRIMER ALIURA DEL ESPEJO ", OM
LOCATE 14, 3: PRINT "2DA LECT. ALTURA DEL ESPEJO", OM1
LOCATE 16, 3: PRINT "CORRECCION DE LA ALTURA DEL ESPEJO", AAE

LOCATE 18, 3: PRINT "PRIMER AZIMUT DEL ESPEJO ", AZ
LOCATE 19, 3: PRINT "2DA LECT. AZIMUT DEL ESPEJO", AZ1
LOCATE 21, 3: PRINT "CORRECCION ANGULO AZIMUTH DEL ESPEJO", AZE

BEEP: BEEP
RETURN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

5.6 Pantallas del Programa de Control.

Este comienza con la hora de luz, hasta que la altura solar se vuelve cero, es decir este programa funciona durante las horas de insolación, determinado adecuadamente latitud de el lugar, meridiano local, y hora civil.

Los siguientes datos son proporcionados por el programa de control para el día 14 de marzo del 2003. Incluye número de día, hora civil, hora solar, ángulo horario, latitud de el lugar, horas de insolación, ángulo cenith, altura solar, declinación, ángulo azimuth, altura de posicionamiento de el espejo, así como, azimuth de el espejo, y sus correcciones respectivas de posicionamiento, para el seguimiento indirecto, durante una hora, de 12 : 30 a 13 : 30 Como se ilustra en las siguientes figuras.

```
12:30:50 PM
TIEMPO CIVIL 12.514
TIEMPO SOLAR 11.837
TIEMPO SOLAR 11.8368330191068 AM
ANGULO HORARIO 2.44750471339739 AM
NO. DE DIA 73
LATITUD DEL LUGAR 19.5
```

Figura 5 - 4 Muestra 1er pantalla del programa de control. En este caso a las 12 : 30 del día 14 de marzo del 2003. Esquematiza Tiempo civil, tiempo solar, ángulo horario, Número de día, y latitud del lugar.

12:40:50 PM	
TIEMPO CIVIL 12.681	
TIEMPO SOLAR 12.003	
TIEMPO HORARIO 3.49970564172253D-03 PM	
ANGULO HORARIO 5.24955846258379D-02 PM	
ESTA ES LA DECLINACION	-3.492161
HORAS DE INSOLACION	11.83492
EL ANGULO CENITH SOLAR	22.99242
ALTURA SOLAR	67.00758
ANGULO DE LA AZIMUTH	45.09011
LA ALTURA DEL ESPEJO 19.36086	
PRIMER ALTURA DEL ESPEJO	0
2DA LECT. ALTURA DEL ESPEJO	19.36086
CORRECCION DE LA ALTURA DEL ESPEJO	19.36086
PRIMER AZIMUT DEL ESPEJO	0
2DA LECT. AZIMUT DEL ESPEJO	14.89936
CORRECCION ANGULO AZIMUTH DEL ESPEJO	14.89936

Figura 5 - 5 Muestra tiempo civil, tiempo solar, ángulo horario, declinación, horas de insolación, ángulo cenith, altura solar, ángulo azimuth solar, y altura de espejo, azimuth del espejo.

12:50:00 PM	
TIEMPO CIVIL 12.847	
TIEMPO SOLAR 12.170	
TIEMPO HORARIO 170166332571959 PM	
ANGULO HORARIO 2.55249498857939 PM	
ESTA ES LA DECLINACION	-3.492161
HORAS DE INSOLACION	11.83492
EL ANGULO CENITH SOLAR	23.12892
ALTURA SOLAR	66.87108
ANGULO DE LA AZIMUTH	45.4756
LA ALTURA DEL ESPEJO 19.35305	
PRIMER ALTURA DEL ESPEJO	19.36086
2DA LECT. ALTURA DEL ESPEJO	19.35305
CORRECCION DE LA ALTURA DEL ESPEJO	-7.810593E-03
PRIMER AZIMUT DEL ESPEJO	14.89936
2DA LECT. AZIMUT DEL ESPEJO	14.51262
CORRECCION ANGULO AZIMUTH DEL ESPEJO	-0.3867321

Figura 5 - 6 Muestra tiempo civil, tiempo solar, ángulo horario, declinación, horas de insolación, ángulo cenith, altura solar, ángulo azimuth solar, y altura de espejo, azimuth del espejo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

13:00:50 PM
 TIEMPO CIVIL 13.014
 TIEMPO SOLAR 12.337
 TIEMPO SOLAR .336833019106841 PM
 ANGULO HORARIO 5.05249528660261 PM
 ESTA ES LA DECLINACION -3.492161
 HORAS DE INSOLACION 11.83492
 EL ANGULO CENITH SOLAR 23.52286
 ALTURA SOLAR 66.47714
 ANGULO DE LA AZIMUTH 46.55128
 LA ALTURA DEL ESPEJO 19.33694
 PRIMER ALTURA DEL ESPEJO 19.33694 19.35305
 2DA LECT. ALTURA DEL ESPEJO 19.33694
 CORRECCION DE LA ALTURA DEL ESPEJO -1.611328E-02
 PRIMER AZIMUT DEL ESPEJO 14.51262
 2DA LECT. AZIMUT DEL ESPEJO 13.40753
 CORRECCION ANGULO AZIMUTH DEL ESPEJO -1.105098

Figura 5 - 7 Muestra tiempo civil, tiempo solar, ángulo horario, declinación, horas de insolación, ángulo cenith, altura solar, ángulo azimuth solar, y altura de espejo, azimuth del espejo.

13:00:50 PM
 TIEMPO CIVIL 13.181
 TIEMPO SOLAR 12.503
 TIEMPO SOLAR .503499590740561 PM
 ANGULO HORARIO 7.55249536110842 PM
 ESTA ES LA DECLINACION -3.492161
 HORAS DE INSOLACION 11.83492
 EL ANGULO CENITH SOLAR 24.16163
 ALTURA SOLAR 65.83837
 ANGULO DE LA AZIMUTH 48.18917
 LA ALTURA DEL ESPEJO 19.33027
 PRIMER ALTURA DEL ESPEJO 19.33694
 2DA LECT. ALTURA DEL ESPEJO 19.33027
 CORRECCION DE LA ALTURA DEL ESPEJO -6.67572E-03
 PRIMER AZIMUT DEL ESPEJO 13.40753
 2DA LECT. AZIMUT DEL ESPEJO 11.64098
 CORRECCION ANGULO AZIMUTH DEL ESPEJO -1.758549

Figura 5 - 8 Muestra tiempo civil, tiempo solar, ángulo horario, declinación, horas de insolación, ángulo cenith, altura solar, ángulo azimuth solar, y altura de espejo, azimuth

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

13:20:49 PM
 TIEMPO CIVIL 13.347
 TIEMPO SOLAR 12.670
 TIEMPO SOLAR .669888584240532 PM
 ANGULO HORARIO 10.048328763608 PM
 ESTA ES LA DECLINACION -3.492161
 HORAS DE INSOLACION 11.83492
 EL ANGULO CENITH SOLAR 25.02485
 ALTURA SOLAR 64.97514
 ANGULO DE LA AZIMUTH 50.22057
 LA ALTURA DEL ESPEJO 19.35694
 PRIMER ALTURA DEL ESPEJO 19.33027
 2DA LECT. ALTURA DEL ESPEJO 19.35694
 CORRECCION DE LA ALTURA DEL ESPEJO 2.667427E-02
 PRIMER AZIMUT DEL ESPEJO 11.64898
 2DA LECT. AZIMUT DEL ESPEJO 9.334898
 CORRECCION ANGULO AZIMUTH DEL ESPEJO -2.314079

Figura 5 - 9 Muestra tiempo civil, tiempo solar, ángulo horario, declinación, horas de insolación, ángulo cenith, altura solar, ángulo azimuth solar, y altura de espejo, azimuth

13:30:49 PM
 TIEMPO CIVIL 13.514
 TIEMPO SOLAR 12.837
 TIEMPO SOLAR .836555240973091 PM
 ANGULO HORARIO 12.5483286145964 PM
 ESTA ES LA DECLINACION -3.492161
 HORAS DE INSOLACION 11.83492
 EL ANGULO CENITH SOLAR 26.09294
 ALTURA SOLAR 63.90706
 ANGULO DE LA AZIMUTH 52.49043
 LA ALTURA DEL ESPEJO 19.44232
 PRIMER ALTURA DEL ESPEJO 19.35694
 2DA LECT. ALTURA DEL ESPEJO 19.44232
 CORRECCION DE LA ALTURA DEL ESPEJO 8.537865E-02
 PRIMER AZIMUT DEL ESPEJO 9.334898
 2DA LECT. AZIMUT DEL ESPEJO 6.566894
 CORRECCION ANGULO AZIMUTH DEL ESPEJO -2.768004

Figura 5 - 10 Muestra tiempo civil, tiempo solar, ángulo horario, declinación, horas de insolación, ángulo cenith, altura solar, ángulo azimuth solar, y altura de espejo, azimuth

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

6. Sistema de Seguimiento del Sol.

La necesidad de captar la mayor cantidad posible de la energía incidente en un determinado lugar es, evidentemente una exigencia común en todos los sistemas de aprovechamiento de la energía solar. La máxima captación, tiene lugar si la superficie colectora se encuentra constantemente normal a los rayos de el sol, lo que únicamente puede conseguirse, si dicha superficie esta dotada de un movimiento de seguimiento de el sol.

Al comparar captadores estáticos vs captadores dotados de un seguimiento (figura 6 -2), encontramos una diferencia de captación de hasta 35%, hecho que disculpa la inversión en un sistema de seguimiento.

En el desarrollo de sistemas de seguimiento solar, podemos encontrar el de coordenadas calculadas, o bien fotosensores. En este trabajo de investigación nos involucraremos únicamente con el desarrollo de sistemas de seguimiento por coordenadas.

6.1 Sistemas De Seguimiento Indirecto Del Sol Por Coordenadas.

Los métodos de seguimiento de el sol por *coordenadas calculadas* que obtienen la posición de el sol, mediante su trayectoria astronómica se utilizan frecuentemente en los sistemas de aprovechamiento de la energía solar que requieren un seguimiento indirecto de el sol, como ocurre en el caso de los campos de heliostatos (figura 6 -2 y figura 6-3) de las centrales solares térmicas. Estos sistemas, emplean la utilización de sistemas de calculo y procesamiento y, por tanto, resultan mas adecuados cuanto mayor sea el número de paneles a controlar.

El desarrollo actual de los microprocesadores y las previsiones futuras del mismo permiten considerar, que los sistemas de seguimiento por coordenadas calculadas controladas por un

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

microprocesador pueden ser también una alternativa para pequeños, y grandes sistemas de seguimiento de el sol.

6.2 Ecuaciones de Seguimiento Indirecto Del Sol.

Los paneles a controlar poseen un movimiento alrededor de dos ejes, uno vertical y otro horizontal perpendicular a él, de manera que la orientación de cada panel, (dada por la orientación de un vector perpendicular a su superficie) queda determinada por los ángulos de acimut, y elevación. Estos ángulos se calculan en función de la posición geográfica del lugar del día y del lugar.

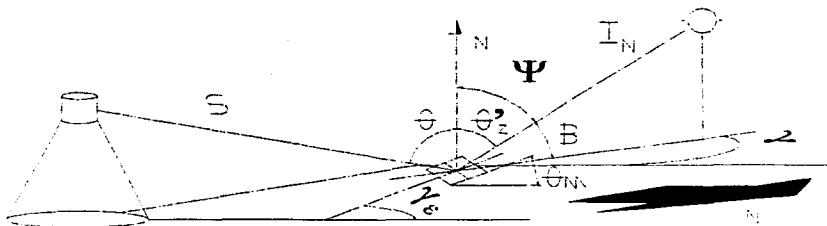


Figura 6 - 1 Muestra la deducción matemática de las ecuaciones del seguimiento solar para un panel, la reflexión del rayo incidente, a través de deducir el vector normal.

Basándonos en la figura 6 - 1, mediante los cósenos directores, podemos determinar:

$$S \equiv i \cos \beta \cos \gamma + j \operatorname{sen} \gamma \cos \beta + k \operatorname{sen} \beta$$

$$(I_N)(S) \equiv \cos(2\theta)$$

$$\cos(2\theta) \equiv -\frac{x}{L} \cos \beta \cos \gamma - \frac{y}{L} \operatorname{sen} \gamma \cos \beta + \frac{F}{L} \operatorname{sen} \beta$$

Por lo tanto:
$$N \equiv \left(\frac{S + I_N}{S + I_N} \right)$$

Deducido:

$$N \equiv (L \operatorname{sen} \theta_z \cos \gamma - x)^2 + (L \operatorname{sen} \theta_z \operatorname{sen} \gamma - y)^2 + (L \cos \theta_z + F)^2$$

Donde:
$$\operatorname{sen} \theta_z \equiv \cos \beta$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

6.3 Campo de Helióstatos con Receptor Central.

En la siguiente fotografía se muestra una planta de potencia de vapor solar. En este sistema, el sol se rastrea mediante un campo de reflectores (helióstatos) que reflejan el rayo de luz solar a un receptor central situado en la torre el cual energiza una caldera.

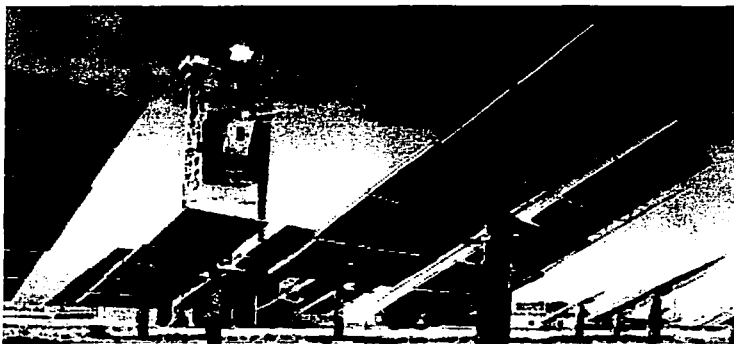


Figura 6 – 2 Muestra la reflexión del rayo incidente en el concentrador, además permite comprobar el mecanismo de seguimiento en dos ejes.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Si el campo de heliostatos se considera como un reflector entonces el receptor central se localiza en el punto focal del reflector y la luz solar difusa se concentra en el punto focal, donde se genera el vapor.



Figura 6 - 3. Planta eléctrica de 10 MW. Solar One, situada en Barstow California

El área que ocupa esta planta, no es contaminada, ni arroja tampoco contaminantes al medio ambiente.

Debemos tener presente que según la posición geográfica donde se requiera el campo de heliostatos con receptor central,

la configuración de este campo variara para no perder eficiencia según la localización del sol como se muestra en la figura 6 - 4



Figura 6 - 4. Muestra el comportamiento del campo de heliostatos, según latitud del lugar.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Conclusiones

- El campo de Helióstatos es una de las formas mas segura y limpia de producir energía eléctrica, no contamina, no produce gases tóxicos derivados de algún combustible, podrían ser aplicados en México en desiertos como Sonora, Chihuahua, por mencionar algunos.
- Los helióstatos podrían ser explotados, para introducir luz de día en oficinas, plantas industriales, y el hogar; en lugar de mantener el rayo incidente en un concentrador, podría concentrarse en ventanas, disipadores ópticos, fibra óptica etc. con lo cual se beneficiaría el ahorro del consumo de luz eléctrica.
- Es decir, los helióstatos podrían ser explotados para uso industrial y del hogar mediante PLC's, o bien PCS.
- La forma en como se utilizo la interface PPI 8255 – A en este proyecto esta sobrada, ya que los drivers, pudieron ser controlados únicamente por el PC, sien embargo el estudio de esta interface como parte de este proyecto, deja muchas posibilidades de aplicación, ya que esta podría mantener comunicación con el medio, ya que puede enviar y recibir información, y es un muy buen dispositivo para la aplicación en el control, además de su bajo costo. Ya que no hay que olvidar que esta interface nos ofrece tres puertos de comunicación.
- Debido a que los controladores (Drivers) se alimentaron por el reloj, no pudieron ofrecernos el medio paso, sin embargo, esto puede ser mejorado fácilmente por la implementación de un tren de engranes mas precisó, tan preciso como se requiera.

- Normalmente, cuando el motor paso a paso se aplica apropiadamente, no requiere alimentación. Sin embargo, este motor es perfectamente compatible con la realimentación, analógica o digital, de velocidad, posición, posición o ambas.
- Mientras que la integridad impulso – paso se mantenga, el error no es acumulativo. Se puede introducir una cadena de impulsos en un motor paso a paso, y la posición final del eje es conocida como un pequeño error que es un porcentaje del paso. Debido a la procedencia de los motores utilizados en este proyecto, no es posible determinar, el porcentaje de error teóricamente, pero si experimentalmente. Comprando los motores en la industria los proveedores proporcionan los manuales técnicos que especifican datos de operación que permiten calcular el porcentaje de error.
- El par máximo se produce para velocidades de impulso bajas. Este motor puede acelerar fácilmente su carga. Cuando se alcanza la velocidad deseada y los impulsos de control cesan, el eje se detiene. No hay necesidad de embragues y de frenos. Una vez que esta parado, la tendencia a la deriva es pequeña. En efecto, los motores del tipo imán permanente (PM) se detienen magnéticamente en la última posición. En resumen, una carga puede arrancar en cualquier sentido, moverse a una posición, y permanecer en ella hasta que se envíe otra orden.
- Está disponible un amplio rango de ángulos de paso – 1.8°, 7.5°, 15, 45, y 90, sin controladores ni circuitería lógica especial. Además que la preescisión de el paso puede definirse aun mas, con la ayuda de reductores (trenes de engranes).
- Usualmente la inercia del rotor es baja.
- La corriente de arranque es baja.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- La eficiencia es baja. Gran parte de la potencia de entrada se disipa en forma de calor.
- Equipos controlados por computador presentan ventajas, ya que pueden realizarse cambios a nivel de software únicamente, además de poder incluir, también, en subprogramas, un conjunto de funciones adicionales a la de puntería propiamente dicha, tales como la de llevar los paneles a una posición de máxima seguridad ante inclemencias de el tiempo o a la de retorno nocturno, puede pararse un solo panel para dar mtto, además de poderse planear.
- Si se deseara utilizar la PPI - 8255 - A para comunicarse con el medio, lenguajes de programación mas sofisticados que el Qbasic 4.5 utilizado en este proyecto, proporcionarían mejor presentación en el desarrollo del software, permitiendo así que el PC, grafique y muestre los datos que recibe, como los que envía.
- La PC, es una de las mejores opciones para el control, y utilizando dispositivos electrónicos adecuados, permite alcanzar niveles en el control, muy grandes.
- Los dispositivo electrónicos de este proyecto permitirían desarrollar este en todas direcciones, una comunicación con el medio exacta y compleja, un software que brindara muchas alternativas de comunicación, además de que el monitor del PC, podría esquematizar el movimiento del dispositivo, a gran distancia de por medio, sin que ninguna persona estuviera cerca de el.
- En otras palabras, este proyecto podría desarrollarse en una forma tal, que podría acarrear ahorros, en energía y contaminación, a la industria como en el hogar, y al ecosistema, utilizando como generador energía limpia y renovable.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

APÉNDICE A

A.1 PPI 8255 - A

La interfase periférica programable (PPI) 8255 - A, es la versión revisada de la PPI 8255. Debido a su bajo costo, y a su versatilidad es muy común encontrarse con ella. Opera en una forma un poco compleja con varios modos de programación que permiten una gran variedad de elección. Puede ser usada casi con cualquier microprocesador, y es compatible con la tecnología TTL.

La 8255 tiene 24 terminales de E/S, y pueden ser agrupados en dos puertos paralelos de 8 - bits, A y B, y uno más también de ocho bits, el puerto C. Los ocho bits de puerto C, pueden ser usados como un solo puerto, o agruparse en dos puertos de cuatro bits: C_u y C_L, es decir el puerto C superior (Low) y el puerto C inferior (Under). El funcionamiento de estos puertos están definidos, por la forma en que se opere a la interface, sin olvidar que esto depende de las condiciones en que se programe a esta.

Existen tres modos de programación:

Modo 0.- Programación de dos grupos de 12 entradas - salidas programable en grupos de cuatro.

Modo 1.- Programación de dos grupos de ocho entradas - salidas más cuatro líneas para las señales de comunicación

Modo 2.- Programación de un bus bidireccional de ocho bits mas cinco líneas para las señales de comunicación.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

A.1.1 Funciones de las líneas de control.

D₀ a D₇.- son las ocho líneas de datos bidireccionales del PPI. Están controladas por un amplificador triestado controlado a su vez por las instrucciones de E /S que le enviaremos También pasan por él las palabras de control de inicialización del PPI.

WR.- la línea activa a nivel bajo. Cuando el PC escriba una palabra, primero deberá poner esta línea a nivel bajo.

RD.- línea activa a nivel bajo. El micro deberá activar esta línea cuando quiera leer un dato.

CS.- línea de selección del circuito. No podrá ser ejecutada ninguna operación si esta línea no esta primeramente valida

A₀ a A₁.- con estas dos líneas de direcciones directamente extraídas del bus del PC disponemos de cuatro direcciones en el interior del PPI.

- Puerto A, dirección 0.
- Puerto B, dirección 1.
- Puerto C, dirección C.
- Puerto de control dirección 3.

RESET.- cuando a esta entrada se le aplica un nivel alto, el PPI se reinicializa y todas las líneas de los tres puertos se establecen como entradas en estado de alta impedancia.

Puerto A: 8 Líneas de salida con latch y buffer, o entradas con latch.

Puerto B: 8 Líneas de salida con latch y buffer, o entradas con buffer.

Puerto C: 8 Líneas de salida con latch y buffer, o entradas con buffer.

Al aplicar tensión las 24 líneas, se encuentran en modo de entrada. Ya que mediante una simple instrucción de lectura podremos conocer el nivel lógico de las líneas externas conectadas a estas entradas. Sin embargo, durante la ejecución

del programa una sola instrucción de escritura en el registro de control del PPI podrá establecer de diferente modo las líneas de sus tres puertos.

La figura A - 1 representa, según documentación de Intel, el esquema interno de la PPI 8255 - A

La figura posterior A - 2 se observa el encapsulado y las distintas funciones de las patillas.

La tabla A.1 permite conocer las dieciséis combinaciones posibles en cuanto al estado de los puertos A, B, y C.

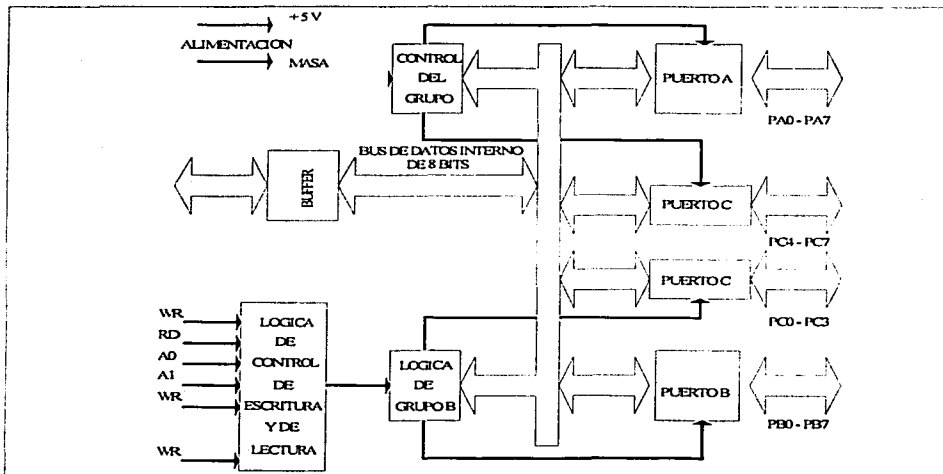


Fig. A - 1 Muestra esquema interno de la PPI8255 - A

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

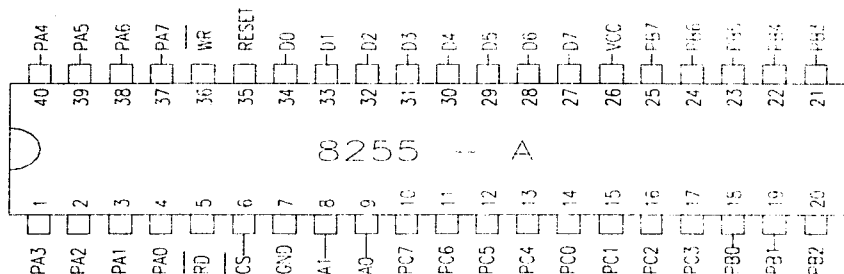


Fig. A - 2 Descripción del encapsulado y patillas.

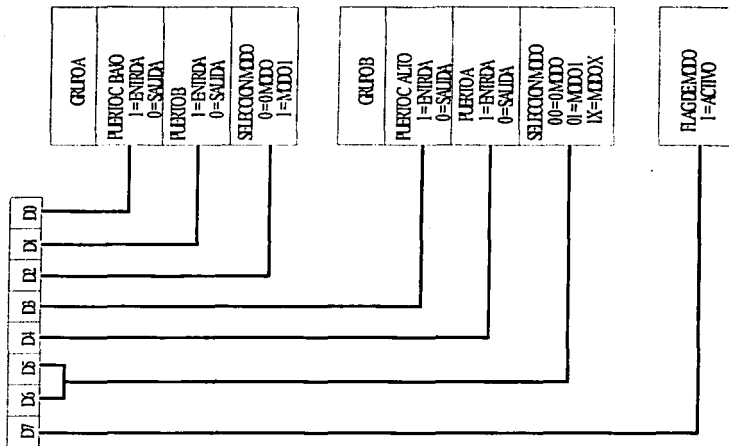
Funciones de los puertos A, B, y C, dependiendo del estado de los bits D0, D1, D3, D4

A		B		Grupo A		Grupo B		
D4	D3	D1	D0	Puerto A	Puerto C	Puerto B	Puerto C	
				alto		bajo		
0	0	0	0	salida	salida	0	salida	salida
0	0	0	1	salida	salida	1	salida	entrada
0	0	1	0	salida	salida	2	entrada	salida
0	0	1	1	salida	salida	3	entrada	entrada
0	1	0	0	salida	entrada	4	salida	salida
0	1	0	1	salida	entrada	5	salida	entrada
0	1	1	0	salida	entrada	6	entrada	salida
0	1	1	1	salida	entrada	7	entrada	entrada
1	0	0	0	entrada	salida	8	salida	salida
1	0	0	1	entrada	salida	9	salida	entrada
1	0	1	0	entrada	salida	10	entrada	salida
1	0	1	1	entrada	salida	11	entrada	entrada
1	1	0	0	entrada	entrada	12	salida	salida
1	1	0	1	entrada	entrada	13	salida	entrada
1	1	1	0	entrada	entrada	14	entrada	salida
1	1	1	1	entrada	entrada	15	entrada	entrada

Tabla A.1 Muestra funciones de los diferentes puertos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Para programar la PPI 8255 en algún modo específico, deberá consultar lo siguiente Fig. A-3.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Apéndice B



MM54HC688/MM74HC688 8-Bit Magnitude Comparator (Equality Detector)

General Description

This equality detector utilizes advanced silicon-gate CMOS technology to compare bit for bit two 8-bit words and indicates whether or not they are equal. The $F=O$ output indicates equality when it is low. A single active low enable is provided to facilitate cascading of several packages and enable comparison of words greater than 8 bits.

This device is useful in memory block decoding applications, where memory block enable signals must be generated from computer address information.

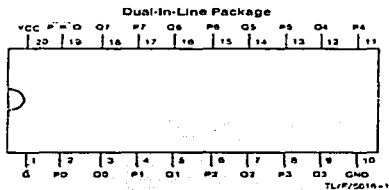
The comparator's output can drive 10 low power Schottky equivalent loads. This comparator is functionally and pin

compatible to the 54LS688/74LS688. All inputs are protected from damage due to static discharge by diodes to V_{CC} and ground.

Features

- Typical propagation delay: 20 ns
- Wide power supply range: 2-6V
- Low quiescent current: 80 μ A (74 Series)
- Large output current: 4 mA (74 Series)
- Same as 'HC521

Connection and Logic Diagrams

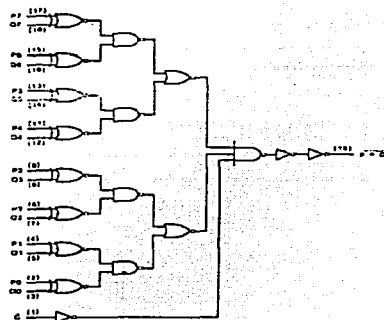


Order Number MM54HC688* or MM74HC688*

*Please look into Section 8, Appendix D for availability of various package types.

Truth Table

Inputs			$F=O$
Data P, O	Enable G		
$P = O$	L		L
$P > O$	L		H
$P < O$	L		H
X	H		H



TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Absolute Maximum Ratings (Notes 1 and 2)

If Military/Aerospace specified devices are required, contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage (V _{CC})	-0.5 to +7.0V
DC Input Voltage (V _{IN})	-1.5 to V _{CC} +1.5V
DC Output Voltage (V _{OUT})	-0.5 to V _{CC} -0.5V
Clamp Diode Current (I _{IK} , I _{OK})	±20 mA
DC Output Current, per pin (I _{OUT})	±25 mA
DC V _{CC} or GND Current, per pin (I _{CC})	±50 mA
Storage Temperature Range (T _{STG})	-65°C to +150°C
Power Dissipation (P _D) (Note 3)	600 mW
S.O. Package only	500 mW
Lead Temp. (T _L) (Soldering 10 seconds)	260°C

Operating Conditions

Supply Voltage (V _{CC})	Min 2	Max 6	Initial V
DC Input or Output Voltage (V _{IN} , V _{OUT})	0	V _{CC}	V
Operating Temp. Range (T _A)	-40	+85	°C
	-55	+125	°C
Input Rise or Fall Times (t _r , t _f)	V _{CC} = 2.0V	1000	ns
	V _{CC} = 4.5V	500	ns
	V _{CC} = 6.0V	400	ns

DC Electrical Characteristics (Note 4)

Symbol	Parameter	Conditions	V _{CC}	T _A = 25°C	74HC	54HC	Units	
				Typ	T _A = -40 to 85°C	T _A = -55 to 125°C		
V _{IH}	Minimum High Level Input Voltage		2.0V	1.5	1.5	1.5	V	
			4.5V	3.15	3.15	3.15	V	
			6.0V	4.2	4.2	4.2	V	
V _{IL}	Maximum Low Level Input Voltage**		2.0V	0.5	0.5	0.5	V	
			4.5V	1.35	1.35	1.35	V	
			6.0V	1.8	1.8	1.8	V	
V _{OH}	Minimum High Level Output Voltage	V _{IN} = V _{IH} or V _{IL} I _{OUT} ≤ 20 μA	2.0V	2.0	1.0	1.9	1.9	V
			4.5V	4.5	4.4	4.4	4.4	V
			6.0V	6.0	5.9	5.9	5.9	V
		V _{OH} = V _{IH} or V _{IL} I _{OUT} ≤ 4.0 mA I _{OUT} ≤ 5.2 mA	4.5V	4.2	3.98	3.94	3.7	V
			6.0V	5.7	5.48	5.34	5.2	V
			6.0V	0	0.1	0.1	0.1	V
V _{OL}	Maximum Low Level Output Voltage	V _{IN} = V _{IH} or V _{IL} I _{OUT} ≤ 20 μA	2.0V	0	0.1	0.1	0.1	V
			4.5V	0	0.1	0.1	0.1	V
			6.0V	0	0.1	0.1	0.1	V
		V _{OL} = V _{IH} or V _{IL} I _{OUT} ≤ 4.0 mA I _{OUT} ≤ 5.2 mA	4.5V	0.2	0.26	0.33	0.4	V
			6.0V	0.2	0.26	0.33	0.4	V
			6.0V	0	0.1	0.1	0.1	V
I _{IH}	Maximum Input Current	V _{IN} = V _{CC} or GND	6.0V	±0.1	±1.0	±1.0	μA	
I _{CC}	Maximum Quiescent Supply Current	V _{IN} = V _{CC} or GND I _{OUT} = 0 μA	6.0V	8.0	80	100	μA	

Note 1: Absolute Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur.

Note 2: Unless otherwise specified all voltages are referenced to ground.

Note 3: Power Dissipation temperature derating — plastic "N" package — 12 mW/°C from 65°C to 85°C, ceramic "J" package — 12 mW/°C from 100°C to 125°C.

Note 4: For a power supply of 5V ±10% the worst case output voltages (V_{OH} and V_{OL}) occur for HC at 4.5V. Thus the 4.5V values shown are used when designing with the supply. Worst case V_{OH} and V_{OL} occur at V_{CC} = 5.5V and 4.5V respectively. (The V_{IL} value of 3.5V is 3.65V.) The worst case leakage currents (I_{IH}, I_{CC}, and I_{OL}) occur for CMOS at the higher voltage and so the 6.0V values should be used.

**V_{IL} limits are currently tested at 20% of V_{CC}. The above V_{IL} specification (30% of V_{CC}) will be implemented no later than Q1, CY85.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

AC Electrical Characteristics

$V_{CC} = 5V$, $T_A = 25^\circ C$, $C_L = 15$ pF, $t_r = t_f = 6$ ns

Symbol	Parameter	Conditions	Typ	Guaranteed Limit	Units
t_{PHL} , t_{PLH}	Maximum Propagation Delay, any P or Q to Output		21	30	ns
t_{PLH} , t_{PHL}	Maximum Propagation Delay, Enable to any Output		14	20	ns

AC Electrical Characteristics

$V_{CC} = 2.0V$ to $6.0V$, $C_L = 50$ pF, $t_r = t_f = 6$ ns (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Conditions	V_{CC}	$T_A = 25^\circ C$		74HC	54HC	Units
						$T_A \sim -40$ to $85^\circ C$	$T_A \sim -55$ to $125^\circ C$	
				Guaranteed Limits				
t_{PHL} , t_{PLH}	Maximum Propagation Delay, P or Q to Output		2.0V	60	175	220	263	ns
			4.5V	22	35	44	53	ns
			6.0V	19	30	38	45	ns
t_{PHL} , t_{PLH}	Maximum Propagation Delay, Enable to Output		2.0V	45	120	150	180	ns
			4.5V	15	24	30	36	ns
			6.0V	13	20	25	30	ns
t_{THL} , t_{TLH}	Maximum Output Rise and Fall Time		2.0V	30	75	95	110	ns
			4.5V	8	15	19	22	ns
			6.0V	7	13	16	19	ns
C_{PD}	Power Dissipation Capacitance (Note 5)		45					pF
C_{IN}	Maximum Input Capacitance		5	10	10	10		pF

Note 5: C_{PD} determines the load dynamic power consumption, $P_D = C_{PD} V_{CC}^2 f + I_{CC} V_{CC}$, and the no load dynamic current consumption, $I_D = C_{PD} V_{CC} f + I_{CC}$.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Apéndice C

ROLA
11CONDUCTOR
NICAL DATA

STEPPER MOTOR DRIVER

The SAA1042 drives a two-phase stepper motor in the bipolar mode. The device contains three input stages, a logic section and two output stages.

Drive Stages Designed for Motors: 0.0 V and 12 V, SAA1042
24 V; SAA1042A

500 mA Coil Drive Capability

Built-in Clamp Diodes for Overvoltage Suppression

Wide Logic Supply Voltage Range

Accepts Commands for CW/CCW and Half/Full Step Operation

Inputs Compatible with Popular Logic Families: MOS, TTL, DTL

Set Input Defines Output State

Drive Stage Bias Adaptable to Motor Power Dissipation for Optimum Efficiency

SAA1042
SAA1042A

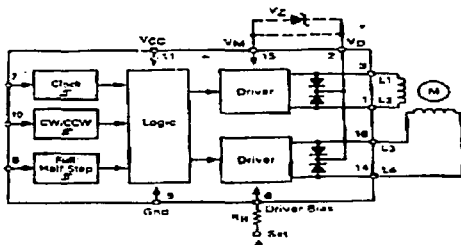
STEPPER MOTOR DRIVER

SILICON MONOLITHIC
INTEGRATED CIRCUIT

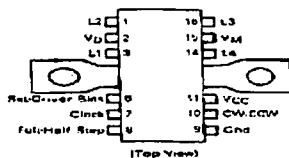


PLASTIC PACKAGE
CASE 141

FIGURE 1 — SAA1042 BLOCK DIAGRAM



PIN ASSIGNMENT



Note: Case history is electrically connected to ground if a 0 is through it's on substrate.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

SAA1042, SAA1042A

MAXIMUM RATINGS (TA = 25°C unless otherwise noted)

	Symbol	SAA1042	SAA1042A	Unit
Clamping Voltage (Pins 1, 3, 14 & 18)	Vclamp	20	30	V
Over Voltage (V _{OV} = Vclamp - V _{OV})	V _{OV}		6.0	V
Supply Voltage	V _{CC}	20	30	V
Switching or Motor Current (Pin 1)	I _M		500	mA
Input Voltage (Pins 7, 8 & 10)	V _{IN} (Logic) V _{IN} (Full-Hall) V _{IN} (CW/CCW)		V _{CC}	V
Power Dissipation (Note 1)	P _D		2.0	W
Derate above T _A = 25°C	θ _{J(A)}		30	mW/°C
Thermal Resistance, Junction to Air	θ _{J(A)}		50	°C/W
Thermal Resistance, Junction to Case	θ _{J(C)}		8.0	°C/W
Operating Junction Temperature Range	T _J		-30 to +125	°C
Storage Temperature Range	T _{STG}		-65 to +160	°C

NOTE 1: The power dissipation, P_D, of the circuit is given by the supply voltage, V_{CC}, and V_{CC}, and the motor current, I_M, and can be determined from Figures 3 and 5. P_D = P_{AV} + P_{MC}

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_A = -25°C)

Characteristic	Pin	Symbol	V _{CC}	I _{IN}	T _{YP}	MAX	Unit
Supply Current	11	I _{CC}	8.0 V 20 V	—	—	3.5 8.5	mA
Motor Supply Current 3 Pin 6 = -400 μA, Pins 1, 3, 14, 18 Open	15	I _M	8.0 V 5.0 V 5.0 V	—	25 30 40	—	mA
Input Voltage — High State	7, 8, 10	V _{IH}	5.0 V 10 V 15 V 20 V	2.0 2.0 — —	—	—	V
Input Voltage — Low State	7, 8, 10	V _{IL}	5.0 V 10 V 15 V 20 V	—	—	0.8 1.5 2.8 3.8	V
Input Reverse Current — High State V _{IN} = V _{CC1}	7, 8, 10	I _{IR}	5.0 V 10 V 15 V 20 V	—	—	2.0 3.0 3.0 5.0	μA
Input Forward Current — Low State I _{IN} = Gnd	7, 8, 10	I _{IF}	5.0 V 10 V 15 V 20 V	-10 -25 -60 -85	—	—	mA
Output Voltage — High State I _{VM} = 12 V, I _{OUT} = -500 mA I _{OUT} = -50 mA	1, 3, 14, 18	V _{OH}	5.0 to 20 V	—	V _M - 2.0 V _M - 1.2	—	V
Output Voltage — Low State I _{OUT} = 500 mA I _{OUT} = 50 mA	1, 3, 14, 18	V _{OL}	5.0 to 20 V	—	0.7 0.2	—	V
Output Leakage Current (V _M = V _D = V _{CLAMP} max) Pin 6: Open	1, 3, 14, 18	I _{OP}	5.0 to 20 V	-100	—	—	μA
Clamp Diode Forward Voltage (Drop at I _M = 500 mA)	2	V _F	—	—	2.5	3.5	V
Clock Frequency	7	f _C	5.0 to 20 V	0	—	80	kHz
Clock Pulse Width	7	t _{pw}	5.0 to 20 V	10	—	—	μs
Set Pulse Width	8	t _s	—	—	15	—	μs
Set Control Voltage — High State Low State	8	—	—	—	V _M	—	V

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

INPUT/OUTPUT FUNCTIONS

Clock — (Pin 7) This input is active on the positive edge of the clock pulse and accepts Logic '1' input levels dependent on the supply voltage and includes hysteresis for noise immunity.

CW/C CW — (Pin 10) This input determines the motor's rotational direction. When the input is held low, iOV, see the electrical characteristics the motor's direction is nominally clockwise (CW). When the input is in the high state, Logic '1', the motor's direction will be nominally counter clockwise (CCW), depending on the motor connections.

Full/Half Step — (Pin 8) This input determines the angular rotation of the motor for each clock pulse. In the low state the motor will make a full step for each applied clock pulse, while in the high state, the motor will make half a step.

V_D — (Pin 2) This pin is used to protect the outputs (1, 3, 14, 16) where large positive spikes occur due to switching the motor coils. The maximum allowable voltage on these pins is the clamp voltage (V_{Zclamp}). Motor performance is improved if a zener diode is connected between Pin 2 and Pin 15 as shown in Figure 1.

The following conditions have to be considered when selecting the zener diode:

$$V_{Zclamp} = V_M - 6.0 V$$

$$V_Z = V_{Zclamp} - V_M = V_L$$

where: V_Z = clamp diodes forward voltage drop (see Figure 4)

$$V_{Zclamp}$$

$$\approx 20 V \text{ for SAA1042}$$

$$\approx 30 V \text{ for SAA1042A}$$

$$\text{Pins 2 and 15 can be tied, in this case } V_Z = 0 V$$

Set/Bias Input — (Pin 6) This input has two functions.

The resistor R_B accepts the drivers to the motor current.

A pulse via the resistor R_B sets the outputs (1, 3, 14, 16) to a defined state.

The resistor R_B can be determined from the graph of Figure 2 according to the motor current and voltage. Smaller values of R_B will increase the power dissipation of the circuit and larger values of R_B may increase the saturation voltage of the driver transistors.

When the "set" function is not used, terminal A of the resistor R_B must be grounded. When the set function is used, terminal A has to be connected to an open-collector (buffer) circuit. Figure 7 shows this configuration. The buffer circuit (off-state) has to sustain the motor voltage V_M. When a pulse is applied via the buffer and the bias resistor R_B:

During the pulse duration, the motor driver transistors

are turned off.

After glancing the pulse, the outputs will have defined states.

Figure 6 shows the timing diagram.

Figure 7 illustrates a typical application in which the SAA1042 drives a 12 V stepper motor with a current consumption of 200 mA/coil.

A bias resistor (R_B) of 55 kΩ is chosen according to Figure 2.

The maximum voltage permitted at the output pins is V_M = 6.0 V (see the Maximum Ratings), in this application V_M = 12 V, therefore the maximum voltage is 18 V. The outputs are protected by the internal diodes and an external zener connected between Pins 2 and 15.

From Figure 4, it can be seen that the voltage drop across the internal diodes is about 1.7 V at 200 mA. This results in a zener voltage between Pins 2 and 15 of:

$$V_Z = 6.0 V - 1.7 V = 4.3 V$$

To allow for production tolerances and a safety margin, a 12 V zener has been chosen for this example.

The clock is derived from the line frequency which is phase locked by the MC14046B and the MC14024.

The voltage on the clock input is normally low (Logic '0'). The motor steps on the positive going transition of the clock pulse.

A Logic '0' applied to the Full/Half input, Pin 8, operates the motor in the Full Step mode. A Logic '1' at this input will result in the Half Step mode. The logic level state on the CW/CCW input, Pin 10, and the connection of the motor coils to the outputs determines the rotational direction of the motor.

These two inputs should be biased to a Logic '0' or '1' and not left floating. In the event of non-use, they should be tied to ground or the logic supply line (V_{CC}).

The output drivers can be set to a fixed operating point by use of the Set input and a bias resistor R_B. A positive pulse in this input turns the drivers off and sets the logic state of the outputs.

After the negative going transition of the Set output, and until the first positive going transition of the clock, the outputs will be:

$$L_1 = L_3 = \text{high and } L_2 = L_4 = \text{low.}$$

(See Figure 6, the timing diagram).

The Set input can be driven by a MC14007K or a transistor whose collector resistor is R_B. If the input is not used, the bottom of R_B must be grounded.

The total power dissipation of the circuit can be determined from Figures 3 and 5.

$$P_D = 0.9 W = 0.9 W = 0.98 W$$

This results in a junction to ambient temperature, without a heatsink of:

$$T_J - T_A = 50^\circ C \times 0.98 W = 49^\circ C.$$

or a maximum ambient temperature of 76°C. For operation at elevated temperatures a heatsink is required.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

FIGURE 2 — BIAS RESISTOR R_B VERSUS MOTOR CURRENT

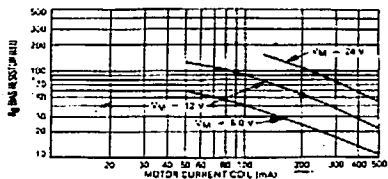


FIGURE 4 — CLAMP DIODE FORWARD CURRENT VERSUS FORWARD VOLTAGE

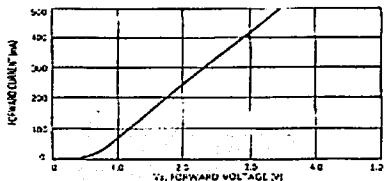


FIGURE 3 — DRIVE STAGE POWER DISSIPATION

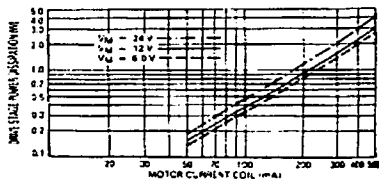


FIGURE 5 — POWER DISSIPATION VERSUS LOGIC SUPPLY VOLTAGE

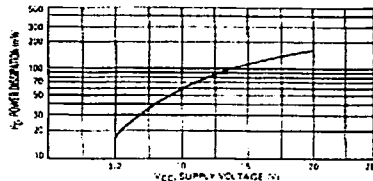
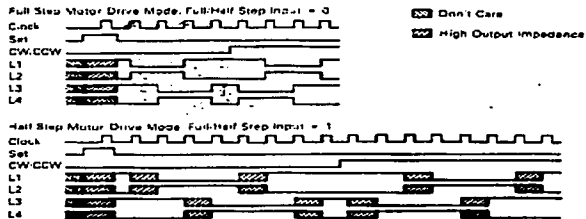
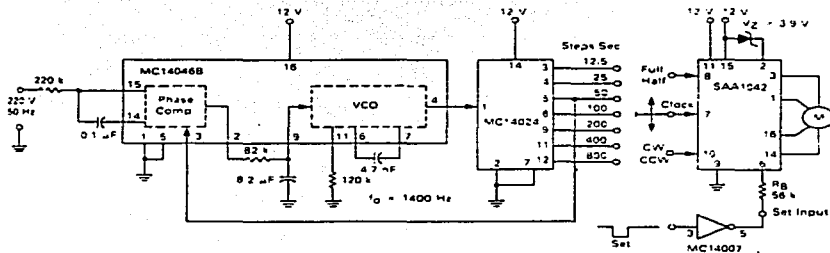


FIGURE 6 — TIMING DIAGRAM



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

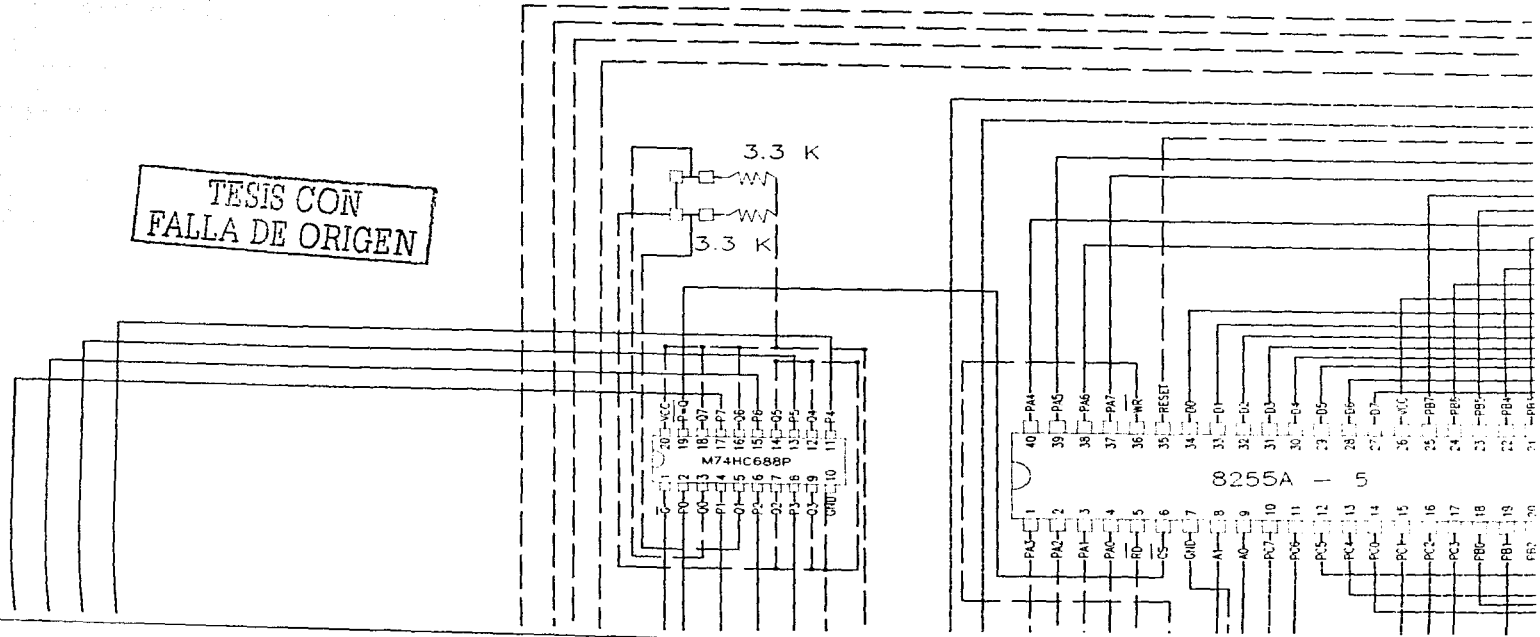
FIGURE 7 — TYPICAL APPLICATION
 SELECTABLE STEP RATES WITH THE TIME BASE DERIVED FROM THE LINE FREQUENCY

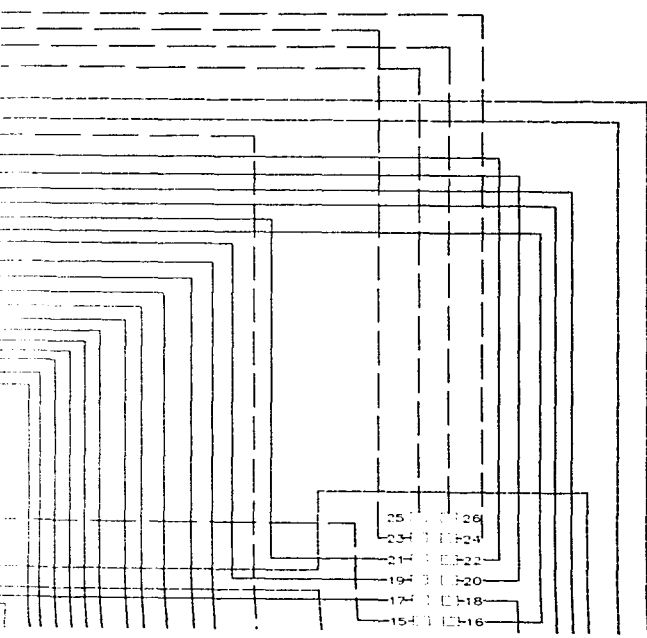


TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Plano de Control

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

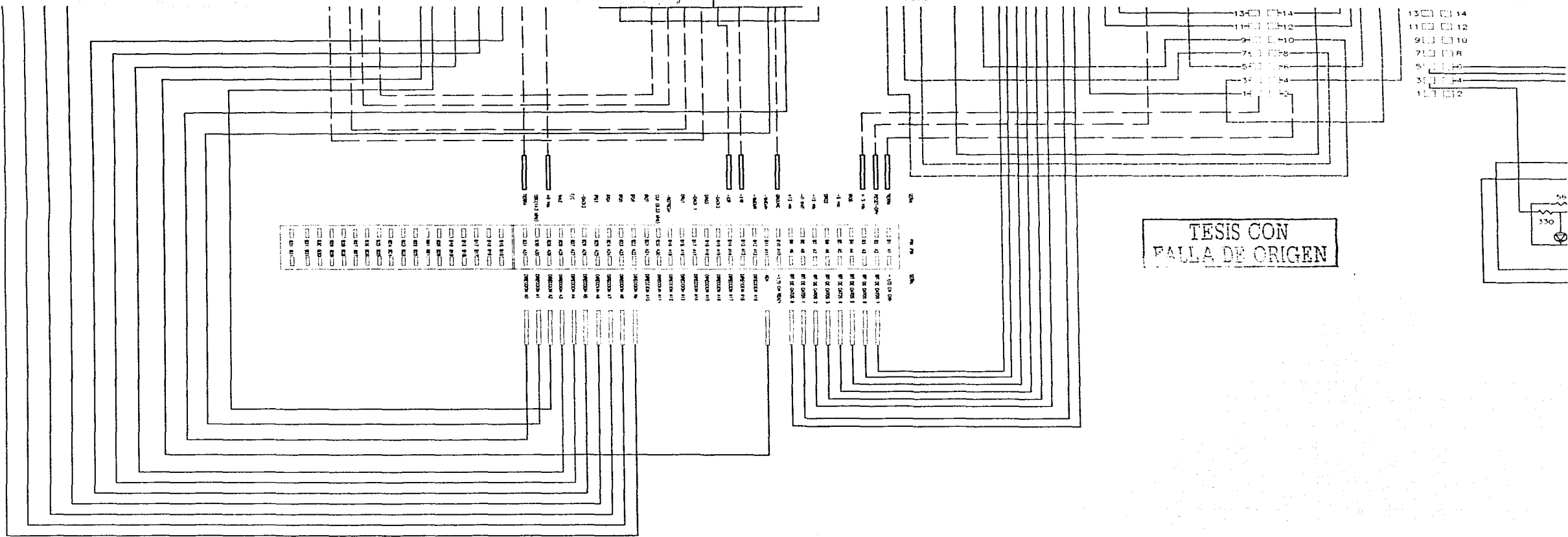




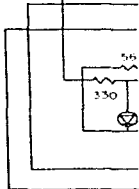
25
23
21
19
17
15

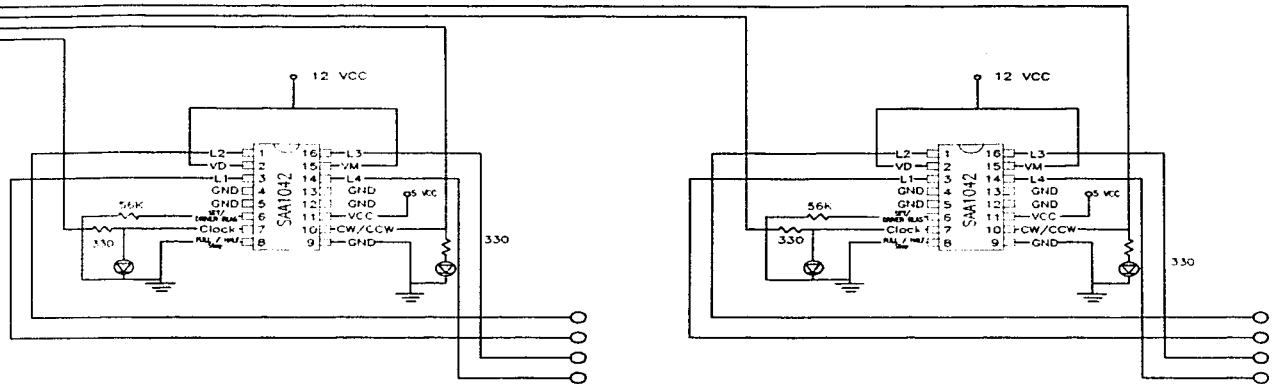
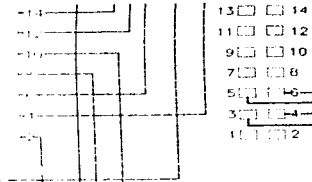
26
24
22
20
18
16

25 □ □ 26
23 □ □ 24
21 □ □ 22
19 □ □ 20
17 □ □ 18
15 □ □ 16



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN





ON
RIGEN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

173.A

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



ALUMNO: I.M.E. RAYMUNDO MARTINEZ URIBE	CARRERA: INGENIERIA MECANICA ELECTRICA	ESC: SIN
ASESOR: I.M.E. JOSE ANTONIO SANCHEZ	PROYECTO: TESIS	ACOT: SIN

DIAGRAMA DE CONTROL
ELECTRONICO

PLANO No
1

Bibliografía.

Capítulo 1

- ¹ Threikeld. *Ingeniería del Ambito Térmico*. p 285
- ² Enciclopedia. En Carta . Energía nuclear.
- ³ J.A. Otala et. al. *El sol y la tierra*. Una relación tormentosa. p. 11
- ⁴ Ibid. p.208
- ⁵ Wilson. *La energía solar*, p.12
- ⁶ Ibid. p.12
- ⁷ J.A. Otala. et al.. *El sol y la tierra*. Una relación tormentosa. p. 94
- ⁸ J. M. Espindola. *El tercer planeta*. Edad estructura y composición de la tierra.
- ⁹ Cfr. Julieta Fierro. et. al. *La familia del sol*. p.108
- ¹⁰ Ibid. p. 109
- ¹¹ Enriqueta García. *Apuntes de climatología*. p.13
- ¹² Threikeld. *Ingeniería del Ambito Térmico*. p 287
- ¹³ Ibid. p. 287 Ibid. p. 287

Capítulo 2

- ¹ Durney. *Circuitos Eléctricos* p. 25.
- ² Hyde. *Control Electroneumático y electrónico*. p. 4.
- ³ Ibid. p. 8
- ⁴ Johnson *Análisis de Circuitos eléctricos* p.20.
- ⁵ Boylestad. *Electrónica*. Teoría de circuitos p. 7
- ⁶ Hyde. *Control Electroneumático y electrónico*. p. 32
- ⁷ Boylestad. *Electrónica*. Teoría de circuitos p. 155
- ⁸ Ulrich. Diseño del circuito de un mezclador de sonido, portátil, utilizando transistores.1967, Tesis p.13
- ⁹ Morris. *Lógica Digital y Diseño de computadoras*. p.28
- ¹⁰ Ibid. p. 29

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Capítulo 3

- ¹ Carballar. *El Libro de las comunicaciones del PC*. p 3
- ² Morris. *Lógica digital y Diseño de Computadores* p . 522
- ³ Brey. *Los microprocesadores Intel*. p 5
- ⁴ *Ibíd.* p 522
- ⁵ *Ibíd.* p 5
- ⁶ *Ibíd.* p 9
- ⁷ Brey. *Los microprocesadores Intel*. p 4
- ⁸ Mueller. *Manual de Actualización y Reparación de PCs*. p. 159
- ⁹ Uruñuela M. *Microprocesadores, programación e interconexión*. p. 14
- ¹⁰ *Ibíd.* p. 14
- ¹¹ Mueller. *Manual de Actualización y Reparación de PCs*. p. 162
- ¹² Uruñuela M. *Microprocesadores, programación e interconexión*. 14
- ¹³ *Ibíd.* p. 162
- ¹⁴ *Ibíd.* 80
- ¹⁵ *Ibíd.* p. 110
- ¹⁶ PC 100 System Board. User's Manual M598LMR. p. 2
- ¹⁷ Mueller. *Manual de Actualización y Reparación de PCs*. p. 110
- ¹⁸ *Ibíd.* p. 110
- ¹⁹ *Ibíd.* p. 112
- ²⁰ Morris. *Lógica digital y Diseño de Computadores* p . 559 – 660

Capítulo 4

- ¹ James T. *Electrónica Industrial y sistemas de potencia Industrial*. p.254.
- ² Squared D. The Origin, Effect, and Suppression of Harmonics in Industrial Electrical Networks. Bulletin No. 0140PD9502, March 1997. Laverge, Tn, USA.
- ³ R. Damaye. *Fuentes De Alimentación Electrónicas Conmutadas*. pp325

Capítulo 5

- ¹ Oguic. El control electrónico con el PC. p.1
- ² Gaonkar. The Z80 microprocessor. p. 385
- ³ Oguic. El control electrónico con el PC. p.32
- ⁴ Tornsdorf. *QUICKBASIC para principiantes*. p. 19
- ⁵ Carballar. *El libro de las comunicaciones del PC*. p.334

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Capítulo 6

- ¹ Sánchez José Antonio. Apuntes de energía solar. 9^a Semestre.
- ² Granet . Termodinámica p. 527
- ³ Gupta. Solar Termal Thecnology Reserch Developmen And Aplication. p. 29
- ⁴ Dupphy Solar Energy Proces. p.35
- ⁵ Manrique. Apuntes de Energía Solar. p. 19
- ⁶ Energía Solar Fotovoltaica.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN