



T
621.47
IRR

**ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DEL LITORAL**

FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA

**“ DESARROLLO DE MODELO MATEMATICO
PARA CALCULAR EL NUMERO DE COLECTORES
SOLARES EN EL ACONDICIONAMIENTO
TERMICO DE PISCINAS ”**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO MECANICO

Presentada por:

WASHINGTON IRRAZABAL B.

GUAYAQUIL - ECUADOR

1996

A G R A D E C I M I E N T O

Agradezco a Jehová, Dios Todopoderoso y Creador del Universo, que me ha dado el aliento de vida y me ha permitido culminar esta etapa de estudio profesional.

Presento mis más sinceros agradecimientos a la Escuela Superior Politécnica del Litoral, por haberme dado la oportunidad de formarme profesionalmente dentro de sus aulas.

Al Sr. Ingeniero Rodolfo Paz Mora, Director de Tesis, por la paciencia, las orientaciones y observaciones hechas desde el inicio hasta la culminación de la presente Tesis; así como también a todas aquellas personas que de una forma directa o indirecta han colaborado para la realización del presente trabajo.

Un agradecimiento a mi Padre, a mis hermanas, a mi hermano político, y en especial a mi madre; quienes han sido luz en mi vida y me han brindado todo su apoyo incondicional para la culminación de esta etapa en mi desarrollo personal.

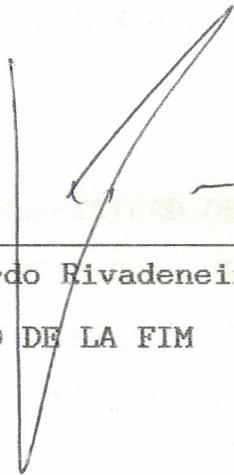
DEDICATORIA

A mi Padre y a mi Madre, por el amor y apoyo que mantienen en mí: para que con esfuerzo, voluntad, responsabilidad y dedicación consiga hacer realidad mis ideales.

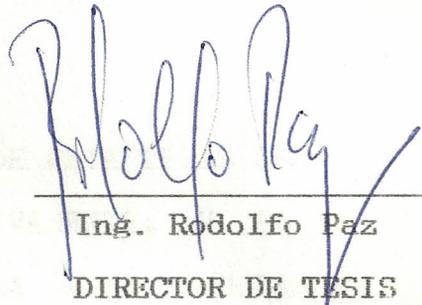
A mis hermanas, a mi hermano político, a mis queridas sobrinas por su cariño, ayuda y comprensión en todos aquellos momentos que hemos compartido, ya sea en tristeza o alegría manteniendo nuestra unidad familiar.

A todos mis familiares y amigos que me han fortalecido y animado para seguir adelante y conseguir finalizar esta etapa dentro de mi vida profesional.

TRIBUNAL DE GRADUACION



Ing. Eduardo Rivadeneira
DECANO DE LA FIM



Ing. Rodolfo Paz
DIRECTOR DE TESIS



Ing. Francisco Andrade
VOCAL

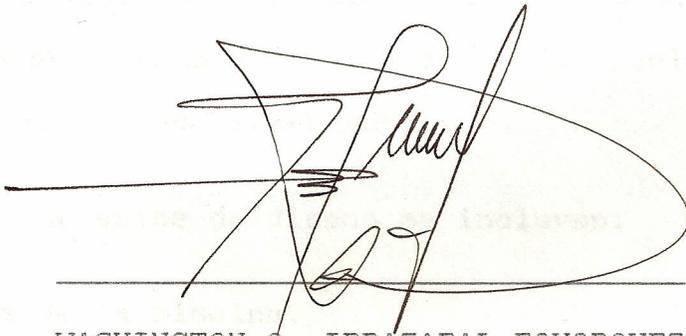


Ing. Mario Patiño
VOCAL

DECLARACION EXPRESA

" LA RESPONSABILIDAD DEL CONTENIDO DE ESTA TESIS DE GRADO, ME CORRESPONDEN EXCLUSIVAMENTE; Y EL PATRIMONIO INTELECTUAL DE LA MISMA A LA ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL " .

(REGLAMENTO DE GRADUACION DE LA ESPOL).

A large, stylized handwritten signature in black ink, written over a horizontal line. The signature is highly cursive and difficult to decipher, but it appears to be the name of the signatory.

WASHINGTON O. IRRAZABAL BOHORQUEZ

R E S U M E N

El objetivo de esta Tesis es presentar un estudio teórico encaminado a desarrollar un método para determinar el número de colectores solares requeridos para reemplazar las pérdidas de calor y mantener una temperatura de equilibrio establecida en la piscina.

METODOLOGIA APLICADA:

Inicialmente, fue necesario diferenciar claramente las condiciones de trabajo de las variables de diseño, para la elaboración del modelo matemático.

En las condiciones de trabajo se incluyen:

1. La piscina está ubicada en la ciudad de Guayaquil.
2. Disponibilidad del área de colectores solares utilizados en el mercado.

En las variables de diseño se incluyen:

1. Área de la piscina.
2. Temperatura ambiente.
3. Radiación solar.
4. Humedad relativa.
5. Velocidad del viento.

6. Temperatura del suelo.

7. Probabilidades de ocurrencia de eventos combinados de temperatura ambiente y Radiación solar.

Para realizar las Bases de Datos de las Variables Meteorológicas acudí a los registros de Datos Meteorológicos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), tanto en Quito como en Guayaquil y al laboratorio de Energía Solar de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la ESPOL.

Con los parámetros de las Variables Meteorológicas desarrollé el modelo matemático mediante un estudio de balance de energía entre colectores solares - piscina - medio ambiente.

Para calcular las pérdidas de calor de la piscina, tomé en consideración nociones básicas de transferencia de calor. Posteriormente, para calcular la ganancia de calor de los colectores, utilicé información básica de ingeniería solar y luego, procedí al cálculo del número de colectores solares.

Desarrollado el modelo matemático y comprobado su eficacia, procedí a realizar un programa para computadora en lenguaje TurboC que me permita trabajar en un rango amplio de opciones posibles para las variables del proceso y el cálculo del número de colectores solares.

METAS ALCANZADAS:

1. Desarrollo de Base de Datos de Temperatura ambiente.
2. Desarrollo de Base de Datos de Radiación solar.
3. Desarrollo de Base de Datos de Humedad relativa.
4. Desarrollo de Base de Datos de Velocidad del viento.
5. Desarrollo de Base de Datos de probabilidades de ocurrencias de eventos combinados de temperatura ambiente y radiación solar.
6. Aplicación del modelo matemático para calcular el número de colectores solares y el número de días que se mantendrá la temperatura de equilibrio.
7. Escribir y aplicar modelo matemático en lenguaje TurboC.

El desarrollo de esta Tesis de Grado puede servir como una referencia para todos aquellos que se dedican al acondicionamiento térmico del agua de una piscina mediante la utilización de colectores solares. Teniendo en el presente trabajo el desarrollo de un método Técnico e Ingenieril y un programa en computadora versátil para diversas opciones.

I N D I C E G E N E R A L

	Pág.
RESUMEN.	VI
INDICE GENERAL.	IX
INDICE DE FIGURAS.	XIII
INDICE DE TABLAS.	XV
ABREVIATURAS.	XVIII
INTRODUCCION.	20
CAPITULO I	
DESCRIPCION GENERAL DE LA UTILIZACION DE LA ENERGIA SOLAR COMO MEDIO PARA EL ACONDICIONAMIENTO DE PISCINAS.	
1.1. Antecedentes.	22
1.2. Producción y utilización de colectores solares por empresas comerciales.	24
1.2.1. Justificación para el uso de colectores solares.	24
1.2.2. Metodología utilizada por empresas comerciales.	28
CAPITULO II	
INFORMACION GENERAL SOBRE COLECTORES SOLARES UTILIZADOS EN EL CALENTAMIENTO DE AGUA PARA PISCINAS.	

	Pág.
2.1. Dimensiones del colector solar de placa plana. .	32
2.2. Clasificación de las especificaciones de materiales del colector.	42
2.2.1. Materiales de la placa absorbadora.	42
2.2.2. Materiales de la cubierta transparente. .	46
2.2.3. Materiales de los aislamientos térmicos.	49
2.2.4. Materiales de la caja o marco del colector.	50
2.2.5. Materiales de los sellos.	52
2.3. Construcción y ensamblaje de los subelementos, partes y piezas del colector solar.	54
2.3.1. Características de la construcción y ensamblaje del colector.	56
2.3.2. Otras especificaciones respecto al colector solar.	66
2.4. Características de colectores solares de placa plana fabricados por empresas nacionales.	67
2.4.1. Datos Técnicos.	68
 CAPITULO III <i>Calculo de las pérdidas por convección.</i>	
BASES DE DATOS DE PARAMETROS METEOROLOGICOS.	
3.1. Variables climatológicas.	74
3.1.1. Temperatura ambiente.	75
3.1.2. Radiación solar.	84
3.1.3. Humedad relativa.	93
3.1.4. Velocidad del viento.	99

	Pág.
3.1.5. Temperatura del suelo.	104
3.2. Variable dependiente del diseño.	113
3.2.1. Temperatura de equilibrio.	113

CAPITULO IV

CALCULO DE LA PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE PARAMETROS METEOROLOGICOS.

4.1. Condiciones Básicas.	115
4.2. Determinación de las probabilidades de los diferentes eventos.	118
4.2.1. Evento Radiación solar.	118
4.2.2. Evento Temperatura ambiente.	129
4.2.3. Eventos combinados Radiación solar - Temperatura ambiente.	136

CAPITULO V

DESARROLLO DEL MODELO MATEMATICO PARA OBTENER EL NUMERO DE COLECTORES SOLARES.

5.1. Cálculo de las pérdidas caloríficas en la piscina.	143
5.1.1. Cálculo de las pérdidas por convección. .	146
5.1.2. Cálculo de las pérdidas por radiación. ..	153
5.1.3. Cálculo de las pérdidas por evaporación. .	154
5.1.4. Cálculo de las pérdidas por conducción. .	159
5.1.5. Cálculo del calor neto requerido para mantener una temperatura de equilibrio en la piscina.	162

	Pág.
5.2. Obtención del número de colectores solares.	164
5.3. Aplicación del modelo matemático.	167
 CAPITULO VI	
CODIFICACION DEL MODELO MATEMATICO EN LENGUAJE PARA COMPUTADORA.	
6.1. Diagrama de flujo.	177
6.2. Programa listado en lenguaje TurboC.	196
6.3. Programa ejecutado.	224
6.4. Análisis de Resultados.	248
 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	 252
APENDICES.	255
BIBLIOGRAFIA.	302

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Producción de colectores solares para piscinas. ..	26
2. Ahorro de energía por uso de colectores solares en piscinas.	27
3. Esquema sistema de colectores solares para el acondicionamiento térmico de piscinas.	30
4. Esquema de instalación de colectores solares para el acondicionamiento térmico de la piscina del INNFA en Conocoto.	31
5. Variación típica del coeficiente de pérdidas frontales del colector solar con respecto al espaciamiento placa - cubierta.	36
6. Componentes del colector solar de placa plana. ...	55
7. Tubería en paralelo de una placa absorvedora de un colector solar.	60
8. Distribución gráfica de Temperatura ambiente máxima, media y mínima.	83
9. Distribución gráfica de Radiación global media. ..	92
10. Distribución gráfica de Humedad relativa media. ..	98
11. Distribución gráfica de la velocidad media del viento.	103
12. Distribución gráfica de la Temperatura del suelo	

Máxima - Media -Mínima. 112

13. Carta Psicrométrica. 149

14. Relación entre la presión de vapor de agua, la
Temperatura ambiente y la Humedad relativa. 156

15. Ganancias caloríficas por conducción. 160

16. Pérdidas caloríficas por conducción. 160

INDICE DE TABLAS

	Pág.
I. Valores adecuados de aislamiento posterior del colector solar.	39
II. Datos Técnicos del colector solar de placa plana. Empresa GEA. POOLS. - Sol - Aqua.	70
III. Datos Técnicos del colector solar de placa plana. Empresa Solen - Indusciencia C.A.	71
IV. Datos Técnicos del colector solar de placa plana. Empresa Energy - Sol.	72
V. Datos Técnicos del colector solar de placa plana. Instituto Nacional de Energía.	73
VI. Temperatura ambiente media.	81
VII. Promedio de Temperaturas mínima y máxima.	82
VIII. Promedio radiación global media.	90
IX. Niveles diarios de radiación solar.	91
X. Humedad relativa media.	97
XI. Velocidad media del viento.	102
XII. Temperatura mínima del suelo.	109
XIII. Temperatura media del suelo.	110
XIV. Temperatura máxima del suelo.	111
XV. Número de eventos de los niveles de radiación.	

	Pág.
Año 1980.	276
XVI. Probabilidad de los niveles de Radiación.	
Año 1980.	277
XVII. Número de eventos de los niveles de Radiación.	
Año 1981.	278
XVIII. Probabilidad de los niveles de Radiación.	
Año 1981.	279
XIX. Número de eventos de los niveles de Radiación.	
Año 1982.	280
XX. Probabilidad de los niveles de Radiación.	
Año 1982.	281
XXI. Número de eventos de los niveles de radiación.	
Año 1983.	282
XXII. Probabilidad de los niveles de Radiación.	
Año 1983.	283
XXIII. Número de eventos de los niveles de radiación.	
Año 1984.	284
XXIV. Probabilidad de los niveles de Radiación.	
Año 1984.	285
XXV. Número de eventos de los niveles de Radiación.	
Año 1985.	286
XXVI. Probabilidad de los niveles de Radiación.	
Año 1985.	287
XXVII. Número de eventos de los niveles de Radiación.	
Año 1986.	288

	Pag.
XXVIII. Probabilidad de los niveles de Radiación.	
Año 1986.	289
XXIX. Número de eventos de los niveles de Radiación.	
Año 1987.	290
XXX. Probabilidad de los niveles de Radiación.	
Año 1987.	291
XXXI. Número de eventos de los niveles de Radiación.	
Período 1980 - 1987.	127
XXXII. Probabilidad de los niveles de Radiación.	
Período 1980 - 1987.	128
XXXIII. Número de eventos de los niveles de Temperatura ambiente mínima. Período 1970 - 1985.	134
XXXIV. Probabilidad de los niveles de Temperatura ambiente mínima. Período 1970 - 1985.	135
XXXV. Eventos combinados Radiación solar-Temperatura ambiente mínima. Período 1980 - 1987.	141
XXXVI. Probabilidades de eventos combinaos Radiación solar-Temperatura ambiente. Período 1980-1987.	142

ABREVIATURAS

A0B.	A intersección B.
B.T.U.	Unidad Térmica Británica.
Cal.	Caloría.
cm.	Centímetro.
F.	Factor de eficiencia del colector solar.
Fr.	Factor de remoción.
Ft.	Pie.
Ft ² .	Pie cuadrado.
°C.	Grado Centígrado.
°F.	Grado Farenheit.
°K.	Grado Kelvin.
Hr.	Hora.
Kw.	Kilowattio.
Km.	Kilómetro.
KJ.	KiloJoule.
Kg.	Kilogramo.
Kgf.	Kilogramo fuerza.
$\lim_{n \rightarrow \infty}$	Límite cuando n tiende al infinito.
Lb.	Libra.
Lbf.	Libra fuerza.
m.	Metro.
m ² .	Metro cuadrado.

m ³ .	Metro cúbico.
min.	Minuto.
Mw.	Megawattio.
N.	Newton.
p.s.i.	Libras sobre pulgadas cuadradas.
Pb.	Presión barométrica.
Po.	Presión atmosférica.
pul.	Pulgada.
pul ² .	Pulgada cuadrada.
qt.	Cantidad total de calor perdido.
seg.	Segundo.
n=máximo. Σ	Sumatoria desde un valor mínimo hasta un valor
n=mínimo.	máximo.
%	Tanto por ciento.
um.	Micrón.
Ut.	Coefficiente de pérdidas frontales del colector solar.
U.V.	Rayos ultravioleta.
W.	Wattio.

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

La energía requerida para mantener una cierta temperatura de equilibrio determinada con anticipación en una piscina puede ser satisfecha con energía solar debido a que se trata de una aplicación de baja temperatura. Con este antecedente, podemos apreciar que luce muy atractiva e interesante la instalación de un sistema de esta naturaleza, razón por la cual actualmente ya se lo hace en nuestro país.

El costo inicial de un sistema solar para la aplicación mencionada puede ser elevado. Sin embargo, el costo de operación es bajo y la inversión inicial puede recuperarse en corto tiempo.

Un trabajo orientado a calcular correctamente el sistema requiere de un soporte teórico que permita calcular adecuadamente el sistema de colectores. Teórico en cuanto tiene que ver con el diseño del modelo de simulación para predecir el comportamiento del sistema de colectores - piscina - medio ambiente en conjunto.

El presente trabajo es un estudio teórico orientado hacia el diseño de un método para determinar el número de colectores requeridos para calentar mediante sistemas de

paneles solares piscinas en la ciudad de Guayaquil, aunque también puede aplicarse a otras ciudades conociendo los parámetros meteorológicos allí presentes.

CAPITULO I

DESCRIPCION GENERAL DE LA UTILIZACION DE LA ENERGIA SOLAR COMO MEDIO PARA EL ACONDICIONAMIENTO DE PISCINAS.

1.1. ANTECEDENTES.

El agua en la mayoría de las piscinas o albercas que no cuentan con calentamiento auxiliar sólo tiene una temperatura confortable en algunos meses del año, y en rara ocasión se encuentra lo suficientemente tibia durante la tarde (luego de las 17h00) o muy temprano por la mañana.

Los requisitos de la temperatura del agua son muy variados. Así, se puede mencionar que para tiempos de permanencia muy breves o después de un baño sauna, prácticamente cualquier temperatura es aceptable. Por otra parte, el agua usualmente se acondiciona a 22 °C si la piscina se destinará a competencias deportivas.

En el caso de albercas de tipo recreativo el agua usualmente se acondiciona a temperaturas del orden de 27 - 29 °C. Los niños pequeños usualmente requieren temperaturas mayores dado que tienden a enfriarse rápidamente por su alta relación superficie a peso.

El acondicionamiento del agua para albercas o piscinas de natación mediante energía solar es sumamente atractivo si se toma en cuenta que las temperaturas requeridas son bajas y los colectores pueden ser de construcción muy sencilla. Además, si bien es cierto, que el costo inicial de un sistema solar para la aplicación mencionada puede ser elevado. Sin embargo, el costo de operación es bajo y la inversión inicial puede recuperarse en corto tiempo, sumándose el hecho de que la energía requerida para mantener una cierta temperatura de equilibrio en la piscina puede ser satisfecha totalmente con energía solar debido a que se trata de una aplicación de baja temperatura.

Con estos antecedentes, podemos apreciar que luce muy atractiva e interesante la instalación de un sistema de esta naturaleza, razón por la cual actualmente ya se lo hace en nuestro medio.

Un trabajo orientado a dimensionar correctamente el sistema requiere de un soporte teórico en cuanto tiene que ver con el diseño del modelo de simulación para predecir el comportamiento del sistema solar - piscina - medio ambiente en conjunto. Y precisamente, el presente trabajo es un estudio teórico orientado hacia el diseño de un método para determinar el número de colectores requeridos para

calentar mediante sistemas de colectores solares piscinas en la ciudad de Guayaquil.

1.2. PRODUCCION Y UTILIZACION DE COLECTORES SOLARES POR EMPRESAS COMERCIALES.

1.2.1. JUSTIFICACION PARA EL USO DE COLECTORES SOLARES.

En el país se producen colectores solares planos para calentamiento de agua desde el año 1980.

De la información proporcionada por las principales empresas que fabrican colectores solares planos, se ha determinado que desde 1980 hasta diciembre de 1986 se produjeron y comercializaron aproximadamente 16.500 paneles en el país, de los cuales 4.200 fueron utilizados en el calentamiento de agua para piscinas.

Durante el período de 1987 a 1993 no se han determinado datos exactos de producción de sistemas de colectores solares: de las encuestas realizadas a fabricantes por el ex-Instituto Nacional de Energía se concluye que la producción anual durante este período fue entre 7.000 a 8.000 paneles solares de los

cuales el 25% fueron utilizados para el acondicionamiento térmico de piscinas.

Si se toma en cuenta que un sistema solar doméstico ahorra 1923,5 Kw - Hr/ año durante el período de 1980 a 1986 los 4200 colectores solares utilizados en el acondicionamiento de piscinas permitieron un ahorro de 28.276 Mw de energía. (Figura 2).

Se ha establecido que de acuerdo a la capacidad nacional actual y futura para el desarrollo de la industria de colectores solares en el país, de 8.000 a 10.000 paneles solares se podrían construir anualmente en las empresas fabricantes de sistemas de colectores solares y metalmecánicas. Y de estos un 25% a 30 % podrían dirigirse hacia el acondicionamiento térmico de piscinas. (Figura 1).

El costo de mantenimiento anual de los colectores solares, puede considerarse casi nulo y puede preverse para un período de vida útil de 5 años al cabo de los cuales puede tomarse en consideración costos para sustitución de ciertos elementos como vidrios en mal estado, aislamiento, tuberías.

PRODUCCION DE COLECTORES SOLARES

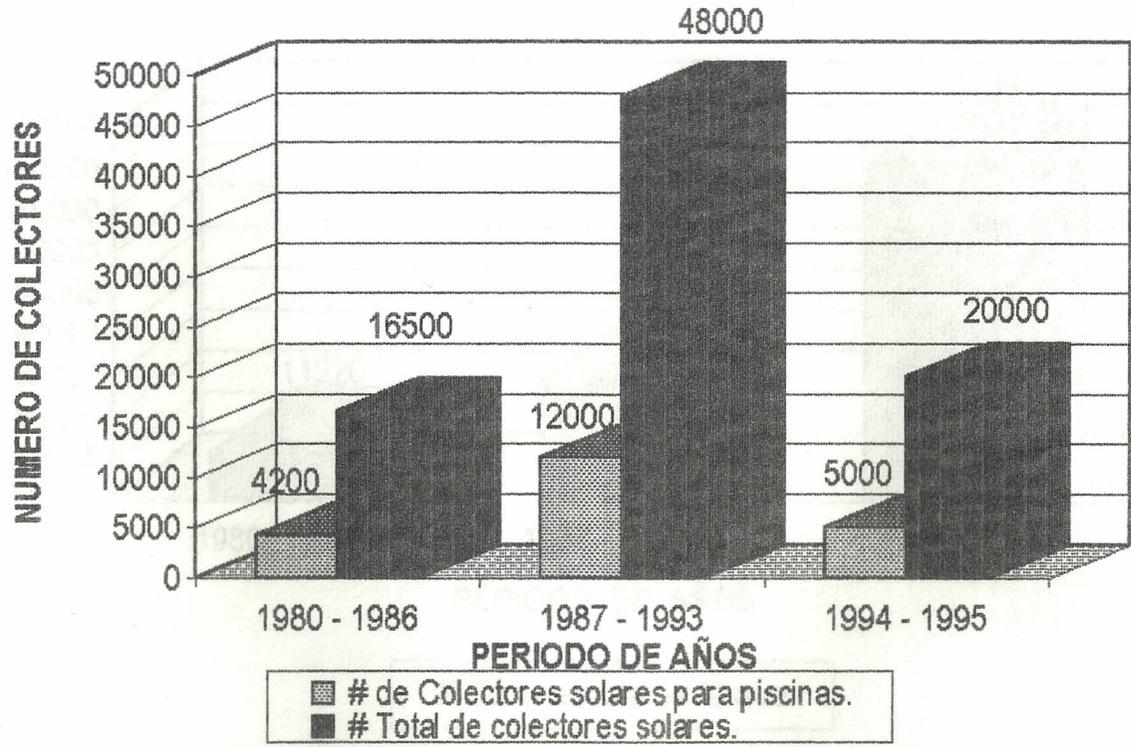


FIGURA 1. PRODUCCION DE COLECTORES SOLARES PARA PISCINAS.
PERIODO 1980 - 1995.

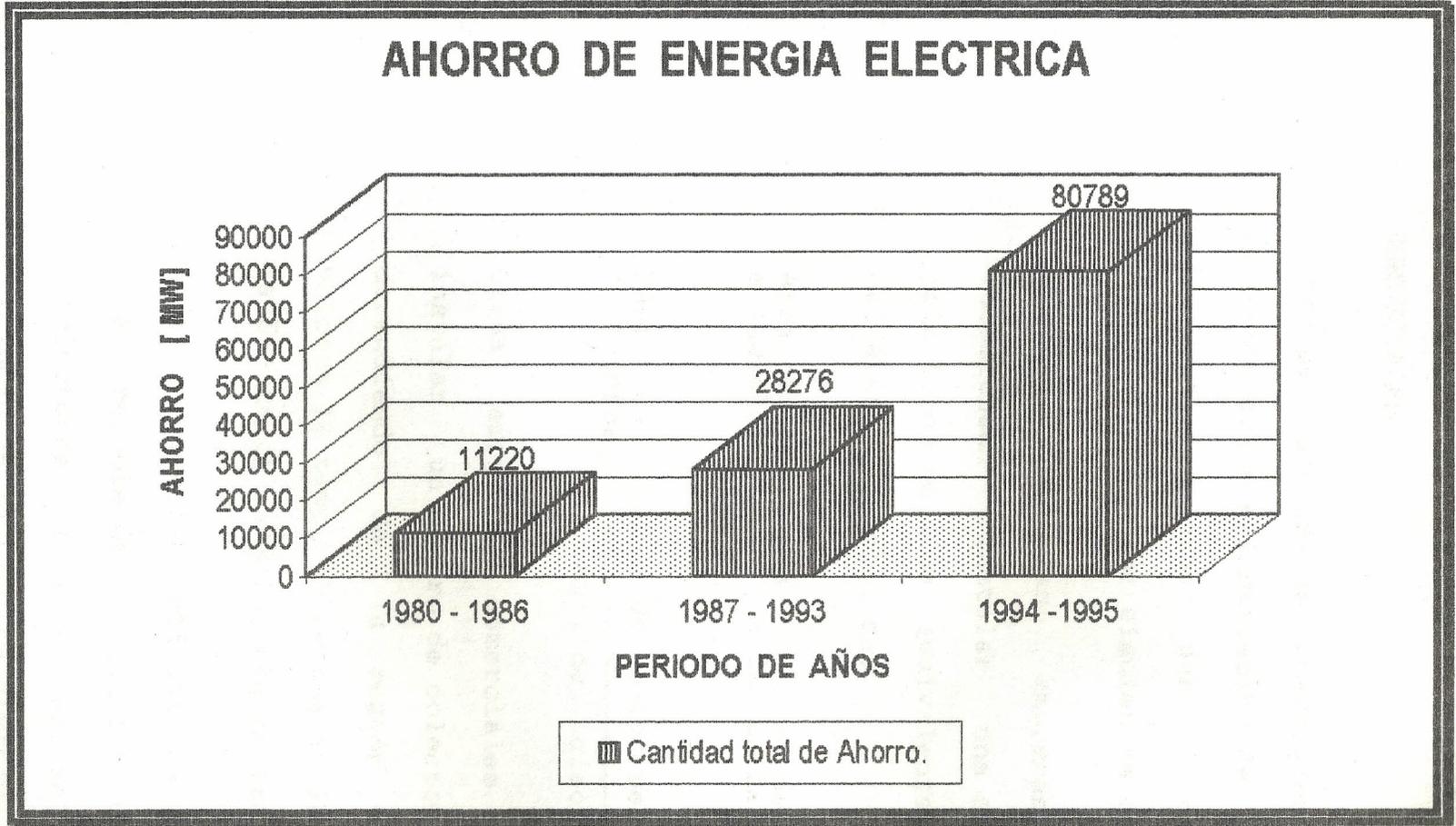


FIGURA 2. AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA POR USO DE COLECTORES SOLARES EN PISCINAS.
PERIODO 1980 - 1995.

1.2.2. METODOLOGIA UTILIZADA POR EMPRESAS COMERCIALES.

Muchas de las empresas comerciales dedicadas a la construcción e instalación de sistemas de colectores solares para la aplicación en piscinas utilizan los siguientes métodos:

- A) Algunas de las empresas comerciales recomiendan instalar una superficie de colectores solares equivalentes a la mitad del área de la piscina.

$$\text{Area de colectores a instalar} = \frac{\text{Area de la piscina}}{2}$$

$$\text{Número de colectores} = \frac{\text{Area de colectores a instalar}}{\text{Area del colector solar}}$$

- B) Otras empresas comerciales recomiendan instalar un número de colectores solares, dependiendo de la región en que esté ubicada la piscina, ya sea en la Costa o en la Sierra de la siguiente manera:

- Si la piscina está ubicada en la Costa. Se recomienda instalar un número de colectores solares equivalentes, al volumen de la piscina dividido para 2

metros y luego, dividido para el
 área de cada colector.

$$\text{Area total colectores} = \frac{\text{Volumen total de la piscina}}{2 \text{ metros}}$$

$$\text{Número de colectores} = \frac{\text{Area total de colectores}}{\text{Area de cada colector}}$$

- Si la piscina está ubicada en la Sierra. Se recomienda instalar un número de colectores solares equivalentes, al volumen de la piscina dividido para 1.5m y luego, dividido para el área de cada colector.

$$\text{Area de colectores a instalar} = \frac{\text{Volumen de la piscina}}{1.5 \text{ metros}}$$

$$\text{Número de colectores} = \frac{\text{Area de colectores a instalar}}{\text{Area de cada colector}}$$

En las Figura 3 y Figura 4 se muestran ejemplos de disposición y utilización de colectores solares en la aplicación específica para el acondicionamiento calorífico de piscinas.

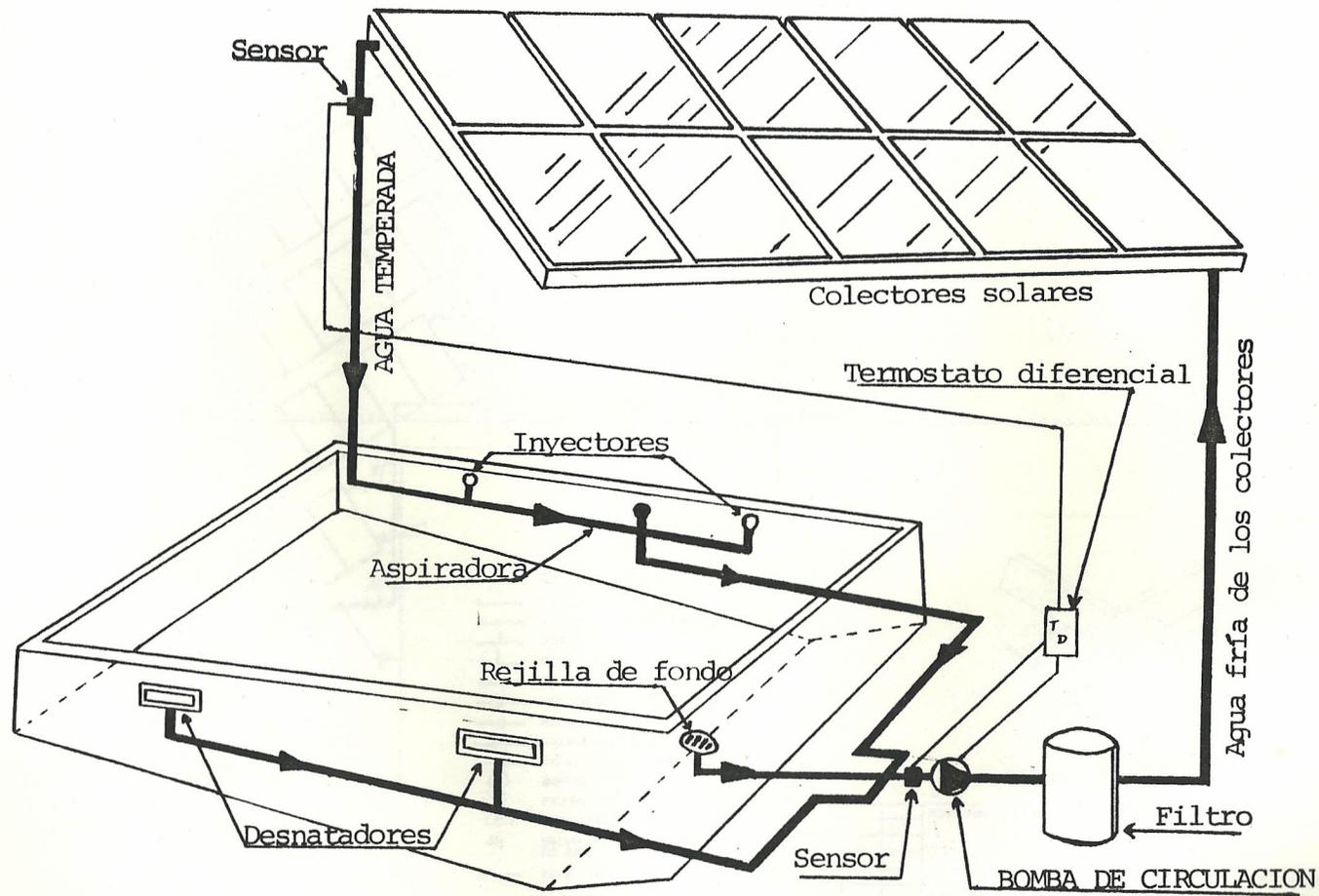


FIGURA 3. ESQUEMA SISTEMA DE COLECTORES SOLARES PARA EL ACONDICIONAMIENTO TERMICO DE PISCINAS. FOLLETO EXPLICATIVO DE INDUSCIENCIA S.A. SOBRE COLECTORES SOLARES.

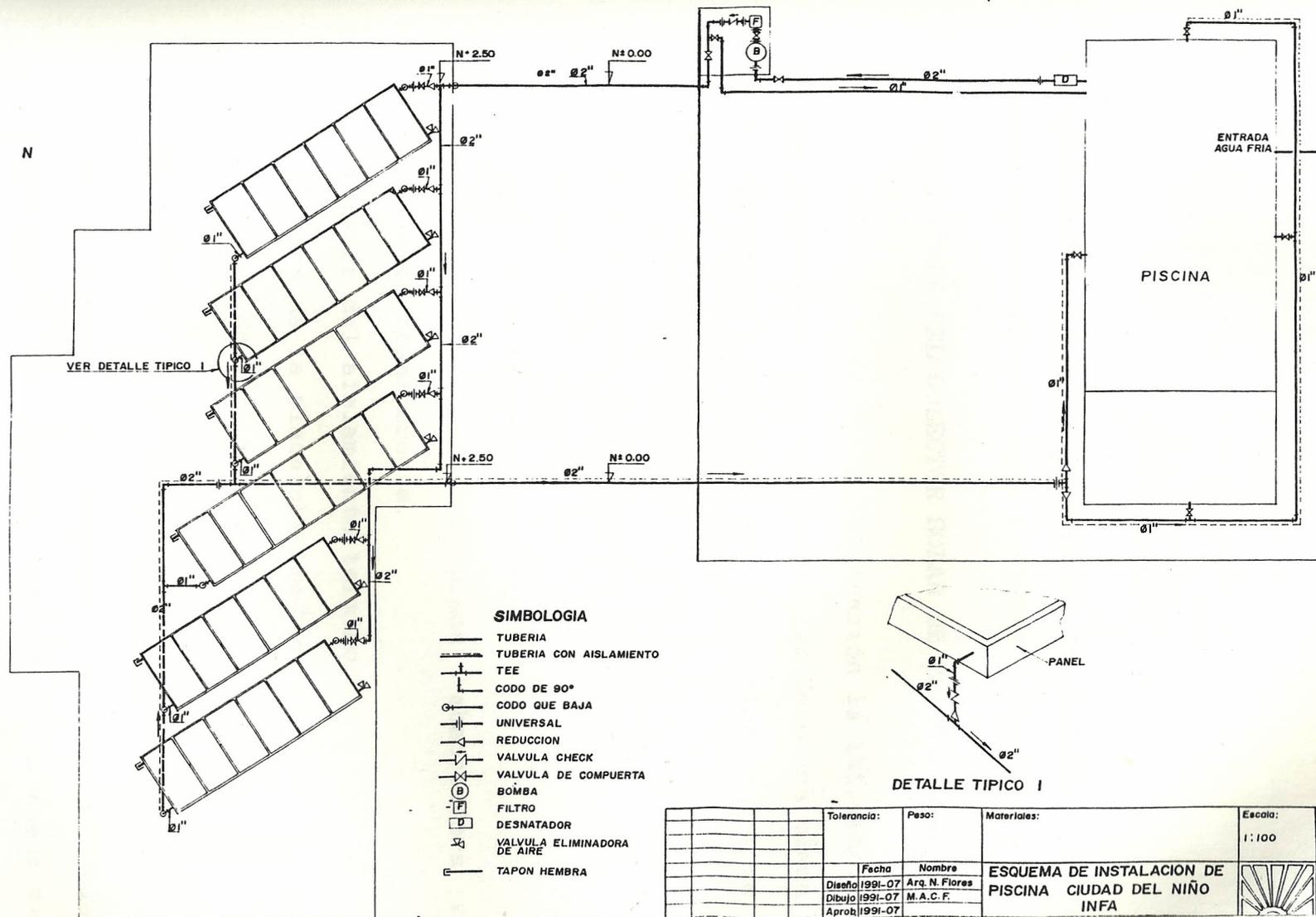


FIGURA 4. ESQUEMA DE INSTALACION DE COLECTORES SOLARES PARA EL ACONDICIONAMIENTO TERMICO DE LA PISCINA DEL INNFA EN CONOCOTO.

CAPITULO II

INFORMACION GENERAL SOBRE COLECTORES SOLARES UTILIZADOS EN EL CALENTAMIENTO DE AGUA PARA PISCINAS.

2.1. DIMENSIONES DEL COLECTOR SOLAR DE PLACA PLANA.

Tomando en especial consideración la influencia de las dimensiones del colector solar de placa plana en su desempeño térmico, se las clasifica de la siguiente manera:

1. Area efectiva del colector.
2. Separación entre los tubos de circulación de agua de la tubería secundaria.
3. Separación entre la placa absorbadora y la cubierta transparente.
4. Espesor del aislamiento termico.
5. Espesor de la placa absorbadora.
6. Diámetro de los tubos del colector.

AREA EFECTIVA DEL COLECTOR.

Area efectiva se denomina al área de cubierta transparente a través de la cual puede pasar radiación solar.

Un área excesiva del colector solar, lleva consigo los siguientes inconvenientes:

- a) Dificultad de manejo para su instalación debido a su peso excesivo.
- b) La cubierta transparente, especialmente si es de vidrio, puede romperse con facilidad.

Tomando en cuenta estos antecedentes, el rango de áreas para el colector solar deberá estar comprendida entre 1.8 m^2 y 2.7 m^2 (Longitud máxima= 2.2 m y ancho máximo= 1.3 m).

SEPARACION ENTRE LOS TUBOS DE CIRCULACION DE AGUA DE LA TUBERIA SECUNDARIA.

La separación entre tubos de la tubería secundaria de la placa absorbedora influye directamente en el Factor de eficiencia del Colector Solar (F'), el cual a su vez influye sobre el factor de remoción (Fr), que determina, bajo condiciones fijas de energía solar y temperatura, la cantidad de energía neta aprovechada.

El factor de eficiencia decrece a medida que el espaciamiento entre tubos incrementa. Así mismo que un buen contacto de la placa con la tubería influye en alto grado en el valor del factor de eficiencia.

El espaciamiento entre tubos de circulación de agua

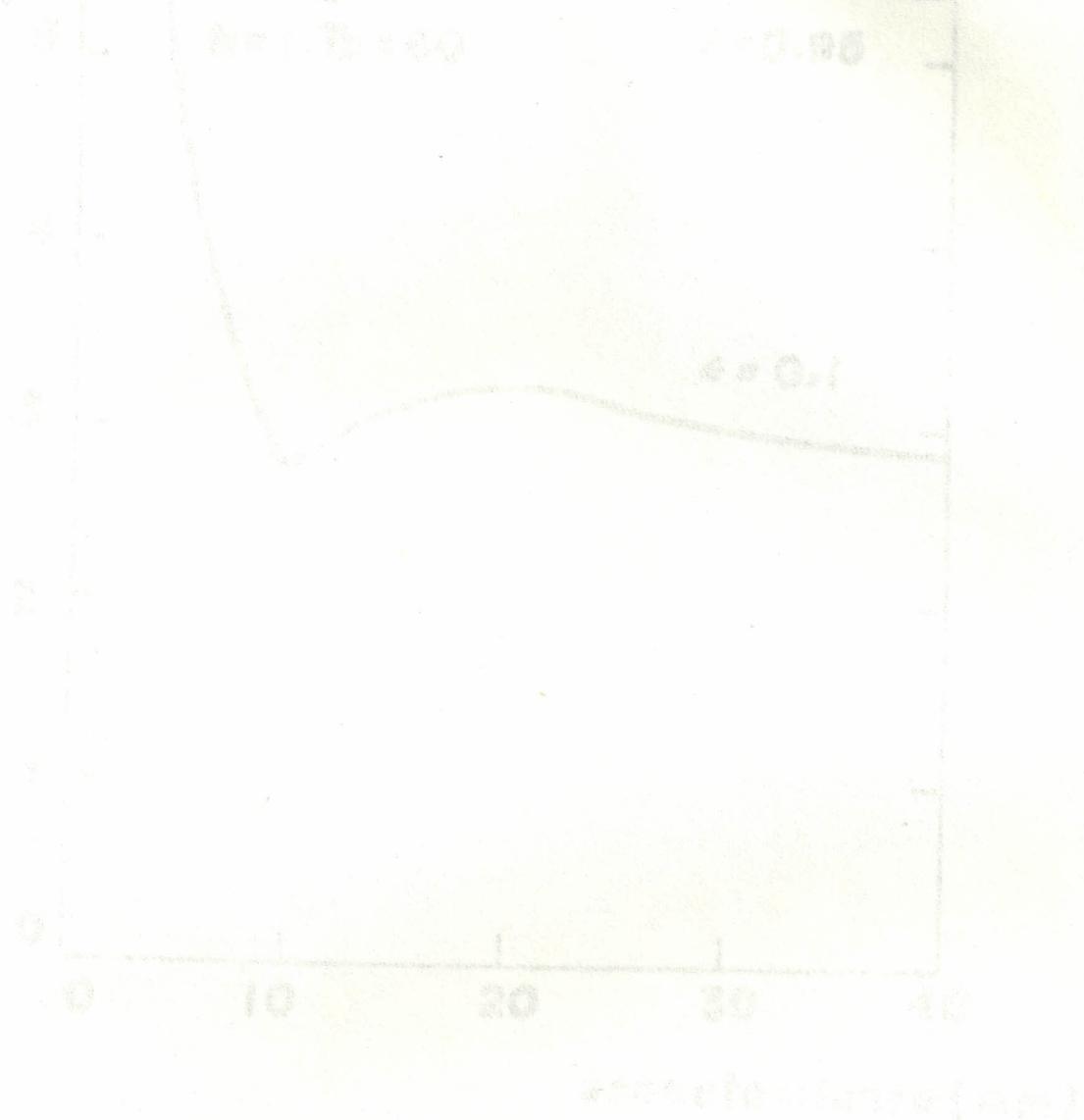
de la tubería secundaria de la placa absorbedora, no podrá ser mayor de 0.14 m medido de eje a eje, cualquiera sea el material de placa y tubos utilizado, de acuerdo a las especificaciones al respecto.

SEPARACION ENTRE LA PLACA ABSORBEDORA Y LA CUBIERTA TRANSPARENTE.

El criterio fundamental para especificar la separación entre la placa absorbedora y la cubierta transparente en el presente acápite será, la especial atención que debe ponerse en evitar pérdidas de energía desde la placa absorbente hacia el medio exterior del colector solar a través de la cubierta transparente. Un parámetro indicativo para el examen de las pérdidas en un colector solar a través de la cubierta transparente es el denominado coeficiente de pérdidas frontales del colector solar (U_t).

La influencia que el espaciamiento entre placa absorbedora y cubierta transparente tiene sobre el mencionado coeficiente, se presenta en la fig 5. En ella se aprecia que los mínimos valores de U_t , que significa bajos valores de pérdidas de energía, tienen lugar para valores de separación comprendidos entre 0.01m y 0.015m (10 y 15 mm).

Aproximadamente para un valor de separación de 0.02 m
 Ut toma un valor máximo, pero inferior a los valores
 que toma si el espaciamiento es menor a 0.01m.



... de la ...
 ...
 ...
 ...

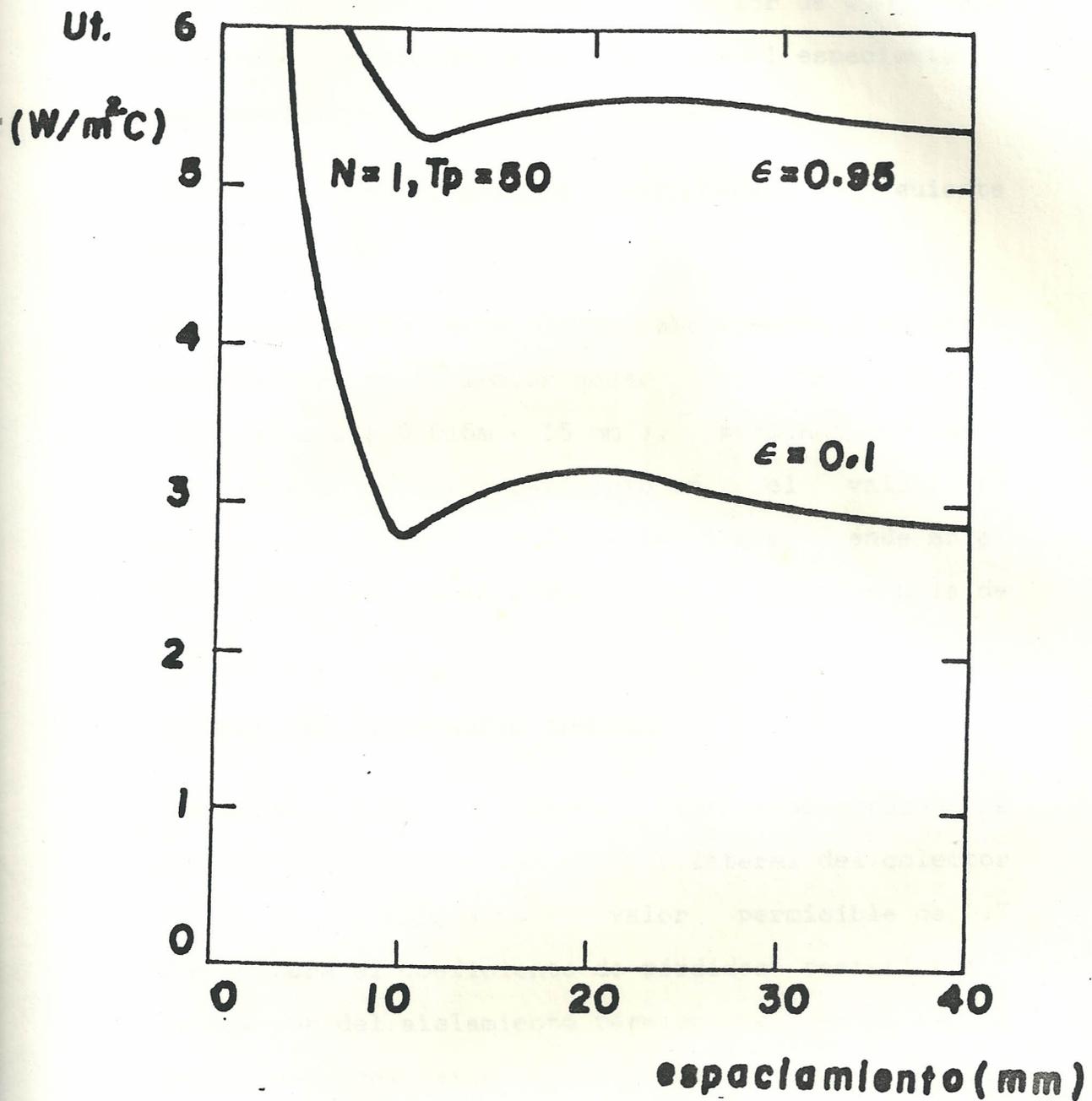


FIGURA 5. VARIACION TIPICA DEL COEFICIENTE DE PERDIDAS FRONTALES DEL COLECTOR SOLAR CON RESPECTO AL ESPACIAMIENTO PLACA-CUBIERTA (ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCION DE LOS COLECTORES. INE. pp 13).

Para valores mayores a 0.02m, el valor de U_t empieza a decrecer lentamente a medida que el espaciamiento incrementa.

De estas observaciones se deduce la siguiente especificación:

El espaciamiento entre placa absorbidora y cubierta transparente del colector solar no debe tener un valor mínimo a 0.015m (15 mm), pudiendo ser mayor sin incurrir en mayor perjuicio en el valor del coeficiente de pérdidas frontales y por ende en el valor del coeficiente global de transferencia de calor.

ESPEJOR DEL AISLAMIENTO TERMICO.

Con miras a tener bajos valores de pérdidas de energía por la parte posterior y lateral del colector solar, se selecciona un valor permisible de 0.7 $W/m^2 \text{ } ^\circ C$ para el coeficiente de pérdidas posteriores y el espesor del aislamiento térmico que a su vez es dependiente del material utilizado, se evalúa de la siguiente expresión:

$$L = \frac{K}{U_b} \quad (1)$$

en donde:

L = espesor del material aislante.

K = conductividad térmica del material
aislante.

U_b = coeficiente de pérdidas posteriores cuyo
valor máximo permisible es de $0.7 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$.

Por otro lado, el espesor del aislamiento térmico lateral del colector solar, debe tener un valor mínimo correspondiente a la mitad del espesor del aislamiento térmico posterior. En la tabla I puede verse los valores del espesor de aislamiento posterior para varios materiales.

ESPESOR DE LA PLACA ABSORBEDORA.

El espesor de la placa absorbedora tiene influencia directa en la transmisión del calor desde la placa hasta el fluido de trabajo que circula por la tubería secundaria. Es deseable tener un espesor de placa lo más grande posible, sin embargo, esto representa alto costo por un lado y por otro, una placa absorbedora de masa apreciable puede hacer un efecto capacitivo en el desempeño dinámico del colector solar bajando los picos de temperatura en el tiempo que en adecuadas circunstancias se presentarían en la placa. El espesor de la placa absorbedora, cualquiera sea el

TABLA I. VALORES ADECUADOS DE AISLAMIENTO POSTERIOR
DEL COLECTOR SOLAR.

MATERIAL	DENSIDAD Kg/m ³	CONDUCTIVIDAD TERMICA W/m°C	ESPESOR DE AISLAMIENTO cm
Poliuretano	27.3	0.039	5.6
Poliuretano	27.3 - 40	0.038	5.4
Poliuretano	40 - 80	0.034	4.9
Lana de vidrio	8 - 16	0.044	6.3
Lana de vidrio	19 - 32	0.079	11.2
Fibra de vidrio	32 - 43	0.052	7.43

ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCION DE LOS COLECTORES. INE.
pp 16.

material utilizado de acuerdo a las especificaciones, deberá estar comprendido en el rango de valores entre 0.0005m y 0.0015m (0.5 - 1.5 mm).

DIAMETRO DE LOS TUBOS DEL COLECTOR.

La energía útil captada por el colector solar debe producir una diferencia de densidades y por consiguiente una cabeza negativa en el fluido de trabajo tal, que pueda vencer la cabeza de fricción debido a la rugosidad de la tubería y a la presencia de accesorios propios de la instalación.

La cabeza de fricción es inversamente dependiente del diámetro de la tubería de tal forma que mayores valores del diámetro producen menores valores de la cabeza de fricción. Esto significa que la tubería utilizada en toda la instalación debería tener un valor de diámetro lo más grande posible y esto incluye la tubería secundaria del colector solar. Sin embargo, existen limitaciones de orden técnico y económico que han dado lugar a la siguiente especificación:

La tubería secundaria debe estar construida utilizando tubos cuyo diámetro interior no sea menor a 0.012 m. (12 mm).

La tubería principal del colector solar debe

construirse utilizando tubos de diámetro interior mayor que el de los tubos de la tubería secundaria y no deberán tener un diámetro interior inferior a los 0.025 m (25 mm).

Los tubos de la tubería secundaria deberán tener un diámetro interior mayor que el de los tubos de la tubería primaria y no deberán tener un diámetro interior inferior a los 0.025 m (25 mm).

Los tubos de la tubería terciaria deberán tener un diámetro interior mayor que el de los tubos de la tubería secundaria y no deberán tener un diámetro interior inferior a los 0.025 m (25 mm).

Los tubos de la tubería cuaternaria deberán tener un diámetro interior mayor que el de los tubos de la tubería terciaria y no deberán tener un diámetro interior inferior a los 0.025 m (25 mm).

Los tubos de la tubería quinary deberán tener un diámetro interior mayor que el de los tubos de la tubería cuaternaria y no deberán tener un diámetro interior inferior a los 0.025 m (25 mm).

Los tubos de la tubería hexaria deberán tener un diámetro interior mayor que el de los tubos de la tubería quinary y no deberán tener un diámetro interior inferior a los 0.025 m (25 mm).

Los tubos de la tubería septaria deberán tener un diámetro interior mayor que el de los tubos de la tubería hexaria y no deberán tener un diámetro interior inferior a los 0.025 m (25 mm).

3.2.1. TUBERÍA DE LA TUBERÍA PRIMARIA

Los tubos de la tubería primaria deberán tener un diámetro interior mayor que el de los tubos de la tubería secundaria y no deberán tener un diámetro interior inferior a los 0.025 m (25 mm).

Los tubos de la tubería secundaria deberán tener un diámetro interior mayor que el de los tubos de la tubería terciaria y no deberán tener un diámetro interior inferior a los 0.025 m (25 mm).

Los tubos de la tubería terciaria deberán tener un diámetro interior mayor que el de los tubos de la tubería cuaternaria y no deberán tener un diámetro interior inferior a los 0.025 m (25 mm).

Los tubos de la tubería cuaternaria deberán tener un diámetro interior mayor que el de los tubos de la tubería quinary y no deberán tener un diámetro interior inferior a los 0.025 m (25 mm).

Los tubos de la tubería quinary deberán tener un diámetro interior mayor que el de los tubos de la tubería hexaria y no deberán tener un diámetro interior inferior a los 0.025 m (25 mm).

Los tubos de la tubería hexaria deberán tener un diámetro interior mayor que el de los tubos de la tubería septaria y no deberán tener un diámetro interior inferior a los 0.025 m (25 mm).

Los tubos de la tubería septaria deberán tener un diámetro interior mayor que el de los tubos de la tubería octaria y no deberán tener un diámetro interior inferior a los 0.025 m (25 mm).

Los tubos de la tubería octaria deberán tener un diámetro interior mayor que el de los tubos de la tubería nonaria y no deberán tener un diámetro interior inferior a los 0.025 m (25 mm).

Los tubos de la tubería nonaria deberán tener un diámetro interior mayor que el de los tubos de la tubería decaria y no deberán tener un diámetro interior inferior a los 0.025 m (25 mm).

Los tubos de la tubería decaria deberán tener un diámetro interior mayor que el de los tubos de la tubería undecaria y no deberán tener un diámetro interior inferior a los 0.025 m (25 mm).

Los tubos de la tubería undecaria deberán tener un diámetro interior mayor que el de los tubos de la tubería duodecaria y no deberán tener un diámetro interior inferior a los 0.025 m (25 mm).

Los tubos de la tubería duodecaria deberán tener un diámetro interior mayor que el de los tubos de la tubería tredecaria y no deberán tener un diámetro interior inferior a los 0.025 m (25 mm).

2.2. CLASIFICACION DE LAS ESPECIFICACIONES DE MATERIALES DEL COLECTOR.

Tomando en consideración las diferentes piezas, partes y subelementos del colector solar se presenta a continuación generalidades y especificaciones acerca de los materiales de:

1. La placa absorbedora.
2. La cubierta transparente.
3. Los aislamientos térmicos.
4. La caja o marco del colector; y
5. Los sellos.

2.2.1. MATERIALES DE LA PLACA ABSORBEDORA.

La cantidad neta de energía aprovechada por un colector solar depende en alto grado de las propiedades ópticas y térmicas de la placa absorbedora. Buenas propiedades ópticas para placas absorbedoras de colectores solares puede lograrse tratando convenientemente la superficie de la placa, que estará directamente expuesta a la acción de los rayos solares a fin de incrementar el valor de su absorción. Es ideal tener una placa absorbedora de material con superficie selectiva, esto es, que absorba eficientemente

la radiación en el rango de longitud de onda de máxima emisión de energía solar incidente ($0.3 \mu\text{m} - 2.5 \mu\text{m}$ aproximadamente), y emita poca cantidad de energía en rangos mayores que corresponderían a la emisión de cuerpos a una temperatura promedio relativamente baja como aquella lograda en la placa absorbadora de un colector solar de placa plana.

Buenas propiedades térmicas para la transmisión de la energía captada hasta el lugar de uso (tuberías de circulación de agua), puede lograrse seleccionando materiales de alto valor de conductividad térmica en unión con parámetros de índole geométrico o fluídico.

También es importante para la selección de los materiales de la placa absorbadora, tomar en cuenta la buena integridad mecánica de sus piezas así como su resistencia a la corrosión y herrumbre. Placas absorbadoras fabricadas de material diferente al material de la red de tuberías, se deterioran debido a la corrosión galvánica.

Con estos antecedentes a continuación se presenta las siguientes especificaciones:

1. Los materiales de entre los que el fabricante podrá seleccionar para la construcción de la placa absorbente será: Acero, Aluminio o Cobre separadamente o en conjunto de acuerdo al diseño; tomando siempre en consideración eventuales problemas de corrosión que puedan ocurrir.
2. Cualquiera sea el material escogido para la construcción de la placa absorbidora, la superficie que encarará al sol deberá ser tratada para incrementar el valor de su absorción a la energía del sol.
3. El tratamiento dado a la superficie de la placa absorbente puede hacerse mediante pinturas, oxidación o anodización.
4. Los materiales de entre los que el fabricante podrá seleccionar para la construcción de la red de tuberías, puede ser: Acero galvanizado, Aluminio o Cobre, tomando en consideración los problemas de corrosión, que puedan sucederse en especial la corrosión galvánica, ya que representa un perjuicio de contaminación del fluido de trabajo y del colector.
5. El material de las tuberías principales de

la placa absorbedora, podría también ser de un material plástico o caucho, siempre y cuando sea resistente a las altas temperaturas y no degenere en posibles fallas de filtración y goteo del fluido de trabajo dentro y fuera del colector solar.

6. Si se utilizan sellos para una adecuada hermetización de las piezas de la placa absorbente, debe tomarse en cuenta las especificaciones respecto de los materiales de los sellos.
7. Si se utilizan piezas de fijación o sujeción de otras piezas, deberá utilizarse materiales que sean resistentes a la corrosión y se procurará utilizar un material aceitoso de lubricación para evitar la propagación de una posible oxidación a partir de las perforaciones que se realizaren.
8. Si la placa absorbedora está soldada a la red de tuberías, el material de la soldadura tendrá una temperatura de fusión superior a los 300 °C para evitar la destrucción de la unión en perjuicio del desempeño térmico del colector solar.

9. Si la tubería principal o cabezal está soldada a las tuberías secundarias, el material de la soldadura deberá poseer un valor similar del coeficiente de expansión térmica del material de las tuberías a fin de tomar en cuenta la expansión térmica y evitar fugas del fluido de trabajo o roturas a causa de dicha expansión.

2.2.2. MATERIALES DE LA CUBIERTA TRANSPARENTE.

Los materiales generalmente utilizados para la cubierta transparente de un colector solar son: vidrio común de ventanas, vidrio templado y una amplia variedad de plástico. El principal problema de las cubiertas de vidrio es su fragilidad y tendencia fácil a la rotura y astillamiento debido a esfuerzos mecánicos o térmicos. Cuando debido a la presencia de sombra sobre un sector de la cubierta de vidrio de un colector solar puede obtenerse excesiva diferencia de temperatura entre diferentes puntos del vidrio, este puede quebrarse. Igualmente, defectos mecánicos tales como rayaduras o pequeñas astillas pueden causar rotura con relativa facilidad. Esfuerzos térmicos pueden ocurrir debido a la

expansión térmica diferencial entre la cubierta y la caja del colector solar.

Una transmisión efectiva de radiación solar en el caso de una cubierta de vidrio, se obtiene si el contenido de Hierro es bajo por lo que es recomendable seleccionar vidrios con esta característica.

Se recomienda el uso del vidrio templado, debido a su mayor fortaleza mecánica y también por motivos de seguridad. El porcentaje de falla es bajo y puede controlarse su calidad y la posibilidad de falla en forma inmediata. Cuando este tipo de vidrio falla, se rompe en pedazos pequeños que no representan serio peligro potencial como sucede con los pedazos en forma de cuchillo en los que suele romperse el vidrio de ventana común.

En cuanto a los plásticos, la degradación debido a la acción de los rayos ultravioletas, también denominada degradación UV, hace perder un gran porcentaje de sus características transmisivas por lo que, si no es convenientemente tratado, representa una seria desventaja desde el punto de vista del aprovechamiento de la radiación solar. Además

debido a su alto coeficiente de expansión térmica, el plástico experimenta combaduras a alta temperatura y existe el peligro de fundición si llega a tocar la placa absorbadora.

Con estos antecedentes a continuación se presentan las siguientes especificaciones:

1. El fabricante podrá seleccionar como material de cubierta para el colector solar: vidrio o plástico siempre y cuando, en el caso de seleccionar plástico, éste tenga la rigidez suficiente como para evitar el pandeo exagerado por expansión térmica y se garantice su durabilidad por un lapso no menor de 15 años. Los plásticos que podrán utilizarse serán los siguientes: LUCITE KEL-F o LEXAN o similares a los anteriormente nombrados.

2. Si el material de la cubierta transparente es el vidrio, éste debe estar libre de rayaduras o fallas mecánicas de fabricación tales como burbujas, astillas o líneas interiores en forma de delgados hilos.

El contenido del óxido de hierro (Fe_2O_3)

del vidrio utilizado en la cubierta debe ser bajo y no sobrepasar del 0.15 % .

2.2.3. MATERIALES DE LOS AISLAMIENTOS TERMICOS.

Las pérdidas de calor desde la placa absorbidora de un colector solar pueden representar una seria limitación para lograr una buena eficiencia si no son convenientemente controlados.

Es importante mantener las pérdidas de calor a un nivel bajo, tomando en cuenta que una buena parte de ellos se da lugar hacia la parte posterior del colector. También se pierde energía hacia los lados del colector aunque en menor escala. Por consiguiente, es necesario aislar térmicamente esos lugares para minimizar las pérdidas de calor. Estas pérdidas dependen de las propiedades térmicas del material utilizado, su espesor y las condiciones de temperatura. De esto se deduce que mientras más grueso sea el material aislante y más bajo sea su valor de conductividad térmica, el calor perdido para condiciones fijas de temperatura, será menor. Debe, sin embargo, existir un equilibrio entre evitar pérdidas, el costo y la estética del

colector para seleccionar las condiciones más adecuadas del aislamiento térmico.

Con estos antecedentes se presentan las siguientes especificaciones:

1. El fabricante deberá escoger como material de aislamiento inferior del colector: lana de vidrio, fibra de vidrio o Poliuretano por ser relativamente resistentes a las altas temperaturas y evitará el uso de Poliestireno expandido debido a su bajo punto de fusión.
2. Para el caso del aislamiento lateral del colector solar, el fabricante, además de lana de vidrio, fibra de vidrio o Poliuretano podrá escoger el Poliestireno expandido a condición de que se evite su contacto con la placa absorbadora, por ejemplo mediante un recubrimiento de foil de Aluminio.

2.2.4. MATERIALES DE LA CAJA O MARCO DEL COLECTOR.

La caja o el marco del colector solar, cumple 2 finalidades:

Ser soporte estructural de los demás subelementos y partes del colector como:

cubierta, placa absorbadora y aislante, así como ser un elemento de protección contra el medio ambiente. En consecuencia, los materiales que se seleccionen para la caja o marco del colector solar deben cumplir estas funciones. Las especificaciones al respecto son las siguientes.

1. El material de la caja deberá ser metálico, evitando el peso excesivo sin desmedro de una adecuada rigidez estructural. Podrá utilizarse entonces láminas de metal conformado o en su defecto perfiles metálicos.
2. La caja puede estar construida de uno o más materiales diferentes, siempre y cuando cumplan con las especificaciones anteriores.
3. Se evitará el uso de madera o plástico para la construcción de la caja o marco, debido a su tendencia a la degradación.
4. Si el material usado en el aislamiento es suficientemente rígido como en el caso del Poliuretano, éste podrá utilizarse como material de la caja en su parte posterior

siempre y cuando sea protegido mediante revestimiento o recubrimiento del medio exterior.

2.2.5. MATERIALES DE LOS SELLOS.

La temperatura, la presión, los ataques químicos y la dureza del fluido del trabajo en sistemas solares de calentamiento de agua, requieren atención cuidadosa en la selección de los sellos usados en el colector solar. Sellos usados en colectores solares han fallado debido a la relativamente alta temperatura, al ataque químico y/o a la radiación ultravioleta.

En particular la degradación debido a la radiación ultravioleta se da lugar en sellos interiores del colector en contacto con la placa absorbidora expuesta al sol. Conectores de caucho que se usan como sellos pueden ser cauterizados hasta el punto de resquebrajamiento debido a las altas temperaturas en algunos tipos de colectores solares.

Las especificaciones sobre el material de los sellos son los siguientes:

1. Deberá utilizarse materiales que eviten la penetración de la humedad para los sellos del colector solar en lugares como la unión de cubierta transparente y caja o marco, y en la penetración de la tubería principal de ingreso y descarga del fluido de trabajo. Los materiales pueden ser sólidos, pastosos o líquidos que puedan cumplir con esta especificación.
2. En sellos utilizados en la construcción de la placa absorbadora, deberá tomarse en cuenta la degradación por acción de los rayos ultravioleta para la selección del material del sello. Así, como su resistencia a las altas temperaturas.
3. En los sellos utilizados para elemento de sujeción o fijación tales como remaches, tornillos, etc. Deberá utilizarse materiales tales como el caucho y el butil que evitan la penetración de la humedad cuando se han instalado convenientemente.

2.3. CONSTRUCCION Y ENSAMBLAJE DE LOS SUBELEMENTOS, PARTES Y PIEZAS DEL COLECTOR SOLAR.

Las siguientes especificaciones están basadas en lineamientos y términos de referencia que el Instituto Nacional de Energía (I.N.E.) imparte a los fabricantes nacionales de este tipo de colector solar de placa plana.

El colector solar estará constituido por los siguientes componentes principales (Ver Fig. 6).

1. Placa absorbadora.
2. Tubería principal de entrada y salida del fluido.
3. Tubería secundaria de circulación del fluido.
4. Caja aislada térmicamente.
5. Cubierta transparente.

De acuerdo a los lineamientos y términos de referencia para la elaboración de las especificaciones que proporciona el I.N.E., de la totalidad de colectores solares que se construyan de este tipo, el 32% debe corresponder al diseño provisto por el Instituto Nacional de Energía en los planos entregados al fabricante. El restante 68% corresponderá al diseño propio de los fabricantes.

En los colectores solares de placa plana utilizados en el país para calentamiento de agua de piscinas se

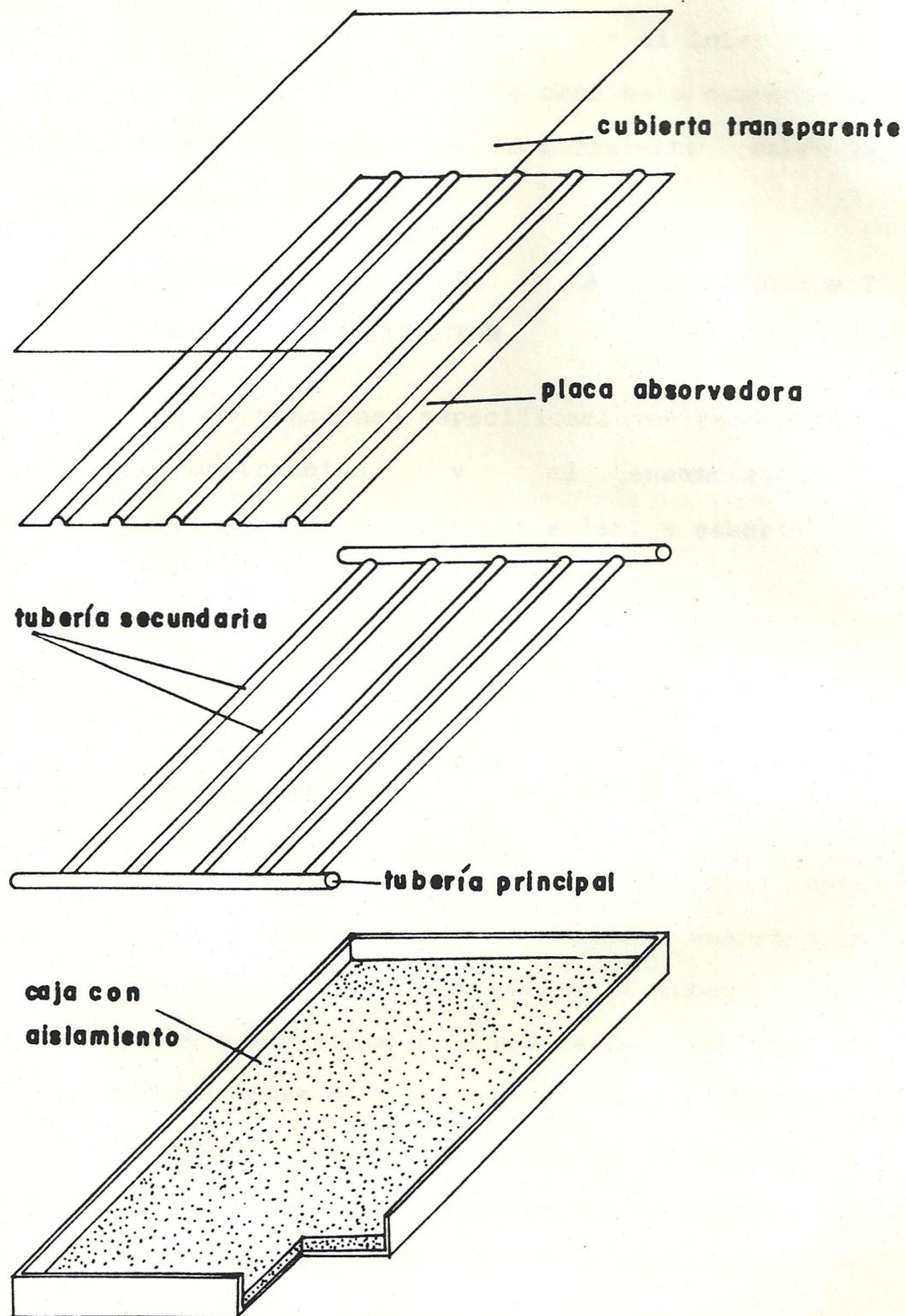


FIGURA 6. COMPONENTES DEL COLECTOR SOLAR DE PLACA PLANA.
ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCION DE LOS
COLECTORES. INE. pp 27.

realiza la circulación del fluido por el interior de tubería y no por el exterior de canales o componentes similares o directamente por escurrimiento sobre la placa absorbadora.

2.3.1. CARACTERISTICAS DE LA CONSTRUCCION Y ENSAMBLAJE DEL COLECTOR.

Aquí se mencionan especificaciones respecto a la construcción y al ensamblaje de 3 subelementos del colector solar, a saber:

1. Placa absorbadora.
2. Cubierta transparente; y
3. Caja del colector.

PLACA ABSORBEDORA.

El subelemento placa absorbadora, está integrado por 2 partes: La placa absorbadora propiamente dicha y la red de tuberías. La placa absorbadora y la red de tuberías están unidas entre sí mediante soldadura o prensado, o forman un solo componente. En todos los casos, la placa absorbadora de un colector solar debe tratarse superficialmente para propósito de captación de energía. Estos antecedentes originan las siguientes especificaciones respecto a la placa

absorbedora.

a) Para la construcción de la placa absorbedora, la tubería principal debe unirse a la tubería secundaria en forma perpendicular a los tubos secundarios y con la entrada y salida para el agua en diferente posición con respecto a los lados de la placa.

La salida y entrada pueden estar a la izquierda y derecha de la placa o viceversa.

b) La unión de tuberías principales con las tuberías secundarias debe hacerse mediante un método que prevea cualquier tipo de fuga y sea durable. Se recomienda realizarla mediante soldadura cualquiera sea el material utilizado para la construcción de las tuberías.

c) La tubería principal de la placa absorbedora puede formar parte de la misma, estar unida a ella mediante soldadura o grapas o en su defecto estar fuera de la placa absorbedora propiamente dicha.

d) Si se escoge la conformación de placa

absorbedora mediante placa propiamente dicha y tubería unida mediante soldadura o prensa, la tubería puede estar encarando a la cubierta transparente o al aislante del colector solar por su parte posterior.

- e) La tubería de circulación del fluido de la placa absorbadora, no podrá ser construida en forma de serpentín, sino sólo en forma de paralelo, tal como se designa a la forma dibujada en la Figura 7. La tubería en paralelo disminuye la resistencia hidráulica favoreciendo el flujo convectivo por termosifón lo cual incide en el buen desempeño térmico del colector.
- f) La placa absorbadora es el subelemento que va a estar sujeto a las mayores variaciones de temperatura. Deberá tomarse en cuenta la dilatación diferencial existente entre aquella y el cerco de aislamiento lateral con la finalidad de evitar eventuales esfuerzos térmicos.
- g) En todos los casos de tratamiento superficial, la placa debe estar perfectamente limpia al tratamiento a fin de garantizar la efectividad del mismo. En

efecto. un anodizado u oxidado sobre superficies no limpias pueden deteriorarse con mucha facilidad en especial si está en contacto con humedad.

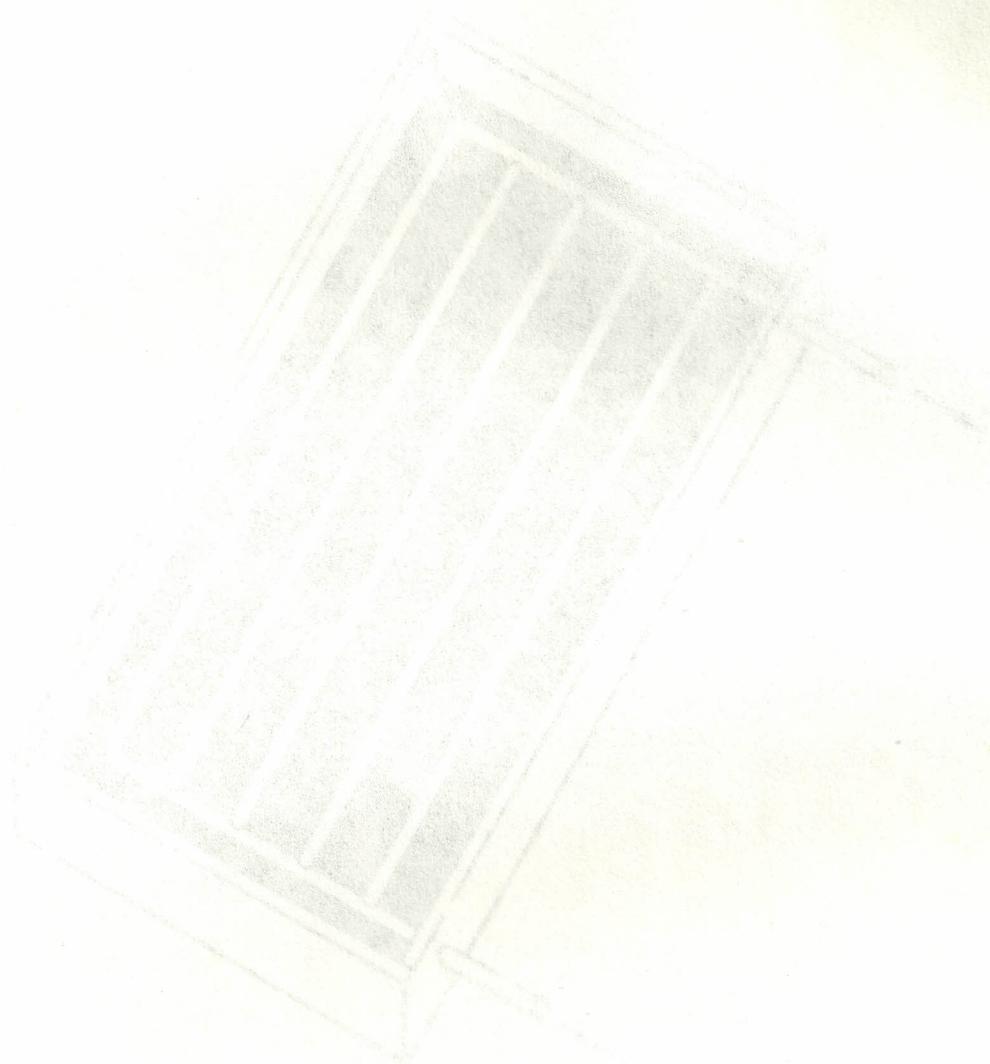


FIGURA 1. DISEÑO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN CON BARRAS VERTICALES EN UN PISO DE CONCRETO. (COURTESY OF THE AUTHOR)

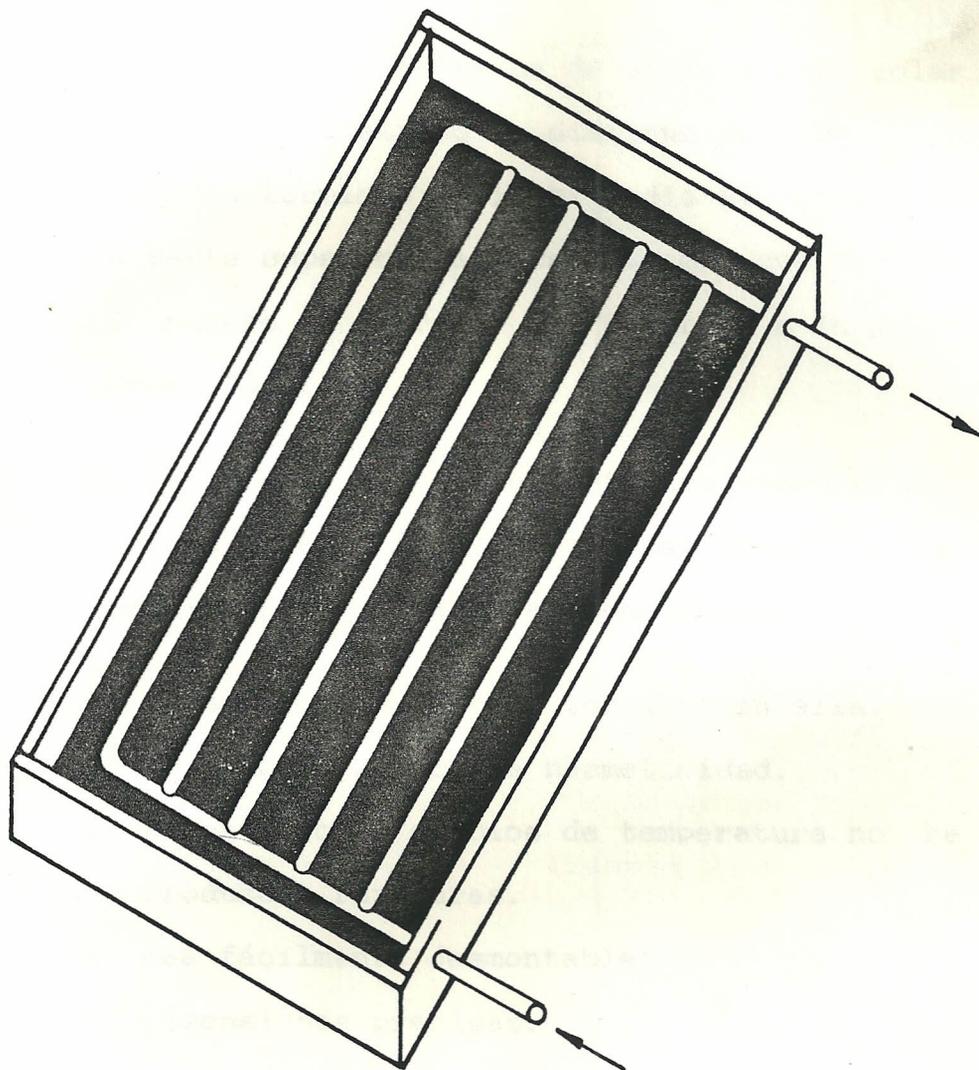


FIGURA 7. TUBERIA EN PARALELO DE UNA PLACA ABSORBEDORA DE UN COLECTOR SOLAR. ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCION DE LOS COLECTORES. INE. pp 49.

El caso de la pintura como tratamiento superficial es aún más crítico ya que puede producirse el descascaramiento de la misma.

CUBIERTA TRANSPARENTE.

La cubierta transparente de un colector solar tiene como finalidad la disminución de las pérdidas térmicas hacia el medio ambiente por su parte superior, al mismo tiempo que permite el ingreso de energía solar a la placa absorbedora.

Es importante que la cubierta transparente sea montada en el colector solar de manera que cumpla con las siguientes condiciones:

1. No se creen esfuerzos térmicos en ella.
2. Se consiga una buena hermeticidad.
3. Durante los cambios de temperatura no se produzcan rayaduras.
4. Sea fácilmente desmontable.
5. Dimensiones precisas.

A) ESPECIFICACIONES RESPECTO A LOS ESFUERZOS TERMICOS.

- a) Ya que la cubierta está sujeta a cambios de temperatura y además es de diferente material que la caja del colector solar,

se presentará una expansión diferencial entre estos dos subelementos. Para evitar esfuerzos térmicos en la cubierta en perjuicio de la duración de la misma se deberá tener en cuenta lo siguiente:

- Si el material a utilizarse para la construcción de la cubierta es vidrio, se proveerá un mínimo espacio de 4.0 mm a cada lado del filo de la cubierta en el ensamblaje del vidrio en la caja.
- Si el material a utilizarse es plástico, se proveerá su pandeo por expansión térmica diferencial lo que eventualmente por acción del viento degenerará en la destrucción de la cubierta con el transcurso del tiempo.

B) ESPECIFICACIONES RESPECTO A LA HERMETICIDAD.

- a) Se utilizará un sello sobre el filo de la cubierta transparente con la finalidad de evitar la penetración de la humedad al momento de su ensamblaje sobre la caja del colector solar.

b) El sello utilizado en la cubierta transparente deberá ser sujeto juntamente con la cubierta en forma hermética sobre la caja del colector solar para evitar cualquier tipo de deslizamiento del sello hacia afuera de la caja.

C) ESPECIFICACION RESPECTO A RAYADURAS.

a) Si el material a usarse para cubierta transparente es vidrio, éste debe ser instalado y soportado adecuadamente sobre la caja del colector solar a fin de prevenir rayadura debido a la expansión térmica, lo que provocará resquebrajamiento del vidrio y su consiguiente rotura.

D) ESPECIFICACION DE DESMONTABILIDAD.

a) El montaje de la cubierta transparente deberá ser realizado de tal manera que ésta pueda volver a desmontarse fácilmente con el propósito de facilitar el mantenimiento eventual y reparaciones del caso.

E) ESPECIFICACIONES RESPECTO A DIMENSIONES.

a) Un exceso en las dimensiones de la cubierta transparente disminuye la fortaleza estructural del mismo. Esto se aplica a las dimensiones de largo y ancho de la cubierta pero no al espesor de la misma. El fabricante no puede utilizar cubiertas de vidrio que excedan una longitud de 1.7 m, o sean inferiores a 0.8 m. Si la longitud excede de 1.7 m, deberá utilizarse más de un vidrio para la conformación de la cubierta, en cuyo caso, se garantizará un soporte adecuado que prevenga roturas.

Si se utiliza material plástico para la cubierta, la máxima dimensión permisible es de 0.6 m.

b) El espesor del vidrio debe ser tal que proporcione a la cubierta suficiente fortaleza estructural y el fabricante no podrá utilizar vidrio cuyo espesor sea inferior a 4.0 mm.

CAJA DEL COLECTOR.

La Caja del Colector está constituida por un

marco con o sin tapa posterior que soporta a la placa absorbadora y a la cubierta transparente y también al aislamiento tanto lateral como inferior que previene las pérdidas de energía hacia el medio ambiente. Para las especificaciones acerca de la Caja, se entiende a este subelemento como conformado por el marco y el aislamiento propiamente dicho y que proporciona la fortaleza estructural de todo el colector solar. Al respecto, deberán tomarse en cuenta las siguientes especificaciones:

a) La caja aislada térmicamente debe estar fabricada de tal manera que no permita el ingreso de humedad por la parte superior, por los lados o la parte inferior de la misma para lo cual se utilizará sellos y uniones adecuados que garanticen lo anteriormente descrito.

En especial se pondrá atención en los lugares de penetración de la tubería principal, en donde el sello debe evitar de la mejor manera el ingreso de humedad. Debe tomarse en consideración que las tuberías sufren dilatación térmica lo que

eventualmente permitiría el ingreso de la humedad adentro del Colector Solar.

- b) El espesor de la caja debe ser de tal magnitud que ésta pueda albergar cómodamente a la placa absorbadora, aislamiento térmico y cubierta tomando en consideración las dimensiones y los materiales así como los espaciamentos entregados en las especificaciones respecto de los otros subelementos.

2.3.2. OTRAS ESPECIFICACIONES RESPECTO AL COLECTOR SOLAR.

Además de las especificaciones anotadas en los párrafos anteriores, deberá considerarse la necesidad de contar con una longitud adecuada de tubería principal, que sobresalga de la caja del Colector Solar con la finalidad de facilitar la conexión con otros colectores solares o con los demás componentes del sistema en su totalidad.

Se especifica que la distancia que denominaré D_s , que deberá sobresalir la tubería principal tanto de ingreso como de salida del fluido de trabajo, no deberá ser menor de 5 cm.

2.4. CARACTERISTICAS DE COLECTORES SOLARES DE PLACA PLANA FABRICADOS POR EMPRESAS NACIONALES .

Las siguientes características particulares de los colectores de placa plana fabricados y ensamblados en el país, están tomados en base a una encuesta que realicé en la ciudad de Quito y en la ciudad de Guayaquil a varias empresas que se dedican a la instalación de sistemas solares para calentamiento de agua y que al mismo tiempo tienen talleres para la fabricación de colectores solares de placa plana, que son utilizados para el calentamiento de agua para piscinas.

Es necesario hacer notar que de las 8 empresas de sistemas solares a las que me dirigí para conseguir información y datos sobre características, dimensiones y materiales utilizados para la construcción de colectores solares de placa plana que se utilizan para calentamiento de agua para piscinas. Sólo 3 de ellas y el I.N.E. se hicieron accesibles en lo relacionado a brindar información técnica apropiada; el resto de ellas por medio de sus representantes quizás debido a un mal entendido CELO PROFESIONAL, se negaron a ofrecer datos relacionados con los colectores de placa plana que ellos fabrican.

2.4.1. DATOS TECNICOS.

De acuerdo a lo observado en los talleres de las empresas que fabrican paneles solares en el país y a información entregada por los fabricantes, un colector solar de placa plana de fabricación nacional está compuesta de:

- a) Una plancha metálica absorbente de la energía solar, con una red de tubería solidaria en buen contacto con la plancha.
- b) Un marco de acero y madera para soportar la plancha absorbente y también el aislamiento para reducir las pérdidas térmicas al ambiente.
- c) Un vidrio para cubrir la parte superior de la caja. El vidrio es blanco por su alto coeficiente de transparencia.

Entre las precauciones que se toman en la construcción de los paneles solares se encuentra el hecho de que todos los elementos de madera se encuentran muy secos, ya que si presentan humedad interior son rechazados por las normas que presenta el I.N.E.

Para tener un buen contacto térmico entre la tubería de cobre y la plancha de Aluminio, las

tuberías se encuentran prensadas junto con una tira de acero de 1 mm de espesor.

En las tablas II, III, IV, V, se muestran datos técnicos característicos de colectores solares de placa plana para calentamiento de agua para piscinas en función de la empresa o instituto que lo fabrica.

La mayoría de estos paneles funcionan mediante circulación forzada del agua, lo que se realiza con la ayuda de una bomba eléctrica que impulsa el fluido desde la piscina a los colectores y desde estos a la piscina por gravedad.

Generalmente, los colectores solares están colocados sobre soportes metálicos, con el fin de darles la inclinación adecuada y protegerlos del contacto directo con el piso, además aprovechar al máximo la energía solar incidente y evitar el deterioro del aislamiento térmico.

TABLA II. DATOS TECNICOS DE COLECTOR SOLAR DE PLACA PLANA
EMPRESA: GEA. POOLS. - SOL ~ AQUA.

TUBOS

material.....	Cobre
número.....	13
∅ tubos principales.....	1 inch
∅ tubos secundarios.....	3/8 inch
Longitud	
tubos principales.....	1.26 m
tubos secundarios.....	1.86 m

PLACA DE ABSORCION

material.....	Aluminio
espesor.....	1.5 mm
acabado superficial.....	pintura negra anticorrosiva

CUBIERTA

número.....	1
material.....	vidrio
espesor.....	4 mm

AISLANTE

material.....	espumaflex, lana de vidrio
espesor.....	30 mm

DIMENSIONES DEL COLECTOR

longitud.....	2.00 m
ancho.....	1.22 m
altura.....	0.1 m
área.....	2.44 m ²

MATERIAL DEL MARCO.....acero y madera

FLUIDO.....agua

FLUJO.....2 Gal/min

PESO DEL COLECTOR.....60 lbs

NIVELES DE TEMPERATURA.....22 - 30 °C

EFICIENCIA DEL PANEL.....80 %

TABLA IV. DATOS TECNICOS DE COLECTOR SOLAR DE PLACA PLANA
EMPRESA: ENERGY - SOL.

TUBOS

material.....	Cobre
número.....	11
∅ tubos principales.....	1 inch
∅ tubos secundarios.....	½ inch
Longitud	
tubos principales.....	1.10 m
tubos secundarios.....	1.80 m

PLACA DE ABSORCION

material.....	Aluminio
espesor.....	1.5 mm
acabado superficial.....	pintura negra absorbente

CUBIERTA

número.....	1
material.....	vidrio
espesor.....	4 mm

AISLANTE

material.....	lana de vidrio
espesor.....	30 mm

DIMENSIONES DEL COLECTOR

longitud.....	2.00 m
ancho.....	1.00 m
altura.....	0.10 m
área.....	2.00 m ²

MATERIAL DEL MARCO..... acero galvanizado

FLUIDO..... agua

FLUJO..... 2 Gal/min

PESO DEL COLECTOR..... 80 lbs

NIVELES DE TEMPERATURA..... 25 - 30 °C

EFICIENCIA DEL PANEL..... 75 %

TABLA V. DATOS TECNICOS DE COLECTOR SOLAR DE PLACA PLANA
INSTITUTO NACIONAL DE ENERGIA

TUBOS

material.....	Cobre
número.....	8
∅ tubos principales.....	20 mm
∅ tubos secundarios.....	9.3 mm
Longitud	
tubos principales.....	1.05 m
tubos secundarios.....	1.86 m

PLACA DE ABSORCION

material.....	Aluminio
espesor.....	1.5 mm
acabado superficial.....	pintura negra mate

CUBIERTA

número.....	1
material.....	vidrio
espesor.....	4 mm

AISLANTE

material.....	poliestireno, lana de vidrio
espesor.....	40 mm

DIMENSIONES DEL COLECTOR

longitud.....	2.00 m
ancho.....	1.00 m
altura.....	0.10 m
área.....	2.00 m ²

MATERIAL DEL MARCO..... acero y madera

FLUIDO..... agua

FLUJO..... 2 Gal/min

PESO DEL COLECTOR..... 65 lbs

NIVELES DE TEMPERATURA..... 22 - 30 °C

EFICIENCIA DEL PANEL..... 75 %

CAPITULO III

BASES DE DATOS DE PARAMETROS METEOROLOGICOS.

3.1. VARIABLES CLIMATOLOGICAS.

Las condiciones o variables meteorológicas y climáticas juegan un papel preponderante en el desarrollo y ejecución de un proyecto de aclimatación de agua (calentamiento). De su conocimiento depende en gran parte la adecuada ejecución, tanto desde el punto de vista técnico como económico.

Dentro del desarrollo del modelo matemático para dimensionar el número de colectores solares del sistema de calentamiento de agua para piscinas, es importante conocer con exactitud el comportamiento de las condiciones climatológicas dentro de las cuales va a desenvolverse la aplicación del modelo matemático a desarrollarse.

Es importante hacer notar que el desarrollo de las bases de datos de las condiciones climatológicas están relacionadas con la ciudad de Guayaquil para el presente trabajo.

Los factores más importantes que forman parte de las variables climatológicas son las siguientes:

1. Temperatura ambiente.
2. Radiación solar.
3. Humedad relativa.
4. Velocidad del viento.
5. Temperatura del suelo.

3.1.1. TEMPERATURA AMBIENTE.

La temperatura es una consecuencia del calentamiento de la superficie terrestre por el sol, y está directamente relacionada con la mayor o menor pérdida de calor de la piscina.

La pérdida calorífica de la piscina está en conexión con el dimensionamiento correcto del sistema solar que balanceará mediante su ganancia calorífica de la radiación solar las pérdidas ocurridas en la piscina.

Es imprescindible conocer los valores de la temperatura ambiente a lo largo de los meses del año, ya que se necesita conocer en la aplicación del modelo matemático para dimensionar correctamente el sistema solar para el calentamiento de la piscina.

Es importante determinar el valor mínimo que

la temperatura ambiente puede llegar a alcanzar, pues bajo esta condición tendríamos la máxima pérdida de calor de la piscina.

Es necesario poder conocer la temperatura ambiente media que podríamos tener durante la mayor parte del tiempo, ya que bajo esta condición podremos dimensionar el sistema solar que va a ser requerido normalmente bajo condiciones estables.

El valor máximo de la temperatura ambiente nos permitirá tener una pauta para poder seleccionar una temperatura de equilibrio adecuada y real que podríamos esperar en el acondicionamiento calorífico de la piscina.

Entre los valores máximos y mínimos de la temperatura ambiente se tendrá una serie de temperaturas que se presentan a lo largo del año y que determinarán la mayor o menor pérdida de calor por parte de la piscina.

Para obtener los valores de temperatura ambiente mínima, máxima y media que ocurren en la ciudad de Guayaquil, se realizó un procesamiento de los datos climatológicos que se encuentran en los anuarios meteorológicos

de la Estación Meteorológica del Laboratorio de Fuentes Alternas de Energía de la E.S.P.O.L., de los años 1980 - 1985, que se presentan en los apéndices A y B.

Los datos de la sección temperatura de estos boletines meteorológicos fueron procesados para obtener una temperatura ambiente media promedio de cada mes durante los años de estudio, tal como se muestra en la tabla VI. A su vez, estos datos sirvieron para calcular la temperatura media promedio que puede esperarse durante los meses del verano y del invierno.

Los valores de temperatura tomados diariamente y en varias horas de cada mes durante los años de estudio, tal como se aprecia en los apéndices A y B, en la sección Temperatura permitieron luego de ser procesados calcular las temperaturas ambiente máximas y mínimas promedios de cada mes durante estos años de estudio y que pueden esperarse se presenten bajo condiciones normales.

Los datos calculados y descritos en el párrafo anterior permitieron realizar la tabla VII. En donde también se muestran, los valores máximos y mínimos de la temperatura ambiente que

pueden presentarse durante los meses del verano y del invierno.

Las tablas VI y VII sirvieron como base para realizar el gráfico de la Figura 8. Aquí se puede apreciar la distribución gráfica de la temperatura ambiente promedio mensual Máxima, Media y Mínima ocurrida en Guayaquil durante los años de estudio de 1980 - 1985.

Es interesante notar como la distribución de la temperatura ambiente, ya sea en la gráfica Máxima, Mínima o Media tiene dos etapas bien definidas que pueden apreciarse claramente y estas son:

- a) Durante los meses de Mayo - Octubre ocurre un descenso en las curvas de temperatura ambiente, lo que coincide con la etapa del verano, y es en este período durante el que se van a encontrar los valores mínimos de temperatura ambiente, llegando incluso a descender a 19 °C.

Como ocurren los valores mínimos de temperatura ambiente se producirán las mayores pérdidas caloríficas del sistema piscina - medio ambiente que deben ser equilibradas por la ganancia calorífica del

sistema colectores solares - medio ambiente.

- b) En la etapa de los meses Noviembre - Abril se puede apreciar un incremento de la temperatura ambiente de acuerdo a los gráficos obtenidos, y esto está en relación con los meses correspondientes al invierno, y es durante este período donde van a encontrarse los valores máximos de la temperatura ambiente, llegando a alcanzar valores tales como 34 °C.

Como síntesis de los cálculos realizados y descritos en los párrafos anteriores y expuestos en las tablas VI, VII y en el gráfico de la Figura 8, se pueden citar los siguientes valores de la temperatura ambiente que van a ser utilizados en el desarrollo del modelo matemático para el acondicionamiento calorífico de piscinas:

1. Durante los meses de la etapa del verano.

Temperatura media promedio	24.10 °C
Temperatura máxima promedio	31.49 °C
Temperatura mínima promedio	20.34 °C

2. Durante la etapa de los meses del invierno.

Temperatura media promedio 25.70 °C
 Temperatura máxima promedio 32.53 °C
 Temperatura mínima promedio 21.96 °C

DATE	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
TEMP	24.5	25.1	25.7	26.4	27.0	27.5	28.1
MAX	30.0	31.0	32.0	33.0	34.0	35.0	36.0
MIN	20.0	21.0	22.0	23.0	24.0	25.0	26.0
AVG	24.1	25.0	25.0	26.7	28.1	29.1	30.1
STDEV	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
COEFF	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
VAR	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25
SE	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
CONF	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
CI	23.1	24.0	24.0	26.7	28.1	29.1	30.1
PROMEDIO	25.7						
STDEV	1.5						

TABLA VI. TEMPERATURA AMBIENTE MEDIA [°C]

CIUDAD: GUAYAQUIL. PERIODO: 1980 - 1985

MESES	A Ñ O S						PROMEDIO
	1980	1981	1982	1983	1984	1985	
ENERO	27.3	25.1	25.7	25.1	26.3	25.5	25.8
FEBRERO	28.0	25.1	25.6	24.9	25.1	26.5	25.8
MARZO	29.3	25.4	26.3	25.0	25.7	26.3	26.3
ABRIL	29.1	25.1	25.5	24.9	25.5	25.3	25.9
MAYO	28.5	24.2	24.5	25.3	25.5	24.8	25.5
JUNIO	27.6	24.3	23.1	23.2	24.3	24.2	24.4
JULIO	27.0	22.0	22.3	22.4	23.1	22.5	23.2
AGOSTO	26.3	21.6	22.1	24.4	23.3	22.8	23.4
SEPTIEMBRE	26.9	22.6	23.4	25.0	23.5	23.1	24.1
OCTUBRE	27.4	22.6	24.2	24.4	24.1	24.2	24.5
NOVIEMBRE	25.1	24.8	25.0	25.0	25.0	24.9	25.0
DICIEMBRE	24.1	25.0	25.0	24.7	26.4	24.8	25.0
	PROMEDIO						
VERANO	24.1						
INVIERNO	25.7						

TABLA VII. PROMEDIO DE TEMPERATURAS MINIMA Y MAXIMA. [°C]

CIUDAD: GUAYAQUIL.

PERIODO: 1980 - 1985

MESES	TEMPERATURA MAXIMA	TEMPERATURA MINIMA	
ENERO	32.52	23.05	
FEBRERO	32.31	21.73	
MARZO	32.60	22.18	
ABRIL	33.12	22.17	
MAYO	32.62	21.57	
JUNIO	31.03	20.60	
JULIO	30.57	19.75	
AGOSTO	31.10	19.83	
SEPTIEMBRE	32.33	20.21	
OCTUBRE	31.93	20.80	
NOVIEMBRE	32.03	20.82	
DICIEMBRE	32.03	21.10	
PROMEDIO	VERANO	31.49	20.34
	INVIERNO	32.53	21.96

TEMPERATURA AMBIENTE MAXIMA - MEDIA - MIN.
CIUDAD: GUAYAQUIL PERIODO: 1980 - 1985

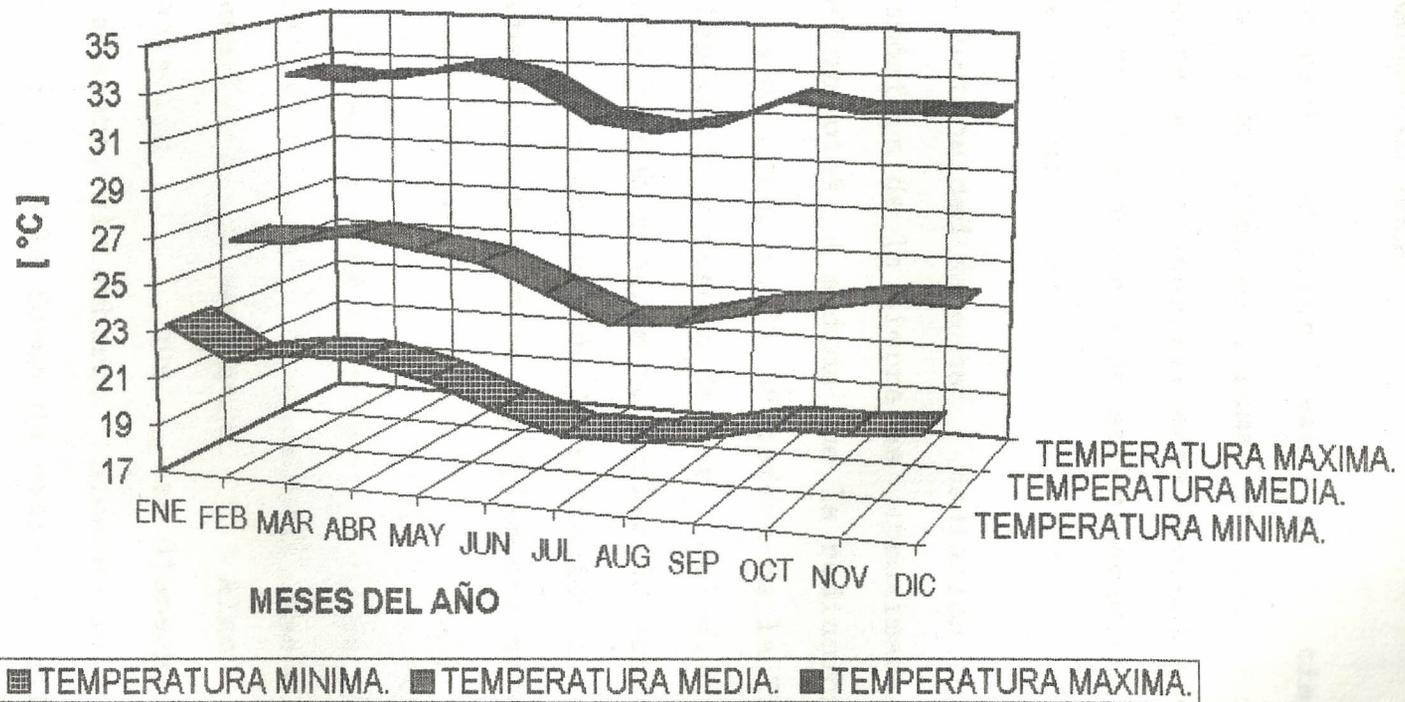


FIGURA 8. DISTRIBUCION GRAFICA DE TEMPERATURA AMBIENTE MAXIMA, MEDIA Y MINIMA.
CIUDAD: GUAYAQUIL. PERIODO: 1980 - 1985.

3.1.2. RADIACION SOLAR.

La radiación solar llega a la tierra en la forma de ondas electromagnéticas. La mayor parte de esta energía está contenida entre las longitudes de onda de aproximadamente 0.28 hasta 4 micrones.

La intensidad de esta radiación fuera de la atmósfera de la tierra es aproximadamente 429 BTU/hr-pie². A medida que la radiación del Sol pasa a través de la atmósfera de la Tierra, es dispersada y absorbida por polvo, vapor de agua, ozono y otras moléculas de gas, por lo que la intensidad de la radiación llegada a la superficie terrestre es solamente alrededor de 1 cal./cm.min.

A una mayor masa de aire, es más pequeña la fracción de radiación que alcanza la superficie terrestre. Algo de la radiación que es dispersada por la atmósfera, sin embargo alcanza la superficie terrestre en la forma de radiación difusa.

La cantidad de radiación directa (es decir, no difusa), que llega a una superficie particular sobre el suelo depende de cierto número de factores. Depende de la

altitud del Sol (el ángulo sobre la horizontal) el cual a su vez depende de la latitud de dicha superficie, de la declinación del sol, de la hora del día y la elevación sobre el nivel del mar (presión barométrica).

Si no hubiera nubes, la radiación directa sería la fuente predominante de radiación sobre una superficie receptora. La cubierta de nubes existe sin embargo y es bastante variable e impredecible. Esta cubierta incrementa la fracción de la radiación total que es difundida y dificulta hacer estimaciones de radiación solar total recibida sobre una superficie.

Los registros de la radiación solar local, preferiblemente sobre un largo período de tiempo, son la mejor estimación cuando tales registros están disponibles.

En el presente trabajo se puede contar con datos de la radiación solar global durante un período de estudio de 8 años comprendidos entre 1980 -1987.

Estos valores de radiación solar global se presentan en el apéndice C y son

el resultado de la recopilación de datos proporcionados por los anuarios que publica el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) y el Laboratorio de Fuentes Alternas de Energía de la Estación Meteorológica de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.

Los datos del apéndice C sirvieron como base para obtener la tabla VIII en donde se puede apreciar un valor promedio mensual de la radiación global de cada año durante el período de estudio, esto me permitió sacar un promedio mensual general que fue útil para obtener la distribución gráfica de la radiación solar estimable para la ciudad de Guayaquil, en base al período de estudio de 1980 - 1987 tal como se aprecia en la Figura 9.

Una vez obtenidos los promedios mensuales de la radiación solar, estos datos fueron utilizados para obtener un valor medio de la radiación solar global que ocurrió en la ciudad de Guayaquil durante el período analizado, y que fue del orden de 1125 BTU/pie²-día.

El dato anterior de la radiación diaria media

mensual en la ciudad de Guayaquil, tal como se puede apreciar está en el sistema inglés y es necesario transformarlo al Sistema Internacional ya que posteriormente en el desarrollo del modelo matemático para calcular el número de colectores solares utilizaré fórmulas que requieren unidades físicas en el Sistema Internacional (S.I.).

Para transformar el valor de la radiación solar diaria media mensual del sistema inglés al sistema internacional utilizaré las siguientes equivalencias:

$$1 \text{ Kw} - \text{Hr} = 3413 \text{ BTU.}$$

$$1 \text{ metro} = 3.28 \text{ Pie.}$$

$$1 \text{ BTU/Hr} = 0.2931 \text{ Watios.}$$

I : Radiación solar diaria media mensual.

W/m² : Watios sobre metros cuadrados.

Para obtener en unidades de W/m² se realiza el siguiente procedimiento:

$$1125 \frac{\text{BTU}}{\text{Pie}^2\text{-día}} * \frac{1 \text{ Día}}{24 \text{ Hr}} * \frac{0.2931 \text{ W}}{\text{BTU/Hr}} * \frac{(3.28)^2 \text{Pie}^2}{1 \text{ m}^2}$$

$$I = 147.9 \text{ W/m}^2$$

Para tener unidades en Kw - Hr/ m²-día se

procede de la siguiente forma:

$$I = 3.55 \frac{\text{BTU}}{\text{Pie}^2\text{-día}} * \frac{1 \text{ Kw-Hr}}{3413 \text{ BTU}} * \frac{(3.28)^2 \text{Pie}^2}{1 \text{ m}^2}$$

$$I = 3.55 \frac{\text{Kw - Hr}}{\text{m}^2 - \text{día}}$$

Como se puede apreciar el nivel promedio de radiación solar diaria media mensual en la ciudad de Guayaquil está en el orden de 150 W/m² pero su intensidad varía a cada instante en el transcurso del año dependiendo de las condiciones meteorológicas.

Para objeto de nuestro estudio debemos recurrir a un análisis estadístico de la radiación solar y también de la temperatura ambiente, para a partir de estos datos determinar la probabilidad de ocurrencia de los eventos temperatura ambiente - radiación solar combinados y estimar así el número de días en el año que podríamos garantizar la temperatura de equilibrio preestablecida. Este análisis se realizará en el desarrollo de los siguientes capítulos.

Para poder realizar posteriormente este análisis estadístico de la ocurrencia de eventos de los parámetros meteorológicos

anteriormente citados estableceré siete niveles de radiación solar diaria en la ciudad de Guayaquil, comprendidos entre 0 y 280 W/m², este último valor máximo obtenido de los registros del laboratorio de Energía Solar de la ESPOL. Estos niveles están expuestos a continuación, en la tabla IX.

Como extracto de los cálculos y procesos matemáticos y físicos realizados y expuestos en párrafos anteriores, se pueden citar los siguientes valores de la radiación solar que van a ser utilizados en el desarrollo del modelo matemático para el dimensionamiento del Sistema de colectores solares para el calentamiento de agua para piscinas.

1. Radiación solar diaria media mensual:

147.9 W/m²

3.55 $\frac{\text{Kw} - \text{Hr}}{\text{m}^2 - \text{Día}}$

TABLA VIII. PROMEDIO RADIACION GLOBAL MEDIA (BTU/PIE².DIA)
 CIUDAD: GUAYAQUIL. PERIODO: 1980 - 1987

MESES	A Ñ O S								
	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	PROMED
ENERO	1297	1282	1284	1179	1046	941	900	1012	1118
FEBRERO	1286	1204	1395	1160	1003	1026	1111	823	1126
MARZO	1457	1404	1429	1079	1138	1152	1172	968	1225
ABRIL	1411	1325	1408	1079	1172	1032	1085	1125	1205
MAYO	1293	1114	1231	1039	1140	1198	807	905	1091
JUNIO	1007	1157	1115	980	—	934	1137	839	1024
JULIO	1289	1113	1189	982	999	1122	1162	787	1080
AGOSTO	1303	1303	1408	882	977	1040	1178	948	1130
SEPTIEM.	1505	1419	1493	792	1079	1377	905	1084	1207
OCTUBRE	1322	1379	1219	850	1050	1109	873	790	1074
NOVIEMB.	1281	1309	1195	919	882	1189	988	1315	1135
DICIEMB.	1192	1268	1120	898	1046	1098	1002	1082	1088
PROMEDIO	1125								

TABLA IX. NIVELES DIARIOS DE RADIACION SOLAR
CIUDAD: GUAYAQUIL.

	W/m ²	BTU/Pie ² -Día
NIVEL 1	0-40	0-300
NIVEL 2	41-80	301-600
NIVEL 3	81-120	601-900
NIVEL 4	121-160	901-1200
NIVEL 5	161-200	1201-1500
NIVEL 6	201-240	1501-1800
NIVEL 7	241-280	1801-2100

RADIACION SOLAR GLOBAL MEDIA

CIUDAD: GUAYAQUIL PERIODO: 1980-1987

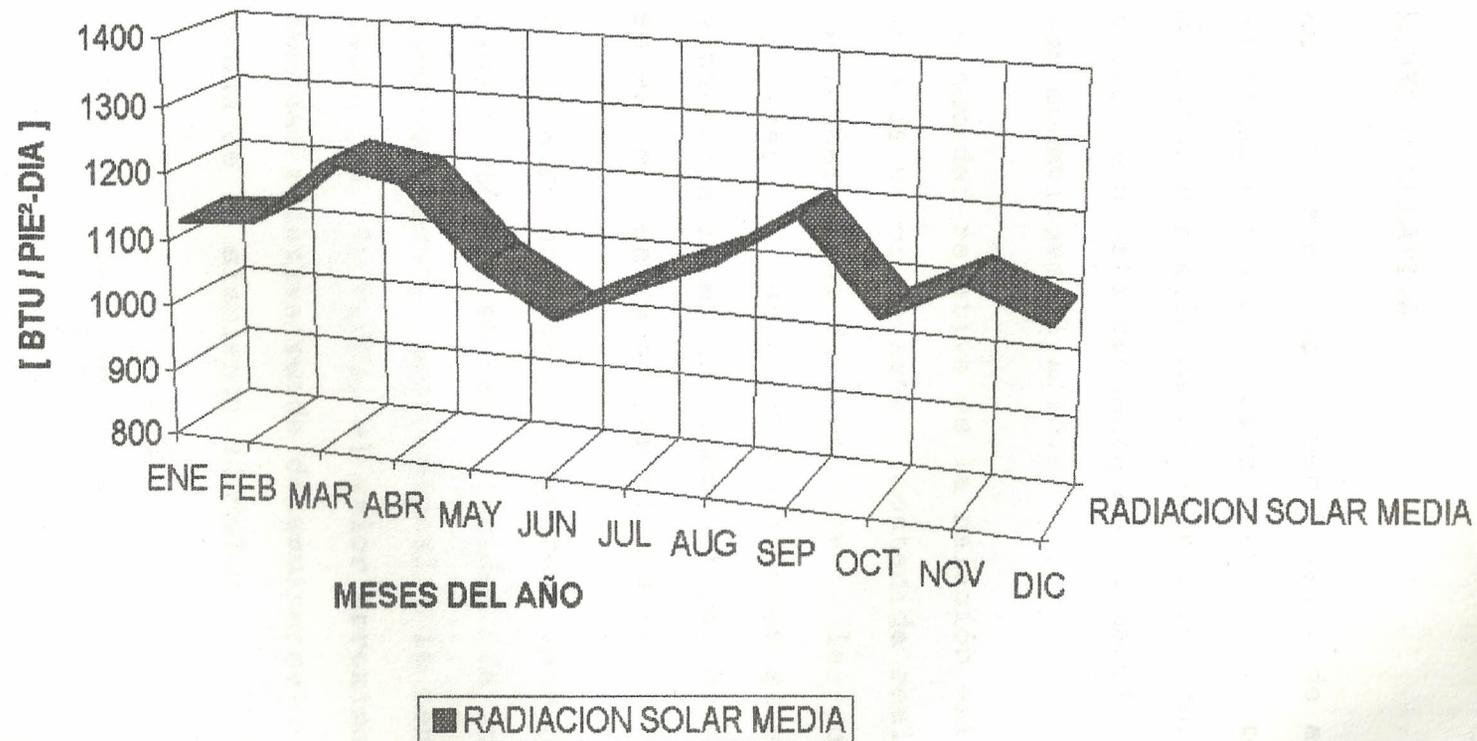


FIGURA 9.

DISTRIBUCION GRAFICA DE RADIACION GLOBAL MEDIA.
CIUDAD: GUAYAQUIL. PERIODO: 1980 - 1987.

3.1.3. HUMEDAD RELATIVA.

En la atmósfera hay siempre vapor de agua; la cantidad varía para cada lugar y para cada momento, por ello es necesario conocer en que proporción está presente en la mezcla de gases que constituye el aire.

La humedad relativa es la relación entre la masa de vapor de agua contenida realmente en un volumen dado de aire y la que podría contener un mismo volumen si estuviese saturado a la misma temperatura. Generalmente se expresa en tanto por ciento (%).

Si el aire no está saturado la cantidad de agua contenida en la unidad de volumen es aproximadamente, proporcional a la tensión del vapor. Por lo tanto, el valor aproximado de la humedad relativa puede determinarse con la ayuda de la siguiente fórmula:

$$f = \frac{e}{E(T)} * 100 \% \quad (2)$$

f : Humedad Relativa.

E(T) : Tensión del vapor de saturación y está en función de la temperatura del aire.

e : Tensión de vapor, cuando el agua se evapora en el aire seco, el vapor así formado ejerce su propia presión.

La humedad atmosférica juega un papel preponderante en el estudio del acondicionamiento calorífico de piscinas, ya que interviene en las pérdidas más importantes del sistema medio ambiente-piscina, esto es las pérdidas por evaporación.

Cuanto más frío es el aire, menos vapor de agua contiene, ya que ésta se condensa a medida que la temperatura desciende, y este mismo volumen de aire está más apto para contener mayor cantidad de vapor de agua a medida que la temperatura aumenta.

La ciudad de Guayaquil se caracteriza por poseer una alta concentración de humedad, pero dicha concentración varía en el desarrollo del día. Tal como se puede apreciar en el Apéndice A en la sección Humedad Relativa.

Los datos o valores de Humedad Relativa del Apéndice A son proporcionados por el boletín de la Estación Meteorológica del Laboratorio de Fuentes Alternas de Energía de

la ESPOL, durante el período de estudio de los años 1980 - 1985.

Los valores de humedad relativa que fueron medidos en diferentes horas del día durante los meses del período de estudio, fueron promediados y así se obtuvo una humedad relativa media diaria. Posteriormente estos datos diarios de humedad relativa fueron promediados y se obtuvieron valores mensuales para la concentración de humedad para cada año del período de estudio. Estos datos fueron utilizados para construir la tabla X.

Los valores promedios del mes de enero de la humedad relativa para cada año de estudio fueron procesados y obtuve un valor medio estimable para dicho mes. Este mismo procedimiento fue realizado para cada uno de los siguientes meses de cada año hasta el mes de diciembre, y estos valores me sirvieron para construir la distribución gráfica de la humedad relativa media expuesta en la Figura 10.

Posteriormente los valores mensuales promedios para todos los años del período de estudio de la humedad relativa fueron utilizados para

encontrar el valor medio global de estos 6 años de estudio, obteniendo el valor de :

1. Humedad Relativa media global 76.4%

La cantidad anteriormente descrita de humedad relativa es la que utilizaré en capítulos posteriores cuando tenga que realizar cálculos con dicha unidad física.

MESES	1981	1982	1983	1984	1985	PROMEDIO
ENERO	73.9	74.3	76.8			
FEBRERO	75.7	77.6	73.8			
MARZO	75.4	75.4	75.4			
ABRIL	75.4	75.4	75.4			
MAYO	75.4	75.4	75.4			
JUNIO	75.4	75.4	75.4			
JULIO	75.4	75.4	75.4			
AGOSTO	75.4	75.4	75.4			
SEPTIEMBRE	75.4	75.4	75.4			
OCTUBRE	75.4	75.4	75.4			
NOVIEMBRE	75.4	75.4	75.4			
DICIEMBRE	75.4	75.4	75.4			
PROMEDIO						76.4

TABLA X. HUMEDAD RELATIVA MEDIA [%]

CIUDAD: GUAYAQUIL. PERIODO: 1980 - 1985

MESES	A Ñ O S						PROMEDIO
	1980	1981	1982	1983	1984	1985	
ENERO	80.2	80.3	74.0	84.7	73.9	84.3	79.6
FEBRERO	80.1	80.4	73.0	83.1	75.9	67.3	76.6
MARZO	81.6	80.1	67.8	83.0	75.0	66.3	75.6
ABRIL	82.0	80.1	71.1	84.3	77.2	70.2	77.5
MAYO	81.7	79.5	74.5	80.2	63.8	73.2	75.5
JUNIO	84.6	81.0	79.2	80.1	72.4	72.2	78.3
JULIO	81.6	78.9	76.7	77.0	70.0	77.0	76.9
AGOSTO	80.9	78.5	74.9	73.0	78.1	77.8	77.2
SEPTIEMBRE	79.1	75.7	72.9	76.3	78.2	76.2	76.4
OCTUBRE	78.7	76.7	74.9	73.8	77.2	75.0	76.1
NOVIEMBRE	77.9	76.8	73.5	68.2	75.0	73.3	74.1
DICIEMBRE	77.6	68.1	80.0	68.0	72.3	73.0	73.2
PROMEDIO	76.4						

HUMEDAD RELATIVA MEDIA
CIUDAD: GUAYAQUIL PERIODO: 1980-1985.

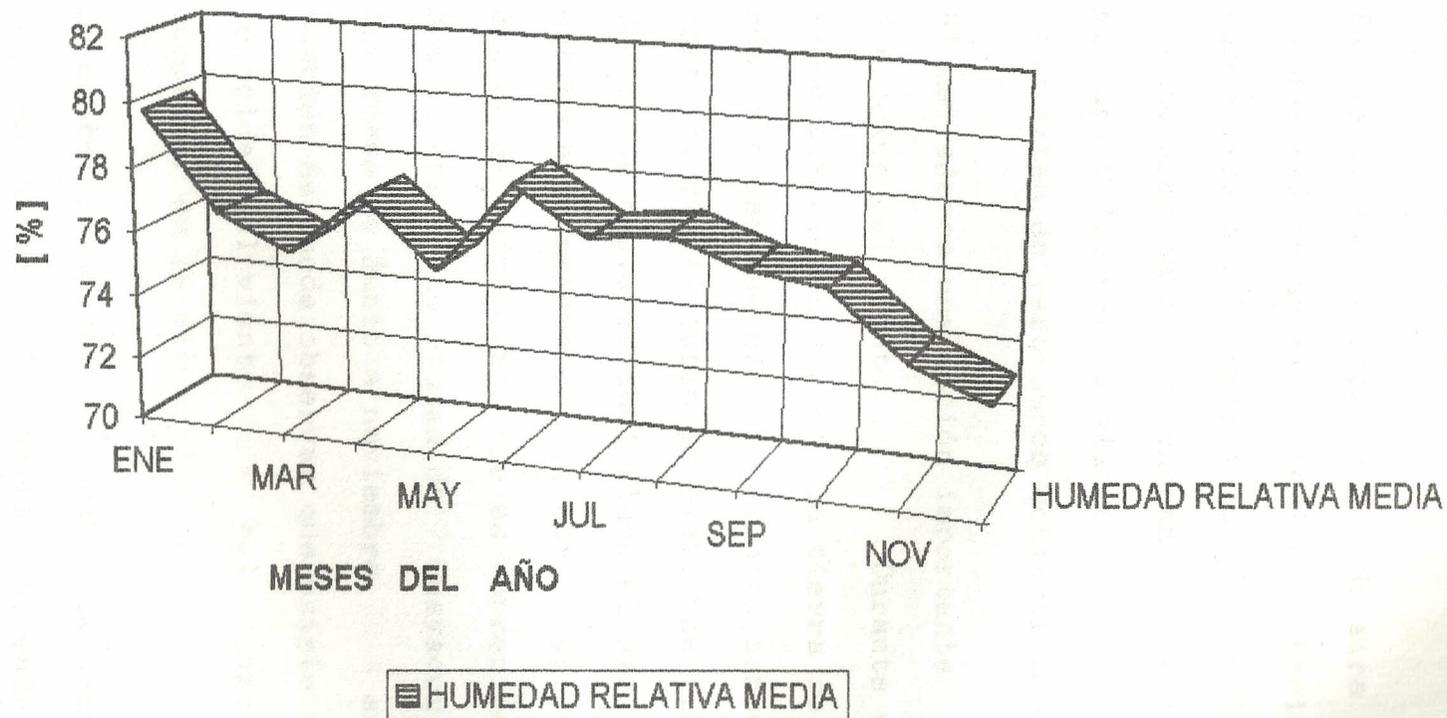


FIGURA 10. DISTRIBUCION GRAFICA DE HUMEDAD RELATIVA MEDIA.
CIUDAD: GUAYAQUIL. PERIODO: 1980 - 1985.

3.1.4. VELOCIDAD DEL VIENTO.

El viento es una corriente de aire que sopla de una región de alta presión hacia otra de menor presión. La velocidad y violencia del viento aumenta cuando chocan contra una montaña y las partes planas o valles se convierten en verdaderos sopladores de viento.

El mar ejerce una acción importante sobre la dirección del viento. Durante el día y especialmente en verano, la tierra se calienta más de prisa que el mar; el aire conectado en contacto con el suelo se eleva, se crea una depresión hacia el cual fluye el aire frío que estaba en contacto con el mar, produciéndose una brisa refrescante que es precisamente lo que ocurre en la ciudad de Guayaquil durante los meses de junio a noviembre, en donde también se puede observar que existe una mayor velocidad del viento, (tal como se puede comprobar en la Figura 11).

Lo contrario ocurre durante la noche, sobre todo en invierno, la tierra se enfría más de prisa que el mar y el viento es invertido, produciéndose además una disminución de la velocidad media del viento durante los meses

de enero a mayo, como se puede apreciar en la Figura 11.

La acción del viento es primordial sobre los intercambios térmicos que ocurren en el sistema medio ambiente - piscina - colectores solares, ya que inciden directamente en las pérdidas por convección que tienen lugar en la piscina y éstas constituyen una de las pérdidas caloríficas principales que son tomadas en consideración para el acondicionamiento calorífico de la piscina.

Para elaborar la base de datos de la velocidad media del viento recurrí al boletín meteorológico del Laboratorio de Fuentes Alternas de Energía de la Estación Meteorológica de la ESPOL, expuesta en el Apéndice A. El período de estudio está comprendido entre los años 1980 -1985 para la ciudad de Guayaquil.

En el Apéndice A se pueden apreciar los valores de la velocidad del viento que fueron registrados en diferentes horas del transcurso del día durante los meses de los años estudiados, estos valores fueron para obtener registros mensuales medios de la

velocidad del viento para los años comprendidos en el período de 1980 -1985 y sirvieron como base para construir la tabla XI. También para elaborar la distribución gráfica de la velocidad media del viento durante los meses de enero a diciembre en el período de estudio, tal como se muestra en la Figura 11.

Los promedios mensuales de la velocidad del viento, fueron utilizados para encontrar el valor medio de la velocidad del viento que será utilizado posteriormente en el cálculo de las pérdidas por convección del sistema medio ambiente - piscina.

Es necesario hacer notar que de acuerdo a los expertos del I.N.E. debido a que la mayoría de las piscinas se encuentran ubicadas en recintos cerrados el valor de la velocidad media del viento disminuye 60 - 80% del valor medido en espacios abiertos, por esta razón la velocidad del viento que utilizaré en los cálculos para la aplicación del modelo matemático sera:

1. Valor de la velocidad del viento 1.8 Km/Hr.

TABLA XI. VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO [KM/HR]

CIUDAD: GUAYAQUIL. PERIODO: 1980 - 1985

MESES	AÑOS						PROMEDIO
	1980	1981	1982	1983	1984	1985	
ENERO	6.23	7.01	6.35	6.03	5.89	6.87	6.41
FEBRERO	4.89	5.35	5.88	5.25	6.23	7.98	5.93
MARZO	6.26	6.12	6.73	5.40	4.78	6.45	5.96
ABRIL	6.30	7.35	6.63	5.85	8.34	8.78	7.21
MAYO	7.20	7.80	8.58	5.35	7.56	8.56	7.51
JUNIO	7.80	8.08	8.83	5.42	8.01	8.60	7.79
JULIO	8.55	8.38	9.95	7.58	9.23	8.45	8.69
AGOSTO	8.70	8.48	10.6	8.52	8.45	7.70	8.73
SEPTIEMBRE	9.02	8.10	9.72	8.22	8.34	6.88	8.38
OCTUBRE	9.40	8.68	9.03	9.92	7.99	7.23	8.71
NOVIEMBRE	8.85	8.70	6.97	9.40	6.88	8.99	8.30
DICIEMBRE	8.57	7.28	6.50	7.95	8.34	7.23	7.65
PROMEDIO	7.61						

VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO

CIUDAD: GUAYAQUIL PERIODO: 1980-1985

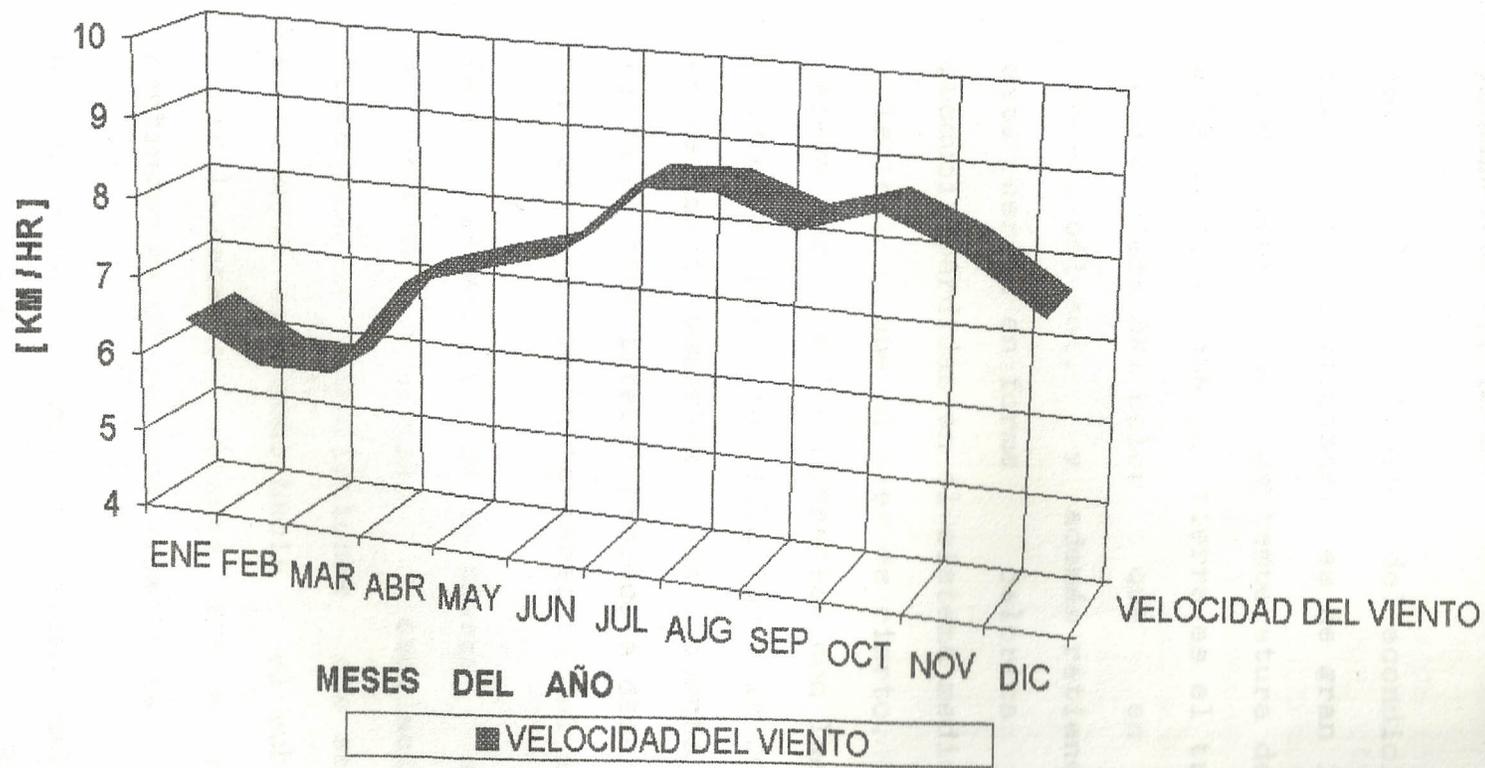


FIGURA 11. DISTRIBUCION GRAFICA DE LA VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO.
CIUDAD: GUAYAQUIL. PERIODO: 1980 - 1985.

3.1.5. TEMPERATURA DEL SUELO. de la temperatura

Para el estudio del acondicionamiento calorífico de piscinas, es de gran interés el conocimiento de la temperatura del suelo y subsuelos, ya que la tierra es el trasmisor a la atmósfera del calor que en principio procede del sol, y además retiene parte de esta energía en forma calórica que va a producir pérdidas en el sistema medio ambiente -piscina, que si bien es cierto, no son relevantes en comparación con las pérdidas provocadas por la radiación y la convección, es necesario tomarlas en cuenta y por esa razón en este literal procedo a desarrollar la base de datos de la temperatura del suelo.

La capa superficial de la tierra es la que experimenta mayores oscilaciones de temperatura, oscilaciones que se propagan tanto en el aire como hacia el subsuelo, es decir la capa de tierra que se encuentra a continuación de la capa superficial.

Las variables meteorológicas del presente trabajo de tesis de grado están relacionadas específicamente con la ciudad de Guayaquil, pero en esta variable en particular no ha sido

posible tener valores de la temperatura del suelo para esta ciudad, ya que de acuerdo a la información proporcionada por técnicos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología de la estación en Guayaquil y de la central en Quito, dichos datos jamás han sido registrados por dicha institución.

Los técnicos del INAMHI me proporcionaron Anuarios Meteorológicos y Anuarios Agrometeorológicos en donde pude comprobar que efectivamente no existen valores registrados para la temperatura del suelo de la ciudad de Guayaquil y que la estación más cercana a ésta ciudad en la que se encuentran registros de datos de temperatura del suelo es la estación meteorológica en el ingenio Valdez de la ciudad de Milagro; y de acuerdo a la información técnica del Ing. Tinoco y la Ing. Carvajal, profesionales del INAMHI estos datos pueden aplicarse para la ciudad de Guayaquil ya que las condiciones climatológicas son similares y la altura sobre el nivel del mar de ambas ciudades no ofrecen mucha diferencia; ya que, Guayaquil se encuentra a 6m sobre el nivel del mar y Milagro a 13m sobre el nivel del mar.

Tomando en consideración la sugerencia anteriormente citada por los técnicos del INAMHI presento en este trabajo los datos de la temperatura del suelo de la Estación de Milagro para desarrollar la base de datos de la temperatura del suelo para la ciudad de Guavaquil.

Los valores registrados para la temperatura del suelo fueron tomados de los anuarios meteorológicos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología; y, son datos registrados para profundidades del suelo a 30 cm y 50 cm por debajo de la superficie.

Estos valores de temperatura del suelo se encuentran registrados en el apéndice D y, tal como se puede apreciar son registros tomados a diferentes horas del día durante los meses de cada uno de los años estudiados, comprendidos entre 1976 - 1981. Estos datos fueron procesados para obtener valores promedios mensuales máximos, medios y mínimos para la temperatura del suelo, de cada uno de los años desde 1976 a 1981, cuyos resultados se presentan respectivamente en las tablas XII, XIII, XIV.

Las tablas anteriormente descritas serán

utilizadas cuando corresponda encontrar las pérdidas caloríficas por conducción hacia el fondo y por las paredes laterales de la piscina.

Los promedios mensuales desde Enero a Diciembre para el período de estudio de la temperatura del suelo Máxima, Medio y Mínima sirvieron para realizar la distribución gráfica expuesta en la Figura 12, en donde se puede apreciar como varía la temperatura del suelo dependiendo del mes en que están registrados los datos. Tal es así, que durante los meses de Mayo a Octubre ocurren las menores temperaturas ya sea en la distribución Máxima, Media o Mínima y esto está en relación con el período del verano.

En los meses de Marzo y Abril se registran las mayores temperaturas Máximas, Medias y Mínimas del suelo, correspondiendo consecuentemente a los meses más calurosos de la estación invernal.

Como corolario del desarrollo de las bases de datos de la temperatura del suelo se puede citar lo siguiente:

1. Temperatura Promedio Mínima del suelo 26.4 °C
2. Temperatura Promedio Media del suelo 27.4 °C
3. Temperatura Promedio Máxima del suelo 28.3 °C

MESES	1975	1977	1978	1979	1981	1982
ENERO	26.3	26.4	26.4	26.5	27.0	26.5
FEBRERO	26.4	26.4	26.4	26.5	27.0	26.4
MARZO	26.4	26.4	26.4	26.5	27.0	26.4
ABRIL	26.4	26.4	26.4	26.5	27.0	26.4
MAYO	26.4	26.4	26.4	26.5	27.0	26.4
JUNIO	26.4	26.4	26.4	26.5	27.0	26.4
JULIO	26.4	26.4	26.4	26.5	27.0	26.4
AGOSTO	26.4	26.4	26.4	26.5	27.0	26.4
SEPTIEMBRE	26.4	26.4	26.4	26.5	27.0	26.4
OCTUBRE	26.4	26.4	26.4	26.5	27.0	26.4
NOVIEMBRE	26.4	26.4	26.4	26.5	27.0	26.4
DICIEMBRE	26.4	26.4	26.4	26.5	27.0	26.4
PROMEDIO	26.4	26.4	26.4	26.5	27.0	26.4

TABLA XII. TEMPERATURA MINIMA DEL SUELO [° C]

CIUDAD: GUAYAQUIL. PERIODO: 1976 - 1981

MESES	A Ñ O S					PROMEDIO
	1976	1977	1978	1979	1981	
ENERO	25.3	26.6	26.8	26.6	27.0	26.5
FEBRERO	23.8	26.6	26.2	27.7	27.0	26.3
MARZO	25.4	27.8	26.8	27.6	27.2	27.0
ABRIL	26.5	27.4	27.7	27.7	28.0	27.5
MAYO	26.8	26.8	27.6	27.9	27.3	27.3
JUNIO	26.4	26.4	25.6	25.3	26.0	25.9
JULIO	25.6	24.6	25.7	25.3	26.0	25.4
AGOSTO	26.7	24.2	26.1	26.0	25.5	25.7
SEPTIEMBRE	25.3	24.8	26.3	26.4	26.3	25.8
OCTUBRE	25.2	25.0	26.1	27.0	26.7	26.0
NOVIEMBRE	25.8	25.2	26.9	27.0	26.8	26.3
DICIEMBRE	27.5	26.2	27.6	27.6	27.2	27.2
PROMEDIO	26.4					

TABLA XIII. TEMPERATURA MEDIA DEL SUELO [° C]

CIUDAD: GUAYAQUIL. PERIODO: 1976 - 1981

MESES	A Ñ O S					PROMEDIO
	1976	1977	1978	1979	1981	
ENERO	26.4	27.2	28.0	27.3	28.4	27.5
FEBRERO	26.5	27.2	27.2	28.3	27.7	27.4
MARZO	27.1	28.2	27.9	28.3	28.9	28.1
ABRIL	27.6	28.0	28.3	28.5	29.3	28.3
MAYO	27.6	27.7	28.3	28.9	28.4	28.2
JUNIO	27.1	27.8	26.7	26.7	26.9	27.0
JULIO	26.7	25.5	26.7	26.9	26.6	26.5
AGOSTO	27.3	25.3	26.6	27.3	26.1	26.5
SEPTIEMBRE	26.1	25.6	27.1	27.0	27.3	26.6
OCTUBRE	26.1	25.7	27.3	27.7	27.6	26.9
NOVIEMBRE	26.8	26.0	27.7	27.9	27.5	27.2
DICIEMBRE	28.2	26.8	28.2	28.4	28.3	28.0
PROMEDIO	27.4					

TABLA XIV. TEMPERATURA MAXIMA DEL SUELO [° C]

CIUDAD: GUAYAQUIL. PERIODO: 1976 - 1981

MESES	A Ñ O S					PROMEDIO
	1976	1977	1978	1979	1981	
ENERO	27.4	27.8	29.2	28.0	29.7	28.4
FEBRERO	29.1	27.8	28.1	28.9	28.4	28.5
MARZO	28.8	28.6	28.9.	28.9	30.5	29.1
ABRIL	28.6	28.6	28.8	29.2	30.6	29.2
MAYO	28.4	28.5	28.9	29.8	29.4	29.0
JUNIO	27.8	29.2	27.8	28.1	27.7	28.1
JULIO	27.7	26.4	27.7	28.5	27.2	27.5
AGOSTO	27.9	26.4	27.1	28.6	26.7	27.3
SEPTIEMBRE	26.9	26.4	27.8	27.6	28.2	27.4
OCTUBRE	27.0	26.4	28.5	28.4	28.5	27.8
NOVIEMBRE	27.7	26.8	28.5	28.7	28.2	28.0
DICIEMBRE	28.8	27.3	28.8	29.2	29.4	28.7
PROMEDIO	28.3					

TEMPERATURA DEL SUELO
CIUDAD: GUAYAQUIL PERIODO: 1976 - 1981

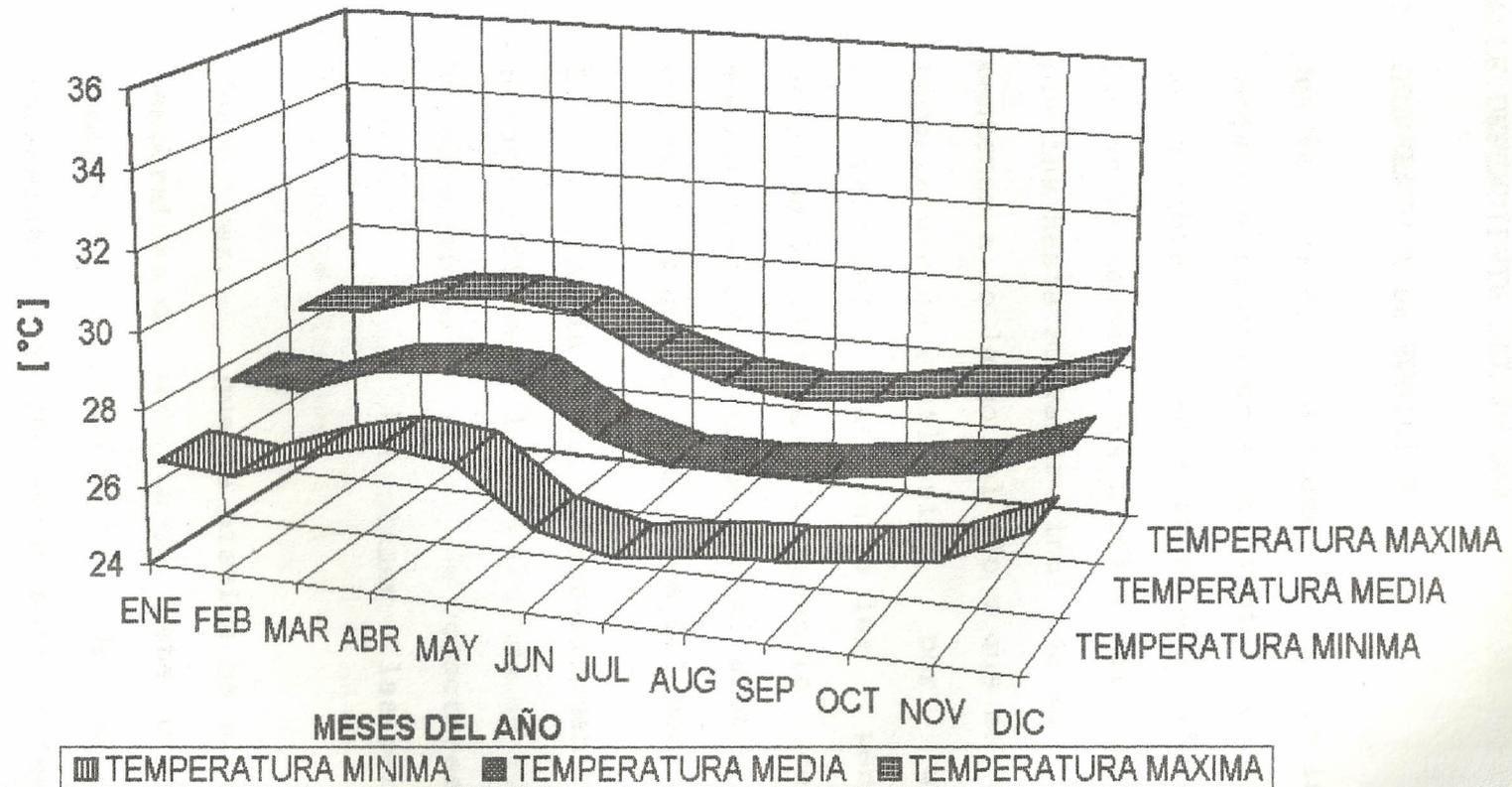


FIGURA 12. DISTRIBUCION GRAFICA DE LA TEMPERATURA DEL SUELO MAXIMA - MEDIA - MINIMA.
 CIUDAD: GUAYAQUIL. PERIODO: 1976 - 1981.

3.2. VARIABLE DEPENDIENTE DEL DISEÑO.

3.2.1. TEMPERATURA DE EQUILIBRIO.

Una vez que el sistema solar se instala y empieza a funcionar en conjunto con piscina y medio ambiente, a éste le tomará algunos días llevar la temperatura inicial del agua de la piscina hasta su valor final que se deberá mantener a lo largo del año y que se denomina temperatura de equilibrio por que es el resultado del balance entre las pérdidas de calor de la piscina y la ganancia de calor suministrada a la misma por el sistema solar compuesto por los colectores solares.

En armonía con lo anteriormente citado, nosotros fijamos la temperatura de equilibrio y calculamos el número de colectores solares necesarios para reemplazar las pérdidas de calor de la piscina.

Una vez, que la piscina ha alcanzado la temperatura de equilibrio, ésta se mantendrá, aumentará o disminuirá de acuerdo a la intensidad de radiación solar y temperatura ambiente de la localidad.

El diseño para el número correcto de paneles

para la captación solar, está encaminado a establecer cuánto calor pierde la piscina durante el día y la noche para que éste sea reemplazado por la energía que suministran los colectores solares. De tal manera, que la temperatura de equilibrio se mantenga en el valor establecido.

4.1. En nuestro medio, específicamente para la ciudad de Guavaquil, una temperatura de equilibrio adecuada a nuestras necesidades es de 27 a 30 °C.

En este estudio no limitaremos la temperatura de equilibrio a un valor específico, ya que esta es diferente para cada aplicación determinada. Por esta razón, cuando en capítulos posteriores realice un programa en computador para dimensionar el sistema de colectores solares para el acondicionamiento calorífico de piscinas, éste será un parámetro variable en el rango expuesto con anterioridad y cuyo escogitamiento específico dependerá de la aplicación especial para cada proyecto particular.

CAPITULO IV

CALCULO DE LA PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE PARAMETROS METEOROLOGICOS.

4.1. CONDICIONES BASICAS.

A) SELECCION DE TEMPERATURA DE EQUILIBRIO.

Se designan las siguientes temperaturas de equilibrio:

28 °C.

30 °C.

32 °C.

Se seleccionan estos valores tomando en consideración, de acuerdo a las tablas II, III, IV, V del capítulo 2, que las empresas que distribuyen los equipos solares a nivel nacional informan que los colectores solares que ellos ofrecen permiten alcanzar temperaturas de hasta 30 °C.

Para tomar en cuenta esta máxima temperatura de equilibrio que podría alcanzar el agua de la piscina y las posibilidades de quizás estar un

poco arriba o abajo de esta temperatura, seleccionamos también con 28 °C y 32 °C.

B) SELECCION DE NIVEL DE RADIACION SOLAR.

Para los niveles de radiación solar, tomaremos los rangos expuestos en la tabla IX del literal 3.1.2. y que son los que a continuación se describen:

- Nivel 1: 0-300 BTU/PIE²-DIA o (0-40 W/m²).
- Nivel 2: 301-600 BTU/PIE²-DIA o (41-80 W/m²).
- Nivel 3: 601-900 BTU/PIE²-DIA o (81-120 W/m²).
- Nivel 4: 901-1200 BTU/PIE²-DIA o (121-160 W/m²).
- Nivel 5: 1201-1500 BTU/PIE²-DIA o (161-200 W/m²).
- Nivel 6: 1501-1800 BTU/PIE²-DIA o (201-240 W/m²).
- Nivel 7: 1801-2100 BTU/PIE²-DIA o (241-280 W/m²).

La selección de estos niveles la hacemos de acuerdo con las tablas de radiación solar que se encuentran en el apéndice C, las que muestran que los valores máximos y mínimos se encuentran en ese orden, y por lo tanto, cubrimos todo el rango de la radiación solar incidente.

Para la radiación solar, obtendré del apéndice C los valores que se encuentran en los diferentes niveles dentro del rango establecido y, posteriormente procederé a calcular la probabilidad de cada evento con relación a la

4.2. radiación solar.

C) SELECCION DE LA TEMPERATURA AMBIENTE PROMEDIO MENSUAL.

Para la temperatura ambiente simplemente obtenemos los valores promedios de la temperatura ambiente mínima en cada mes y año del período de estudio. Así, cubrimos todos los valores o posibilidades que se presentan debajo de la temperatura de 30 °C que es la temperatura de equilibrio seleccionada para este análisis estadístico.

De la tabla VII del literal 3.1.1. obtenemos los siguientes datos:

Temperatura mínima promedio en verano 20.34 °C.

Temperatura mínima promedio en invierno 21.96 °C.

Por lo tanto, seleccionamos una temperatura ambiente mínima promedio 20 °C. A partir de la que experimentamos con las diferentes posibilidades de eventos.

4.2. DETERMINACION DE LAS PROBABILIDADES DE LOS DIFERENTES EVENTOS.

4.2.1. EVENTO RADIACION SOLAR.

Se determinará para cada año durante el período estudiado comprendido entre 1980-1987 el número de eventos que ocurren en cada mes y para cada nivel, y con ello se podrá calcular las probabilidades respectivas.

Con los valores de estas probabilidades, obtendré una información altamente importante, para en base a los máximos valores de las probabilidades de los diferentes niveles de radiación solar tener una pauta para la selección del rango de la radiación solar que será utilizada en los cálculos para la selección correcta del número de colectores solares.

Las probabilidades a determinar en los diferentes niveles de radiación, sólo involucran las secuencias de radiación solar y asumiré que se cumple para toda la temperatura ambiente en el rango establecido hasta 32 °C.

DESARROLLO DEL CALCULO DE PROBABILIDADES.

De acuerdo con la teoría de probabilidades y estadísticas de Freund und Miller tenemos la siguiente condición:

$$P(a) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{f(a)}{n} \quad (3)$$

Donde,

$P(a)$: probabilidad de un evento a .

$f(a)$: número de veces que ocurre un evento a .

n : número total de eventos.

De las tablas del Apéndice C obtenemos los diferentes valores de radiación solar que se encuentran en cada nivel específico de radiación para cada mes y año del período estudiado. Con esta información obtenemos el número de eventos que caen dentro del rango de cada nivel de radiación, el número de días o número total de eventos durante un mes y año específico estudiado; luego, aplicando la condición estadística podemos afirmar :

$$P(N) = \frac{N}{n} \quad (4)$$

Donde,

$P(N)$: probabilidad de que un valor de

radiación solar caiga dentro de un nivel de radiación específico.

N : número de veces que ocurre el evento específico del nivel de radiación solar.

n : número total de días del mes o número total de eventos para el mes y año estudiado.

Por ejemplo, si queremos saber cuál es la probabilidad del nivel 3 en el mes de enero del año 1980, el apéndice C nos informa que dentro de dicho nivel ocurrieron 3 eventos en ese mes y año respectivo. También, nos dice que el número total de días en que se realizaron mediciones durante el mes de enero de 1980 fueron 22, con estos datos podemos aplicar de la siguiente forma:

$$N = 3$$

$$n = 22$$

$$P(N) = \frac{N}{n}$$

$$P(N) = \frac{3}{22}$$

$$P(N) = 0.136$$

Con el resultado anteriormente hallado, la

probabilidad de ocurrencia del nivel 3 de radiación solar ($601-900 \text{ BTU/PIE}^2\text{-DIA}$) en el mes de enero del año 1980 fue 0.136. Posteriormente, en base al apéndice C y utilizando la fórmula de probabilidades calculé la probabilidad de los diferentes niveles de radiación solar para cada mes del año 1980, para cada mes del año 1981 hasta el año 1987, que corresponde al período estudiado. Todos estos datos y resultados se encuentran resumidos en las tablas XV hasta XXX, formando el apéndice E.

En la tabla XXXI se encuentran resumidos el número total de eventos para cada nivel de radiación para cada mes desde enero hasta diciembre del período de años de 1980-1987. También en la parte final de la tabla XXXI se encuentra el número total de eventos que ocurren para cada nivel de radiación solar en el invierno, en el verano y anual.

De la tabla XXXI podemos observar que la mayor parte de los eventos de los niveles de radiación solar durante el invierno ocurren en los niveles a partir del 4 hasta el 6 que son niveles de radiación medio-altos comprendidos entre $900-1800 \text{ BTU/PIE}^2\text{-DIA}$. En

cambio, en la época del verano la mayoría de los eventos de radiación solar ocurren a partir del nivel 3 hasta el nivel 6 comprendidos en valores desde 600 a 1800 BTU/PIE²-DIA. Esto nos permite deducir que es durante la época del verano la etapa crítica para el acondicionamiento calorífico de la piscina, ya que es la época más fría del año y donde ocurren las temperaturas ambientales más bajas en la ciudad de Guayaquil.

Tomando en consideración lo anteriormente expuesto el valor de la radiación solar que tomaré para utilizar en los cálculos para el diseño del modelo matemático para el dimensionamiento correcto del sistema de colectores solares para el acondicionamiento calorífico de piscinas será del orden de 1125 BTU/PIE²-DIA o 3.55 Kw-Hr/m²-Día que se encuentra en el rango del nivel 4 y que me asegura alcanzar la temperatura de equilibrio en la mayoría de los días del año.

La probabilidad de ocurrencia de eventos de radiación solar también puede aplicarse para calcular los números de días en que probablemente se alcanzará la temperatura de

equilibrio determinada con anterioridad.

Tomando como referencia la tabla XXXI que nos informa el número de eventos de los niveles de radiación solar y aplicando la fórmula de probabilidades $p(N)=N/\Omega$ puedo hallar las probabilidades de ocurrencia de cada nivel de radiación para cada mes desde enero hasta diciembre para el período de años comprendido entre 1980-1987. Además calculé la probabilidad total para cada nivel de radiación solar en invierno, verano y anual. Estos datos están registrados en la tabla XXXII.

En la información que nos provee la tabla XXXII apreciamos que las mayores probabilidades de ocurrencia anual de los niveles de radiación solar corresponden precisamente a los niveles 3,4,5,6. Con dichos valores podemos calcular la fracción del año o número de días en el año en que la radiación solar nos permitirá alcanzar la temperatura de equilibrio deseada.

Para encontrar la cantidad de días que el valor de radiación solar satisfará nuestros requerimientos caloríficos para el

acondicionamiento del agua de la piscina, necesitamos multiplicar la probabilidad de eventos de cada nivel de radiación por 365 días/año y sumar todos estos eventos desde el nivel de radiación solar mínimo que hemos escogido hasta el máximo nivel de radiación.

$$D = 365 \sum_{n=\text{mínimo}}^{n=\text{máximo}} [Pa(n)] \quad (5)$$

D : Número de días en el año que se logrará alcanzar la temperatura de equilibrio.

n : Nivel de radiación solar que va desde el nivel 1 hasta el nivel 7.

Pa(n): Probabilidad anual de cada nivel de radiación solar.

Para el caso específico de la ciudad de Guayaquil, para comprobar que el valor de radiación solar de 1125 BTU/PIE²-DIA escogido de acuerdo a la tabla XXXI satisface los requerimientos necesarios para alcanzar la temperatura de equilibrio predeterminada la mayoría de los días del año, se hace uso de la Tabla XXXII. Allí apreciamos que dicho valor de radiación solar cae dentro del nivel de radiación 4 que será nuestro nivel mínimo.

El nivel máximo de radiación solar

corresponderá al nivel 7 y tomando en consideración los valores de probabilidad anual desde el nivel 4 hasta el nivel 7 aplicamos en la fórmula respectiva y procedemos como se describe a continuación:

$$D = 365 * \sum_{n=3}^{n=7} [Pa(n)]$$

$$D = 365 * [Pa(4) + Pa(5) + Pa(6) + Pa(7)]$$

De la tabla XXXII los valores de probabilidad anual de los diferentes niveles desde el 4 hasta el 7 tenemos:

$$Pa(4) = 0.253$$

$$Pa(5) = 0.263$$

$$Pa(6) = 0.165$$

$$Pa(7) = 0.023$$

$$D = 365 * [0.253 + 0.263 + 0.165 + 0.023]$$

$$D = 365 * [0.704]$$

$$D = 256.96$$

$$D = 257 \text{ días}$$

Podemos darnos cuenta que de acuerdo al número de eventos de los niveles de radiación solar de la tabla XXXI y a las probabilidades estadísticas de los mismos niveles de radiación solar mostrados en la tabla XXXII

que permitieron escoger un valor de radiación solar global, el análisis respectivo nos indica que de los 365 días del año probablemente 257 días se logrará alcanzar la temperatura de equilibrio deseada. Además, este valor de radiación solar escogido será utilizado en las fórmulas respectivas para dimensionar el sistema de colectores solares necesarios para acondicionar caloríficamente el agua de la piscina.

Inicialmente en el capítulo 3 literal 1.2. el valor de radiación solar obtenido de las tablas de datos de los parámetros meteorológicos era de 1125 BTU/PIE²-DIA que corresponde al nivel de radiación 4. Una vez realizado el análisis del número de eventos y del cálculo de probabilidades el valor de radiación que nos cubrirá un alto número de días en los cuales se logre obtener la temperatura de equilibrio deseada es de 1500 BTU/PIE²-DIA en adelante que corresponde al nivel 5. A partir de este valor utilizaré en los cálculos para el número correcto de colectores solares que satisfarán los requerimientos caloríficos para el acondicionamiento del agua de la piscina.

TABLA XXXI. NUMERO DE EVENTOS DE LOS NIVELES DE RADIACION
 CIUDAD: GUAYAQUIL. PERIODO: 1980-1987

MESES	D	NIVELES [BTU/PIE ² -DIA]						
		N-1	N-2	N-3	N-4	N-5	N-6	N-7
ENERO	225	0	27	31	67	68	29	3
FEBRERO	200	0	14	32	69	50	31	4
MARZO	222	0	14	29	68	63	38	10
ABRIL	215	0	16	31	44	73	48	3
MAYO	178	0	13	37	48	54	25	1
JUNIO	194	0	20	59	44	48	23	0
JULIO	206	0	26	42	51	60	26	1
AGOSTO	239	1	27	50	44	70	38	9
SEPTIEMBRE	207	2	12	32	51	42	58	10
OCTUBRE	225	0	32	57	54	35	37	10
NOVIEMBRE	215	0	13	50	49	65	33	5
DICIEMBRE	230	1	23	64	57	46	36	3
INVIERNO	1040	0	84	160	296	308	171	21
VERANO	1516	4	153	354	350	366	251	38
ANUAL	2556	4	237	514	646	674	422	59
D = DIAS				N = NIVEL				

TABLA XXXII. PROBABILIDAD DE LOS NIVELES DE RADIACION
 CIUDAD: GUAYAQUIL. PERIODO: 1980-1987

		NIVELES [BTU/PIE ² -DIA]						
MESES	D	N-1	N-2	N-3	N-4	N-5	N-6	N-7
ENERO	225	0	0.12	0.138	0.298	0.302	0.129	0.013
FEBRERO	200	0	0.07	0.16	0.345	0.25	0.155	0.02
MARZO	222	0	0.063	0.131	0.306	0.284	0.171	0.045
ABRIL	215	0	0.074	0.144	0.205	0.34	0.223	0.014
MAYO	178	0	0.073	0.208	0.27	0.303	0.14	0.006
JUNIO	194	0	0.103	0.304	0.227	0.247	0.119	0
JULIO	206	0	0.126	0.204	0.248	0.291	0.126	0.005
AGOSTO	239	0.004	0.113	0.209	0.184	0.293	0.159	0.038
SEPTIEMBRE	207	0.01	0.058	0.155	0.246	0.203	0.28	0.048
OCTUBRE	225	0	0.142	0.253	0.24	0.156	0.164	0.044
NOVIEMBRE	215	0	0.06	0.233	0.228	0.302	0.153	0.023
DICIEMBRE	230	0.004	0.1	0.278	0.248	0.2	0.157	0.013
INVIERNO	1040	0	0.081	0.154	0.285	0.296	0.164	0.02
VERANO	1516	0.003	0.101	0.234	0.231	0.241	0.166	0.025
ANUAL	2556	0.002	0.093	0.201	0.253	0.263	0.165	0.023
D = DIAS				N = NIVEL				

4.2.2. EVENTO TEMPERATURA AMBIENTE.

Se determinará para cada año durante el período analizado comprendido desde 1970 hasta 1985 la cantidad de eventos que ocurrieron en cada mes y para cada nivel de temperatura ambiente mínima y con esto podré calcular las probabilidades respectivas.

Las probabilidades a determinar en los diferentes niveles de temperatura involucran valores de temperatura ambiente desde 20 °C hasta 32 °C.

DESARROLLO DEL CALCULO DE PROBABILIDADES.

Tal como se realizó en la sección 4.2.1. aquí también haré uso de la teoría de probabilidades, la que nos dice lo siguiente:

$$P(A) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{f(A)}{n} \quad (6)$$

Donde,

$P(A)$: Probabilidad de un evento a.

$f(A)$: Número de veces que se repite un evento A.

n : Número total de eventos.

Del Apéndice B se obtienen los valores de

temperatura ambiente mínima que se encuentran en cada nivel específico de temperatura para cada mes del período estudiado entre 1970 - 1985.

Con los valores obtenidos asignamos a cada nivel de temperatura el número de veces que ocurrieron dichas temperaturas para cada mes del período específico de análisis. Esto, nos permite obtener el número de eventos de cada nivel de temperatura para cada mes, lo que nos servirá para determinar las diferentes probabilidades.

Así, entonces aplicando lo anteriormente expuesto se puede afirmar lo siguiente:

$$P(T) = \frac{T}{\Omega} \quad (7)$$

Donde,

$P(T)$: Probabilidad de que un valor de temperatura ambiente mínima se encuentre en un nivel específico de temperatura.

T : Número de veces que ocurre el evento específico del nivel de temperatura.

Ω : Número total de eventos que ocurrieron

en el período específico.

Por ejemplo, si deseamos obtener la probabilidad del nivel 1 en el mes de mayo para el período 1970 - 1985, el apéndice B nos informa que en dicho nivel ocurrieron 7 eventos para ese mes y el número total de eventos fueron 26 para el mes de mayo. Con estos datos aplicamos de la siguiente manera en la fórmula anterior:

$$T = 7$$

$$N = 26$$

$$P(T) = \frac{T}{N}$$

$$P(T) = \frac{7}{26}$$

$$P(T) = 0.27$$

De este resultado, obtenemos que la probabilidad en que ocurrió el nivel 1 de temperatura ambiente mínima (20-22 °C) en el mes de mayo para el período de años 1970 - 1985 fue 0.27. Se realizaron estos cálculos para cada mes desde enero hasta diciembre del período estudiado. También para cada etapa del año es decir Invierno y Verano así como anual.

Los datos y resultados del número de eventos y probabilidades de ocurrencia de los diferentes niveles de temperatura se muestran resumidos en las tablas XXXIII y XXXIV.

El número de eventos y las probabilidades de los diferentes niveles de temperatura ambiente mínima nos permitieron determinar los niveles de temperatura ambiente que tienen más alta probabilidad y considerarlos como los valores más probables y utilizarlos en la aplicación del modelo matemático para calcular el número de colectores solares que nos aseguran alcanzar la temperatura de equilibrio deseada.

De acuerdo con la tabla XXXIV los niveles de temperatura ambiente mínima que poseen más alta probabilidad ocurre en el nivel 1 hasta el 2 en la época del verano que es la etapa crítica para el diseño del modelo matemático ya que es la fracción del año en la que ocurren las más bajas temperaturas ambiente en la ciudad de Guayaquil, y por lo tanto ocurren las mayores pérdidas en el sistema medio ambiente - piscina que deben ser equilibradas por la ganancia de calor de los colectores solares calculados.

Tomando en consideración los valores de probabilidades de los diferentes niveles de temperatura ambiente mínima de la tabla XXXIV y lo expuesto en párrafos anteriores el valor de temperatura ambiente que utilizaré en la aplicación del modelo matemático corresponderá a valores de temperatura comprendidos entre 20 a 25 °C.

	19-22	22-24	24-26	26-28	28-30	30-32
ENERO	2	11	1	0	1	0
FEBRERO	3	12	2	0	1	0
MARZO	4	13	3	0	1	11
ABRIL	5	14	4	0	1	0
MAYO	6	15	5	0	1	0
JUNIO	7	16	6	0	1	0
JULIO	8	17	7	0	1	0
AGOSTO	9	18	8	1	10	0
SEPTIEMBRE	10	19	9	0	7	4
OCTUBRE	11	20	10	0	6	3
NOVIEMBRE	12	21	11	1	5	2
DICIEMBRE	13	22	12	1	4	1
BIENIO	14	23	13	1	3	0
TRIMESTRE	15	24	14	1	2	0
SEMESTRE	16	25	15	1	1	0
ANUAL	17	26	16	1	0	0

TABLA XXXIII. NUMERO DE EVENTOS DE LOS NIVELES DE
 TEMPERATURA AMBIENTE MINIMA.
 CIUDAD: GUAYAQUIL. PERIODO: 1970-1985

		NIVELES [° C]					
MESES	D	N-1 20-22	N-2 22-24	N-3 24-26	N-4 26-28	N-5 28-30	N-6 30-32
ENERO	26	4	11	1	0	1	9
FEBRERO	26	3	11	2	0	1	9
MARZO	26	1	10	5	0	0	11
ABRIL	26	4	10	2	0	0	11
MAYO	26	7	8	1	0	1	10
JUNIO	26	12	4	0	0	6	5
JULIO	26	14	2	0	5	6	0
AGOSTO	26	16	0	0	1	10	0
SEPTIEMBRE	26	15	1	0	0	7	4
OCTUBRE	26	14	2	0	0	6	5
NOVIEMBRE	26	11	5	0	1	7	3
DICIEMBRE	26	5	9	2	0	2	9
INVIERNO	104	12	42	10	0	2	40
VERANO	208	94	31	3	7	45	36
ANUAL	312	106	73	13	7	47	76
D = DIAS		N = NIVEL					

TABLA XXXIV. PROBABILIDAD DE LOS NIVELES DE
TEMPERATURA AMBIENTE MINIMA.

CIUDAD: GUAYAQUIL. PERIODO: 1970-1985

MESES	D	NIVELES [° C]					
		N-1 20-22	N-2 22-24	N-3 24-26	N-4 26-28	N-5 28-30	N-6 30-32
ENERO	26	0.15	0.42	0.04	0	0.04	0.35
FEBRERO	26	0.12	0.42	0.08	0	0.04	0.35
MARZO	26	0.04	0.38	0.19	0	0	0.42
ABRIL	26	0.15	0.38	0.08	0	0	0.42
MAYO	26	0.27	0.31	0.04	0	0.31	0.38
JUNIO	26	0.46	0.15	0	0	0.23	0.19
JULIO	26	0.54	0.08	0	0.19	0.23	0
AGOSTO	26	0.62	0	0	0.04	0.38	0
SEPTIEMBRE	26	0.58	0.04	0	0	0.27	0.15
OCTUBRE	26	0.54	0.08	0	0	0.23	0.19
NOVIEMBRE	26	0.42	0.19	0	0.04	0.27	0.12
DICIEMBRE	26	0.19	0.35	0.08	0	0.08	0.35
INVIERNO	104	0.12	0.40	0.10	0	0.02	0.38
VERANO	208	0.45	0.15	0.01	0.03	0.22	0.17
ANUAL	312	0.34	0.23	0.04	0.02	0.15	0.24
D = DIAS				N = NIVEL			

4.2.3. EVENTOS COMBINADOS RADIACION SOLAR-TEMPERATURA AMBIENTE.

Con las probabilidades de eventos combinados de temperatura ambiente y radiación solar, obtenemos una tabla con las probabilidades finales para cada nivel de radiación solar y para cada nivel de temperatura ambiente combinados que nos permitirá calcular el período de días en el año en que se podrá obtener la temperatura de equilibrio deseada.

Con la ayuda de la tabla de eventos combinados se puede determinar el nivel de temperatura ambiente y el nivel de radiación solar más probable que pueden ser utilizados conjuntamente en el desarrollo del modelo matemático.

Para elaborar la tabla de eventos combinados se parte en principio desde las probabilidades individuales anuales para el período comprendido entre 1980 - 1987 tanto para la temperatura ambiente, así como para la radiación solar. Estos datos se encuentran mostrados en la tabla XXXV.

Utilizando la teoría de las probabilidades para la intersección de 2 conjuntos de eventos

y tomando en consideración las siguientes condiciones:

1. El conjunto de eventos A es diferente de 0.
2. El conjunto de eventos B es diferente de 0.
3. La intersección de las probabilidades de los conjuntos de eventos A y B es igual al producto de las probabilidades individuales de A y B.

$$P(A \cap B) = P(A) * P(B) \quad (8)$$

Donde,

$P(A \cap B)$: Probabilidad de ocurrencia de los 2 eventos combinados.

$P(A)$: Probabilidad de ocurrencia del evento A.

$P(B)$: Probabilidad de ocurrencia del evento B.

Tomando de la tabla XXXV las probabilidades individuales de los diferentes niveles de radiación solar y las probabilidades individuales de los distintos niveles de temperatura ambiente y aplicando en la intersección de las probabilidades de los conjuntos de eventos diferentes, tenemos lo siguiente:

$$P(N\cap T) = P(N)*P(T) \quad (9)$$

$P(N\cap T)$: Probabilidad de ocurrencia combinada de los eventos de radiación solar y temperatura ambiente.

$P(N)$: Probabilidad individual de los diferentes niveles de radiación solar.

$P(T)$: Probabilidad individual de los diferentes niveles de temperatura ambiente mínima.

Por ejemplo, si queremos obtener la probabilidad de la combinación de eventos para el nivel 1 (0 - 300 BTU/PIE²-DIA) de radiación y el nivel 1 (20 -22 °C) de temperatura ambiente mínima. La tabla XXXV nos informa lo siguiente:

$$P(N) = 0.002$$

$$P(T) = 0.34$$

$$P(N\cap T) = P(N)*P(T)$$

$$P(N\cap T) = (0.002)*(0.34)$$

$$P(N\cap T) = 0.0007$$

Del resultado anterior, obtenemos la información que la probabilidad de ocurrencia de los eventos combinados de radiación solar y

temperatura ambiente para el período estudiado desde 1980 hasta 1987 para el nivel 1 es 0.0007.

Tal como se procedió en el ejemplo expuesto anteriormente se realizó el cálculo de probabilidades de los eventos combinados para el resto de los niveles de radiación solar y temperatura ambiente, cuyos valores obtenidos se muestran en la tabla XXXVI.

Observando la tabla XXXVI podemos darnos cuenta que las mayores probabilidades de ocurrencia de los eventos combinados de radiación solar-temperatura ambiente mínima corresponden a los niveles 3 hasta 7 de radiación solar y a los niveles 1 hasta 3 con respecto a la temperatura ambiente mínima. Esto indica, que los valores de radiación solar más probables de ocurrencia en la ciudad de Guayaquil van desde 900 BTU/PIE²-DIA hasta 2100 BTU/PIE²-DIA que es el máximo valor registrado en las tablas meteorológicas fuentes para este estudio. En base a las probabilidades anuales podemos utilizar este rango de variación en los cálculos para la aplicación del modelo matemático.

Respecto a la temperatura ambiente tenemos que el rango de temperatura en el que trabajaremos se encuentra desde los 20 °C hasta los 26 °C, esto se debe a que hemos tomado como base para el estudio la temperatura ambiente mínima registrada para los meses del verano del período de años estudiado, ya que corresponde a la etapa más crítica para el análisis y aplicación del modelo matemático y donde ocurren las mayores pérdidas térmicas del sistema medio ambiente-piscina-colectores solares.

Con el rango de valores expuestos anteriormente tanto de radiación solar como de temperatura ambiente podemos variar y aplicar en el modelo matemático y fijándonos una temperatura de equilibrio deseada en el rango de 28 a 30 °C obtenemos el número de colectores solares necesarios y el número de días que probablemente se alcanzará y mantendrá la temperatura de equilibrio.

TABLA XXXV. EVENTOS COMBINADOS RADIACION SOLAR-TEMPERATURA
 AMBIENTE MINIMA.

CIUDAD: GUAYAQUIL.

PERIODO: 1980 - 1987

TEMPERATURA	NIVELES [BTU/PIE ² -DIA]						
	N-1	N-2	N-3	N-4	N-5	N-6	N-7
N - 1	0.002	0.093	0.201	0.253	0.263	0.165	0.023
20 - 22	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
N - 2	0.002	0.093	0.201	0.253	0.263	0.165	0.023
22 - 24	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
N - 3	0.002	0.093	0.201	0.253	0.263	0.165	0.023
24 - 26	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
N - 4	0.002	0.093	0.201	0.253	0.263	0.165	0.023
26 - 28	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
N - 5	0.002	0.093	0.201	0.253	0.263	0.165	0.023
28 - 30	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
N - 6	0.002	0.093	0.201	0.253	0.263	0.165	0.023
30 - 32	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
D = DIAS				N = NIVEL			

TABLA XXXVI. PROBABILIDADES DE EVENTOS COMBINADOS
 RADIACION SOLAR-TEMPERATURA AMBIENTE.
 CIUDAD: GUAYAQUIL. PERIODO: 1980 - 1987

TEMPERATURA	NIVELES [BTU/PIE ² -DIA]						
	N-1	N-2	N-3	N-4	N-5	N-6	N-7
N - 1 20 - 22	0.001	0.03	0.07	0.09	0.09	0.06	0.008
N - 2 22 - 24	0.001	0.02	0.05	0.06	0.06	0.04	0.005
N - 3 24 - 26	0.000	0.004	0.008	0.01	0.01	0.007	0.001
N - 4 26 - 28	0.000	0.002	0.004	0.005	0.005	0.003	0.001
N - 5 28 - 30	0.000	0.02	0.03	0.04	0.04	0.02	0.003
N - 6 30 - 32	0.001	0.022	0.05	0.06	0.06	0.04	0.006
D = DIAS			N = NIVEL				

CAPITULO V

DESARROLLO DEL MODELO MATEMATICO PARA OBTENER EL NUMERO DE COLECTORES SOLARES.

5.1. CALCULO DE LAS PERDIDAS CALORIFICAS EN LA PISCINA.

La utilización de sistemas de aprovechamiento de la energía solar para el calentamiento de agua para piscinas es una aplicación que puede ser muy favorable, dadas las condiciones de nuestro medio y la baja temperatura que se requiere.

El agua de una alberca en condiciones climatológicas constantes alcanza una temperatura de equilibrio en la que las ganancias de calor son iguales a las pérdidas. Estas últimas se incrementan cuando la temperatura del agua aumenta.

Una alberca con agua bien filtrada y una profundidad promedio de 1.70 - 2.20 m. absorbe, para su calentamiento, entre el 75% y 85% de la energía solar incidente. Por otra parte, aproximadamente 5% de esta energía incidente es reflejada sin producir calentamiento. Debe apuntarse que una fracción de la energía solar incidente (particularmente la energía de

longitud de onda corta) es capaz de penetrar hasta el fondo o los lados de la alberca, reflejarse de nuevo hacia el agua, y salir de la misma. El recubrimiento de color blanco ordinariamente usado en la construcción de las paredes de una alberca es un absorbedor muy pobre de la radiación de longitud de onda corta. Esta es precisamente una de las razones por las que se usa. Dado que el cielo se observa azul por la dispersión de la radiación solar a una longitud de onda de aproximadamente $0.4 \mu\text{m}$ esta energía atraviesa el agua, se refleja en las paredes y el fondo, para finalmente llegar de regreso a los ojos del observador dándole la ilusión de que el agua es azul en la piscina.

Puede mencionarse también que entre 85% y 95% de la radiación solar incidente se convierte en calor útil si el agua no está filtrada adecuadamente, o si el fondo y las paredes tienen un material que absorbe la radiación.

Hay varios factores que intervienen en las pérdidas de calor de una alberca.

En este estudio se considera que la piscina se mantiene cubierta cuando está fuera de uso con la finalidad de reducir las pérdidas de calor.

Para el análisis es entonces muy importante la evaluación de los distintos mecanismos de transferencia de calor que se producen en el funcionamiento de una piscina.

Para realizar esta estimación es necesario, en primer término, establecer las pérdidas térmicas de la piscina.

Una piscina pierde calor básicamente debido a los cuatro mecanismos siguientes:

1. CONVECCION.- El aire que corre sobre la piscina remueve calor a una razón que depende de la velocidad del viento y de la diferencia de temperaturas entre el agua de la piscina y el aire.
2. RADIACION.- Al tener mayor temperatura el agua de la piscina, se produce radiación hacia el cielo y los objetos circundantes.
3. EVAPORACION.- Cuando el agua cambia de fase, de líquido a vapor se produce un enfriamiento, proceso que consume una gran cantidad de calor y que, al ocurrir naturalmente durante todo el tiempo, representa la más grande pérdida calórica; en este proceso se

produce también transferencia de masa (agua evaporada).

4. CONDUCCION.- Además de las pérdidas debidas a los tres mecanismos antes mencionados, cabe indicar que si bien existen pérdidas por conducción a través de las paredes y el fondo de la piscina, estos son lo suficientemente pequeñas como para no ser tomadas en cuenta en algunas ocasiones, ya que se conoce que el suelo actúa como un buen aislamiento.

En el presente estudio se analizarán y presentarán los mecanismos de pérdidas por conducción que ocurren por las paredes y el fondo de la piscina.

5.1.1. CALCULO DE LAS PERDIDAS POR CONVECCION.

Para esto se van a mencionar dos métodos. El primero es un método detallado, para cuando la piscina tiene una forma regular, que toma en cuenta las siguientes relaciones:

$$Re = \frac{L.V.\delta_f}{\mu_r} \quad (10)$$

- Re : Número de Reynolds (adimensional).
- L : Longitud de la piscina (m).
- V : Velocidad del viento (m/seg).
- δ_f : Densidad del aire a la temperatura de la película adyacente a la superficie de la piscina (Kg/m^3).
- μ_f : Viscosidad dinámica del aire a la temperatura de la película adyacente a la superficie de la piscina (pascal seg).

Con el valor del número de Reynolds se puede saber si el flujo del aire sobre la superficie de la piscina es turbulento o laminar, de acuerdo a:

Si $Re < 5 \times 10^5$ el régimen es laminar.

Si $Re > 5 \times 10^5$ el régimen es turbulento.

Para la evaluación de la temperatura de film, tanto en régimen laminar como turbulento, se procede de la siguiente manera:

Primero, puesto que la piscina está cubierta la temperatura de la superficie del agua decaerá debido a la evaporación y tenderá a llegar a la temperatura de la cubierta de la piscina; entonces, la media entre la temperatura de bulbo húmedo y la temperatura de equilibrio de la piscina (o temperatura

deseada) resulta ser una buena aproximación de la temperatura de la cubierta de la piscina, para un rango de 0 a 6.7 m/seg de velocidad del viento.

$$T_c = \frac{T_e + T_w}{2} \quad (11)$$

$$T_s = \frac{T_e + T_c}{2} \quad (12)$$

T_c : Temperatura de la cubierta de la piscina ($^{\circ}\text{C}$).

T_s : Temperatura de la superficie del agua de la piscina ($^{\circ}\text{C}$).

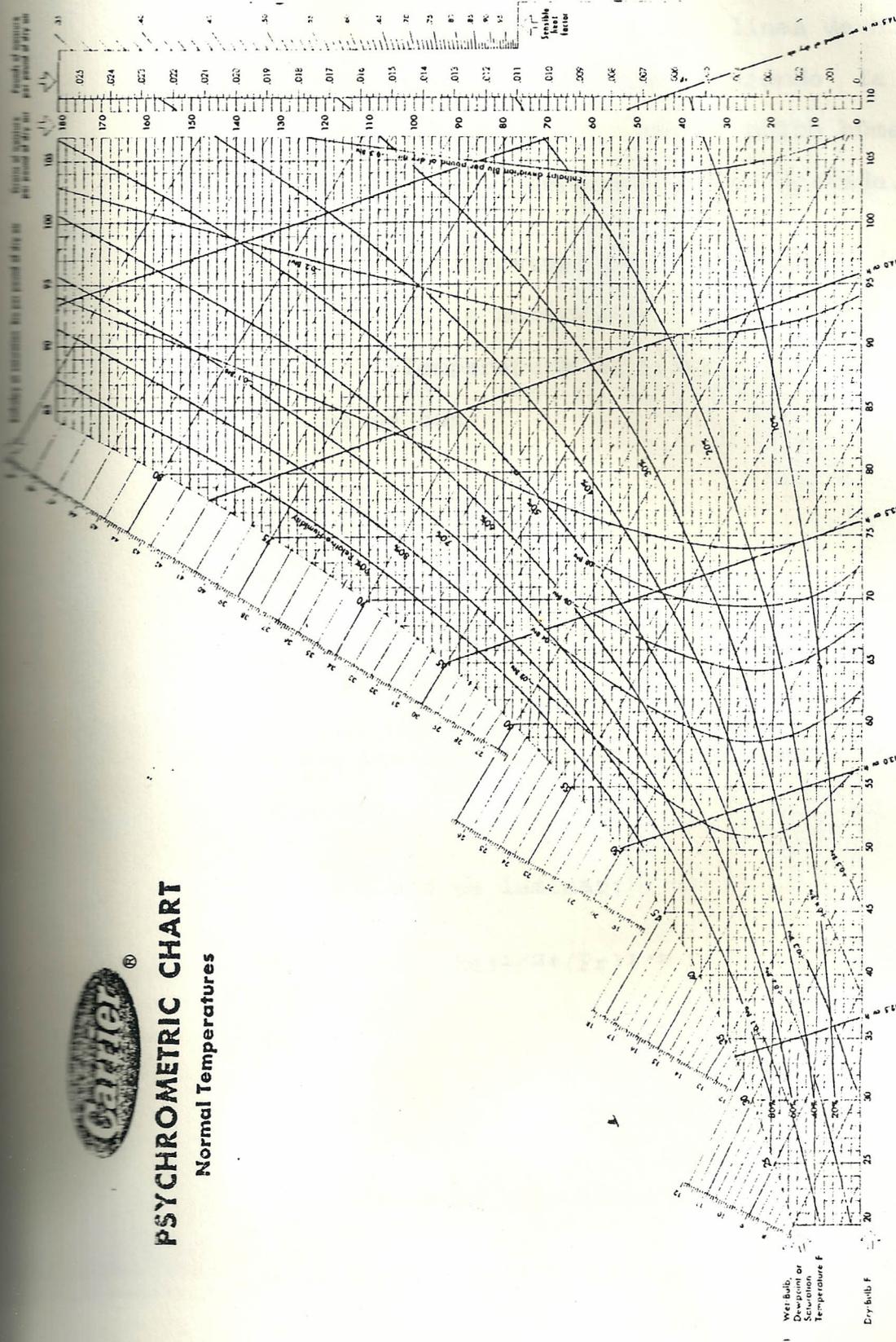
T_e : Temperatura deseada o de equilibrio ($^{\circ}\text{C}$).

T_w : Temperatura de bulbo húmedo del aire circundante ($^{\circ}\text{C}$). Este valor se lo obtiene a partir de la temperatura ambiente utilizando el gráfico de la Figura 13.

Para encontrar la temperatura de bulbo húmedo del aire circundante (T_w) se hace uso de la carta Psicrométrica (Fig. 13). Con la Temperatura ambiente (T_a) en grados Fahrenheit se ubica en el eje de las X y se avanza perpendicularmente



PSYCHROMETRIC CHART
Normal Temperatures



Copyright 1967 Carrier Corporation - Copyright 1959 Carrier Corporation - #547
Printed in U.S.A.
COP- (754-017)

FIGURA 13. CARTA PSICROMETRICA.

Below 23 F, properties and unit values are for ice.

hasta alcanzar la línea de humedad relativa y desde allí siguiendo la línea de temperatura de bulbo húmedo se obtiene la temperatura (T_w) deseada.

Luego, la temperatura de la película de aire adyacente a la superficie del agua de la piscina (Temperatura de film) puede entonces evaluarse con:

$$T_f = \frac{T_s + T_a}{2} \quad (13)$$

T_f : Temperatura de film ($^{\circ}\text{C}$).

T_a : Temperatura ambiental promedio ($^{\circ}\text{C}$).

A continuación se determina el número de Nusselt:

Si el flujo es laminar:

$$\text{Nu} = 0.664 * (\text{Re})^{1/2} * (\text{Pr})^{1/3} \quad (14)$$

Para

$$\text{Pr} > 0.6$$

Si el flujo es turbulento :

$$\text{Nu} = 0.0365 * (\text{Re})^{4/5} * (\text{Pr})^{0.43} \quad (15)$$

Para

$$0.7 < Pr > 38$$

Donde :

$$Pr = \frac{C_{p_f} \cdot \mu_f}{K_f} \quad (16)$$

Con:

Nu : Número de Nusselt (adimensional).

Pr : Número de Prandtl (adimensional).

C_{p_f} : Calor específico del aire a la temperatura de film (KJ/Kg-°K).

K_f : Conductividad térmica a la temperatura de film (W/m-°K).

Los valores anteriores son tomados del Apéndice G (1).

Entonces:

$$h_c = \frac{K_f}{L} * Nu \quad (17)$$

Con:

h_c : Coeficiente de convección (W/m²-°K).

(1) Fundamentals of Heat Transfer. Incropera . Sección A.4. 1988

Finalmente:

$$q_c = h_c (T_s - T_a) \quad (18)$$

Con:

q_c : Pérdidas de calor por convección por metro cuadrado de superficie de piscina (W/m^2).

El método simplificado, utilizado cuando la piscina tiene forma irregular, permite conocer mediante la siguiente relación (2):

$$h_c = \begin{cases} 4.4 & \text{para } V < 5 \text{ Km/h.} \\ 1.39*(V)^{0.2} & \text{para } V > 5 \text{ Km/h.} \end{cases} \quad (19)$$

Donde:

V : Velocidad del viento (Km/h).

h_c : Coeficiente de convección ($W/m^2-^{\circ}C$).

Esta relación ofrece resultados algo menores que el procedimiento anteriormente anotado pero se considera adecuado para efectos de cálculo.

(2) Energía solar: Fundamentos y Aplicaciones. Manrique J. pp 169. 1984.

5.1.2. CALCULO DE LAS PERDIDAS POR RADIACION.

Si se asume que el cielo actúa como un cuerpo negro, las pérdidas de calor por radiación pueden calcularse con:

$$q_r = h_r * (T_e - T_y) \quad (20)$$

$$h_r = \epsilon_p * \sigma * (T_c^2 + T_y^2) * (T_c + T_y) \quad (21)$$

$$q_r = \epsilon_p * \sigma * (T_c^2 + T_y^2) * (T_c + T_y) * (T_e - T_y) \quad (22)$$

Donde:

q_r : Pérdidas de calor por radiación (W/m²).

σ : Constante de Stefan-Boltzman.

ϵ_p : Emitancia de la piscina (adimensional).

T_e : Temperatura de la piscina (°K).

T_y : Temperatura del cielo (°K).

T_c : Temperatura de la cubierta (°K).

Para evaluar la temperatura del cielo se recomienda usar:

$$T_y = T_a - 11.1 \quad (23)$$

ó,

$$T_y = 0.0522 * (T_a)^{1.5} \quad (24)$$

Donde T_y y T_a (Temperatura ambiental) se expresan en grados Kelvin.

5.1.3. CALCULO DE LAS PERDIDAS POR EVAPORACION.

Las pérdidas por evaporación son las más importantes, y dependen de la temperatura del agua y la humedad específica del aire ambiente.

El agua de la piscina se evapora por existir una diferencia entre la presión de saturación de ésta en la alberca, y la presión parcial de vapor de agua en el aire ambiente.

Existen varias relaciones para evaluar las pérdidas de calor de una piscina debido al mecanismo de evaporación.

A continuación se citan algunas.

Es necesario conocer el calor latente del agua, HL , a la temperatura de superficie de la piscina T_s y la diferencia entre la presión parcial del agua de la superficie de la piscina P_{vs} y la del vapor de agua en el aire P_v a la temperatura ambiente.

La presión de saturación del agua a la temperatura de equilibrio de la alberca puede determinarse en la Figura 14 empleando la línea de humedad relativa igual a 100%. Por

otra parte, la presión de vapor de agua en el aire ambiente puede determinarse también en la Figura 14 empleando la temperatura máxima y la humedad relativa mínima en el día. Como una verificación, puede determinarse asimismo la presión de vapor de agua en el ambiente empleando la temperatura mínima y la humedad relativa máxima. Si existe una diferencia significativa entre ambos valores se sugiere el promedio de los dos valores.

Con estos datos se puede utilizar cualquiera de las relaciones que se listan a continuación, de acuerdo a las condiciones propias de cada instalación y a la disponibilidad de los parámetros involucrados.

Expresión de Root:

$$q_v = 25.9 \cdot (V \cdot \delta)^{0.8} \cdot HL \cdot \Omega P \quad (25)$$

Con :

q_v : Pérdida de calor por evaporación
(BTU/Pie²-Día).

V : Velocidad del aire (Pie/seg).

δ : Densidad del aire (1 Lbm/Pie³).

HL : Calor latente de vaporización (BTU/Lbm).

ΩP : Diferencia de presiones de vapor (Psi).

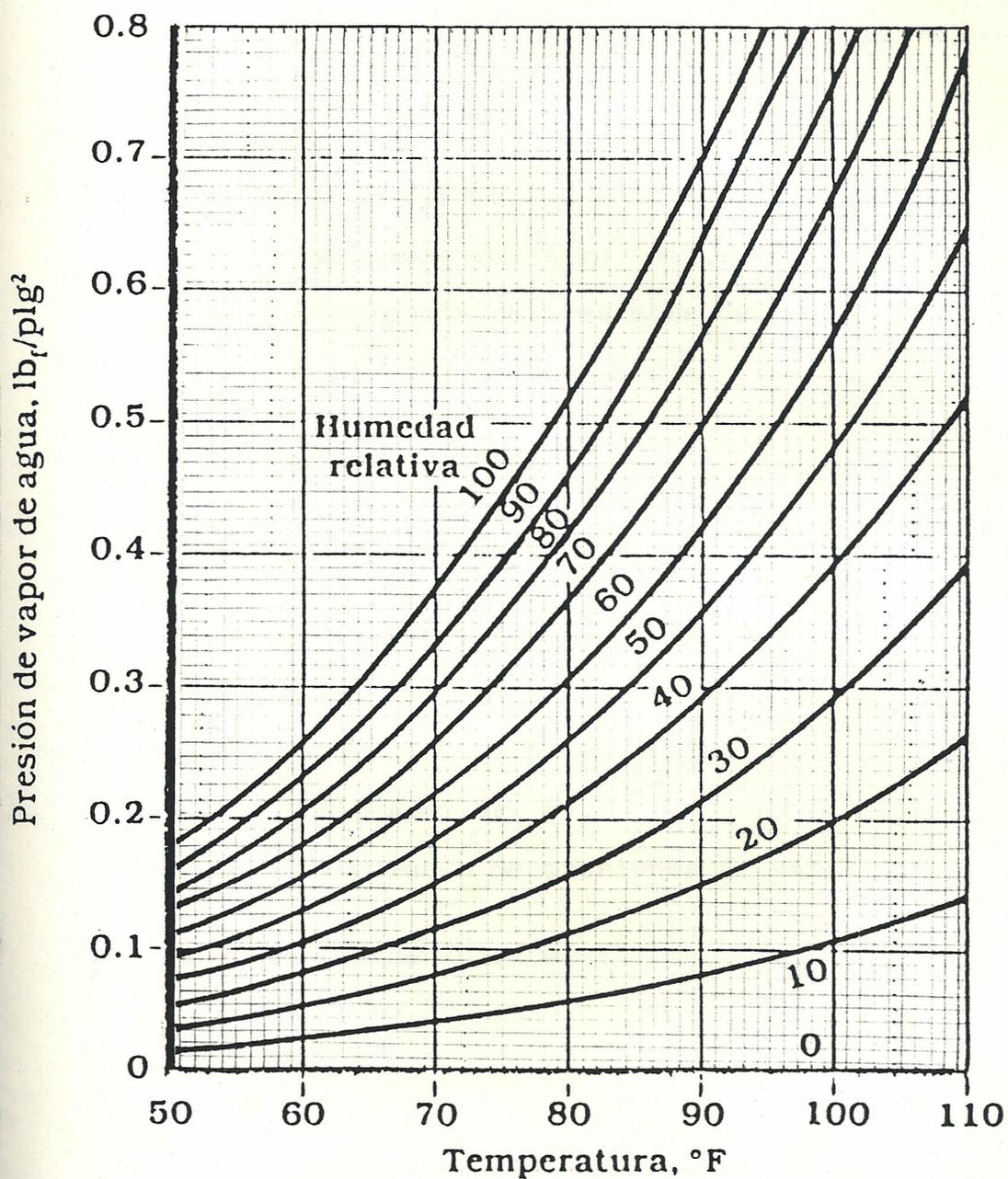


FIGURA 14. RELACION ENTRE LA PRESION DE VAPOR DE AGUA, LA TEMPERATURA AMBIENTE Y LA HUMEDAD RELATIVA. ENERGIA SOLAR: FUNDAMENTOS Y APLICACIONES: MANRIQUE J. pp 174. 1984.

Expresión de Yellott :

$$q_v = 2.23 \cdot HL \cdot (1 + 0.38 \cdot V) \cdot \Omega P \quad (26)$$

q_v : Pérdidas de calor por evaporación
(BTU/Pie²-Día).

HL : Calor latente de evaporación (BTU/Lb).

V : Velocidad del aire (Millas/Hora).

ΩP : Diferencia de presiones de vapor
(Pulgadas de Mercurio).

Expresión de Czarnecki :

$$q_v = 4.8 \cdot 10^3 \cdot h_c \cdot \Omega P \quad (27)$$

q_v : Pérdidas de calor por evaporación
(BTU/Pie²-Día).

h_c : Coeficiente de convección
(BTU/Pie²-Hr-°F).

Ωp : Diferencia de presiones de vapor (Psi).

Expresión de Sheridan :

$$q_v = \frac{h_c}{b} \cdot (P_{vs} - P_v) \quad (28)$$

q_v : Pérdidas de calor por evaporación (W/m²).

h_c : Coeficiente de convección (W/m²-°C).

b : Coeficiente de proporcionalidad
(61.4 N/m²-°C).

Pvs: Presión de vapor del agua a Ts (N/m²).

Pv : Presión de vapor en el aire a Tc (N/m²)

(3).

(3) Requerimientos de calentamiento de agua para piscinas. Carrasco F. INE. Quito. pp 5 - 8. 1982.

5.1.4. CALCULO DE LAS PERDIDAS POR CONDUCCION.

Las pérdidas por conducción, aunque si bien es cierto son pequeñas, ocurren por las paredes y el fondo de la piscina.

Bajo condiciones estables, normalmente la temperatura del suelo se encuentra de 2 a 3 °C por encima de la temperatura del agua cuando no se encuentra acondicionada térmicamente. En este caso ocurre transferencia de calor desde el suelo hacia el agua (Figura 15).

Cuando el agua de la piscina es acondicionada térmicamente y alcanza la temperatura de equilibrio (T_e), entonces ocurre una transferencia de calor desde el agua de la piscina hacia el suelo y se origina una pérdida calorífica por conducción (Figura 16).

Se asume que la temperatura del suelo (T_g) es la temperatura a la que se encuentra tanto las paredes como el fondo de concreto de la piscina y la temperatura que alcanza el agua luego de ser acondicionada caloríficamente (T_e) es la temperatura a la que se encuentran tanto las paredes como el fondo de la piscina recubiertos por material cerámico en contacto

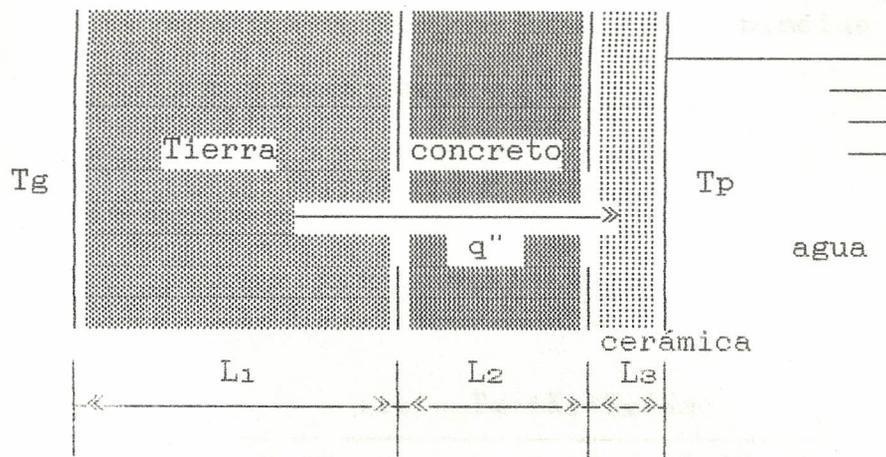


FIGURA 15. GANANCIAS CALORIFICAS POR CONDUCCION.

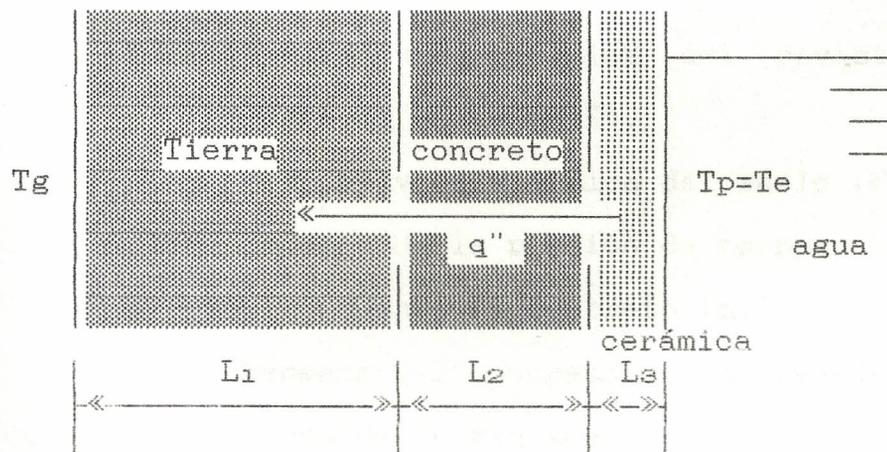


FIGURA 16. PERDIDAS CALORIFICAS POR CONDUCCION.

con el agua.

Para las paredes y fondo de la piscina tenemos la siguiente expresión:

$$q_d = \frac{T_e - T_g}{\frac{L_1}{K_1} + \frac{L_2}{K_2} + \frac{L_3}{K_3}} \quad (29)$$

$$q_d = \frac{(T_e - T_g) * K_1 * K_2 * K_3}{L_1 * K_2 * K_3 + L_2 * K_1 * K_3 + L_3 * K_1 * K_2} \quad (30)$$

Siendo:

T_e : Temperatura de equilibrio ($^{\circ}K$).

T_g : Temperatura media del suelo ($^{\circ}K$).

K_2 : Conductividad térmica del concreto
($W/m-^{\circ}K$).

K_3 : Conductividad térmica del revestimiento
cerámico en ($W/m-^{\circ}K$).

K_1 : Conductividad térmica del suelo ($W/m-^{\circ}K$).

L_1 : Espesor de la porción de terreno
circundante al concreto (m).

L_2 : Espesor del concreto de las paredes y
fondo de la piscina (m).

L_3 : Espesor del recubrimiento cerámico (m).

q_d : Pérdidas caloríficas por conducción
($W/m^2-^{\circ}K$).

5.1.5. CALCULO DEL CALOR NETO REQUERIDO PARA MANTENER UNA TEMPERATURA DE EQUILIBRIO EN LA PISCINA.

Primero es necesario encontrar la cantidad total de calor (q_t) que se pierde por unidad de superficie de piscina, y esto viene dada por la suma de las pérdidas debidas a convección (q_c), radiación (q_r), evaporación (q_v) y conducción (q_d) entonces:

$$q_t = q_c + q_r + q_v + q_d \quad (31)$$

Posteriormente se calcula el calor neto requerido en un día completo (24 Hrs.) para mantener el agua de la piscina a una temperatura de equilibrio deseada (T_e) que puede calcularse por medio de :

$$q_n = D \cdot q_t - F \cdot \Phi \quad (32)$$

Donde:

q_n = Calor neto requerido por unidad de superficie de piscina ($Kw-Hr/m^2-Día$).

q_t = Pérdidas calóricas totales (W/m^2).

Φ = Insolación diaria horizontal neta ($Kw-Hr/m^2-Día$).

F = Fracción de la radiación solar absorbida directamente por la piscina (0.82).

El factor D se utiliza cuando q_t viene expresado en unidades S.I.; se refiere a las 24 horas de pérdidas diarias y a la transformación a Kw (4).

(4) Requerimientos de calentamiento de agua para piscinas. Carrasco F. INE. Quito. pp 9 - 10. 1982.

5.2. OBTENCION DEL NUMERO DE COLECTORES SOLARES.

El calor útil aprovechado por los colectores solares y/o equipo auxiliar debe contrarrestar las pérdidas de calor que experimenta una piscina.

Para esto es necesario conocer el área total de colectores solares que captarán la energía solar y reemplazarán las pérdidas caloríficas ocurridas en la piscina.

Para lograr esto, se procede a utilizar la siguiente expresión:

$$S = \frac{q_n * A_p}{\Gamma * I} \quad (33)$$

Siendo:

q_n : Calor neto requerido por unidad de superficie de piscina (Kw-Hr/m²-Día).

A_p : Area superficial de la piscina (m²).

Γ : Eficiencia de colectores solares (%).

I : Insolación neta (Kw-Hr/m²-Día).

S : Area del conjunto de colectores solares (m²).

Mediante la fórmula expuesta en el literal 5.2. se ha determinado el tamaño apropiado del área de captación total de colectores solares, en esta expresión como se puede observar se toma en cuenta la eficiencia de

los colectores solares ya que tan pronto empiecen los colectores a aportar energía al agua, la temperatura de ésta comenzará a subir. En estas condiciones la temperatura de operación de los colectores tenderá también a elevarse, disminuyendo por ende la eficiencia de éstos.

Ahora es necesario encontrar el número de colectores solares necesarios para acondicionar caloríficamente la piscina y esto está en relación con el área total de captación y el área de cada colector.

Para determinar el tamaño apropiado del área de captación de cada colector solar debemos tomar en cuenta que, cuanto mayor sea la superficie de los colectores, tanto mayor será el calor útil que estos suministrarán al agua de la alberca. Pero también debemos considerar que las ganancias obtenidas en un conjunto de colectores cada vez más grande se vuelven cada vez menores por el factor de eficiencia F' que tiende a disminuir.

Así, al incrementarse la superficie de los colectores también disminuye la eficiencia de captación de los mismos.

Tomando en cuenta lo anteriormente expuesto muchos fabricantes a nivel nacional construyen sus

colectores solares para piscinas con un área de captación menor a 3 m². Utilizando lo expuesto en líneas anteriores aplicamos la siguiente expresión para determinar el número de colectores solares necesarios para cubrir las pérdidas caloríficas de la piscina que será acondicionada:

$$N = \frac{S}{A_c} \quad (34)$$

Siendo:

S : Área del conjunto de colectores solares (m²).

A_c: Superficie de captación de cada colector solar (m²).

N : Número total de colectores solares.

5.3. APLICACION DEL MODELO MATEMATICO.

DATOS :

Ciudad	: Guayaquil.
Longitud de la piscina	: 13 m.
Ancho de la piscina	: 6 m.
Profundidad de la piscina	: 1.9 m.
Temperatura ambiente	: 23 °C.
Temperatura de equilibrio	: 30 °C.
Humedad relativa	: 76.4 %.
Presión barométrica	: 14.7 Lb/pul ² .
Nivel del mar	: 6 m.
Radiación solar	: 1500 BTU/Pie ² -Día.
Nivel de Radiación	: 5.
Velocidad del viento	: 1.8 Km/Hr.
Temperatura del suelo	: 27.4 °C.
Area de colectores solares	: 2.44 m ² .

CALCULOS.

A) TEMPERATURAS.

T_c : Temperatura de la cubierta de la piscina.

T_a : Temperatura ambiente.

T_e : Temperatura de equilibrio.

T_w : Temperatura de bulbo húmedo del aire.

T_s : Temperatura de superficie.

T_f : Temperatura de film.

Tg : Temperatura del suelo.

$$T_a(^{\circ}\text{F}) = 1.8 \cdot T_a + 32$$

$$T_a(^{\circ}\text{F}) = 1.8 \cdot (23) + 32$$

$$T_a(^{\circ}\text{F}) = 73.4 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

$$T_a(^{\circ}\text{K}) = 23 + 273$$

$$T_a(^{\circ}\text{K}) = 296 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

De la Figura 13.

$$T_w = 68.3 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

$$T_w(^{\circ}\text{C}) = 0.55 \cdot (T_w - 32)$$

$$T_w(^{\circ}\text{C}) = 0.55 \cdot (68.3 - 32)$$

$$T_w(^{\circ}\text{C}) = 20.17 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_c = (T_e + T_w)/2$$

$$T_c = (30 + 20.17)/2$$

$$T_c = 25.09 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_c = 25.09 + 273$$

$$T_c(^{\circ}\text{K}) = 298.09 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$T_c(^{\circ}\text{F}) = 77.16 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

$$T_s = (T_c + T_e)/2$$

$$T_s = (25.09 + 30)/2$$

$$T_s(^{\circ}\text{C}) = 27.55 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_s(^{\circ}\text{K}) = 27.55 + 273$$

$$T_s(^{\circ}\text{K}) = 300.55 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$T_s(^{\circ}\text{F}) = 1.8 \cdot (T_s) + 32$$

$$T_s(^{\circ}\text{F}) = 1.8 \cdot (27.55) + 32$$

$$T_s(^{\circ}\text{F}) = 81.59 \text{ } ^{\circ}\text{F}$$

$$T_e(^{\circ}\text{K}) = 30 + 273$$

$$T_e(^{\circ}\text{K}) = 303 \text{ } ^{\circ}\text{K}$$

$$T_g(^{\circ}\text{K}) = 27.4 + 273$$

$$T_g(^{\circ}\text{K}) = 300.4 \text{ } ^{\circ}\text{K}$$

$$T_f = (T_s + T_a)/2$$

$$T_f = (300.55 + 296)/2$$

$$T_f = 298.28 \text{ } ^{\circ}\text{K}$$

B) NUMERO DE REYNOLDS.

$$Re = \frac{L \cdot V \cdot \delta_f}{\mu_f}$$

P_o : Presión barométrica al nivel del mar.

P_b : Presión barométrica sobre el nivel del mar.

L : Longitud de la piscina.

V : Velocidad del viento.

μ_f : Viscosidad dinámica del aire a la temperatura del film.

δ_o : Densidad del aire al nivel del mar.

δ_f : Densidad del aire a la temperatura del film.

Del Apéndice G con la temperatura $T_f(^{\circ}\text{K})$.

$$T_1 = 250 \text{ } ^{\circ}\text{K}$$

$$T_2 = 300 \text{ } ^{\circ}\text{K}$$

$$\delta_1 = 1.3947 \text{ Kg/m}^3$$

$$\delta_2 = 1.1614 \text{ Kg/m}^3$$

$$\mu_1 = 159.6 \times 10^{-7} \text{ N-seg/m}^2$$

$$\mu_2 = 184.6 \times 10^{-7} \text{ N-seg/m}^2$$

$$K_1 = 22.3 \times 10^{-3} \text{ W/m-}^\circ\text{K}$$

$$K_2 = 26.3 \times 10^{-3} \text{ W/m-}^\circ\text{K}$$

$$Pr_1 = 0.720$$

$$Pr_2 = 0.707$$

$$C = \frac{T_f - T_1}{T_2 - T_1}$$

$$C = \frac{298.3 - 250}{300 - 250}$$

$$C = 0.9656$$

$$\delta_o = \delta_1 - C(\delta_1 - \delta_2)$$

$$\delta_o = 1.3947 - 0.9656(1.3947 - 1.1614)$$

$$\delta_o = 1.169426 \text{ Kg/m}^3$$

$$\delta_f = \frac{P_b \delta_o}{P_o}$$

$$\delta_f = \frac{14.7 * 1.169426}{14.7}$$

$$\delta_f = 1.169426 \text{ Kg/m}^3$$

$$\mu_f = [\mu_1 + C(\mu_2 - \mu_1)] \times 10^{-7}$$

$$\mu_f = [159.6 + 0.9656(184.6 - 159.6)] \times 10^{-7}$$

$$\mu_f = 1.8374 \times 10^{-5} \text{ N-seg/m}^2$$

$$K_f = [K_1 + C(K_2 - K_1)] \times 10^{-3}$$

$$K_f = [22.3 + 0.9656 \cdot (26.3 - 22.3)] \times 10^{-3}$$

$$K_f = 0.02616 \text{ W/m}^\circ\text{K}$$

$$Pr_f = Pr_1 - C \cdot (Pr_1 - Pr_2)$$

$$Pr_f = 0.720 - 0.9656 \cdot (0.720 - 0.707)$$

$$Pr_f = 0.70745$$

$$V = 1.8 \cdot \frac{\text{Km}}{\text{Hr}} \cdot \frac{1 \text{ Hr}}{3600 \text{ seg}} \cdot \frac{1000\text{m}}{1 \text{ Km}}$$

$$V = 0.5 \text{ m/seg}$$

$$Re = \frac{(13) \cdot (0.5) \cdot (1.169426)}{1.8374 \times 10^{-5}}$$

$$Re = 4.13697 \times 10^5$$

$Re < 5 \times 10^5$ Régimen es laminar.

C) NUMERO DE NUSSELT.

Para flujo laminar :

$$Nu = 0.664 \cdot (Re)^{1/2} \cdot (Pr)^{1/3}$$

$$Nu = 0.664 \cdot (4.13697 \times 10^5)^{1/2} \cdot (0.70745)^{1/3}$$

$$Nu = 380.49$$

D) PERDIDAS CALORIFICAS.

CONVECCION :

$$q_c = h_c \cdot (T_s - T_a)$$

$$h_c = (K_f \cdot Nu) / L$$

$$h_c = (0.02616 \cdot 380.49) / 13$$

$$h_c = 0.76566 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{K}$$

$$q_c = 0.76566 \cdot (300.55 - 296)$$

$$q_c = 3.48 \text{ W/m}^2$$

RADIACION :

$$q_r = P \cdot \sigma \cdot (T_c^2 + T_y^2) \cdot (T_c + T_y) \cdot (T_e - T_y)$$

T_y : Temperatura del cielo ($^\circ\text{K}$).

P : Emitancia de la piscina (0.86).

σ : Constante de Stefan-Boltzman (5.678×10^{-8} $\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{K}^4$).

$$T_y = 0.0522 \cdot (T_a)^{1.5}$$

$$T_y = 0.0522 \cdot (296)^{1.5}$$

$$T_y = 265.83 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$q_r = 0.86 \cdot (5.678 \times 10^{-8}) \cdot [(298.1)^2 + (265.83)^2] \cdot [298.1 + 265.83] \cdot [303 - 265.83]$$

$$q_r = 163.28 \text{ W/m}^2$$

EVAPORACION :

Utilizo la expresión de Sheridam.

$$q_v = \frac{h_c}{b} \cdot (P_{v_e} - P_v)$$

b : Coeficiente de proporcionalidad

($61.4 \text{ N/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

P_{v_e} : Presión de vapor del agua a T_c .

P_v : Presión de vapor en el aire a T_a .

De la Figura 14.

$$P_{v_e} = 0.465 \text{ Lb/pul}^2$$

$$P_v = 0.32 \text{ Lb/pul}^2$$

Transformando de Lb/pul^2 a N/m^2 :

$$\frac{1 \text{ Lb}}{\text{pul}^2} = \frac{1 \text{ Lbf}}{\text{pul}^2} * \frac{\text{Kg}_f}{2.2 \text{ Lbf}} * \frac{9.8 \text{ N}}{\text{Kg}_f} * \frac{\text{pul}^2}{(0.0254 \text{ m})^2}$$

$$\frac{1 \text{ Lb}}{\text{pul}^2} = 6904.56 \text{ N/m}^2$$

$$V = 1.8 \text{ Km/Hr}$$

$$V < 5 \text{ Km/Hr} \text{ Entonces } h_c = 4.4 \text{ W/m}^2\text{-}^\circ\text{C}$$

$$q_v = 4.4 * (0.465 - 0.32) * (6904.56) / 61.4$$

$$q_v = 71.74 \text{ W/m}^2$$

CONDUCCION :

$$q_d = \frac{(T_e - T_g) * K_1 * K_2 * K_3}{L_1 * K_2 * K_3 + L_2 * K_1 * K_3 + L_3 * K_1 * K_2}$$

K_1 : Conductividad térmica del suelo ($\text{W/m-}^\circ\text{K}$).

K_2 : Conductividad térmica del concreto ($\text{W/m-}^\circ\text{K}$).

K_3 : Conductividad térmica de la cerámica ($\text{W/m-}^\circ\text{K}$).

L_1 : Espesor del suelo circundante al concreto (m).

L_2 : Espesor del concreto (m).

L_3 : Espesor del recubrimiento cerámico (m).

Del Apéndice F:

$$K_1 = 0.52 \text{ W/m}^\circ\text{K}$$

$$K_2 = 0.72 \text{ W/m}^\circ\text{K}$$

$$K_3 = 0.52 \text{ W/m}^\circ\text{K}$$

$$L_1 = 0.5 \text{ m}$$

$$L_2 = 0.25 \text{ m}$$

$$L_3 = 0.03 \text{ m}$$

$$q_d = \frac{(303 - 300.4) * (0.52) * (0.72) * (0.52)}{0.5 * 0.72 * 0.52 + 0.25 * 0.52 * 0.52 + 0.03 * 0.52 * 0.72}$$

$$q_d = 1.9 \text{ W/m}^2$$

E) CALCULO DEL CALOR NETO.

q_t : Pérdidas calóricas totales (W/m^2).

q_n : Calor neto requerido ($\text{Kw-Hr/m}^2\text{-Día}$).

$$q_t = q_c + q_r + q_v + q_d$$

$$q_t = 3.48 + 163.28 + 71.74 + 1.9$$

$$q_t = 240.4 \text{ W/m}^2$$

$$q_n = D * q_t - I * F$$

$$I = 1500 \frac{\text{BTU}}{\text{Pie}^2\text{-Día}} * \frac{1 \text{ Kw - Hr}}{3413 \text{ BTU}} * \frac{(3.281)^2 \text{ Pie}^2}{1 \text{ m}^2}$$

$$I = 4.7312 \text{ Kw - Hr/m}^2\text{-Día}$$

$$F = 0.82$$

$$q_n = \frac{24 \text{ Hr}}{1000 \text{ W}} * 240 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} * \frac{\text{Kw-Hr}}{\text{Día}} - 0.82 * (4.7312 \frac{\text{Kw-H}}{\text{m}^2\text{-Día}})$$

$$q_n = 1.89 \text{ Kw-Hr/m}^2\text{-Día}$$

F) TAMAÑO DEL CONJUNTO DE COLECTORES SOLARES.

$$S = \frac{q_n * A_p}{\eta * I}$$

S : Area del conjunto de colectores solares (m²).

A_p: Area de la piscina (m²).

η : Eficiencia del colector solar (%).

I : insolación neta (Kw-Hr/m²-Día).

$$S = \frac{1.89 * (13 \times 6)}{(0.8) * (4.7312)}$$

$$S = 38.95 \text{ m}^2$$

Utilizamos un colector de un fabricante nacional que tiene un área de 2.44 m².

$$N = 38.95 / 2.44$$

$$N = 15.96$$

$$N = 16 \text{ colectores}$$

G) DIAS EN EL AÑO QUE SE MANTIENE LA TEMPERATURA DE EQUILIBRIO.

Utilizando la Tabla XXXII.

$$D = 365 * \sum_{n=5}^{n=7} Pa(n)$$

$$Pa(5) = 0.263$$

$$Pa(6) = 0.165$$

$$Pa(7) = 0.023$$

$$D = 365 * [Pa(5) + Pa(6) + Pa(7)]$$

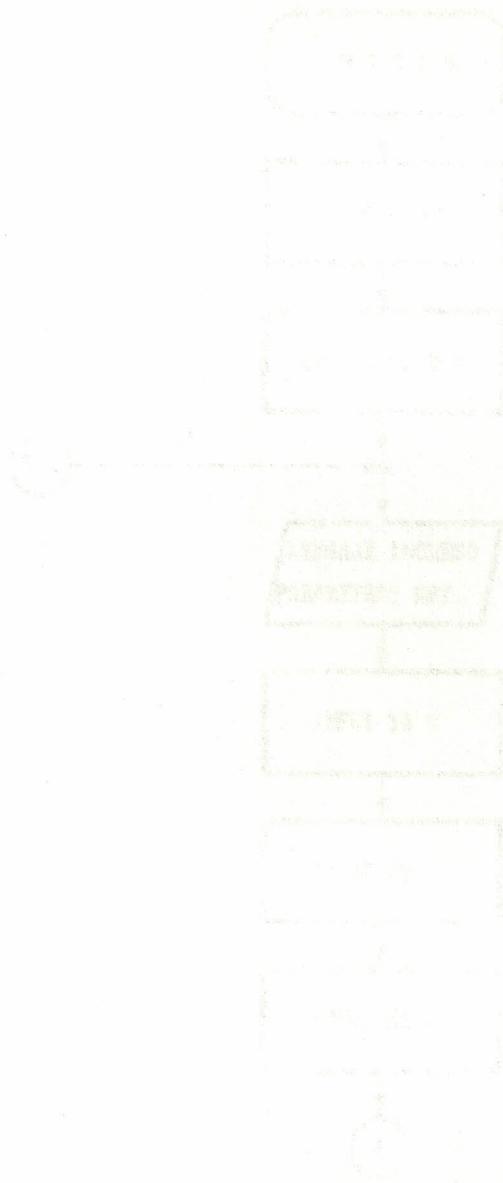
$$D = 365 * [0.263 + 0.165 + 0.023]$$

$$D = 365 * [0.451]$$

$$D = 164.62 \text{ días}$$

CONDICIÓN: D = 165 días del año que se logrará mantener la temperatura de equilibrio.

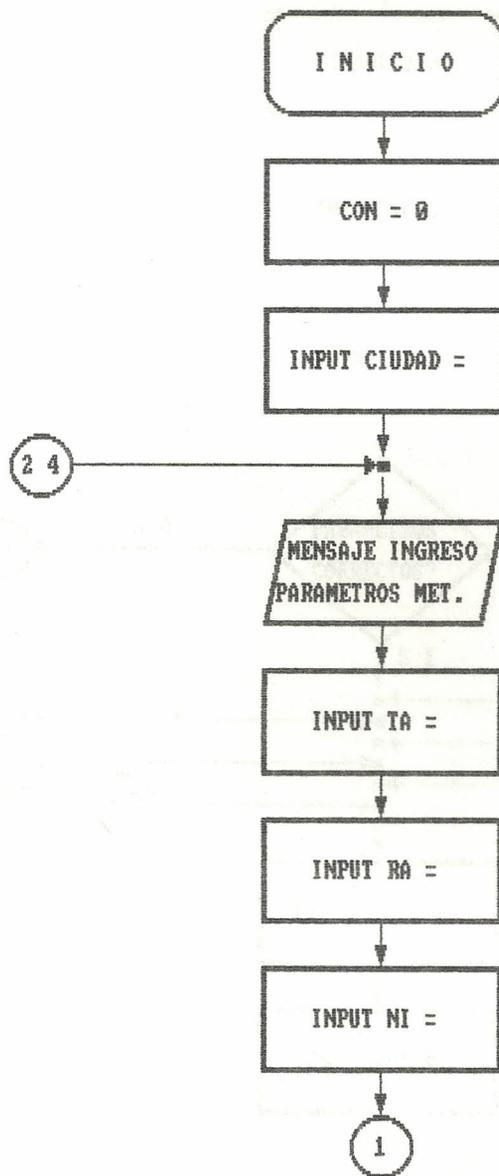
6.1.1. DIAGRAMA DE FLUJO

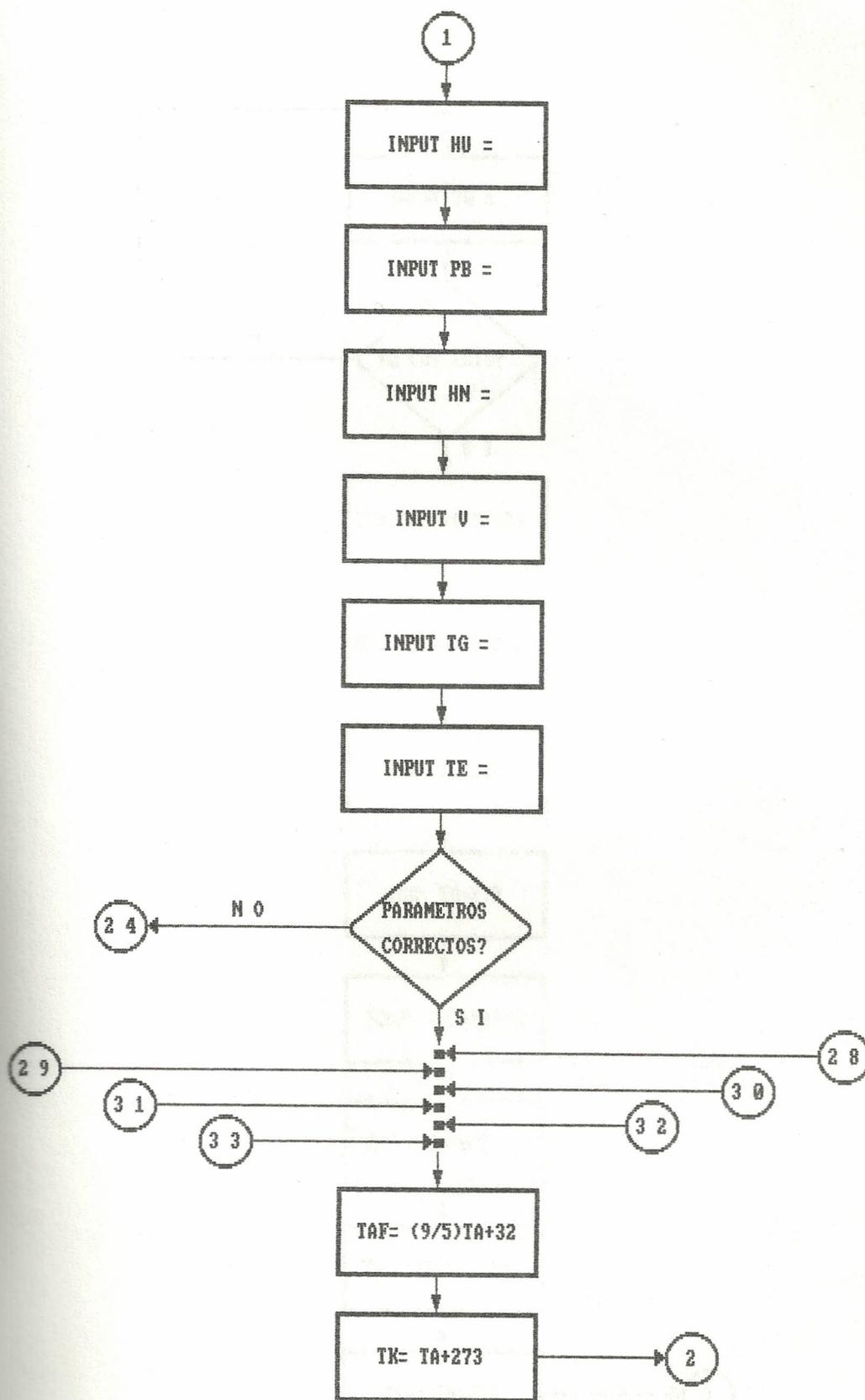


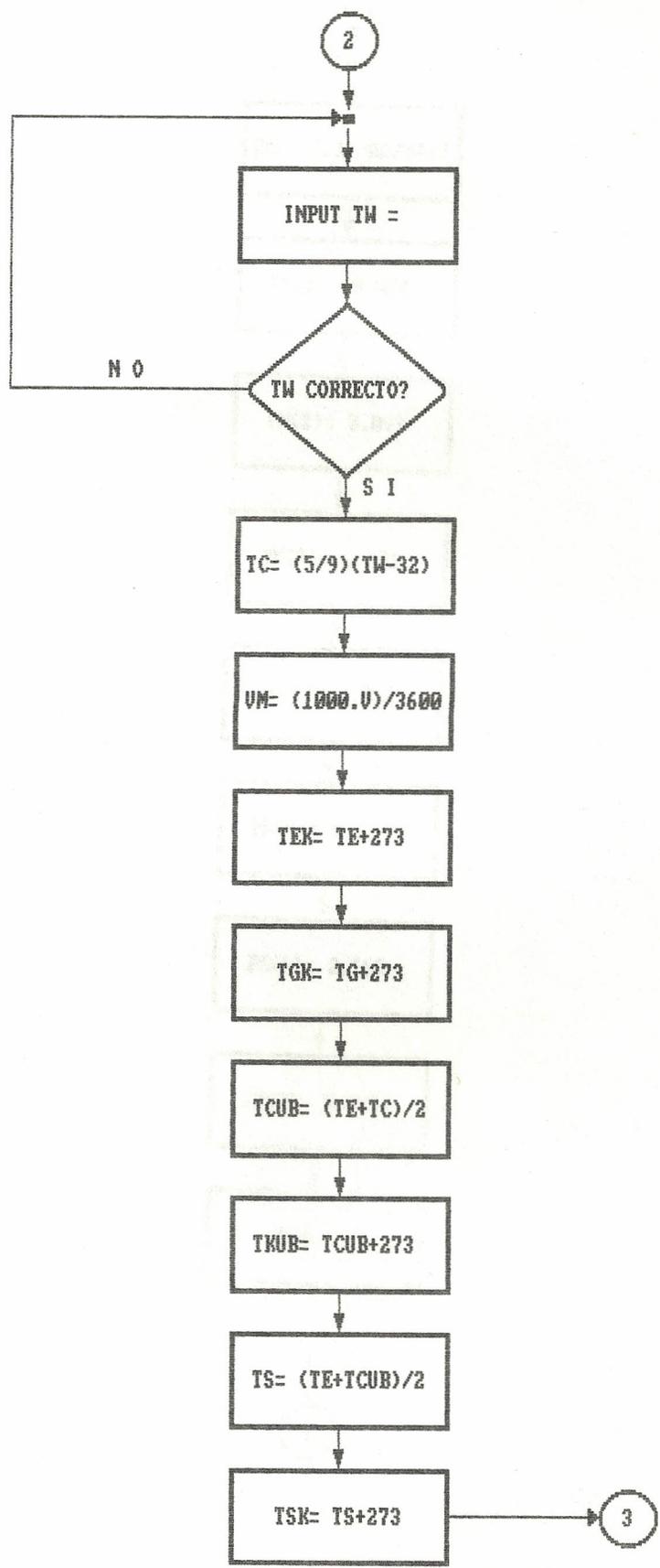
CAPITULO VI

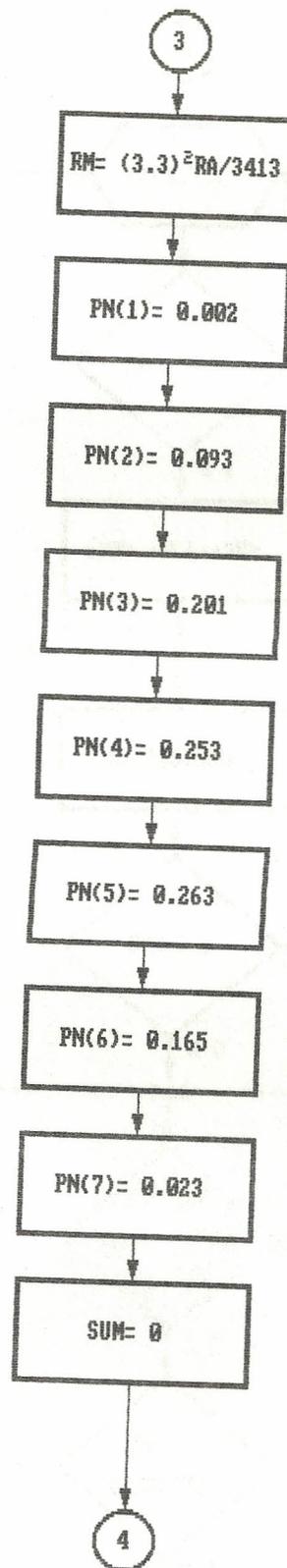
CODIFICACION DEL MODELO MATEMATICO EN LENGUAJE PARA COMPUTADORA.

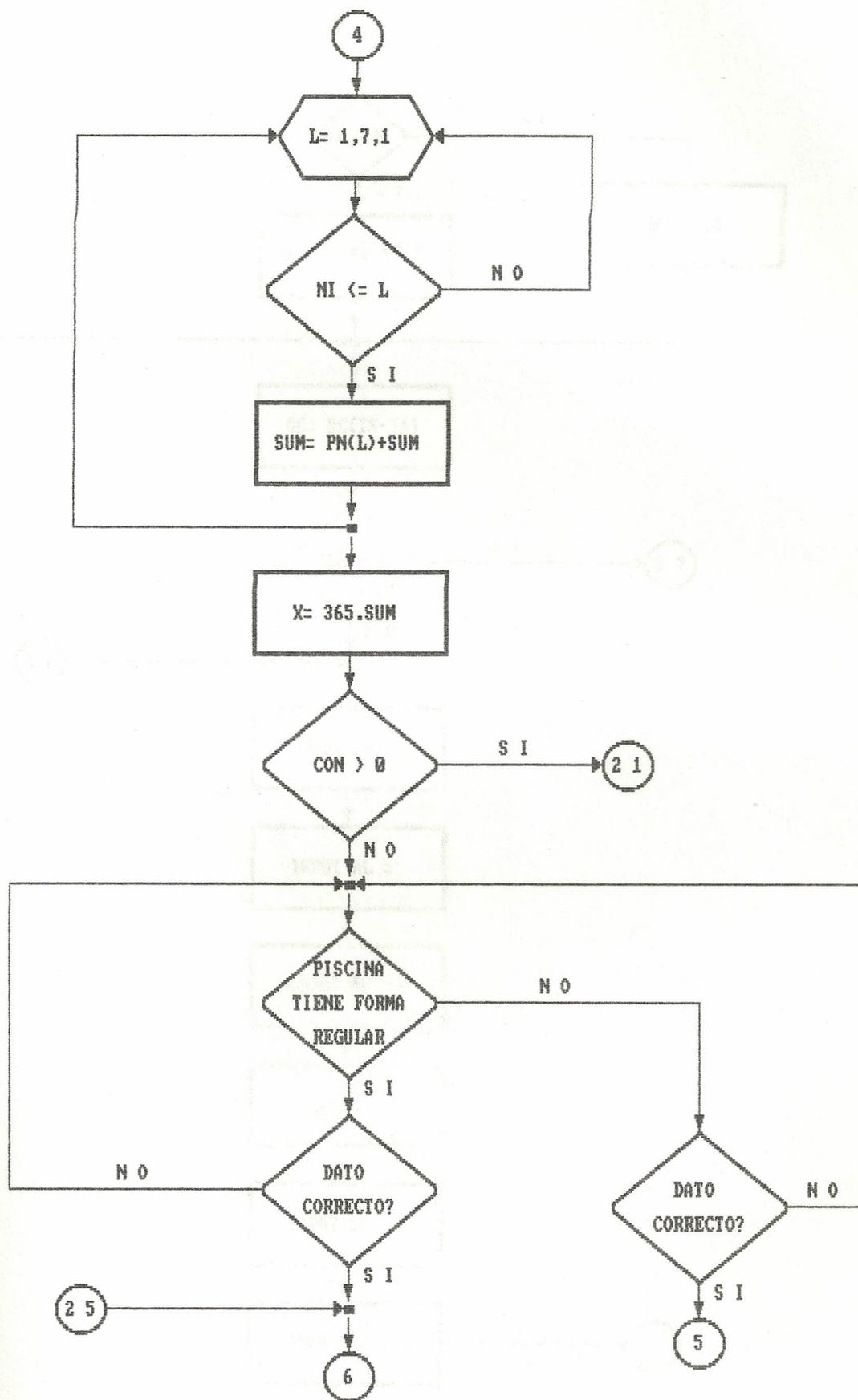
6.1. DIAGRAMA DE FLUJO.

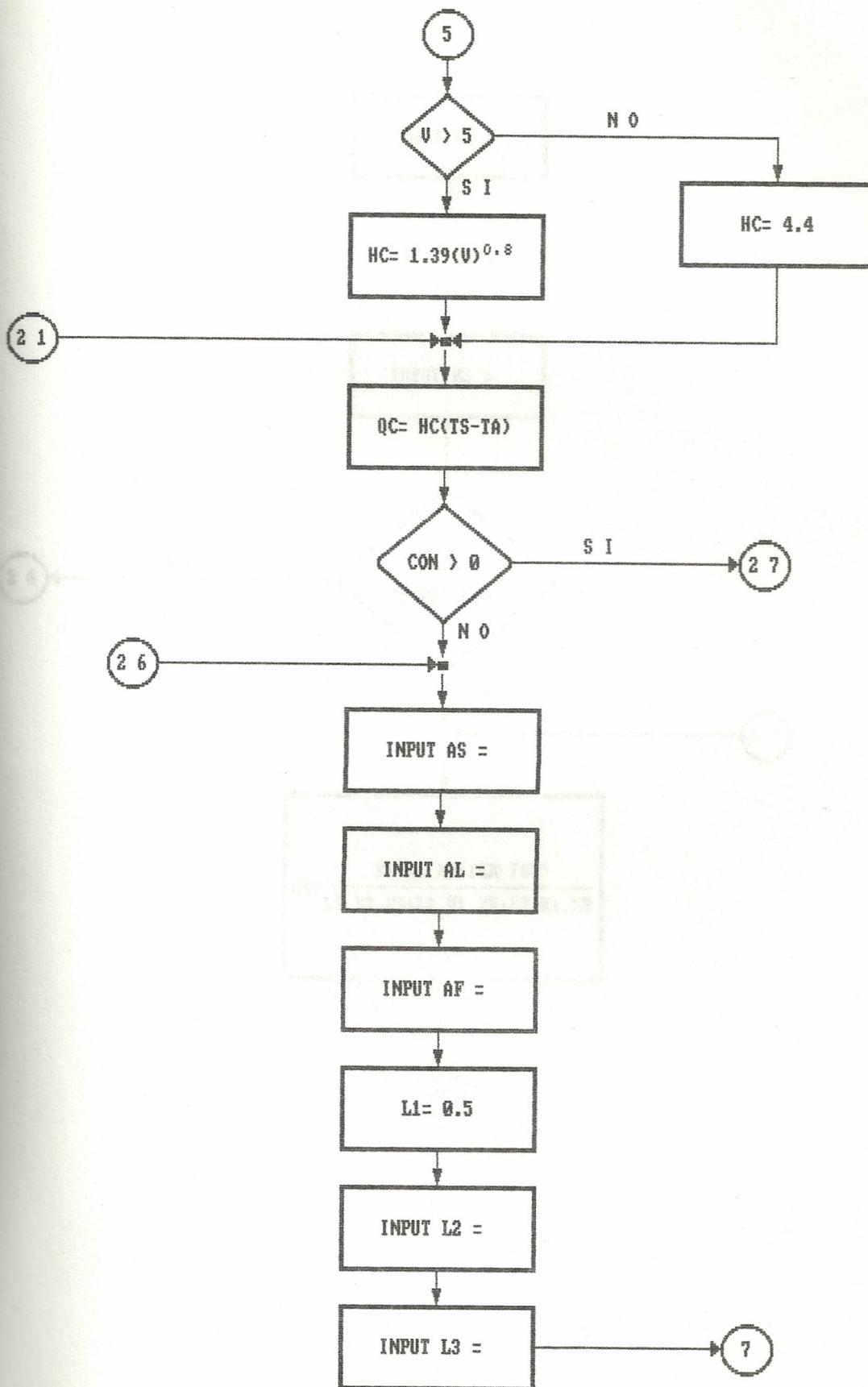


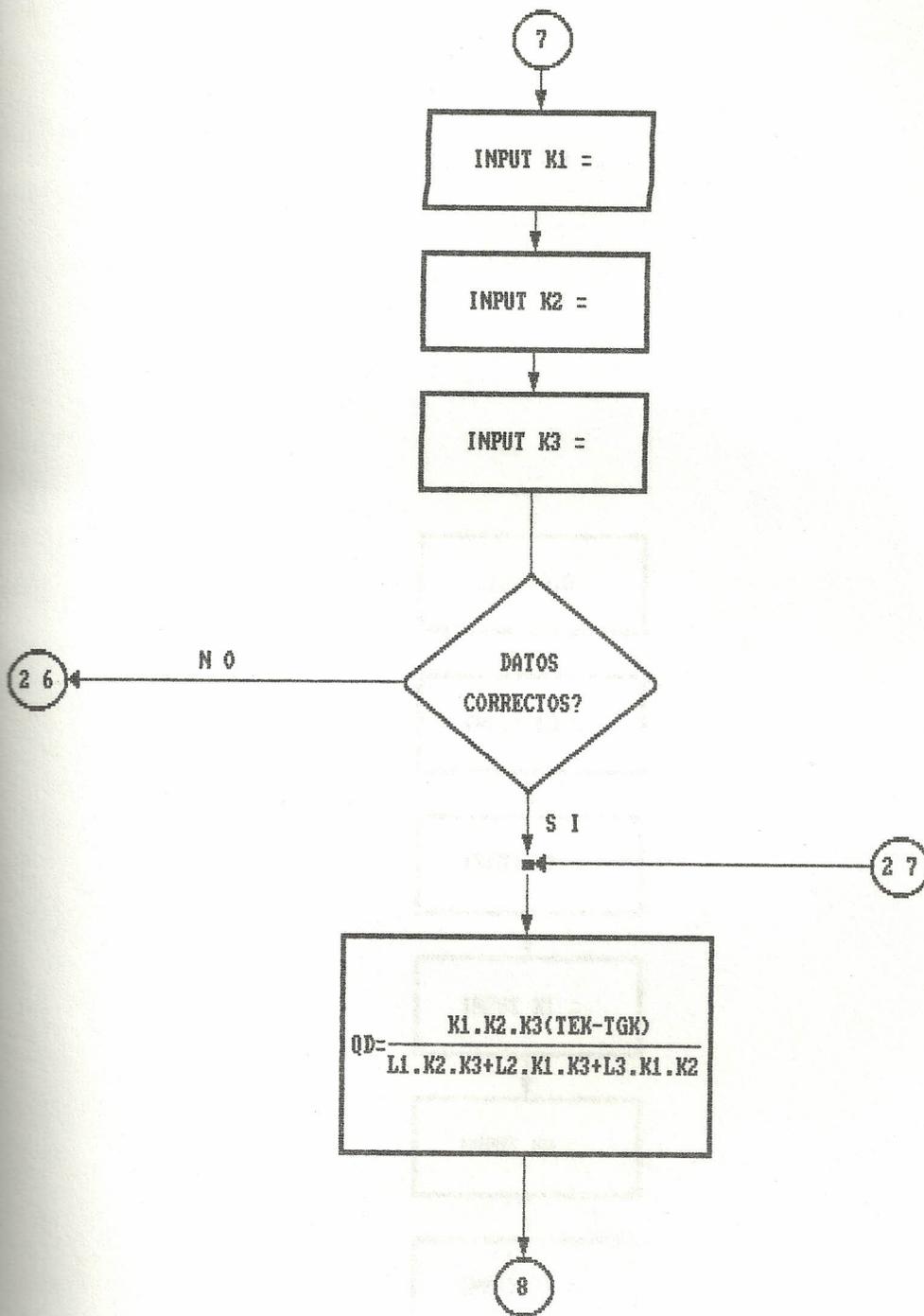


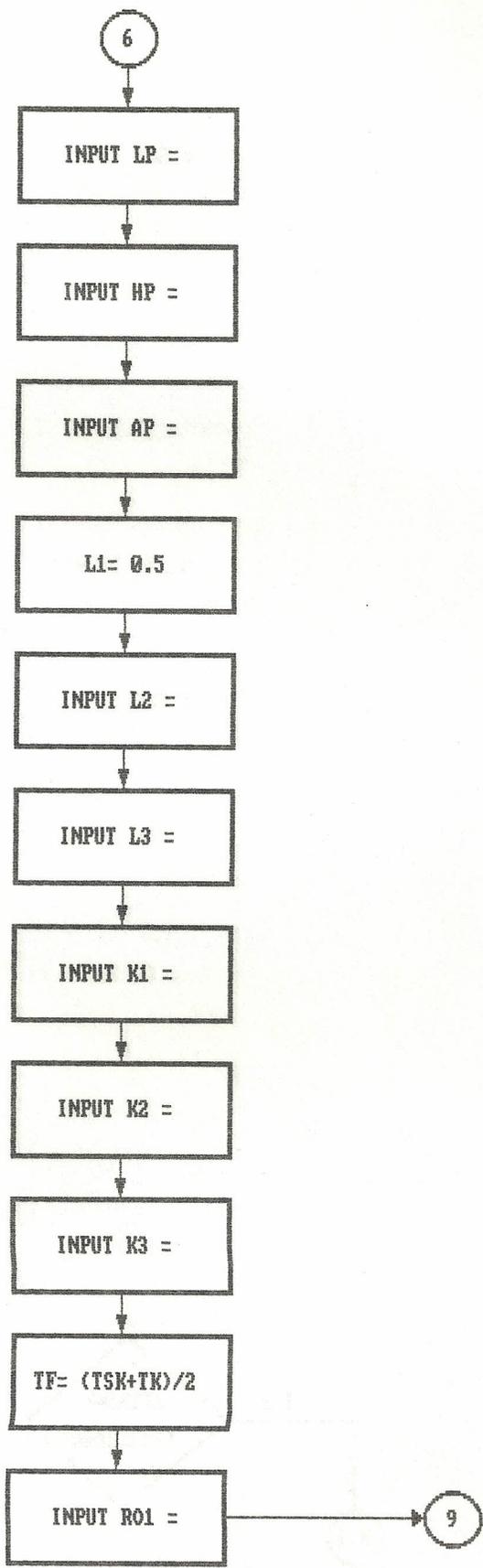


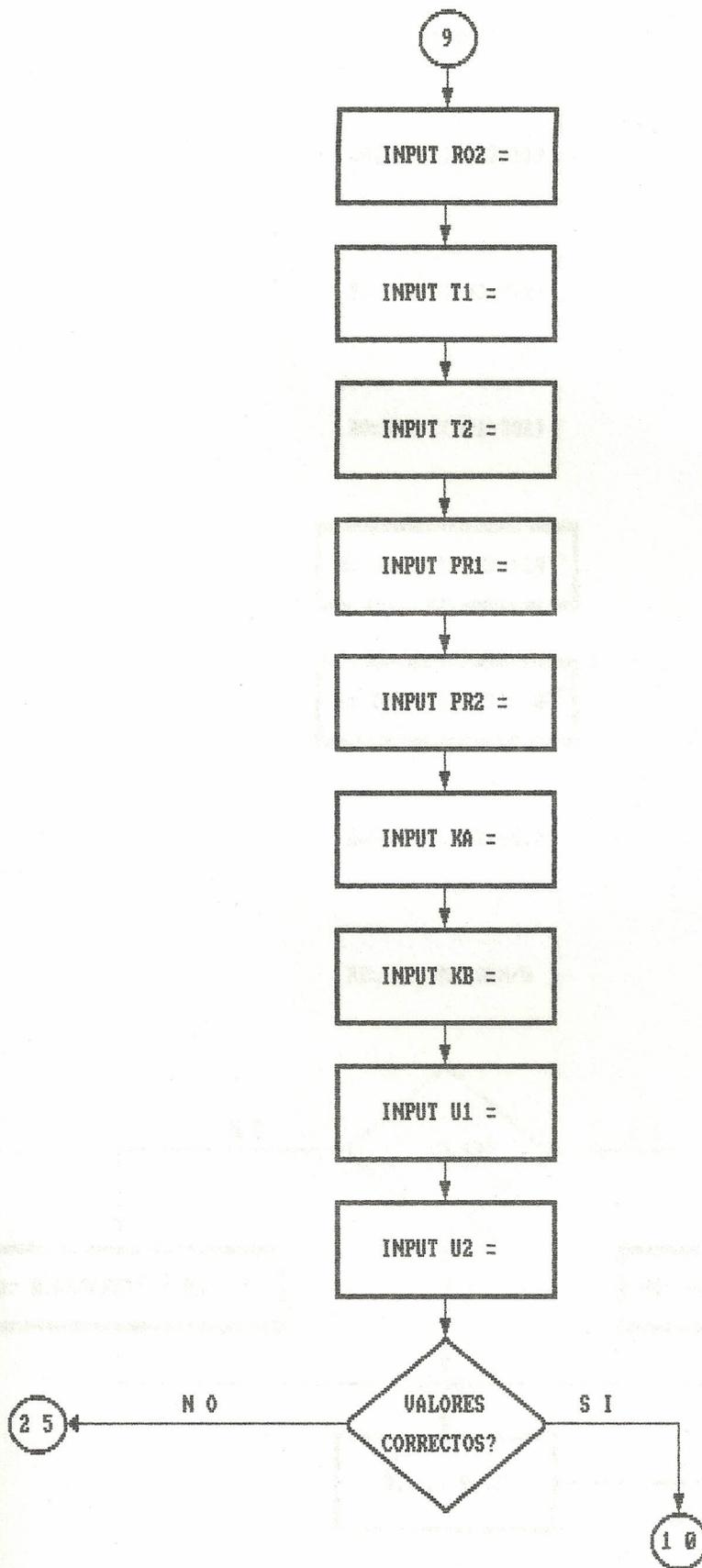


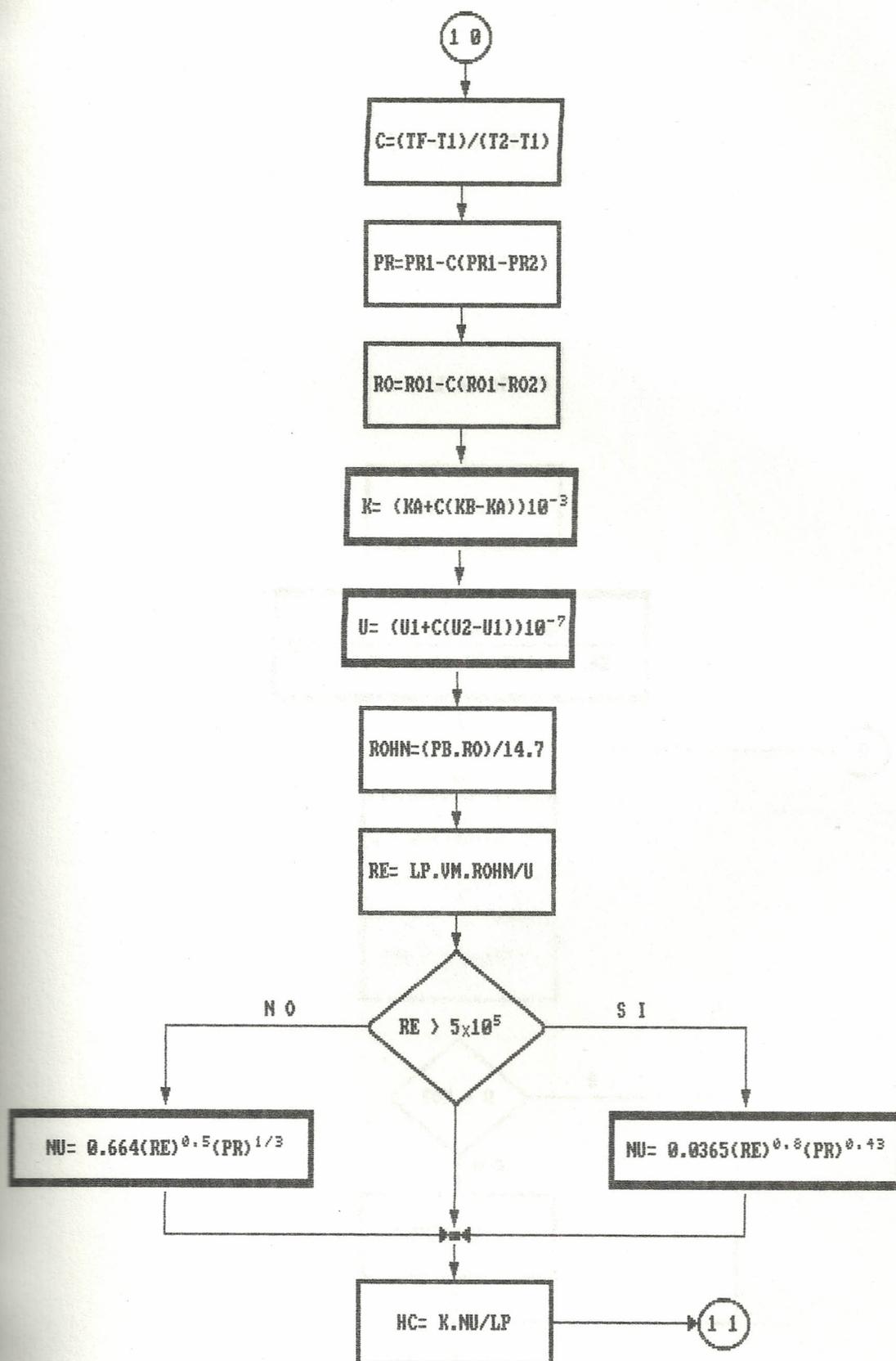


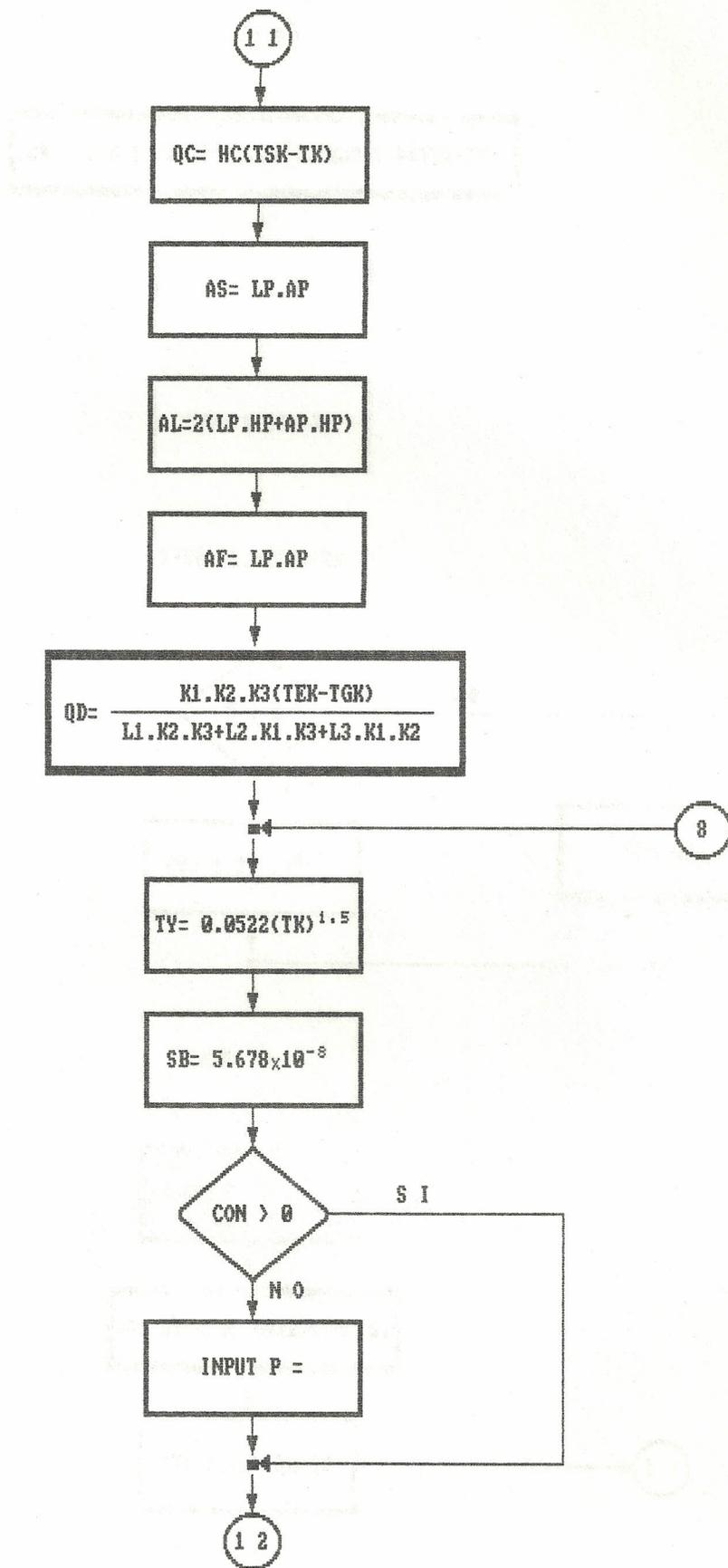


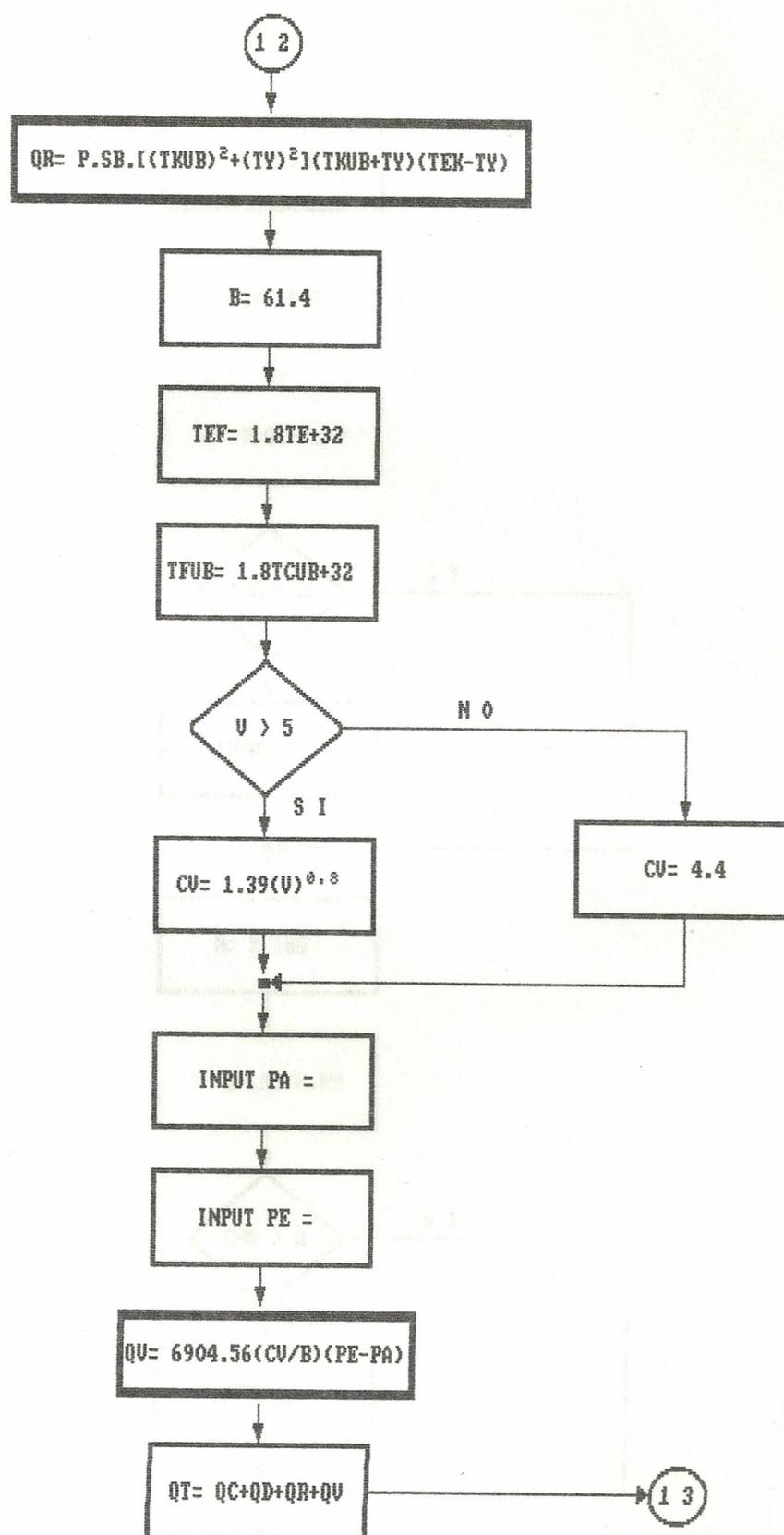


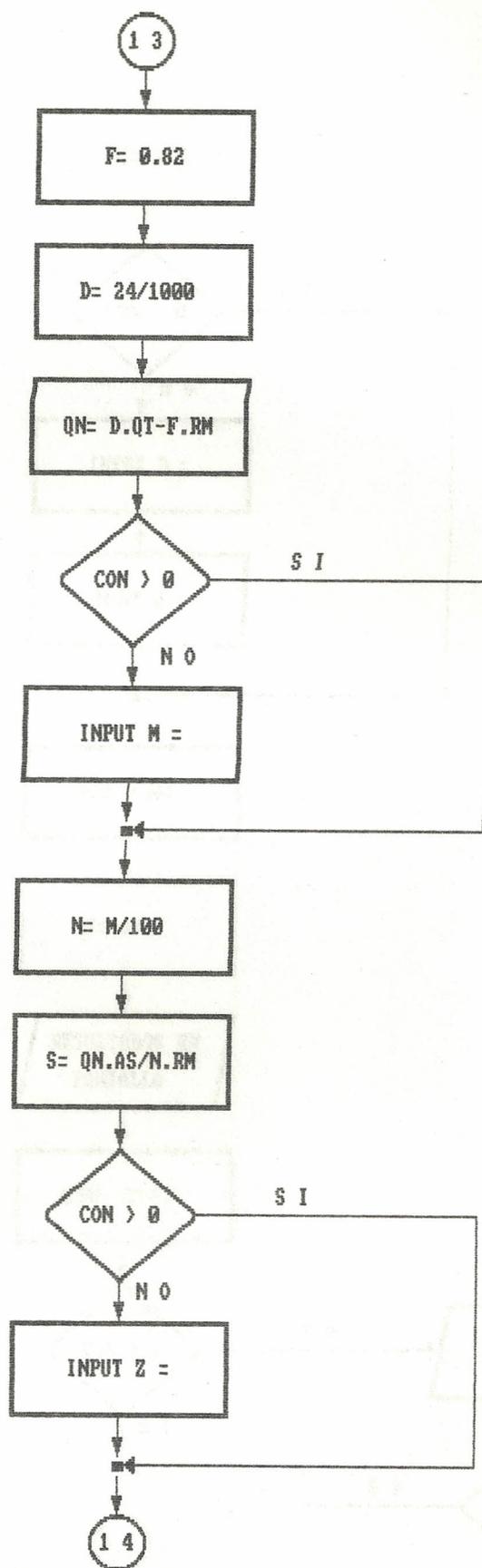


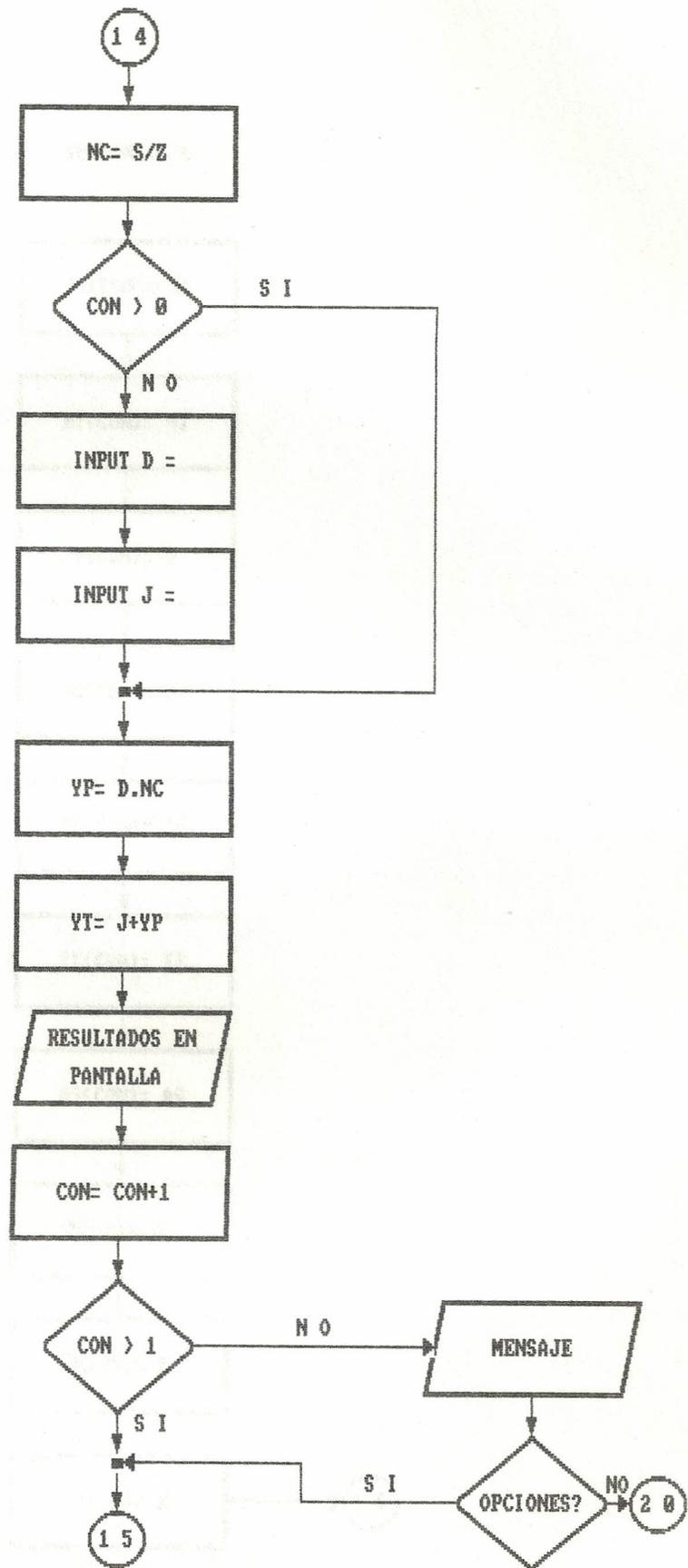


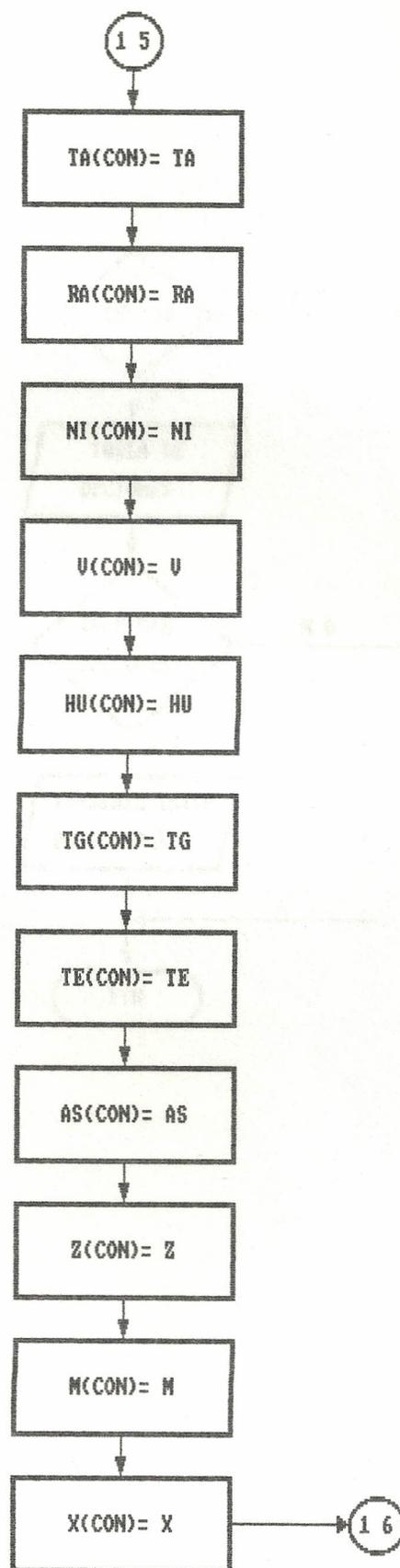


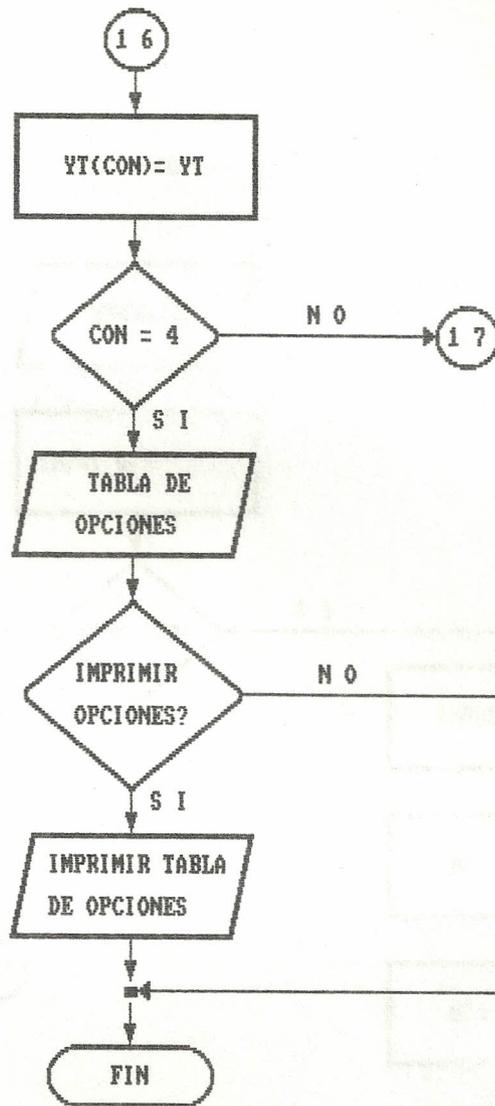


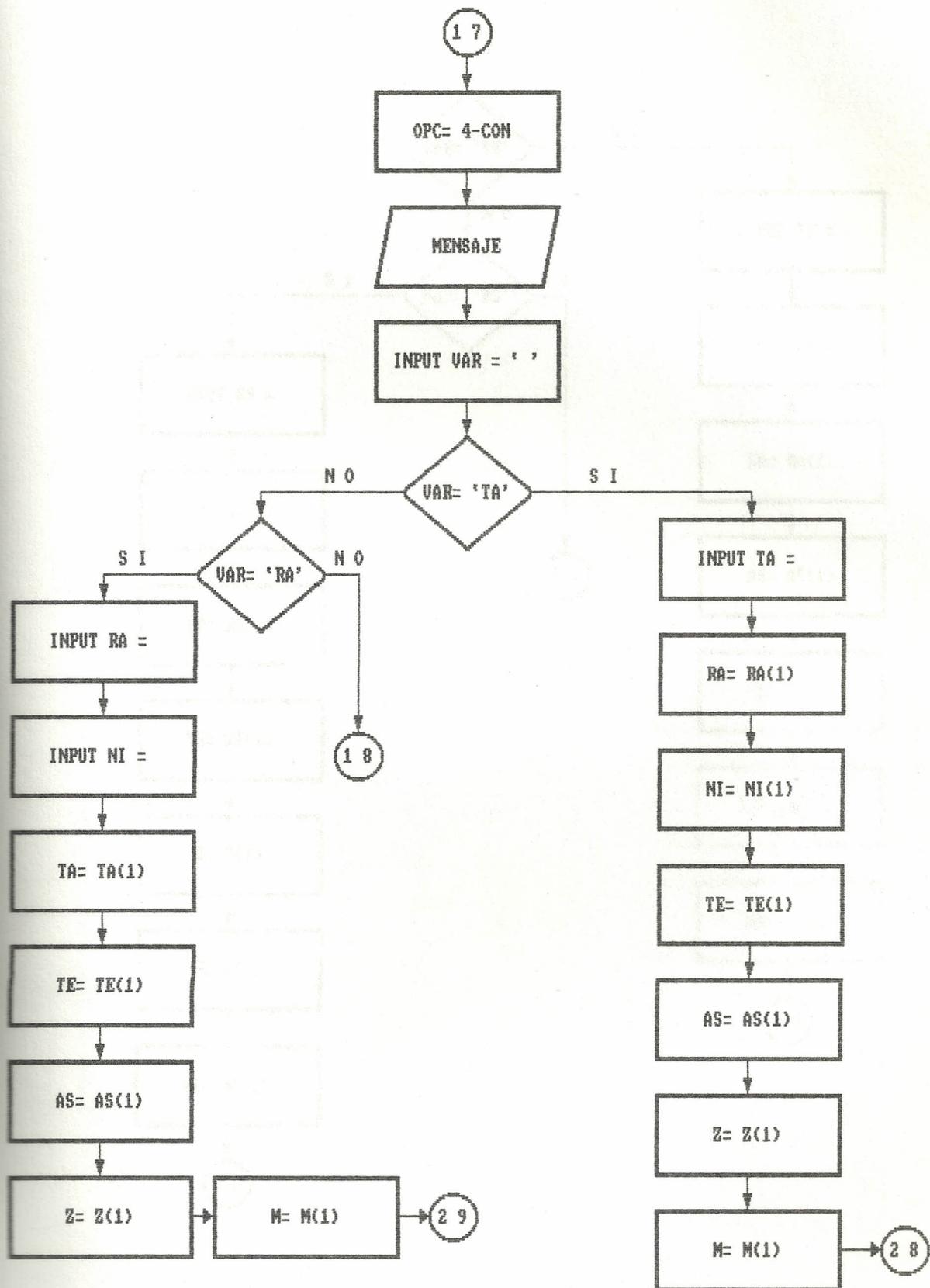


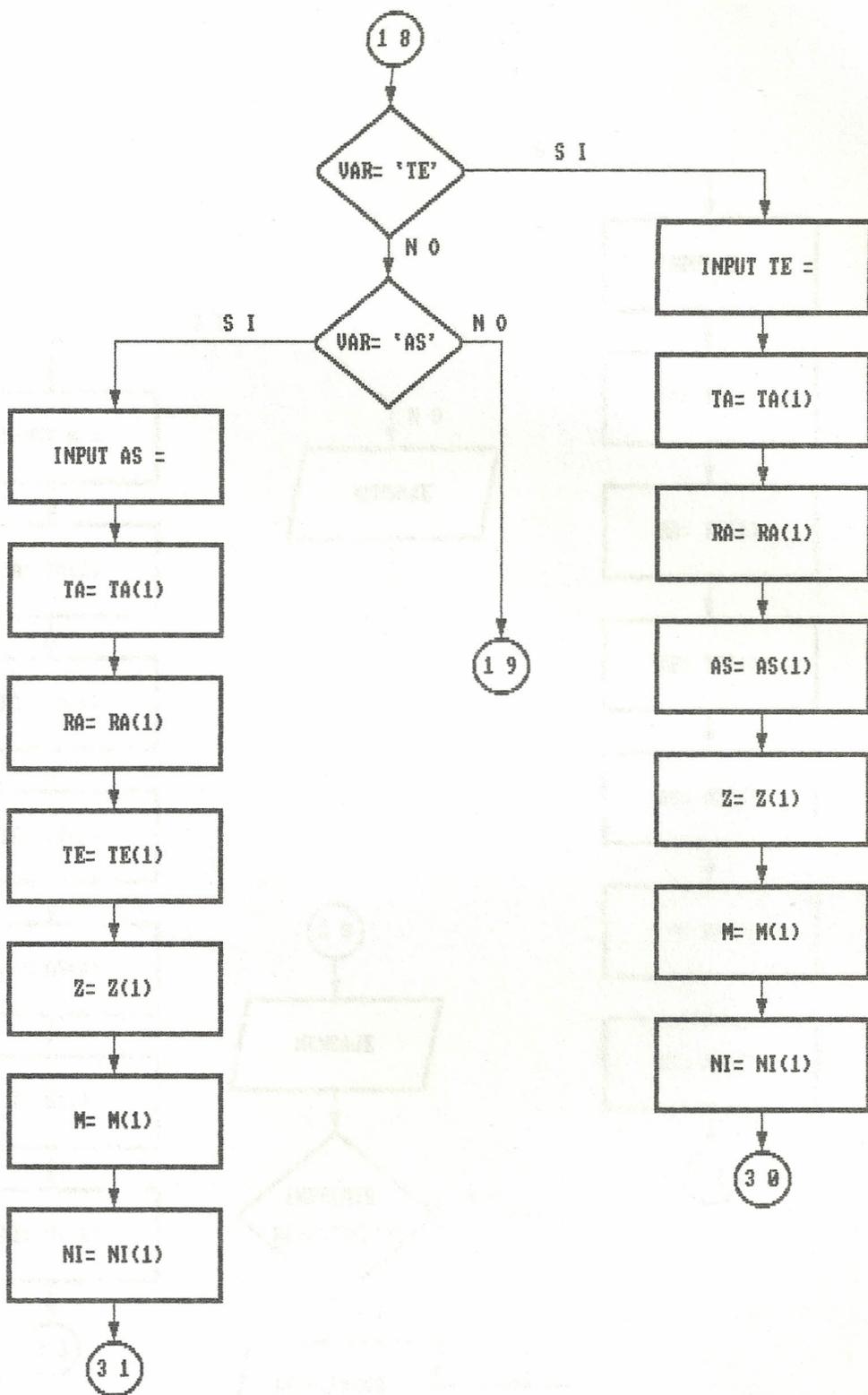


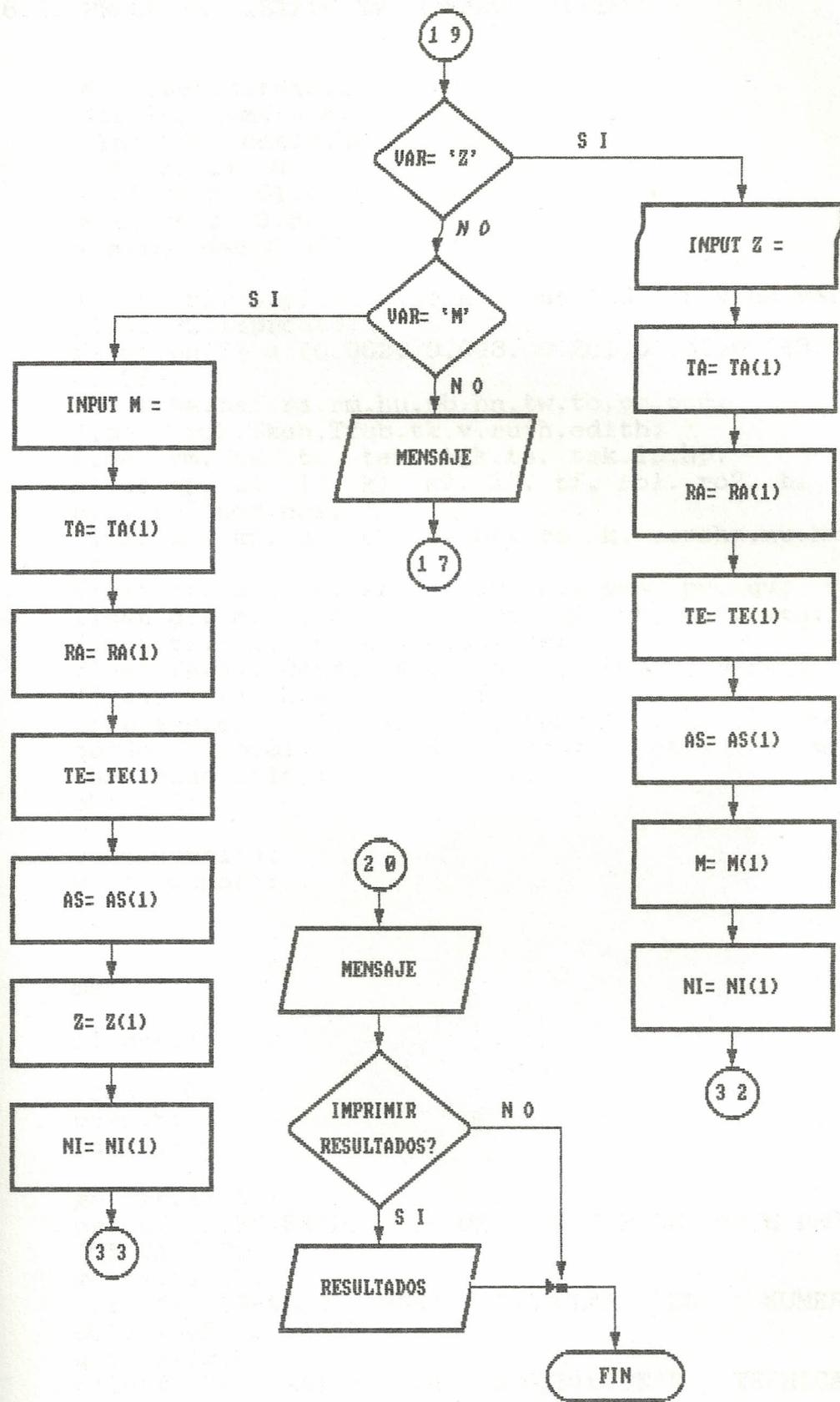












6.2. PROGRAMA LISTADO EN LENGUAJE TURBOC.

```

#include <stdio.h>
#include <math.h>
#include <conio.h>
#define l1 0.5
#define b 61.4
#define f 0.82
#define dec 0.0001

int x1,x2,y1,y2,c1,x,nc,ni,cont,ind,ocp,ving,var, x1,
y1,x1,y2,imprcuad;
float pn[7] = {0.002, 0.093, 0.201,0.253,0.263,0.165,
0.023};
float ta,taf,ra,rm,hu,pb,hn,tw,tc,pc,pc6;
float Tcub,Tkub,Tfub,tk,v,ruth,edith;
float vm, tg, te, tek, tgk,ts, tsk,lp,hp;
float ap, l2, l3, k1, k2, k3, tf, rol, ro2, t1, t2,
pr1, pr2,ncd,ncr;
float ka, kb, u1, u2, c, pr, ro, k, u,rohn,nu,hc, qc,
as,al;
float af, qd, ty, sb, p, qr, cv, pvs, pv, qv;
float qt, m, n, s, z, d, cct, yp, yt, vct, vta;
float ta,tef, qn, a, re,sum,vs;
float TA[4], RA[4], V[4], NI[4], HU[4], NC[4], TE[4],
AS[4], Z[4], M[4], X[4], YT[4];
char sesion = "", resp = "", opc="", val="", opc2="",
opc3="", opc31="", opc4="", car="", car2="", impr="";
char ciudad[15];
short l;

void opcsi();
void opcno();

main()
{
clrscr();

cont = 0;
pc=0.8;
pc6=0.86;

gotoxy(13,5);
printf("BIENVENIDO A LA UTILIZACION DE ESTE PROGRAMA
QUE HA SIDO");
gotoxy(13,7);
printf("DISEÑADO PARA CALCULAR EL NUMERO DE
COLECTORES SOLARES");
gotoxy(13,9);
printf("NECESARIOS PARA ACONDICIONAR TERMICAMENTE

```

```

EL AGUA DE");
gotoxy(13,11);
printf("UNA PISCINA.");
gotoxy(13,13);
printf("EL PROGRAMA INICIALMENTE HA SIDO DISEÑADO
PARA APLICARLO");
gotoxy(13,15);
printf("BAJO LAS CONDICIONES METEOROLOGICAS DE LA
CIUDAD DE");
gotoxy(13,17);
printf("GUAYAQUIL. TAMBIEN PUEDE APLICARSE CONOCIENDO
LOS ");
gotoxy(13,19);
printf("PARAMETROS METEOROLOGICOS LOCALES DE OTRAS
CIUDADES. ");
car2 = getch();

sesion = 's';

while ((sesion == 'S') || (sesion == 's'))
{
clrscr();

gotoxy(10,4);
printf("INGRESE EL NOMBRE DE LA CIUDAD EN DONDE SERAN
INSTALADOS");
gotoxy(10,5);
printf("LOS COLECTORES SOLARES.");
gotoxy(25,7);
printf("CIUDAD = ");
scanf("%s",ciudad);

do
{
clrscr();
gotoxy(10,4);
printf("INGRESE LOS PARAMETROS METEOROLOGICOS QUE A
CONTINUACION");
gotoxy(10,6);
printf("SE LE INDICARA :");

gotoxy(14,9);
printf(" TEMPERATURA AMBIENTE PROMEDIO EN °C.
(TABLA VI).");
gotoxy(30,10);
printf("Ta = ");
scanf("%f",&ta);

gotoxy(14,12);
printf("RADIACION SOLAR MEDIA EN [BTU/Pie²-DIA].
(TABLA VIII).");
gotoxy(30,13);
printf("Ra = ");

```

```

scanf("%f",&ra);

gotoxy(14,15);
printf("NIVEL DE RADIACION SOLAR DESDE 1 A 7 EN BASE
A LA TABLA IX. ");
do
{
gotoxy(30,16);
printf("Ni = ");
scanf("%d",&ni);
}while (ni < 1 || ni > 7);

gotoxy(14,18);
printf("HUMEDAD RELATIVA MEDIA EN [%]. (TABLA X). ");
gotoxy(30,19);
printf("Hu = ");
scanf("%f",&hu);

gotoxy(14,21);
printf("PRESION BAROMETRICA EN P.S.I.");
gotoxy(30,22);
printf("Pb = ");
scanf("%f",&pb);

clrscr();

gotoxy(14,4);
printf("ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR EN METROS.");
gotoxy(30,5);
printf("Hn = ");
scanf("%f",&hn);

gotoxy(14,7);
printf("VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO EN [KM/HR].
(TABLA XI).");
gotoxy(30,8);
printf("V = ");
scanf("%f",&v);

gotoxy(14,10);
printf("TEMPERATURA MEDIA DEL SUELO EN [°C]. (TABLA
XIII).");
gotoxy(30,11);
printf("Tg = ");
scanf("%f",&tg);

gotoxy(14,13);
printf(" VARIABLE METEOROLOGICA DEPENDIENTE DEL
DISEÑO,LA");
gotoxy(14,14);
printf("TEMPERATURA DE EQUILIBRIO EN [°C]. ");
gotoxy(30,15);
printf("Te = ");

```

```

scanf("%f",&te);
do
{
gotoxy(10,20);
printf("LOS DATOS INGRESADOS SON CORRECTOS SI O NO
[S/N].  ");
printf("  ==>  ");
val = getche();
}while((val!='s' && val!='S') && (val!='n' && val!='N')
);
}while((val!='s') && (val!='S'));

ircont4:
taf= ((1.8 * ta)+32);

tk= (ta + 273);
printf("tk= %.2f",tk);

rm= ((3.281*3.281 * ra)/3413);

sum = 0;
for(l=1;l<=7;++ l)
if (ni<=1)
sum = pn[l-1] + sum;

x = ceil((365*sum));

clrscr();
gotoxy(10,10);
printf("CON LA TEMPERATURA AMBIENTE Ta = %.2f °F  Y
CON LA HUMEDAD",taf);
gotoxy(10,11);
printf("  RELATIVA  Hu = %.2f %%  EN  LA  CARTA
PSICROMETRICA DE LA FIG.13",hu);
gotoxy(10,12);
printf("ENCONTRAR LA TEMPERATURA DE BULBO HUMEDO Tw."
);

while ((opc2 != 'S') && (opc2 != 's'))
{
gotoxy(19,15);
printf("TEMPERATURA DE BULBO HUMEDO EN [°F].");
gotoxy(31,16);
printf("Tw = ");
scanf("%f",&tw);

do
{
gotoxy(10,20);
printf("EL VALOR DE Tw ES CORRECTO SI O NO? [S/N].
==>  ");
opc2 = getche();

```

```

if (opc2 == 'n' || opc2 == 'N')
{
gotoxy(30,16);
printf("          ");
}
}while(( opc2!='s'  &&  opc2!='S')  && (opc2!='n'  &&
opc2!='N'));
} /* while */

tc = (5*(tw - 32)/9);

vm = ((1000*v)/3600);

tek = te+273;

tgk = tg+273;

Tcub= (te+tc)/2;

Tkub= Tcub + 273;

ts = (te+Tcub)/2;

tsk= ts + 273;
printf("tsk = %.2f",tsk);

tf = (tsk + tk)/2;

if (cont > 0)
{
qc = hc * (ts - ta);
qd = ((tek - tgk)*(k1*k2*k3)) / (11*k2*k3  + 12*k1*k3
+ 13*k1*k2);
goto tempeie;
}
else
clrscr();
do
{
do
{
clrscr();
gotoxy(10,10);
printf(" SI LA PISCINA TIENE FORMA CUADRADA O
RECTANGULAR INGRESE [S].  ");
gotoxy(10,11);
printf("SI LA PISCINA TIENE FORMA IRREGULAR INGRESE
[N].  ==> ");
resp = getche();
}while(( resp!='s'  &&  resp!='S')  && (resp!='n'  &&
resp!='N'));

gotoxy(15,15);

```

```

printf("SU INGRESO FUE CORRECTO [S/N].      ==> ");
do{
gotoxy(57,15);
printf(" ");
gotoxy(57,15);
opc31 = getche();
}while((opc31!='s' && opc31!='S') && (opc31!='n' &&
opc31!='N'));
}while(opc31!='s' && opc31!='S');

switch (resp)
{
case 'S':
case 's': opcsi();
break;
case 'N':
case 'n': opcno();
break;
}

tempcie:
tv = (0.0522 * pow(tk,1.5));

sb = 5.678E-8;

if (cont > 0)
{
goto caloradiac;
}

do
{
clrscr();
gotoxy(10,5);
printf(" INGRESE EL VALOR ADIMENSIONAL PARA LA
EMITANCIA DE LA PISCINA.");
gotoxy(15,7);
printf("PARA PISCINAS DESCUBIERTAS P ES 0.8.");
gotoxy(15,8);
printf("PARA PISCINAS CUBIERTAS P ES 0.86. ");
gotoxy(25,10);
printf("P = ");
scanf("%f",&p);
if(p==pc)
{
ind = 1;
}
else
{
if (p==pc6)
{
ind=1;
}
}
}

```

```

    }
}while(ind!=1);

caloradiac:
qr = sb*p*(Tkub*Tkub + ty*ty)*(Tkub + ty)*(tek - ty);

tef = ((9/5)*te + 32);

Tfub = ((1.8 * Tcub) + 32);

if (v > 5)
cv = ((1.39) * pow(v,0.8));
else
cv = 4.4;

clrscr();
gotoxy(10,4);
printf("POR FAVOR, UTILIZE EL GRAFICO 14 CON LAS
SIGUIENTES INDICACIONES:");
gotoxy(10,6);
printf("A) CON LA TEMPERATURA DE LA CUBIERTA %.2f °F
EN EL EJE DE LAS X",Tfub);
gotoxy(13,8);
printf("HASTA ALCANZAR EL VALOR DE 100 % DE HUMEDAD
RELATIVA HALLAR EL");
gotoxy(13,10);
printf("VALOR DE PRESION DE VAPOR DE AGUA EN LB/PUL² .
");
gotoxy(25,12);
printf("Pvs = ");
scanf("%f",&pvs);

gotoxy(10,15);
printf(" B) CON LA TEMPERATURA AMBIENTE %.2f °F
EN EL EJE DE LAS X",taf);
gotoxy(13,17);
printf("HASTA ALCANZAR EL VALOR DE %.2f %% DE HUMEDAD
RELATIVA HALLAR EL",hu);
gotoxy(13,19);
printf("VALOR DE PRESION DE VAPOR DE AGUA EN LB/PUL² .
");
gotoxy(25,21);
printf("Pv = ");
scanf("%f",&pv);

qv = (6904.56 * cv*(pvs - pv))/b;

qt = (qc + qd + qr + qv);

d = 0.024;

qn= ((d * qt) - (f * rm));

```

```

if (cont > 0)
{
goto eficc;
}
clrscr();
gotoxy(10,4);
printf("INGRESE EL VALOR DE EFICIENCIA DE LOS
COLECTORES SOLARES EN");
gotoxy(10,5);
printf("TANTO POR CIENTO. EJEMPLO 60, 70, 80 O 90,
ETC. ");
gotoxy(25,7);
printf("M = ");
scanf("%f",&m);

eficc:
a = m / 100;
s = ((qn*as)/(a*rm));
if (cont > 0)
{
goto calco;
}
else
{
goto areasup;
}

areasup:
gotoxy(10,10);
printf("INGRESE EL AREA SUPERFICIAL EN M² DE CADA
COLECTOR SOLAR.");
gotoxy(25,12);
printf("Z = ");
scanf("%f",&z);

calco:
ncd = s/z;
nc = (int)(s/z);
ncr=ncd-nc;
if (ncr >= dec)
{
nc = nc + 1;
}
if (cont > 0)
{
goto costcol;
}

gotoxy(10,15);
printf("INGRESE EL VALOR EN SUCRES POR EL PRECIO DE
CADA COLECTOR SOLAR.");
gotoxy(25,17);
printf("Vs = ");

```

```

scanf("%f",&vs);

gotoxy(10,20);
printf("INGRESE EL VALOR EN SUCRES POR CADA M² DE LA
CUBIERTA TERMICA,");
gotoxy(25,22);
printf("CCT = ");
scanf("%f", &cct);

costcol:
yp = vs*nc;
vct = as*cct;
vta = 0.1*yp;
yt = vct+yp+vta;

/* mensaje final */

clrscr();
marco(1,1,24,78,10);
gotoxy(4,5);
printf("SINTESIS DE LA APLICACION DEL MODELO
MATEMATICO PARA CALCULAR EL");
gotoxy(4,6);
printf("NUMERO DE COLECTORES SOLARES EN EL
ACONDICIONAMIENTO TERMICO ");
gotoxy(4,7);
printf("DEL AGUA DE UNA PISCINA. ");

gotoxy(20,9);
printf("CONDICIONES DE TRABAJO :");
gotoxy(20,10);
printf("=====");

gotoxy(8,11);
printf("-CIUDAD EN LA QUE ESTA UBICADA LA PISCINA.
%s",ciudad);
gotoxy(8,12);
printf("-AREA DE LA PISCINA. %.2f M²",as);
gotoxy(8,13);
printf("-AREA DE COLECTORES SOLARES. %.2f M²",z);

gotoxy(20,15);
printf("VARIABLES METEOROLOGICAS :");
gotoxy(20,16);
printf("=====");

gotoxy(8,17);
printf("-TEMPERATURA AMBIENTE. %.2f °C",ta);
gotoxy(8,18);
printf("-RADIACION SOLAR. %.2f BTU/PIE²-DIA",ra);
gotoxy(8,19);
printf("-VELOCIDAD DEL VIENTO. %.2f KM/HR",v);

```

```

gotoxy(8,20);
printf("-HUMEDAD RELATIVA.  %.2f %%",hu);
gotoxy(8,21);
printf("-TEMPERATURA DEL SUELO.  %.2f °C".tg);
gotoxy(8,22);
printf("-PRESION BAROMETRICA.  %.2f LB/PUL²".pb);
gotoxy(8,23);
printf("-ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR.  %.2f M".hn);
car = getch();

clrscr();
marco(1,1,24,78,10);
gotoxy(20,5);
printf("VARIABLES DE DISEÑO :");
gotoxy(20,6);
printf("=====");

gotoxy(8,7);
printf("-TEMPERATURA DE EQUILIBRIO.  %.2f °C".te);
gotoxy(8,8);
printf("-PERDIDAS CALORIFICAS POR : ");
gotoxy(20,9);
printf("CONDUCCION.  %.2f W/M²".qd);
gotoxy(20,10);
printf("CONVECCION.  %.2f W/M²".qc);
gotoxy(20,11);
printf("RADIACION.  %.2f W/M²".qr);
gotoxy(20,12);
printf("EVAPORACION.  %.2f W/M²".qv);
gotoxy(8,14);
printf("-CALOR NETO REQUERIDO PARA");
gotoxy(9,15);
printf("MANTENER LA TEMPERATURA DESEADA.  %.2f (Kw-
Hr)/(M²-DIA)".qn);
gotoxy(8,16);
printf("-NUMERO DE COLECTORES SOLARES.  %d".nc);
gotoxy(8,17);
printf("-EFICIENCIA DEL COLECTOR.  %.2f %%".m);
gotoxy(8,18);
printf("-NUMEROS DE DIAS QUE SE ASEGURA");
gotoxy(9,19);
printf("CUMPLIR CON LA TEMPERATURA DESEADA.  %d".x);

gotoxy(8,20);
printf("-COSTO DE MATERIALES PARA EL PROYECTO.  %.2f
SUCRES".yt);
getch();

cont = cont + 1;

if (cont > 1)
{
goto contmayor;
}

```

```

}
else
{
clrscr();
gotoxy(9,6);
printf("DESEA PROBAR OTRAS OPCIONES? SI O NO [S/N]
==> ");
sesion = ' ';
do
{
do
{
gotoxy(65,6);
printf(" ");
sesion = getch();
}while((sesion!='s' && sesion!='S') && (sesion!='n' &&
sesion!='N'));
if (sesion == 's' || sesion == 'S')
{
contmayor:
TA[cont] = ta;
RA[cont] = ra;
NI[cont] = ni;
V[cont] = v;
HU[cont] = hu;
NC[cont] = nc;
TE[cont] = te;
AS[cont] = as;
Z[cont] = z;
M[cont] = m;
X[cont] = x;
YT[cont] = yt;
if (cont == 4)
{
impcuadro:
x1= 2;
x2= 79;
y1= 1;
y2= 25;
clrscr();
for(y1=2;y1<=25;y1++)
{
gotoxy(x1,y1);
putchar('|');
gotoxy(x2,y1);
putchar('|');
gotoxy(35,y1);
putchar('|');
gotoxy(35+11,y1);
putchar('|');
gotoxy(35+22,y1);
putchar('|');
gotoxy(35+33,y1);
/*186*/

```

```

putchar("#");
}
for(x1=3;x1<=79;x1++)
{
gotoxy(x1,1);
putchar('=');
gotoxy(x1,25);
putchar('=');
}

gotoxy(2,1);
putchar("┌");
gotoxy(79,1);
putchar("┐");
gotoxy(2,25);
putchar("└");
gotoxy(79,25);
putchar("┘");

gotoxy(35,1);
putchar("┌");
gotoxy(35,25);
putchar("└");
gotoxy(46,1);
putchar("┌");
gotoxy(46,25);
putchar("└");
gotoxy(57,1);
putchar("┌");
gotoxy(57,25);
putchar("└");
gotoxy(68,1);
putchar("┌");
gotoxy(68,25);
putchar("└");
for (y1=3;y1<=24;y1=y1+2)
{
for(x1=3;x1<=78;x1++)
{
gotoxy(x1,y1);
putchar('=');
}
}
for(y1=3;y1<=24;y1=y1+2)
{
for(x1=35;x1<=68;x1=x1+11)
{
gotoxy(x1,y1);
putchar("#");
}
}
for(y1=3;y1<=23;y1=y1+2)
{

```

```
gotoxy(2,v1);
putchar('|');
gotoxy(79,v1);
putchar('|');
}

v1=2;
gotoxy(12,v1);
printf("O P C I O N E S");
v1=v1+2;
gotoxy(4,v1);
printf("TEMPERATURA AMBIENTE (°C)");
v1=v1+2;
gotoxy(4,v1);
printf("RADIACION SOLAR (BTU/Pie²-Día)");
v1=v1+2;
gotoxy(4,v1);
printf("VELOCIDAD DEL VIENTO (Km/Hr)");
v1=v1+2;
gotoxy(4,v1);
printf("HUMEDAD RELATIVA (%)");
v1=v1+2;
gotoxy(4,v1);
printf("TEMPERATURA DE EQUILIBRIO (°C)");
v1=v1+2;
gotoxy(4,v1);
printf("AREA DE PISCINA (m²)");
v1=v1+2;
gotoxy(4,v1); printf("AREA DE COLECTOR (m²)");
v1=v1+2;
gotoxy(4,v1);
printf("EFICIENCIA DEL COLECTOR (%)");
v1=v1+2;
gotoxy(4,v1);
printf("NUMERO DE COLECTORES (#)");
v1=v1+2;
gotoxy(4,v1);
printf("NUMERO DE DIAS");
v1=v1+2;
gotoxy(4,v1);
printf("COSTO (S/.)");
gotoxy(37,2);
printf("OPCION 1");
gotoxy(48,2);
printf("OPCION 2");
gotoxy(59,2);
printf("OPCION 3");
gotoxy(70,2);
printf("OPCION 4");

gotoxy(39,4);
printf("%.2f", TA[1]);
gotoxy(50,4);
```

```
printf("%.2f", TA[2]);
gotoxy(61,4);
printf("%.2f", TA[3]);
gotoxy(72,4);
printf("%.2f", TA[4]);

gotoxy(39,6);
printf("%.2f", RA[1]);
gotoxy(50,6);
printf("%.2f", RA[2]);
gotoxy(61,6);
printf("%.2f", RA[3]);
gotoxy(72,6);
printf("%.2f", RA[4]);
gotoxy(39,8);
printf("%.2f", V[1]);
gotoxy(50,8);
printf("%.2f", V[2]);
gotoxy(61,8);
printf("%.2f", V[3]);
gotoxy(72,8);
printf("%.2f", V[4]);

gotoxy(39,10);
printf("%.2f", HU[1]);
gotoxy(50,10);
printf("%.2f", HU[2]);
gotoxy(61,10);
printf("%.2f", HU[3]);
gotoxy(72,10);
printf("%.2f", HU[4]);

gotoxy(39,20);
printf("%.0f", NC[1]);
gotoxy(50,20);
printf("%.0f", NC[2]);
gotoxy(61,20);
printf("%.0f", NC[3]);
gotoxy(72,20);
printf("%.0f", NC[4]);

gotoxy(39,12);
printf("%.2f", TE[1]);
gotoxy(50,12);
printf("%.2f", TE[2]);
gotoxy(61,12);
printf("%.2f", TE[3]);
gotoxy(72,12);
printf("%.2f", TE[4]);

gotoxy(39,14);
printf("%.2f", AS[1]);
gotoxy(50,14);
```

```

printf("%.2f", AS[2]);
gotoxy(61,14);
printf("%.2f", AS[3]);
gotoxy(72,14);
printf("%.2f", AS[4]);

gotoxy(39,16);
printf("%.2f", Z[1]);
gotoxy(50,16);
printf("%.2f", Z[2]);
gotoxy(61,16);
printf("%.2f", Z[3]);
gotoxy(72,16);
printf("%.2f", Z[4]);
gotoxy(39,18);
printf("%.2f", M[1]);
gotoxy(50,18);
printf("%.2f", M[2]);
gotoxy(61,18);
printf("%.2f", M[3]);
gotoxy(72,18);
printf("%.2f", M[4]);

gotoxy(39,22);
printf("%.0f", X[1]);
gotoxy(50,22);
printf("%.0f", X[2]);
gotoxy(61,22);
printf("%.0f", X[3]);
gotoxy(72,22);
printf("%.0f", X[4]);

gotoxy(37,24);
printf("%.0f", YT[1]);
gotoxy(48,24);
printf("%.0f", YT[2]);
gotoxy(59,24);
printf("%.0f", YT[3]);
gotoxy(70,24);
printf("%.0f", YT[4]);
getch();
if (impreuad == 1)
{
clrscr();
gotoxy(15,10);
printf(" <<** USTED HA FINALIZADO LA SESION DE
TRABAJO **>>");
gotoxy(16,12);
printf(" <<*** PRESIONE CUALQUIER TECLA PARA SALIR
***>>");
sesion = 'n';
getch();
exit(0);
}

```

```

}

clrscr();
gotoxy(15,10);
printf("DESEA IMPRIMIR LA TABLA DE OPCIONES MOSTRADA ANTERIORMENTE?.");
gotoxy(20,12);
printf("PRESIONE 'S' SI SU RESPUESTA ES SI, O");
gotoxy(20,14);
printf("PRESIONE 'N' SI ES NO.      ==>  ");
impr=" ";
do
{
gotoxy(55,14);
printf(" ");
impr=getch();
}while(( impr!= 's' && impr!= 'S') && (impr!='n' && impr!='N'));
if (impr == 's' || impr == 'S')
{
clrscr();
gotoxy(11,5);
printf(" REALIZAR LAS SIGUIENTES INSTRUCCIONES : ");
gotoxy(11,8);
printf(" 1.- ENCENDER LA IMPRESORA E INTRODUCIR LA HOJA.  ");
gotoxy(11,10);
printf(" 2.- EN EL MOMENTO QUE SE PRESENTE LA TABLA DE OPCIONES");
gotoxy(11,12);
printf("      PRESIONAR AL MISMO TIEMPO LAS TECLAS <Shift> + <Print Screen>.  ");
gotoxy(25,24);
printf("Presione cualquier tecla para continuar... ==> ");
getch();
impreuad = 1;
goto impreuadro;
}
else
{
clrscr();
gotoxy(15,10);
printf(" <<*** USTED HA FINALIZADO LA SESION DE TRABAJO ***>> ");
gotoxy(16,12);
printf(" <<*** PRESIONE CUALQUIER TECLA PARA SALIR ***>> ");
sesion = 'n';
getch();
exit(0);
}

```

```

}
else
{
do
{
ocp= 4 - cont;
clrscr();
gotoxy(16,4);
printf("USTED PUEDE CAMBIAR LOS VALORES DE LAS");
gotoxy(16,5);
printf("SIGUIENTES VARIABLES: ");
gotoxy(20,7);
printf("1.- TEMPERATURA AMBIENTE (TA).");
gotoxy(20,8);
printf("2.- RADIACION SOLAR (RA).");
gotoxy(20,9);
printf("3.- TEMPERATURA DE EQUILIBRIO (TE).");
gotoxy(20,10);
printf("4.- AREA SUPERFICIAL DE LA PISCINA (AS).");
gotoxy(20,11);
printf("5.- AREA DE COLECTOR SOLAR (Z).");
gotoxy(20,12);
printf("6.- EFICIENCIA DEL COLECTOR (M).");
gotoxy(16,14);
printf("A CONTINUACION TIENE USTED      %d  OPCIONES",
ocp);
gotoxy(16,15);
printf("PARA CAMBIAR EL VALOR DE UNA  VARIABLE  A  LA
VEZ.");
gotoxy(16,17);
printf("INGRESE EL NUMERO CORRESPONDIENTE");
gotoxy(16,18);
printf("DE LA VARIABLE A CAMBIAR = [ 1");
gotoxy(44,18);
scanf("%d", &var);
opc2 = "";
clrscr();
switch (var)
{
case 1:
gotoxy(10,10);
printf("INGRESE EL NUEVO VALOR DE  TEMPERATURA
AMBIENTE [°C] = "); scanf("%f", &ta);
ra = RA[1];
ni = NI[1];
te = TE[1];
as = AS[1];
z = Z[1];
m = M[1];
ving = 0;
goto ircont4;
break:

```

case 2:

```

gotoxy(10,10);
printf("INGRESE EL NUEVO VALOR DE LA RADIACION
SOLAR [BTU/Pie²-Día]. = "); scanf("%f", &ra);
gotoxy(10,12);
printf("INGRESE EL NUEVO VALOR DEL NIVEL DE
RADIACION [1 hasta 7]. = "); scanf("%d",
&ni);
ta = TA[1];
te = TE[1];
as = AS[1];
z = Z[1];
m = M[1];
ving = 0;
goto ircont4;
break;

```

case 3:

```

gotoxy(10,10);
printf("INGRESE EL NUEVO VALOR DE TEMPERATURA
DE EQUILIBRIO [°C]. = "); scanf("%f", &te);
ta = TA[1];
ra = RA[1];
as = AS[1];
z = Z[1];
m = M[1];
ni = NI[1];
ving = 0;
goto ircont4;
break;

```

case 4:

```

gotoxy(10,10);
printf("INGRESE EL NUEVO VALOR DEL AREA
SUPERFICIAL DE LA PISCINA [M²]. = ");
scanf("%f", &as);
ta = TA[1];
ra = RA[1];
te = TE[1];
ni = NI[1];
z = Z[1];
m = M[1];
ving = 0;
goto ircont4;
break;

```

case 5:

```

gotoxy(10,10);
printf("INGRESE EL NUEVO VALOR DEL AREA DE
COLECTOR SOLAR [M²]. = ");
scanf("%f", &z);
gotoxy(10,13);
printf("INGRESE EL NUEVO VALOR DE COSTO DE

```

```

CADA COLECTOR [S/.]. = "): scanf("%f",&vs);
ta = TA[1];
ra = RA[1];
te = TE[1];
as = AS[1];
ni = NI[1];
m = M[1];
ving = 0;
goto ircont4;
break;

case 6:
gotoxy(10,10);
printf("INGRESE EL NUEVO VALOR DE EFICIENCIA
DEL COLECTOR [%]. = "): scanf("%f", &m);
gotoxy(10,13);
printf("INGRESE EL NUEVO VALOR DE COSTO DE
CADA COLECTOR [S/.]. = "): scanf("%f",&vs);
ta = TA[1];
ra = RA[1];
te = TE[1];
as = AS[1];
z = Z[1];
ni = NI[1];
ving = 0;
goto ircont4;
break;

default:
gotoxy(20,10);
printf("USTED INGRESO INCORRECTAMENTE EL
NUMERO");
gotoxy(20,11);
printf("DE LA VARIABLE A CAMBIAR.");
gotoxy(20,13);
printf(" VUELVA A INGRESAR EL NUMERO
CORRECTAMENTE");
gotoxy(20,14);
printf("FIJANDOSE EN EL SIGUIENTE MENSAJE.");
getch();
ving = 1;
break;
}/*switch*/
}while (ving == 1);

}

}

if (sesion == 'n' || sesion == 'N')
{
clrscr();
gotoxy(10,6);

```

```

printf("DESEA IMPRIMIR LOS RESULTADOS ANTES DE
TERMINAR LA SESION?.");
gotoxy(20,8);
printf("[SI= S]/[NO= N].    ==> ");
do{
gotoxy(46,8);
printf(" ");
impr = getche();
}while ((impr != 's' && impr != 'S') && (impr != 'n' &&
impr != 'N'));
switch (impr)
{
case 'S':
case 's':
/*imprimir los resultados*/
clrscr();
gotoxy(5,5);
printf(" REALIZAR LAS SIGUIENTES
INSTRUCCIONES : ");
gotoxy(5,8);
printf(" 1.- ENCENDER LA IMPRESORA E
INTRODUCIR LA HOJA. ");
gotoxy(5,10);
printf(" 2.- EN EL MOMENTO QUE SE PRESENTE
LA PRIMERA TABLA DE RESULTADOS");
gotoxy(5,12);
printf(" PRESIONAR AL MISMO TIEMPO LAS
TECLAS <Shift> + <Print Scrn>.");
gotoxy(5,14);
printf(" 3.- PRESIONAR LA TECLA <Enter>.");
gotoxy(5,16);
printf(" 4.- EN EL MOMENTO QUE SE PRESENTE
A SEGUNDA TABLA DE RESULTADOS");
gotoxy(5,18);
printf(" PRESIONAR AL MISMO TIEMPO LAS
TECLAS <Shift> + <Print Scrn>.");
gotoxy(25,24);
printf(" Presione cualquier tecla para
continuar... ==> ");
getch();

/* mensaje final */
clrscr();
marco(1,1,24,78,10);
gotoxy(4,5);
printf("SINTESIS DE LA APLICACION DEL MODELO
MATEMATICO PARA CALCULAR EL");
gotoxy(4,6);
printf("NUMERO DE COLECTORES SOLARES EN EL
ACONDICIONAMIENTO CALORIFICO");
gotoxy(4,7);
printf("DEL AGUA DE UNA PISCINA. ");

```

```

gotoxy(20,9);
printf("CONDICIONES DE TRABAJO :");
gotoxy(20,10);
printf("=====");

gotoxy(8,11);
printf("-CIUDAD EN LA QUE ESTA UBICADA LA
PISCINA.          %s",ciudad);
gotoxy(8,12);
printf("-AREA DE LA PISCINA.
%.2f M²",as);
gotoxy(8,13);
printf("-AREA DE COLECTORES SOLARES.
%.2f M²",z);

gotoxy(20,15);
printf("VARIABLES METEOROLOGICAS :");
gotoxy(20,16);
printf("=====");

gotoxy(8,17);
printf("-TEMPERATURA AMBIENTE.
%.2f °C",ta);
gotoxy(8,18);
printf("-RADIACION SOLAR.
%.2f BTU/PIE²-DIA",ra);
gotoxy(8,19);
printf("-VELOCIDAD DEL VIENTO.
%.2f KM/HR",v);
gotoxy(8,20);
printf("-HUMEDAD RELATIVA.
%.2f %%",hu);
gotoxy(8,21);
printf("-TEMPERATURA DEL SUELO.
%.2f °C",tg);
gotoxy(8,22);
printf("-PRESION BAROMETRICA.
%.2f LB/PUL²",pb);
gotoxy(8,23);
printf("-ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR.
%.2f M",hn);
car = getch();

clrscr();
marco(1,1,24,78,10);
gotoxy(20,5);
printf("VARIABLES DE DISEÑO :");
gotoxy(20,6);
printf("=====");

gotoxy(8,7);
printf("-TEMPERATURA DE EQUILIBRIO.
%.2f °C",te);

```

```

gotoxy(8,8);
printf("-PERDIDAS CALORIFICAS POR : ");
gotoxy(20,9);
printf("CONDUCCION.
%.2f W/M²",qd);
gotoxy(20,10);
printf("CONVECCION.
%.2f W/M²",qc);
gotoxy(20,11);
printf("RADIACION.
%.2f W/M²",qr);
gotoxy(20,12);
printf("EVAPORACION.
%.2f W/M²",qv);
gotoxy(8,14);
printf("-CALOR NETO REQUERIDO PARA");
gotoxy(9,15);
printf("MANTENER LA TEMPERATURA DESEADA.
%.2f (Kw-Hr)/(M²-DIA)",qn);
gotoxy(8,16);
printf("-NUMERO DE COLECTORES SOLARES.
%d",nc);
gotoxy(8,17);
printf("-EFICIENCIA DEL COLECTOR.
%.2f %%",m);
gotoxy(8,18);
printf("-NUMEROS DE DIAS QUE SE ASEGURA");
gotoxy(9,19);
printf("CUMPLIR CON LA TEMPERATURA DESEADA.
%d",x);

gotoxy(8,20);
printf(" -COSTO DE MATERIALES PARA EL
PROYECTO.
%.2f SUCRES",vt);
getch();

clrscr();
gotoxy(15,10);
printf(" <<*** USTED HA FINALIZADO LA SESION DE
TRABAJO **>> ");
gotoxy(16,12);
printf(" <<*** PRESIONE CUALQUIER TECLA PARA SALIR
***>> ");
sesion = 'n';
getch();
exit(0);
break;

case 'N':
case 'n':
clrscr();
gotoxy(15,10);

```

```

printf(" <<** USTED HA FINALIZADO LA SESION
DE TRABAJO **>> ");
gotoxy(16,12);
printf(" <<*** PRESIONE CUALQUIER TECLA PARA
SALIR ***>> ");
sesion = 'n';
getch();
exit(0);
break;
}
}

}while ((sesion != 'S' && sesion != 's')&&(sesion !=
'N' && sesion != 'n'));
}
}
} /* main */

void opesi()
{
do
{
clrscr();
gotoxy(10,5);
printf("INGRESE LAS MEDIDAS CARACTERISTICAS DE LA
PISCINA EN [M]. ");
gotoxy(20,7);
printf("LONGITUD          Lp= ");
scanf("%f",&lp);
gotoxy(20,9);
printf("ALTURA          Hp= ");
scanf("%f",&hp);
gotoxy(20,11);
printf("ANCHO          Ap= ");
scanf("%f",&ap);

gotoxy(10,15);
printf("INGRESE EL ESPESOR DE CONCRETO EN [M].");
gotoxy(20,17);
printf("PAREDES Y FONDO DE LA PISCINA    L2 = ");
scanf("%f",&l2);

gotoxy(10,20);
printf("INGRESE EL ESPESOR DEL RECUBRIMIENTO CERAMICO
EN [M].");
gotoxy(20,21);
printf("PAREDES Y FONDO DE LA PISCINA    L3 = ");
scanf("%f",&l3);

clrscr();
gotoxy(10,10);
printf("EN EL APENDICE F UBICAR LOS VALORES
DE CONDUCTIVIDAD");

```

```

gotoxy(10,11);
printf("TERMICA EN [W/M °K] PARA : ");
gotoxy(10,13);
printf("CONDUCTIVIDAD TERMICA DEL SUELO (W/M °K).
K1 = ");
scanf("%f",&k1);
gotoxy(10,15);
printf("CONDUCTIVIDAD TERMICA DEL CONCRETO (W/M °K).
K2 = ");
scanf("%f",&k2);
gotoxy(10,17);
printf("CONDUCTIVIDAD TERMICA RECUBRIMIENTO CERAMICO
(W/M°K). K3 = ");
scanf("%f",&k3);

clrscr();
gotoxy(9,1);
printf("EN EL APENDICE G ENCUENTRE LAS
PROPIEDADES FISICAS");
gotoxy(9,2);
printf("DE LA CAPA DE AIRE ADYACENTE A LA SUPERFICIE
DE LA PISCINA. ");
gotoxy(9,3);
printf("INGRESE LOS VALORES INMEDIATAMENTE
INFERIORES Y SUPERIORES.");
gotoxy(9,4);
printf("LA TEMPERATURA DE FILM ES %.2f °K.".tf);

gotoxy(9,6);
printf("INGRESE LO QUE A CONTINUACION SE SOLICITA:");
gotoxy(14,8);
printf("TEMPERATURA 1 T1 = ");
scanf("%f",&t1);
gotoxy(14,9);
printf("TEMPERATURA 2 T2 = ");
scanf("%f",&t2);
gotoxy(14,11);
printf("DENSIDAD 1 Ro1 = ");
scanf("%f",&ro1);
gotoxy(14,12);
printf("DENSIDAD 2 Ro2 = ");
scanf("%f",&ro2);
gotoxy(14,14);
printf("VISCOSIDAD 1 U1 = ");
scanf("%f",&u1);
gotoxy(14,15);
printf("VISCOSIDAD 2 U2 = ");
scanf("%f",&u2);
gotoxy(14,17);
printf("CONDUCTIVIDAD TERMICA 1 Ka = ");
scanf("%f",&ka);
gotoxy(14,18);
printf("CONDUCTIVIDAD TERMICA 2 Kb = ");

```

```

scanf("%f",&kb);
gotoxy(14,20);
printf("NUMERO DE PRANDTL      1      Pr1 =  ");
scanf("%f",&pr1);
gotoxy(14,21);
printf("NUMERO DE PRANDTL      2      Pr2 =  ");
scanf("%f",&pr2);

gotoxy(5,23);
printf("LOS VALORES INGRESADOS SON CORRECTOS SI O NO
[S/N].    ==> ");
do
{
gotoxy(65,23);
printf(" ");
gotoxy(65,23);
opc3 = getche();
}while((opc3!='s' && opc3!='S')&&(opc3!='n' && opc3!=
'N'));

}while((opc3=='n')||!(opc3=='N'));

c = (tf-t1)/(t2-t1);
pr = pr1 - c * (pr1 - pr2);
ro = ro1 - c * (ro1 - ro2);
k = (ka + c * (kb - ka)) * 0.001;
u = (u1 + c * (u2 - u1)) * 1E-7;
rohn = (pb*ro)/14.7;
re = (lp * vm * rohn)/u;

if (re > 5E+5)
nu = (0.0365 * pow(re,0.8) * pow(pr,0.43));
else
{
ruth = pow(re,0.5);
edith = pow(pr,0.33333);
nu = (0.664 * ruth * edith);
}

hc = (k * nu) / lp;
qc = hc * (tsk - tk);

as = lp * ap;

al = 2 * (lp * hp + ap * hp);

```

```

af = lp * ap;

qd = ((tek - tgk)*(k1*k2*k3)) / (11*k2*k3 + 12*k1*k3
+ 13*k1*k2);

} /* opesi */

void openo()
{
if (cont > 0)
{
goto calorconv;
}

if (v > 5)
he = (0.45+(2.9*vm));
else
he = (0.45+(2.9*vm));

calorconv:
qe = hc * (ts - ta);
if (cont > 0)
{
goto calore;
}

while ((opc4 != 'S') && (opc4 != 's'))
{
clrscr();
gotoxy(15,5);
printf("INGRESE EL AREA SUPERFICIAL DE LA PISCINA EN
[M²].");
gotoxy(30,6);
printf("As = ");
scanf("%f",&as);

gotoxy(15,8);
printf("INGRESE EL AREA LATERAL DE LA PISCINA EN
[M²].");
gotoxy(30,9);
printf("Al = ");
scanf("%f",&al);

gotoxy(15,11);
printf("INGRESE EL AREA DEL FONDO DE LA PISCINA EN
[M²].");
gotoxy(30,12);
printf("Af = ");
scanf("%f",&af);

gotoxy(15,14);

```

```

printf("INGRESE EL ESPESOR DE LA PARED LATERAL DE
CONCRETO Y");
gotoxy(15,15);
printf("FONDO DE LA PISCINA EN [M].");
gotoxy(30,16);
printf("L2 = ");
scanf("%f",&l2);

gotoxy(15,18);
printf("INGRESE EL ESPESOR DEL RECUBRIMIENTO CERAMICO
EN [M].");
gotoxy(30,19);
printf("L3 = ");
scanf("%f",&l3);

clrscr();
gotoxy(13,5);
printf("EN EL APENDICE F UBICAR LOS SIGUIENTES DATOS
: ");

gotoxy(13,8);
printf("CONDUCTIVIDAD TERMICA DEL TERRENO (W/M °K).
");
gotoxy(28,9);
printf("K1 = ");
scanf("%f",&k1);

gotoxy(13,11);
printf("CONDUCTIVIDAD TERMICA DEL CONCRETO (W/M °K).
");
gotoxy(28,12);
printf("K2 = ");
scanf("%f",&k2);

gotoxy(13,14);
printf("CONDUCTIVIDAD TERMICA DEL RECUBRIMIENTO
CERAMICO (W/M °K).");
gotoxy(28,15);
printf("K3 = ");
scanf("%f",&k3);

do{
gotoxy(11,20);
printf("LOS VALORES INGRESADOS SON CORRECTOS SI O NO
[S/N] ?. ==> ");
gotoxy(73,20);
opc4 = getch();
}while ((opc4 != 's' && opc4 != 'S')&&(opc4 != 'n' &&
opc4 != 'N'));
}
calore:
qd = ((tek - tgk)*(k1*k2*k3)) / (l1*k2*k3 + l2*k1*k3
+ l3*k1*k2);

```

```

    }/* opcno */

    marco(x1,y1,x2,y2,c1)
    {
    unsigned short i, j;

    /** Dibuja las columnas y1 y y2 **/
    for (i = x1; i <= x2; ++i)
    {
    gotoxy (y1,i); putchar( '|');
    /* caracter = ALT+186 */
    gotoxy (y2,i); putchar( '|');
    }

    /** Dibuja las filas x1 y x2 **/
    for (j = y1; j <= y2; ++j)
    {
    gotoxy (j,x1); putchar( '=');
    /* caracter = ALT+205 */
    gotoxy (j,x2); putchar( '=');
    gotoxy (j,x1+2); putchar( '=');
    }

    /** Se dibujan las esquinas **/
    gotoxy (y1,x1); putchar( '┌');
    /* caracter = ALT+201 */
    gotoxy (y2,x1); putchar( '└');
    /* caracter = ALT+187 */
    gotoxy (y1,x2); putchar( '┐');
    /* caracter = ALT+200 */
    gotoxy (y2,x2); putchar( '┑');
    /* caracter = ALT+188 */

    /** Se dibujan conectores intermedios **/
    gotoxy (y1,x1+2); putchar( '|');
    /* caracter = ALT+204 */
    gotoxy (y2,x1+2); putchar( '|');
    /* caracter = ALT+185 */

    /** Presenta la cabecera de la pantalla **/
    gotoxy (y1+c1,x1+1);
    printf("    <<    ACONDICIONAMIENTO    TERMICO    DE
    PISCINAS    >>");
    } /** marco **/

```

6.3. PROGRAMA EJECUTADO.

Para cualquier persona interesada en aplicar el programa del modelo matemático para determinar el número de colectores solares en el acondicionamiento térmico de una piscina, siga las siguientes instrucciones:

1. En la parte interior de la cubierta posterior se encuentra el diskette con el programa ejecutable llamado TESIS.
2. Ingresar el diskette en la disquetera de la computadora y escribir b: y luego presionar la tecla < enter >.
3. Escribir en pantalla las palabras CD TURBOC y luego presionar la tecla < enter >.
4. En la pantalla aparecerá la palabra TURBOC\ escribir TESIS y luego presionar la tecla < enter > y usted ingresará a la aplicación del modelo matemático.
5. Seguir las instrucciones que se ofrecen en el desarrollo del programa tal como a continuación se describen en la siguiente corrida del programa:

BIENVENIDO A LA UTILIZACION DE ESTE PROGRAMA QUE HA SIDO DISEÑADO PARA CALCULAR EL NUMERO DE COLECTORES SOLARES NECESARIOS PARA ACONDICIONAR TERMICAMENTE EL AGUA DE UNA PISCINA.

EL PROGRAMA INICIALMENTE HA SIDO DISEÑADO PARA APLICARLO BAJO LAS CONDICIONES METEOROLOGICAS DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL. TAMBIEN PUEDE APLICARSE CONOCIENDO LOS PARAMETROS METEOROLOGICOS LOCALES DE OTRAS CIUDADES.

INGRESE EL NOMBRE DE LA CIUDAD EN DONDE SERAN INSTALADOS LOS COLECTORES SOLARES.

CIUDAD = GUAYAQUIL

INGRESE LOS PARAMETROS METEOROLOGICOS QUE A CONTINUACION SE LE INDICARA :

TEMPERATURA AMBIENTE PROMEDIO EN °C. (TABLA VI).

Ta = 23

RADIACION SOLAR MEDIA EN [BTU/Pie²-DIA]. (TABLA VIII).

Ra = 1500

NIVEL DE RADIACION SOLAR DESDE 1 A 7 EN BASE A LA TABLA IX.

Ni = 5

HUMEDAD RELATIVA MEDIA EN [%]. (TABLA X).

Hu = 76.4

PRESION BAROMETRICA EN P.S.I. $P_b = 14.7$

ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR EN METROS.
 $H_n = 6$

VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO EN [KM/HR]. (TABLA XI).
 $V = 1.8$

TEMPERATURA MEDIA DEL SUELO EN [°C]. (TABLA XIII).
 $T_g = 27.4$

VARIABLE METEOROLOGICA DEPENDIENTE DEL DISEÑO. LA
TEMPERATURA DE EQUILIBRIO EN [°C].
 $T_e = 30$

LOS DATOS INGRESADOS SON CORRECTOS SI O NO [S/N].
====> S

CON LA TEMPERATURA AMBIENTE $T_a = 73.40$ °F Y CON LA
HUMEDAD RELATIVA $H_u = 76.40$ % EN LA CARTA
PSICROMETRICA DE LA FIG.13 ENCONTRAR LA TEMPERATURA
DE BULBO HUMEDO T_w .

TEMPERATURA DE BULBO HUMEDO EN [°F].
 $T_w = 68.3$

EL VALOR DE T_w ES CORRECTO SI O NO? [S/N].
====> S

SI LA PISCINA TIENE FORMA CUADRADA O RECTANGULAR
INGRESE [S].

SI LA PISCINA TIENE FORMA IRREGULAR INGRESE [N].

==> S

SU INGRESO FUE CORRECTO [S/N].

==> S

INGRESE LAS MEDIDAS CARACTERISTICAS DE LA PISCINA EN [M].

LONGITUD $L_p = 13$

ALTURA $H_p = 1.9$

ANCHO $A_p = 6$

INGRESE EL ESPESOR DE CONCRETO EN [M].

PAREDES Y FONDO DE LA PISCINA $L_2 = 0.25$

INGRESE EL ESPESOR DEL RECUBRIMIENTO CERAMICO EN [M].

PAREDES Y FONDO DE LA PISCINA $L_3 = 0.03$

EN EL APENDICE F ENCONTRAR LOS VALORES DE CONDUCTIVIDAD TERMICA EN [W/M °K] PARA :

CONDUCTIVIDAD TERMICA DEL SUELO (W/M °K).
 $K_1 = 0.52$

CONDUCTIVIDAD TERMICA DEL CONCRETO (W/M °K).
 $K_2 = 0.72$

CONDUCTIVIDAD TERMICA RECUBRIMIENTO CERAMICO (W/M°K).
 $K3 = 0.52$

EN EL APENDICE G ENCUENTRE LAS PROPIEDADES FISICAS DE LA CAPA DE AIRE ADYACENTE A LA SUPERFICIE DE LA PISCINA. INGRESE LOS VALORES INMEDIATAMENTE INFERIORES Y SUPERIORES.

LA TEMPERATURA DE FILM ES 298.27 °K.

INGRESE LO QUE A CONTINUACION SE SOLICITA:

TEMPERATURA 1	T1 = 250
TEMPERATURA 2	T2 = 300
DENSIDAD 1	Ro1 = 1.3947
DENSIDAD 2	Ro2 = 1.1614
VISCOSIDAD 1	U1 = 159.6
VISCOSIDAD 2	U2 = 184.6
CONDUCTIVIDAD TERMICA 1	Ka = 22.3
CONDUCTIVIDAD TERMICA 2	Kb = 26.3
NUMERO DE PRANDTL 1	Pr1 = 0.72
NUMERO DE PRANDTL 2	Pr2 = 0.707

LOS VALORES INGRESADOS SON CORRECTOS SI O NO [S/N].
 ==> S

INGRESE EL VALOR ADIMENSIONAL PARA LA EMITANCIA DE LA PISCINA.

PARA PISCINAS DESCUBIERTAS P ES 0.8.
 PARA PISCINAS CUBIERTAS P ES 0.86.

$P = 0.86$

POR FAVOR. UTILIZE EL GRAFICO 14 CON LAS SIGUIENTES INDICACIONES:

A) CON LA TEMPERATURA DE LA CUBIERTA 77.15 °F EN EL EJE DE LAS X HASTA ALCANZAR EL VALOR DE 100 % DE HUMEDAD RELATIVA HALLAR EL VALOR DE PRESION DE VAPOR DE AGUA EN LB/PUL².

$$P_{vs} = 0.465$$

B) CON LA TEMPERATURA AMBIENTE 73.40 °F EN EL EJE DE LAS X HASTA ALCANZAR EL VALOR DE 76.40 % DE HUMEDAD RELATIVA HALLAR EL VALOR DE PRESION DE VAPOR DE AGUA EN LB/PUL².

$$P_v = 0.32$$

INGRESE EL VALOR DE EFICIENCIA DE LOS COLECTORES SOLARES EN TANTO POR CIENTO. EJEMPLO 60,70,80 O 90%, ETC.

$$M = 80$$

INGRESE EL AREA SUPERFICIAL EN M² DE CADA COLECTOR SOLAR.

$$Z = 2.44$$

INGRESE EL VALOR EN SUCRES POR EL PRECIO DE CADA COLECTOR SOLAR.

$$V_s = 800000$$

INGRESE EL VALOR EN SUCRES POR CADA M² DE LA CUBIERTA TERMICA.

$$CCT = 20000$$

<< ACONDICIONAMIENTO TERMICO DE PISCINAS >>

SINTESIS DE LA APLICACION DEL MODELO MATEMATICO PARA
CALCULAR EL NUMERO DE COLECTORES SOLARES EN EL
ACONDICIONAMIENTO TERMICO DEL AGUA DE UNA PISCINA.

CONDICIONES DE TRABAJO :

=====

-CIUDAD EN LA QUE ESTA UBICADA LA PISCINA.	GUAYAQUIL
-AREA DE LA PISCINA.	78.00 M ²
-AREA DE COLECTORES SOLARES.	2.44 M ²

VARIABLES METEOROLOGICAS :

=====

-TEMPERATURA AMBIENTE.	23.00 °C
-RADIACION SOLAR.	1500.00 BTU/PIE ² -DIA
-VELOCIDAD DEL VIENTO.	1.80 KM/HR
-HUMEDAD RELATIVA.	76.40 %
-TEMPERATURA DEL SUELO.	27.40 °C
-PRESION BAROMETRICA.	14.70 LB/PUL ²
-ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR.	6.00 M

<< ACONDICIONAMIENTO TERMICO DE PISCINAS >>

VARIABLES DE DISEÑO :

-TEMPERATURA DE EQUILIBRIO.	30.00 °C
-PERDIDAS CALORIFICAS POR :	
CONDUCCION.	1.90 W/M ²
CONVECCION.	3.48 W/M ²
RADIACION.	163.26 W/M ²
EVAPORACION.	71.74 W/M ²
-CALOR NETO REQUERIDO PARA MANTENER LA TEMPERATURA DESEADA.	1.89 (Kw-Hr)/(M ² -DIA)
-NUMERO DE COLECTORES SOLARES.	16
-EFICIENCIA DEL COLECTOR.	80.00 %
-NUMEROS DE DIAS QUE SE ASEGURA CUMPLIR CON LA TEMPERATURA DESEADA.	165
-COSTO DE MATERIALES PARA EL PROYECTO.	15640000.00 SUCRES

DESEA PROBAR OTRAS OPCIONES? [S/N]. ===> S

USTED PUEDE CAMBIAR LOS VALORES DE LAS SIGUIENTES VARIABLES:

- 1.- TEMPERATURA AMBIENTE (TA).
- 2.- RADIACION SOLAR (RA).
- 3.- TEMPERATURA DE EQUILIBRIO (TE).
- 4.- AREA SUPERFICIAL DE LA PISCINA (AS).
- 5.- AREA DE COLECTOR SOLAR (Z).
- 6.- EFICIENCIA DEL COLECTOR (M).

A CONTINUACION TIENE USTED 3 OPCIONES
PARA CAMBIAR EL VALOR DE UNA VARIABLE A LA VEZ.

INGRESE EL NUMERO CORRESPONDIENTE
DE LA VARIABLE A CAMBIAR = [2]

INGRESE EL NUEVO VALOR DE LA RADIACION SOLAR
[BTU/Pie²-Día]. = 1300

INGRESE EL NUEVO VALOR DEL NIVEL DE RADIACION [1
hasta 7]. = 5

CON LA TEMPERATURA AMBIENTE $T_a = 73.40$ °F Y CON LA
HUMEDAD RELATIVA $H_u = 76.40$ % EN LA CARTA
PSICROMETRICA DE LA FIG.13 ENCONTRAR LA TEMPERATURA
DE BULBO HUMEDO T_w .

TEMPERATURA DE BULBO HUMEDO EN [°F].
 $T_w = 68.3$

EL VALOR DE T_w ES CORRECTO SI O NO? [S/N].
===> S

POR FAVOR, UTILIZE EL GRAFICO 14 CON LAS SIGUIENTES INDICACIONES:

A) CON LA TEMPERATURA DE LA CUBIERTA 77.15 °F EN EL EJE DE LAS X HASTA ALCANZAR EL VALOR DE 100 % DE HUMEDAD RELATIVA HALLAR EL VALOR DE PRESION DE VAPOR DE AGUA EN LB/PUL².

$$P_{vs} = 0.465$$

B) CON LA TEMPERATURA AMBIENTE 73.40 °F EN EL EJE DE LAS X HASTA ALCANZAR EL VALOR DE 76.40 % DE HUMEDAD RELATIVA HALLAR EL VALOR DE PRESION DE VAPOR DE AGUA EN LB/PUL².

$$P_v = 0.32$$

<< ACONDICIONAMIENTO TERMICO DE PISCINAS >>

SINTESIS DE LA APLICACION DEL MODELO MATEMATICO PARA
CALCULAR EL NUMERO DE COLECTORES SOLARES EN EL
ACONDICIONAMIENTO TERMICO DEL AGUA DE UNA PISCINA.

CONDICIONES DE TRABAJO :

-CIUDAD EN LA QUE ESTA UBICADA LA PISCINA.	GUAYAQUIL
-AREA DE LA PISCINA.	78.00 M ²
-AREA DE COLECTORES SOLARES.	2.44 M ²

VARIABLES METEOROLOGICAS :

-TEMPERATURA AMBIENTE.	23.00 °C
-RADIACION SOLAR.	1300.00 BTU/PIE ² -DIA
-VELOCIDAD DEL VIENTO.	1.80 KM/HR
-HUMEDAD RELATIVA.	76.40 %
-TEMPERATURA DEL SUELO.	27.40 °C
-PRESION BAROMETRICA.	14.70 LB/PUL ²
-ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR.	6.00 M

<< ACONDICIONAMIENTO TERMICO DE PISCINAS >>

VARIABLES DE DISEÑO :

-TEMPERATURA DE EQUILIBRIO.	30.00 °C
PERDIDAS CALORIFICAS POR :	
CONDUCCION.	1.90 W/M ²
CONVECCION.	3.48 W/M ²
RADIACION.	163.26 W/M ²
EVAPORACION.	71.74 W/M ²
-CALOR NETO REQUERIDO PARA MANTENER LA TEMPERATURA DESEADA.	2.41 (Kw-Hr)/(M ² -DIA)
-NUMERO DE COLECTORES SOLARES.	24
-EFICIENCIA DEL COLECTOR.	80.00 %
-NUMEROS DE DIAS QUE SE ASEGURA CUMPLIR CON LA TEMPERATURA DESEADA.	165
-COSTO DE MATERIALES PARA EL PROYECTO.	22680000.00 SUCRES

USTED PUEDE CAMBIAR LOS VALORES DE LAS SIGUIENTES VARIABLES:

- 1.- TEMPERATURA AMBIENTE (TA).
- 2.- RADIACION SOLAR (RA).
- 3.- TEMPERATURA DE EQUILIBRIO (TE).
- 4.- AREA SUPERFICIAL DE LA PISCINA (AS).
- 5.- AREA DE COLECTOR SOLAR (Z).
- 6.- EFICIENCIA DEL COLECTOR (M).

A CONTINUACION TIENE USTED 2 OPCIONES PARA CAMBIAR EL VALOR DE UNA VARIABLE A LA VEZ.

INGRESE EL NUMERO CORRESPONDIENTE DE LA VARIABLE A CAMBIAR = [3]

INGRESE EL NUEVO VALOR DE LA TEMPERATURA DE EQUILIBRIO [$^{\circ}$ C]. = 29

CON LA TEMPERATURA AMBIENTE $T_a = 73.40$ $^{\circ}$ F Y CON LA HUMEDAD RELATIVA $H_u = 76.40$ % EN LA CARTA PSICROMETRICA DE LA FIG.13 ENCONTRAR LA TEMPERATURA DE BULBO HUMEDO T_w .

TEMPERATURA DE BULBO HUMEDO EN [$^{\circ}$ F].
 $T_w = 68.3$

EL VALOR DE T_w ES CORRECTO SI O NO? [S/N].
==> S

POR FAVOR. UTILIZE EL GRAFICO 14 CON LAS SIGUIENTES INDICACIONES:

A) CON LA TEMPERATURA DE LA CUBIERTA 76.25 °F EN EL EJE DE LAS X HASTA ALCANZAR EL VALOR DE 100 % DE HUMEDAD RELATIVA HALLAR EL VALOR DE PRESION DE VAPOR DE AGUA EN LB/PUL².

$$P_{vs} = 0.46$$

B) CON LA TEMPERATURA AMBIENTE 76.40 °F EN EL EJE DE LAS X HASTA ALCANZAR EL VALOR DE 76.40 % DE HUMEDAD RELATIVA HALLAR EL VALOR DE PRESION DE VAPOR DE AGUA EN LB/PUL².

$$P_v = 0.32$$

<< ACONDICIONAMIENTO TERMICO DE PISCINAS >>

SINTESIS DE LA APLICACION DEL MODELO MATEMATICO PARA
 CALCULAR EL NUMERO DE COLECTORES SOLARES EN EL
 ACONDICIONAMIENTO TERMICO DEL AGUA DE UNA PISCINA.

CONDICIONES DE TRABAJO :

-CIUDAD EN LA QUE ESTA UBICADA LA PISCINA.	GUAYAQUIL
-AREA DE LA PISCINA.	78.00 M ²
-AREA DE COLECTORES SOLARES.	2.44 M ²

VARIABLES METEOROLOGICAS :

-TEMPERATURA AMBIENTE.	23.00 °C
-RADIACION SOLAR.	1500.00 BTU/PIE ² -DIA
-VELOCIDAD DEL VIENTO.	1.80 KM/HR
-HUMEDAD RELATIVA.	76.40 %
-TEMPERATURA DEL SUELO.	27.40 °C
-PRESION BAROMETRICA.	14.70 LB/PUL ²
-ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR.	6.00 M

<< ACONDICIONAMIENTO TERMICO DE PISCINAS >>

VARIABLES DE DISEÑO :

-TEMPERATURA DE EQUILIBRIO.	29.00 °C
-PERDIDAS CALORIFICAS POR :	
CONDUCCION.	1.17 W/M ²
CONVECCION.	2.90 W/M ²
RADIACION.	158.43 W/M ²
EVAPORACION.	69.27 W/M ²
-CALOR NETO REQUERIDO PARA MANTENER LA TEMPERATURA DESEADA.	1.68 (Kw-Hr)/(M ² -DIA)
-NUMERO DE COLECTORES SOLARES.	15
-EFICIENCIA DEL COLECTOR.	80.00 %
-NUMEROS DE DIAS QUE SE ASEGURA CUMPLIR CON LA TEMPERATURA DESEADA.	165
-COSTO DE MATERIALES PARA EL PROYECTO.	14760000.00 SUCRES

USTED PUEDE CAMBIAR LOS VALORES DE LAS SIGUIENTES VARIABLES:

- 1.- TEMPERATURA AMBIENTE (TA).
- 2.- RADIACION SOLAR (RA).
- 3.- TEMPERATURA DE EQUILIBRIO (TE).
- 4.- AREA SUPERFICIAL DE LA PISCINA (AS).
- 5.- AREA DE COLECTOR SOLAR (Z).
- 6.- EFICIENCIA DEL COLECTOR (M).

A CONTINUACION TIENE USTED 1 OPCIONES
PARA CAMBIAR EL VALOR DE UNA VARIABLE A LA VEZ.

INGRESE EL NUMERO CORRESPONDIENTE
DE LA VARIABLE A CAMBIAR = [1]

CON LA TEMPERATURA AMBIENTE $T_a = 75.20$ °F Y CON LA
HUMEDAD RELATIVA $H_u = 76.40$ % EN LA CARTA
PSICROMETRICA DE LA FIG.13 ENCONTRAR LA TEMPERATURA
DE BULBO HUMEDO T_w .

TEMPERATURA DE BULBO HUMEDO EN [°F].
 $T_w = 69.8$

EL VALOR DE T_w ES CORRECTO SI O NO? [S/N].
==> S

POR FAVOR, UTILIZE EL GRAFICO 14 CON LAS SIGUIENTES INDICACIONES:

A) CON LA TEMPERATURA DE LA CUBIERTA 77.90 °F EN EL EJE DE LAS X HASTA ALCANZAR EL VALOR DE 100 % DE HUMEDAD RELATIVA HALLAR EL VALOR DE PRESION DE VAPOR DE AGUA EN LB/PUL².

$$P_{vs} = 0.47$$

B) CON LA TEMPERATURA AMBIENTE 75.20 °F EN EL EJE DE LAS X HASTA ALCANZAR EL VALOR DE 76.40 % DE HUMEDAD RELATIVA HALLAR EL VALOR DE PRESION DE VAPOR DE AGUA EN LB/PUL².

$$P_v = 0.33$$

<< ACONDICIONAMIENTO TERMICO DE PISCINAS >>

SINTESIS DE LA APLICACION DEL MODELO MATEMATICO PARA
CALCULAR EL NUMERO DE COLECTORES SOLARES EN EL
ACONDICIONAMIENTO TERMICO DEL AGUA DE UNA PISCINA.

CONDICIONES DE TRABAJO :
=====

-CIUDAD EN LA QUE ESTA UBICADA LA PISCINA.	GUAYAQUIL
-AREA DE LA PISCINA.	78.00 M ²
-AREA DE COLECTORES SOLARES.	2.44 M ²

VARIABLES METEOROLOGICAS :
=====

-TEMPERATURA AMBIENTE.	24.00 °C
-RADIACION SOLAR.	1500.00 BTU/PIE ² -DIA
-VELOCIDAD DEL VIENTO.	1.80 KM/HR
-HUMEDAD RELATIVA.	76.40 %
-TEMPERATURA DEL SUELO.	27.40 °C
-PRESION BAROMETRICA.	14.70 LB/PUL ²
-ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR.	6.00 M

<< ACONDICIONAMIENTO TERMICO DE PISCINAS >>

VARIABLES DE DISEÑO :

-TEMPERATURA DE EQUILIBRIO.	30.00 °C
-PERDIDAS CALORIFICAS POR :	
CONDUCCION.	1.90 W/M ²
CONVECCION.	2.87 W/M ²
RADIACION.	158.79 W/M ²
EVAPORACION.	69.27 W/M ²
-CALOR NETO REQUERIDO PARA MANTENER LA TEMPERATURA DESEADA.	1.71 (Kw-Hr)/(M ² -DIA)
-NUMERO DE COLECTORES SOLARES.	15
-EFICIENCIA DEL COLECTOR.	80.00 %
-NUMEROS DE DIAS QUE SE ASEGURA CUMPLIR CON LA TEMPERATURA DESEADA.	165
-COSTO DE MATERIALES PARA EL PROYECTO.	14760000.00 SUCRES

O P C I O N E S	OPCION 1	OPCION 2	OPCION 3	OPCION 4
TEMPERATURA AMBIENTE (°C)	23.00	23.00	23.00	24.00
RADIACION SOLAR (BTU/Pie ² -Día)	1500.00	1300.00	1500.00	1500.00
VELOCIDAD DEL VIENTO (Km/Hr)	1.80	1.80	1.80	1.80
HUMEDAD RELATIVA (%)	76.40	76.40	76.40	76.40
TEMPERATURA DE EQUILIBRIO (°C)	30.00	30.00	29.00	30.00
AREA DE PISCINA (m ²)	78.00	78.00	78.00	78.00
AREA DE COLECTOR (m ²)	2.44	2.44	2.44	2.44
EFICIENCIA DEL COLECTOR (%)	80.00	80.00	80.00	80.00
NUMERO DE COLECTORES (#)	16	24	15	15
NUMERO DE DIAS (#)	165	165	165	165
COSTO (S/.)	15640000	22680000	14760000	14760000

O P C I O N E S	OPCION 1	OPCION 2	OPCION 3	OPCION 4
TEMPERATURA AMBIENTE (°C)	23.00	23.00	23.00	24.00
RADIACION SOLAR (BTU/Pie ² -Día)	1500.00	1300.00	1500.00	1500.00
VELOCIDAD DEL VIENTO (Km/Hr)	1.80	1.80	1.80	1.80
HUMEDAD RELATIVA (%)	76.40	76.40	76.40	76.40
TEMPERATURA DE EQUILIBRIO (°C)	30.00	30.00	29.00	30.00
AREA DE PISCINA (m ²)	78.00	78.00	78.00	78.00
AREA DE COLECTOR (m ²)	2.44	2.44	2.44	2.44
EFICIENCIA DEL COLECTOR (%)	80.00	80.00	80.00	80.00
NUMERO DE COLECTORES (#)	16	24	15	15
NUMERO DE DIAS	165	165	165	165
COSTO (S/.)	15640000	22680000	14760000	14760000

6.4. ANALISIS DE RESULTADOS.

- Aunque el programa para la aplicación del modelo matemático para el acondicionamiento térmico del agua de una piscina, está diseñado para utilizar el procedimiento en situaciones generales, en este caso con el objetivo de ilustrar el método se lo ha utilizado en una aplicación en particular junto con la variación de algunas variables meteorológicas.

- Es necesario recordar que las condiciones de trabajo y los parámetros de las variables meteorológicas son exclusivamente válidos para la ciudad de Guayaquil.

- El ejemplo elaborado y desarrollado en el literal 6.3. se ajusta a las siguientes características:

Ciudad de Guayaquil.

Velocidad de viento de 1.8 Km/Hr.

Temperatura ambiente 23 °C.

Radiación solar 1300 y 1500 BTU/Pie²-Día.

Humedad relativa 76.4 %.

Temperatura del suelo 27.4 °C.

Temperatura de equilibrio 29 y 30 °C.

Area superficial de la piscina 78 m².

Aea del colector solar 2.44 m².

Eficiencia del colector solar 60 y 70 %.

Aplicando el programa obtenemos el número de colectores solares, el número de días que se asegura mantener la temperatura de equilibrio y el costo de la instalación.

- Debido que el nivel de radiación solar disponible en el período diurno varía en intensidad a cada instante dependiendo de las condiciones meteorológicas, se establecieron para nuestro estudio 7 niveles de radiación solar diaria comprendidos entre 0 y 280 W/m² o 0 y 2100 BTU/Pie²-Día.

- De los resultados obtenidos de las pérdidas caloríficas se determina que el calor perdido por enfriamiento evaporativo es 3.2 veces mayor que el enfriamiento convectivo. Esta es la razón por la cual es tan efectiva una cubierta para la piscina, para reducir la evaporación.

- Cada combinación de nivel de radiación solar y temperatura ambiente constituye un evento que exige un cierto número de colectores solares para mantener la temperatura de equilibrio en la piscina. Como se debe instalar un número fijo de colectores, es necesario calcular la cantidad de paneles solares que se necesitan para una determinada situación, ya que la versatilidad del

programa se presta para realizar muchos cálculos para diferentes situaciones que se presentan como resumen en una tabla de opciones.

El cliente puede observar la conveniencia en relación a costos o en qué época utilizará más la piscina, debido a que podría usarla más en la época donde la temperatura ambiente alcanza un valor mayor, luego las pérdidas serán menores y por consiguiente se necesitarán menos colectores solares y esto reduciría el costo de la instalación.

Aplicando el procedimiento utilizado por las empresas comerciales. En donde se recomienda instalar una superficie de colectores solares equivalente a la mitad del área de la piscina. En este caso correspondería:

$$\text{Area de la piscina} = 78 \text{ m}^2$$

$$\text{Area de colectores a instalar: } \frac{78}{2} = 39 \text{ m}^2$$

$$\text{Número de colectores} = \frac{\text{Area de colectores instalar}}{\text{Area de un colector solar}}$$

$$\text{Número de colectores} = \frac{39}{2.44}$$

$$\text{Número de colectores} = 16$$

Notamos entonces como el método empírico utilizado por las empresas comerciales refleja casi aproximadamente con los resultados obtenidos con el método científico expuesto en el presente trabajo.

- Para determinar cuántos días en el año se mantendrá la temperatura de equilibrio, utilizamos el análisis estadístico de la temperatura ambiente y la radiación solar para a partir de estos datos determinar la probabilidad de ocurrencia de los eventos temperatura ambiente - radiación solar combinados, y estimar así el número de días en el año que podríamos garantizar la temperatura de equilibrio.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Luego de analizar los resultados se concluye lo siguiente:

1. El método teórico para la aplicación del modelo matemático en el acondicionamiento térmico del agua de una piscina, aquí expuesto coincide bastante bien con lo que se hace en la práctica, pero será necesario validarlo o comprobarlo a través de la experimentación.
2. El programa para computadora de la aplicación del modelo matemático ofrece una amplia ventaja al cliente que desee acondicionar caloríficamente su piscina. No sólo obtendrá información sobre el costo de la instalación, sino también el rango de temperatura para el que servirá, el número de colectores solares que serán utilizados, el número de días asegurados para mantener la temperatura de equilibrio y la elección que él mismo realizará dependiendo de sus necesidades y su economía.
3. En este método se ha estudiado la influencia que tienen las pérdidas de calor a través de las paredes y de la base de la piscina. Los resultados demuestran que constituyen pérdidas despreciables que no llegan ni al 1% del total de las pérdidas y que usualmente se

recuperan cuando la temperatura del agua disminuye.

4. La aplicación del método desarrollado en este trabajo permite ampliar la utilización de otras temperaturas de equilibrio, áreas de piscinas y de colectores solares, con la finalidad de establecer un modelo de carácter general para aplicaciones en la ciudad de Guayaquil u otras ciudades.
5. Un aspecto importante de este trabajo lo constituye el análisis estadístico de las variables como la temperatura ambiente y radiación solar. Esto permitió aplicar un criterio científico a la selección y obtención del número de colectores solares.

Una vez mencionadas las conclusiones, se recomienda lo siguiente:

1. Cuando sea aplicado el presente método y exista una instalación física proveniente del diseño del modelo matemático será importante llevar una estadística de pérdidas de calor durante un cierto período, para observar si el número de colectores obtenidos satisface las necesidades del sistema ambiente - piscina - colectores solares y si se mantiene la temperatura de equilibrio deseada para el período de días esperado.
2. El costo de instalación de los colectores solares es inicialmente elevado, pero esta es una inversión

necesaria y recuperable e incluso se la puede utilizar para el calentamiento del agua de la casa. Además ya no sería necesario utilizar energía eléctrica en el calentamiento del agua de la piscina, que a corto plazo es un gran ahorro y en definitiva se recuperaría la inversión.

3. Este método no solo se puede aplicar para piscinas de uso en el hogar, sino también aplicarlo en el calentamiento, por ejemplo de piscinas para el criadero ya sea de peces, larvas de camarón cuya temperatura de equilibrio (28°C) es fácil de obtener mediante la energía solar. Lo que queda por hacer es comprobar el desarrollo teórico a través de la experimentación y ampliar su campo de aplicaciones hacia otros procesos tecnológicos.

A P E N D I C E A



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL - LAB. FUENTES ALTERNAS DE ENERGIA EST. METEOROLOGICA

AÑO: 1980

MESES.	LLUVIA mm	HUMEDAD RELATIVA %					DIRECCION DEL VIENTO 0° 360°				VELOCIDAD DEL VIENTO Km/h.				TEMPERATURA EN °C					
		07 Hora	13 Hora	19 Hora	24 Hora	Máx.	07 Hora	13 Hora	19 Hora	24 Hora	07 Hora	13 Hora	19 Hora	24 Hora	07 Hora	13 Hora	19 Hora	24 Hora	Máx.	Mín.
Enero																				
Febrero																				
Marzo																				
Abril	301	98.6	86.5	80.2	92.7	99.4					4.2	7.1	7.4	6.5	26.3	34.9	29.2	26.3	37	25.6
Mayo	28.5	99	57.7	80.8	87.5	99.6					6.8	5.7	7.6	9.7	25.5	33.6	27.6	25.5	35.4	25.2
Junio	5	100	62.5	79.9	96	100	304.8	247.5	315.6	360	7.3	5.7	8.3	9.9	25	31.8	28.6	25.1	34	24.2
Julio	1	100	56.6	74.5	95.4	100	297.2	261.8	299.1	339.1	8.2	6.6	8.6	10.2	23	32.3	28.5	24	34.9	23
Agosto	.	100	53	74.2	96.5	100	360°	289.3	349.5	360	7.9	6.5	9.7	10.7	23	32	27	23.4	34.1	23
Septiembre	.	99.8	47.2	72.4	96.8	99.7	350	250	355	360	7.6	7.3	11.1	10.1	23.3	33.3	27.6	23.7	35.3	23
Octubre	.	97.8	52.1	71.3	93.6	98.3	360	267.6	360	360	7.6	7.9	10.5	10.6	24.1	33.4	27.6	24.5	34.5	23.8
Noviembre	.	98.1	48.2	70.7	94.4	99.2	342.5	245	355	360	7.6	7.2	10.5	10.1	20.9	30.9	26.6	21.9	33	20.4
Diciembre	4	98.5	49.1	67.5	95.1	99.4	357.9	260.1	357.1	360	7.1	6.5	10.4	10.3	20.5	29.2	25.3	21.5	31.4	20.9
TOTAL	339.5	99	53.8	74.5	94.2	99.5	338.9	260.2	341.6	357	7.1	6.7	9.3	9.9	23.5	32.3	27.7	23.9	34.4	23.2



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL - LAB. FUENTES ALTERNAS DE ENERGIA EST. METEOROLOGICA

AÑO: 1981

MESES.	LLUVIA mm	HUMEDAD RELATIVA %					DIRECCION DEL VIENTO 360°				VELOCIDAD DEL VIENTO Km/h.				TEMPERATURA EN °C					
		07 Hora	13 Hora	19 Hora	24 Hora	Máx.	07 Hora	13 Hora	19 Hora	24 Hora	07 Hora	13 Hora	19 Hora	24 Hora	07 Hora	13 Hora	19 Hora	24 Hora	Máx.	Mín.
Enero	73.5	94.5	60.1	62	89.7	95.7			331.1	331.2	5.2	5.2	5.3	5.9	21.5	30.6	25.9	22.3	32.6	21
Febrero	308.7	99.7	56.1	78.5	92.4	99.9	22.8	186.6	273.3	295	5.1	5.3	6.7	5.9	21	29.1	25	22.5	30.9	20.
Marzo	185	98.1	52.8	74	95.7	99.4	223.2	182.2	259.3	303.2	5.0	6.0	6.5	7.2	22.1	29.9	26	23.4	32.3	21.
Abril	99.0	97.5	54.8	78.7	89.4	95.5	229.0	202.6	308.0	318.0	5.0	6.2	7.8	10.4	22.5	29.7	26.	22.7	32	22.2
Mayo	0.0	97.6	51.5	75.4	93.9	99.4	323.0	230.3	287.2	359.0	7.4	5.7	7.8	10.3	20.5	29.3	25.3	21.4	30.6	20
Junio	0.0	99.3	53.8	75.3	95.5	99	360	260	324.3	360	8.2	5.9	7.9	10.3	19.6	27.8	23.9	20.2	30	19.3
Julio	0.0	98.9	51.5	70.3	94.7	99	359.3	268.7	335.5	360	7.7	6.6	8.6	10.6	18.1	26.9	22.8	20.3	29.7	19.5
Agosto	0.0	99.3	48.2	71.9	94.4	99.4	360	262.3	325.8	360	7.6	7.3	8.7	10.3	18.1	26.9	22.8	18.8	29.3	18
Septiembre	0.0	98.5	42.7	66.7	94.9	99.6	316.9	245.6	341.7	359.5	6.0	6.4	7.5	9.5	18.8	29	23.3	19.3	30.8	18.7
Octubre	0.0	98	46.8	70.1	91.8	99.4	360	256.3	339.6	359.6	7.0	7.2	10.5	10.	19.4	28.6	23.3	19.4	30.1	19.
Noviembre	12.0	98.1	44.5	69.0	95.4	99.8	327.6	263.7	341.3	360	7.1	6.4	10.9	10.4	20.0	29.2	24.1	20.3	30.8	20
Diciembre	61.5	91	38.8	60.8	81.9	96	322.3	226.1	323.5	351.3	5.1	5.9	8.7	9.4	21.3	30.5	25.7	22.3	32.	20.
TOTAL	739.7	97.5	49.6	71.	91.9	98.7	303.9	231.6	315.6	343	6.4	6.3	8.6	9.4	20.4	29	24.6	21.	30.9	20.



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL - LAB. FUENTES ALTERNAS DE ENERGIA EST. METEOROLOGICA

AÑO: 1982

MESES-	LLUVIA mm	HUMEDAD RELATIVA %					DIRECCION DEL VIENTO 360°				VELOCIDAD DEL VIENTO Km/h.				TEMPERATURA EN °C					
		07 Hora	13 Hora	19 Hora	24 Hora	Máx.	07 Hora	13 Hora	19 Hora	24 Hora	07 Hora	13 Hora	19 Hora	24 Hora	07 Hora	13 Hora	19 Hora	24 Hora	Máx.	Mín.
Enero	84.8	94	43.3	62.4	84.1	96.5	301.3	201.6	313.7	336.3	4.9	4.9	7.4	8.2	22.1	30.6	26.2	23	32.2	27.7
Febrero	26.5	94.6	48.5	67.6	81	97.8	194.6	110	231.2	336.9	4.6	6.3	5.2	7.4	22.4	30.3	26.3	23.7	32.1	27.2
Marzo	1	91.9	40	68.2	77.2	96.2	161.6	182.4	265.6	297.7	4.5	7.1	7	8.3	22.7	31.5	27	24	33.1	27.5
Abril	.	88.6	45.4	67.2	83.2	96.2	192.9	181.7	281	318.3	4.3	6.1	7.9	8.2	22.5	31	25.8	22.8	32.5	21.6
Mayo	1.5	95.9	45.1	69.9	87.3	97.7	305.2	233.6	310	360	7.2	7.5	8.4	11.2	21.2	29.9	25.2	22	31.6	20.7
Junio	.	97.3	48.2	73.6	97.7	98.5	334	250.3	324	360	7.3	7.6	9.2	11.2	19.8	28.3	23.9	20.3	30.1	19.6
Julio	.	96.8	47.6	69.5	93.2	97.8	360	274.7	337.7	360	9.1	8.2	10.9	11.6	19	27.6	23.2	19.5	29.5	18.8
Agosto	.	96.6	44.1	64.1	94	97.8	360	260.4	356.7	360	9	8.6	11.9	12.7	11.3	21.4	23	18.6	30	18
Septiembre	.	96.1	39.5	63.4	92.7	98.	243.2	245.4	335	360	6.3	7.9	13.3	11.4	19.8	27.7	24	20.1	31.3	19.4
Octubre	.	98.1	42.5	67.3	91.7	99.1	327.6	250.3	341.6	360	7.1	7.3	11.6	10.1	21.4	29.1	24.4	21.8	30.5	21
Noviembre	111	95.9	41	64.6	92.7	97.8	248.6	219.3	323.2	326.4	6.7	6.4	8.1	8.7	22.2	30.3	24.7	22.5	31.9	21.8
Diciembre	98.5	95.7	57.6	78	93.9	97.5	239.2	184.5	277.5	281.8	4.7	6.5	8.8	7	22.3	29.1	25.1	23.3	30.9	22.1
TOTAL	323.3	95.1	44.8	67.4	89	97.6	272.3	222.	308.3	338.3	6.2	6.86	9.14	9.7	21.1	29.7	24.9	21.8	31.3	20.8



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL – LAB. FUENTES ALTERNAS DE ENERGIA EST. METEOROLÓGICA

AÑO: 1983

MESES.	LLUVIA mm	HUMEDAD RELATIVA %					DIRECCION DEL VIENTO 360°				VELOCIDAD DEL VIENTO Km/h.				TEMPERATURA EN °C					
		07 Hora	13 Hora	19 Hora	24 Hora	Máx.	07 Hora	13 Hora	19 Hora	24 Hora	07 Hora	13 Hora	19 Hora	24 Hora	07 Hora	13 Hora	19 Hora	24 Hora	Máx	Min.
Enero	563	92.7	61.4	88.2	96.9	98.6	164.2	178.6	153.2	125.4	5.7	6.5	6.9	3.7	22.2	28.8	24.4	22.9	30.8	22.8
Febrero	697	97.5	56.5	82.3	96.2	98.6	191.3	191.1	133.1	110.7	4	6.2	6.5	4.3	22.1	29.3	24.9	23.5	31.7	21.8
Marzo	782.5	97.7	53.4	83.1	97.6	98.7	156.1	210.3	124.5	134.7	3.4	6.4	6.9	4.9	22.5	29.4	24.9	23.2	32.6	21.9
Abril	579	96.5	66.5	87.3	96.9	98.5	151.6	219.1	112.8	177	3.6	7.2	7.3	6.3	22.6	29.7	24.6	23	31.9	21.9
Mayo	620.5	95.7	46.8	82.	96.	97.9	158.4	211.9	135.5	188.4	4.3	6	6.8	4.3	22.9	30.7	24.9	23	32.8	21.9
Junio	487.5	95.5	48.9	80.2	95.6	97.9	235.4	187.5	100.4	149.5	3.5	6.7	7.5	4	20.1	28	23.3	21.2	29.8	19.7
Julio	373	93.9	48.1	72.3	93.3	96.9	171.6	205.4	95.3	128.8	3.9	6.2	13.5	6.7	19.5	27.8	22.7	19.7	29.6	19.3
Agosto	8.8	94	41	66	91	95.6	88.5	227.4	93.5	74.4	6.3	7	9.6	11.2	21	29.6	25.2	21.7	31.5	21.1
Septiembre	14.7	93.1	47.3	72.1	92.7	94.1	88.5	244.6	90.5	72.5	5.7	6.3	10.3	10.6	22	30	26	22	32	22
Octubre	7.5	92.7	44.8	66.9	90.8	93.5	70	252.6	85.3	73.3	8.2	7.6	11.4	12.5	21.4	29.4	26.4	21.5	31.5	21.1
Noviembre	1.8	92.4	38	66.1	86.4	93	93.1	276.5	77.5	73.1	7.	7.1	11	12.5	21.5	30.5	26	22	32.1	21.2
Diciembre	66.5	92	38.5	67.6	83.6	94	81.1	71.2	103.5	64.5	6.2	5.9	9.4	10.3	20.9	30.6	25.1	22.3	32.3	21.2
TOTAL	4101.8	94.8	48.4	74.5	93.1	96.4	137.5	207.1	108.7	114.3	5.1	6.5	8.9	7.5	21.5	29.4	24.8	22.2	31.5	21.3



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL - LAB. FUENTES ALTERNAS DE ENERGIA EST. METEOROLÓGICA

AÑO: 1984

MESES.	LLUVIA mm	HUMEDAD RELATIVA %					DIRECCION DEL VIENTO 360°				VELOCIDAD DEL VIENTO Km/h.				TEMPERATURA EN °C					
		07 Hora	13 Hora	19 Hora	24 Hora	Máx.	07 Hora	13 Hora	19 Hora	24 Hora	07 Hora	13 Hora	19 Hora	24 Hora	07 Hora	13 Hora	19 Hora	24 Hora	Máx.	Mín.
Enero	563														22.3	32.2	27.3	23.3	34.1	22
Febrero	327.3										1.03	1.6	1.5	1.1	21.7	24.8	35.4	23.1	32.0	21.5
Marzo	220.6										1.1	1.5	2.04	0.9	21.3	29.1	25.8	23.6	31.4	22.1
Abril	120.6										1.2	1.5	1.5	1.9	22.1	32.0	26.5	22.6	32.5	21.6
Mayo	38.0	87.6	30.3	51.8	69.1	90.6	96.4	255	171	83.6	1.2	1.5	1.5	1.9	22.1	31.0	26.5	22.6	32.5	21.6
Junio	5	71.5	43.4	53.9	83.1	94.6					1.4	1.4	1.7	2.0	21.1	28.8	25.4	21.9	30.7	20.9
Julio	0	82.4	43.6	75	79.8	93.9	75	25.9			1.5	1.5	1.7	2.03	20.5	28.1	23.5	20.3	29.4	19.9
Agosto	0	91.3	42.6	61.4	86.8	91.4	86	272	121	74.5	1.3	1.6	2.3	2.6	19.8	28.6	24.3	20.3	30.9	19.7
Septiembre	0	90.2	53	76.4	93	90.4	94	205	101	108	1.5	1.7	2.5	2.5	20	28.9	24.4	20.6	31.6	19.7
Octubre	0	93.6	47	78	90.3	93.6	92	287	147	109	1.5	2.2	2.4	2.5	20.1	30.5	25.1	20.7	32.2	19.8
Noviembre	0	87	47	75	90.9	92	78	272	157	82.1	1.2	1.5	2.2	2.2	21.2	30.8	25.1	22.9	32.2	20.8
Diciembre	49	89	46	67	87	95	130	252	142	80	0.9	1.6	1.9	1.9	22.7	32.1	27.3	23.6	33.4	22.3
TOTAL	1315.5	89.4	49.2	66.8	85	92.1	118	2550	143	87.7	1.25	1.6	1.9	2	21.8	30	25.5	22.1	31.9	20.9



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL - LAB. FUENTES ALTERNAS DE ENERGIA EST. METEOROLOGICA

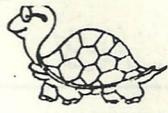
AÑO: 1985

MESES.	LLUVIA mm	HUMEDAD RELATIVA %					DIRECCION DEL VIENTO 360°				VELOCIDAD DEL VIENTO				TEMPERATURA EN °C									
		07 Hora	13 Hora	19 Hora	24 Hora	Máx.	07 Hora	13 Hora	19 Hora	24 Hora	07 Hora	13 Hora	19 Hora	24 Hora	07 Hora	13 Hora	19 Hora	24 Hora	Máx.	Mín.				
Enero	89.5	87	38	49	80	96												22	30.3	26.3	23.4	30.4	21.7	
Febrero	60	89	42	53	85	95												22	32	28	24	34	22	
Marzo	68.0	97	40	50	84	96												23	30	28	24	33	21.5	
Abril	27.5	92	39	45	83	92												21	31	26	23	33	20	
Mayo	0	87	55	54	80	90												20.6	31.6	26	21.2	32.8	20.	
Junio		90	45	44	90	92												20.3	30.1	24.8	21.4	31.6	20.5	
Julio		88	50	70	86	91												18.5	28.5	23.3	19.5	30.8	18.5	
Agosto	0.0	98	54	71	88	98	71	272	81	69	1.6	1.9	2.3	2.3	19.2	28.6	23.5	20.0	30.3	30.3	18.7			
Septiembre		93	52	70	90	94												18.5	31	24	19	33	18.5	
Octubre	0.0	97	50	65	88	98	90	300	50	90	1.5	1.7	2.8	2.5	20.4	31.3	24.4	20.6	32.0	32.0	20			
Noviembre	0	90	51	63	89	91												20.7	32.1	25.2	21.4	32.2	20.7	
Diciembre	19	92	48	62	90	93	120	270	50	90	1.3	1.5	2.2	2.2	20.2	31.7	24.1	23.4	32.1	32.1	20			
TOTAL	136.5																							

A P E N D I C E C

RADIACION GLOBAL STU./Pie² dia 1980

mes	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1	1000	1570	1780	1520	1420	940	620	1200	1780	1320		
2	1520	500	1780	1520	800	900	1240	690	1740	890		880
3	860	980	920	1960	1220	780	1140	1560	1520	720		820
4	1620	790	1800	1560	1100	1120	1620	1660	910	1320		860
5	1620	1680	1040	900	1570	730	1040	1520	1450	1870		1200
6	960	1440	930	1200	1220	1650	860	860	1670	320		950
7	1000	1160	1280	1400	1180	630	1700	600	1190	1020		820
8		1840	1680	1560	1760	1000	1370	1060	1290	1050		1000
9		1540	1440	1520	1760	1330	760	1300	1300	1050		1000
10		1400	780	1220	1520	720	1320	980	1380			1160
11		11	1800	1200	1700	700	780	1660	1620			1180
12		1280	1820	1140	1220	1010	1390	1260	1800			1560
13		1060	1600	1780		1220	1200	1550	1470			1330
14	1500	980	1300	1740	1780	720	1620	1680	1210	1540		620
15	1760	960	940	1700	1600	610	720	1820	1540	1480		1600
16	760		690	1420	1160	1160	1660	870	1320	1900		760
17	1160	1910		760	1780	1380	1670		1890	700		700
18		980		1400	1520	1620	1640		1800	920		780
19		1090	1620	1260	980	640	1440	1400	8870	1140		1740
20	1130	1620		1260	980	1640	680	830	2070	1580		1740
21	480	1900		1480	820	740		1620	1120	1920		
22	1290	1860		1260	1780	720		1220	1010	1620		1080
23		1640		980	1340	960		1140	1080			1740
24		1900		1420	1200	1080		1580	1730			1360
25	1300	1620		1780	1600	760	1620	1380	1960	720		1540
26	1650					780	1470	1710	1680	1480		720
27	1740		1120	1440	1720	1120	1720	1820	1680	1560		1500
28	1720	1340	1240	1480	820	1170	1470	1620	1620	1300		580
29	1040	920	1800	1560	900	1010	1360	1510	1610	1540		1510
30	1440		1700	1680	1230	740	540	520	1570	1960		1860
31	1440		1660		1270	1600	1470			1890		1785
TOTAL	28540	30830	32080	29520	28790	29210	31800	33770	45100	32080		33390
Annual	1292.3	1286.3	1456.8	1411.4	1292.4	1087	1283.9	1303	1505	1322		1492
	22	24	22	28	22	24	24	24	30	25		28



RADIATION GLOBAL BTU/ft² dia 1987

DAYS	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AG	SEP	OCT	NOV	DEC
1	780	780	2040	1700		1220	800	1420	920	1460		1290
2	1540	1460	1400	1660		1660	1130	1560	1120	1920		1630
3	1520	600		1800		1200	320	1480	1720			920
4	1580	1860	740			760	1120	1080	1480		1620	1620
5	1700	1220				900	800	1280	1000	1160	1620	1600
6	1240	1100	1620	1060		560	1040	1460	860	1000	1620	800
7	980	1520	1300	1320		1260	1520	1260	1600	1680		1580
8	1360	980	220	1620		1260	1540	1140	1900	1740		1580
9	1620	1240	740	1620		1540	1180	1180	1800	280	1160	1120
10	1120	1780	1200	880		720	720	1560	1800	1660	1880	1200
11	400	1360	1040	1340		1020	1000	1660	1100	1860	1100	1540
12	840	1380	1280	1120		1400	1700	1300	1640	1840	1120	1120
13	400	1600	1440			1280	1620	1120	1860	1100	1520	1100
14	940	1560		1800		1080	1260	1780	1580	1440	1240	1120
15	1840	1080		1880		1580	580	1120		1460	1400	1500
16	1340	440	2020	1240		1540	600	1580	1000	1620	1120	1580
17	1700	640		1320		1400	700	1420	2020	1740	1440	920
18	1120	840	1000	1700		600	340	1440	1760	580	1200	1120
19	1440	1300	1480	900		1580	1080	1680	1040	1660	1480	900
20	1220	1560	1040	760		420	1720	1040	1460	1980	900	960
21	1500	980	1160	1500		1480	1120	1580	1480	1900	740	1120
22	1880	1060	1380	620		1500	1720	1180	1000	1520	1200	600
23		700	1000	1260		1020		680	1300	1060	1680	600
24		980	1860	1020		1120		840	1140	1340	1680	600
25		880	1140			1280	1600	1	1440	1400	1400	1540
26	1880	1500	1380	1120		560	720	640	1540	920	860	
27	560	1400	1800	1540		400	1080	880	1120	1200	1520	
28	1380	1720	2020			1510	1240	1300	1400	860	1780	900
29	1140		1580			1320	740	1320	1680	780	1480	1400
30	1780		1900			1260	880	1340	1480	460	1420	800
31	1340		1780			720	1280	1280			1640	1640
TOTAL	35900	33760	26580	30480	11440	34340	33400	39080	41160	38680	32720	34240
Average	1182	1204	1408	1328	1114	1153	1130	1302	1493	1386	1308	1268

ESPOL

RADIACION GLOBAL BTU / pie² dia 1982

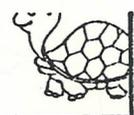
DIAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	1122	1081	1051	1021	981	941	901	861	821	781	741	701
2	1141	1091	1061	1031	991	951	911	871	831	791	751	711
3	1160	1110	1080	1050	1010	970	930	890	850	810	770	730
4	1179	1129	1099	1069	1029	989	949	909	869	829	789	749
5	1198	1148	1118	1088	1048	1008	968	928	888	848	808	768
6	1217	1167	1137	1107	1067	1027	987	947	907	867	827	787
7	1236	1186	1156	1126	1086	1046	1006	966	926	886	846	806
8	1255	1205	1175	1145	1105	1065	1025	985	945	905	865	825
9	1274	1224	1194	1164	1124	1084	1044	1004	964	924	884	844
10	1293	1243	1213	1183	1143	1103	1063	1023	983	943	903	863
11	1312	1262	1232	1202	1162	1122	1082	1042	1002	962	922	882
12	1331	1281	1251	1221	1181	1141	1101	1061	1021	981	941	901
13	1350	1300	1270	1240	1200	1160	1120	1080	1040	1000	960	920
14	1369	1319	1289	1259	1219	1179	1139	1099	1059	1019	979	939
15	1388	1338	1308	1278	1238	1198	1158	1118	1078	1038	998	958
16	1407	1357	1327	1297	1257	1217	1177	1137	1097	1057	1017	977
17	1426	1376	1346	1316	1276	1236	1196	1156	1116	1076	1036	996
18	1445	1395	1365	1335	1295	1255	1215	1175	1135	1095	1055	1015
19	1464	1414	1384	1354	1314	1274	1234	1194	1154	1114	1074	1034
20	1483	1433	1403	1373	1333	1293	1253	1213	1173	1133	1093	1053
21	1502	1452	1422	1392	1352	1312	1272	1232	1192	1152	1112	1072
22	1521	1471	1441	1411	1371	1331	1291	1251	1211	1171	1131	1091
23	1540	1490	1460	1430	1390	1350	1310	1270	1230	1190	1150	1110
24	1559	1509	1479	1449	1409	1369	1329	1289	1249	1209	1169	1129
25	1578	1528	1498	1468	1428	1388	1348	1308	1268	1228	1188	1148
26	1597	1547	1517	1487	1447	1407	1367	1327	1287	1247	1207	1167
27	1616	1566	1536	1506	1466	1426	1386	1346	1306	1266	1226	1186
28	1635	1585	1555	1525	1485	1445	1405	1365	1325	1285	1245	1205
29	1654	1604	1574	1544	1504	1464	1424	1384	1344	1304	1264	1224
30	1673	1623	1593	1563	1523	1483	1443	1403	1363	1323	1283	1243
31	1692	1642	1612	1582	1542	1502	1462	1422	1382	1342	1302	1262
TOTAL	12889	12889	12889	12889	12889	12889	12889	12889	12889	12889	12889	12889
promedio	12889	12889	12889	12889	12889	12889	12889	12889	12889	12889	12889	12889

E S P I

RADIACION GLOBAL BTU./pie² dia 1983

mes	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.
1	1240	1160	1398	1055	1015	770	1336	1266	804	641	1034	691
2	440	1020	500	1028	712		1000	1472	832	1141	776	894
3	1260	750	1681	1241	1441		1240	1472	1089	896	662	984
4	1300	660	1471	1421	644		868	676	180	921	1006	572
5	890	920	683	1233	1233		757	1300	1184	724	719	376
6	1300	1400	513	674	674		944	812	965	676	922	592
7	1280	1421	427	1427	1427		1141	1141	639	721	731	724
8	1768		956	1164	1164		1151	1362	694	809	643	644
9	1350	1166	1195	1224	1474	941	1028	884	802	854	809	942
10	1160	1091	804	727	982	750	1026	674	895	1010	622	1152
11	1120	1052	1111	852	852	456	1370	760	552	829	690	1200
12		1482	1192	1152	854	1212	1000	564	982	751	704	336
13	940	272	581	1058	1221	922	980	482	542	821	526	1022
14	1180	1542	350	1150	1150	1921	222	202	130	520	525	512
15	1110	1091	1296	1552		611	1026	920	649	1121	609	190
16	1050	1191	727	1091		094	1141	811	707	555	702	1122
17	1080		1093	1093	510	2901	1086	965	595	925	828	1317
18	1190	1246	1691	1427	1168	881	1052	624	785	727	809	1236
19	1190	1032		821	821	918	1015	129	191	1311	801	544
20	1440	230		1302	0521	4701	986	607	906	1010	621	188
21	1330	898	1188		2121	898	706	852	1091	516	1331	1040
22	1330	1221	1565	1281	881	818	942	1323	1091	658	1082	913
23	1510	760	1331	1091	1421	991	1421	767	255	1211	602	1220
24	1250	1221	1519	1421	1421	721	1212	1811	692	1011	1015	808
25	1068	1091	497	1182		1182	1202	1021	939	1069	926	290
26	1210	1106	994	1421	1421	1870	462	839	696	854	1351	850
27	1420	1420	1028	1571	822	1021	222	122	523	733	774	850
28	1690	1048	1137	1421	864	553	1040	632	706	1141	701	1240
29	330		569	1233	1421	696	560	527	706	1221	807	826
30	1490		1283	1421	1421		800	720	1091	1239	565	749
31	1500		1431	1281	1421		1292	1341	688	1239	565	1256
32	3538	3018	2526	2807	2807	2075	2645	2645	2379	2643	2756	2784
33	17816	1160	10816	10816	10816	9802	9817	9817	797	849	490	8981
34												
35												
36												
37												
38												
39												
40												
41												
42												
43												
44												
45												
46												
47												
48												
49												
50												
51												
52												
53												
54												
55												
56												
57												
58												
59												
60												
61												
62												
63												
64												
65												
66												
67												
68												
69												
70												
71												
72												
73												
74												
75												
76												
77												
78												
79												
80												
81												
82												
83												
84												
85												
86												
87												
88												
89												
90												
91												
92												
93												
94												
95												
96												
97												
98												
99												
100												

ESTADISTICA



RADIACION GLOBAL BRU/pie dia 1984

Dis	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1	1092	1200	1450	1400	1370			405	820	350	1354	1350
2	897	474	1350	1150	1050			1400	834	800	1400	1000
3	850	1045	1400	1220	1540			915	1160		1100	1150
4	1169	990	1450	1000	1100			1353	1450	1129		1600
5	1016	410	1500	1450	1050			1210	1544	1344		900
6	1164	560	1650	1450	700			1110	1460	1298		1350
7	1159	1530	1450	1170	1330			1300	1345	639		1250
8		1200	1350	1350	1030			463		1159	1112	1550
9	1220	1090	1350	1350	1220			1240		1321	834	950
10	1380	1485	700	11300	1030			1404	970	1381	1246	1000
11	1414		900	1250	830			1320	640	752	1291	1250
12	1417	1310	1300	1050	1050			508	1371		1400	350
13	1272	830	800	1050	1450			727	1447	1329	560	1300
14	620	1490	850	1020	1420			1014	1620	1164	850	750
15	1028	1400	1100	1200	1220			868	1541	1521	1500	1500
16	1060	1440	1050	1020	1460			970	1481	1080	1080	1150
17	1377	650	650	1350	1540			1400	1250		1250	870
18	1303	800	1400	1300	1400			620	1040	1050	450	650
19	1485	650	1400	1450	1010			870	150	1445	1150	680
20	1494	800	1300	1550	1050			430	700	1112	650	850
21	1551	850	800	1200	800			890	350	1390	350	900
22	1286	1450	1450	1590	1200			510	690	1153	450	1030
23	1443	1450	1300	1350	1300			985	850	1220	1220	680
24	1731	1050	1350	1100	750			690	350	1607	1550	1200
25	1746	1500	1350	850	905			735	1000	1246	350	
26	1138	1150	1400	680	630			054	1150	1081	850	1180
27	1756	1200	1650	990	1300			110	550		350	920
28	1260	1250	1100		1150			1550	1100		780	880
29	726	1250	1250	720	920			1100	1100		750	
30	762	1250	1000	1600	130			1090	1160	1194	1120	
31	696		1350		1250			1009		1096		
Total	31570	29049	35210	36318	31740			8485	29316	12221	25611	22200

F S P O L

RADIACION GLOBAL en kcal/cm² día 1985

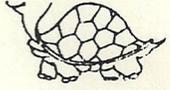
DIAS	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1	940	950	950	700	1200	1600	1750	1750	1700	1450	1720	
2	750	1340	1030	550	750	1150	650	1330	1650	860	1500	1650
3	350	1450	1500	1550	1430	1550	1450	850	1700	1150	1450	1650
4	1300	1450	1400		1350	750	1465	1500	1710	850	1350	1630
5	1080	1460	1400		1050	1050	1240	1400	1400	1050	1440	1440
6		1560	1150		1370	400	1030	1300	1150	820	1330	1700
7	1050	1630	1130		1600	350	1300	1350	1250	900	1200	1350
8	650	1250	1040	1100	1350	750	1100	920	1600	1660	140	600
9	650	1130	830	1100	1450	1250	135	1200	400	1600	1150	750
10	350	1120	1250	1550	1450	950	145	1000	1510	1540	1700	1660
11	900	1150	1250	1400	550	550	500	850	1650	1350	1450	1550
12	930	1120	1030	1450		1010	950	1200	1900	1440	1440	390
13	260	940	1150	1500	1150	550	1330	1700	1250		1350	1450
14	450	600	750	700	450	900		1650	1250	1250	950	530
15	1150	700	750	750	650	950		1200	1450	1670	720	1550
16	1600	830	750	1300	800	530	500	350	1350	970	1570	670
17	1200	730	850	950	1240	530	1380	1350	1500	1350	370	850
18	1050	1040	1150	1000	1350	450	1250		1650	1300	1250	750
19	1150	730	1050	1200	850	940	1570	830	1730	1400	1150	1050
20	1250	830	1030	900	710	1350	470	350	1200		1300	1000
21	1300	800	1300	550	1700	1300	850	300	1400	500	930	1200
22	1300	800	1550	450	1650	1330	1700	1150	1550	540	1350	450
23	1050	740	1700	1250	730	1550	1450	890	650	1250	1050	1590
24	1250	1030	1550	450	800	1230	1350	630	1540	1830	1450	350
25	600	1000	750	400	1620	1100	1500	1350	350	1350	650	330
26	1650	500	1030	1550	1550	1500	1150	800	1450	1200	1650	750
27	1340		1400		1450	1150	1450	1100	1000	7000	1660	950
28	750	550	1550		1450	950	1300	550	550	750	1350	1350
29	950		1450	1500	1350	1300	850	1650	700	1840	1350	1200
30	1200		1550	550	1400	1300	1250	600	910	1150	1450	1250
31	1530		1050	1840		1350	1250	1250	1150			
Total	23500	27700	35700	24770	34750	22010	22545	91200	41900	38162	35660	31950
promed	744	1026	1152	1032	1198	934	1122	1040	1377	1109	1189	1098
89		22	31	34	29	30	29	30	30	29	30	29

ESOL

RADIACION GLOBAL BTU./pie² dia 1986

Dias	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DI.C.
1	1400	1200	1330	1300		1550	350	870	860	1620		1150
2	350	650	1360	1250		650	800	1200	950	1660		800
3	1370		1300	1000		1430	1350	1250				730
4	670	750	530	800		1450	1350	1850		400	550	550
5	1130	1050	850	850		1630	850	1630		400	650	500
6	830	400	830	1450		1550	1350	1050		1350	7250	930
7	760	570	0511	550		770	1250	1450		1550	950	1200
8	1000	650		1000		1470	1350	1300		1650	1350	1370
9	450			400		1430	1450	850		1650	660	1430
10	1150	1550	1100	1350		890	850	650		570	440	1430
11	350	1230	1300	1550		530	650	950		600	710	
12	570	1230		900		950	1400	1080		630	550	1350
13	600	1350	4110			670	650	830		730	1450	1470
14	450	650	1350	750		730	1450	1150		1250	330	1550
15	1200	1050	1350	1350		650	1350	550		540	830	650
16	1260	680	1770	450		1330	530	1300		900	1050	1150
17	310	820	1040	1200		380	1650	1650		650	1070	1700
18	600	610	1210	1000		1430	1630	830		450	1350	950
19	950	1000	1000	400		050		1030		610	1200	750
20	750	1330	050	050		1470		1070		1030	750	
21	950	070	750	024		1410		470		400	1150	
22	450	330	004	004		1650	1670	540		570	850	1100
23	940	1350	030	900		1630	1600	940		790	550	830
24	1250	950	750	1960		950		1650			1030	670
25	1350	1250	360	1700		1000		1630		850	1300	600
26	550	050	1310	000		780		1030		1530	1250	900
27	650	1750	1500			1200		940		650	1650	
28	450	1150	1650			850	4100	1600		750	1630	
29	950		950	1350	450		550	1680		650	1400	1200
30	960		1150	1680	1030	360	1500	1450		830	750	470
31	1660		1100		940	1450	1450			950		700
Total	27910	27280	32810	29760	3420	32380	27880	36520	1810	23310	26640	26040
Armed.	900	1111	1172	1085	806.7	1132	1162	1178	905	878	977	10012
	31	-	28	23	3	29	24	31	3	29	-	72
												26

ESPOL



RADIACION GLOBAL BTU./pie² dia 1987

Días	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	D.I.C.
1	1350	750	1010	1300	1150	1300	1300	650	1550	1700		620
2	800	700	950	600	700	1100	1000	600	950	470		1230
3	950	450	750	1250	550	750	1000	1000	1250	750		1650
4		600	450	1300	450	900	850	550	1250	870		1120
5	1150	650	900	900	1250	1200	900	600	650	580		900
6	550	830	950	930	750	350	350	400	1000	1050		1580
7	1000	850	1000	360	1030	1210	450	550	1610	1060		1680
8	460	950	1150	1250	600	700	900	880	990	1150		1400
9	490	730	1300	1450	430	200	550	350	400	1670		230
10	450		880	1310	750	330	1250	570	1800	1050		1150
11	750		1400	1400	720	350	500	1300	700	520		1200
12	1230		1100	900	700	250	480	480	320	1670		950
13	1050	1330	900	900	450	450	300	1600	1400	1400		1400
14	950	950	750	1250	750	1000	750	1300	1300	1420		750
15	1050	1300	1000	1550	950	1050	320	1300	620	350		670
16	1050	450	1350	1000	1100	850	1400	1050	1210	710		1230
17		1150	1200	1230	1200	1250	650	1250	1330	1600		1250
18	1500	1130	1100	550	200	500	500	1250	1400	1290		850
19	1530	1350	1350	400	400	1300	1200	1200	1520	770		1250
20	1320	900	850	700	700	1300	350	1260	1281	410		1450
21	1500		1100	1200	900	450	390	1210	1285	820		1210
22	1400		950	1500	950	350	1400		600	450		1420
23	1480		1200	1410	1300	1000	950	1500	1210	1320		800
24		1250	1200	800	800	200	1650	1050	1260	410		750
25	1100	650	950	1250	1050	700	650	1250	1260	420		1210
26	1000	650	1150	1410	1350	790	1350	1350	970	1250		500
27		900	900	600	350	450	1300	450	1160	360		1470
28	900		700	850	1150	630	1150	950	570	1230		550
29	1020		600	1100	850	450	450	1290	800	1150		730
30	1000		930	450	600	400	1400	620	520	1250		950
31	1000		5000	30400	21410	23480	27272	27674	31570	26474	31570	33550
TOTAL	27550	18100	50000	30400	21410	23480	27272	27674	31570	26474	31570	33550
Promed	1012	823	968	1125	905	878	787	948	1301	770	1315	1082.2

A P E N D I C E D

TEMPERATURA DEL SUELO

MILAGRO - INGENIO VALDEZ

Long.: 79° 36' W - Lat.: 02° 09' S - Elevación 13 mts. J

1976	Tem. Min. Junto al suelo	0.05 m. DE PROFUNDIDAD					0.15 m. DE PROFUNDIDAD					0.30 m. DE PROFUNDIDAD					0.50 m. DE PROFUNDIDAD				
		07	13	19	Máxima	Mínimo	07	13	19	Máxima	Mínimo	07	13	19	Máxima	Mínimo	07	13	19	Máximo	Mínimo
		Horas	Horas	Horas			Horas	Horas	Horas			Horas	Horas	Horas			Horas	Horas	Horas		
Enero		23.9	28.8	27.0	33.0	22.6	25.3	26.0	27.0	29.1	24.2	26.2	26.1	26.2	27.4	25.3					
Febrero		24.2	29.7	28.0	33.1	22.2	25.5	26.5	28.0	29.7	23.1	26.2	26.9	27.0	29.1	23.8					
Marzo		25.3	30.8	28.8	33.8	23.8	26.5	27.5	28.8	29.8	24.6	27.3	27.6	27.9	28.8	25.4					
Abril		25.0	30.7	28.7	33.8	24.0	26.3	27.7	28.7	30.0	25.2	27.6	27.9	28.6	26.5						
Mayo		24.6	30.7	28.6	33.2	23.7	26.5	27.8	28.8	30.2	24.9	27.8	27.7	27.9	28.4	26.8					
Junio		24.4	29.4	28.3	33.0	23.0	25.9	26.9	27.8	29.0	25.4	27.1	26.9	27.2	27.8	26.4					
Julio		24.3	28.4	27.8	31.4	22.8	25.5	26.2	27.2	28.4	25.9	26.6	26.5	26.6	27.7	25.6					
Agosto		24.6	30.5	28.9	34.2	23.5	26.2	27.3	28.6	31.4	25.5	27.3	27.2	27.3	27.9	26.7					
Septiembre		20.3	27.9	27.7	31.4	20.8	25.0	25.6	26.8	29.6	24.2	26.2	26.1	26.2	26.9	25.3					
Octubre		23.6	28.1	27.6	31.7	22.6	24.1	25.4	26.6	28.0	24.2	25.9	25.8	26.0	27.0	25.2					
Noviembre		24.3	28.9	28.3	33.4	23.5	25.5	26.8	27.4	29.6	24.7	26.4	26.4	26.5	27.7	25.8					
Diciembre		25.6	32.9	30.3	38.2	24.4	27.3	28.5	29.7	32.3	26.4	28.2	28.1	28.3	28.8	27.5					
Año		24.2	29.7	28.3	38.2	20.3	25.8	26.8	28.0	32.3	23.1	26.9	26.9	27.1	29.1	23.8					

TEMPERATURA DEL SUELO

MILAGRO

Long.: 79° 36' W - Lat.: 02° 09' S - Elevación: 13 mts.

1977	Tem. Min. junto al suelo	0.05 m. DE PROFUNDIDAD					0.15 m. DE PROFUNDIDAD					0.30 m. DE PROFUNDIDAD					0.50 m. DE PROFUNDIDAD				
		07	13	19	Máxima	Mínima	07	13	19	Máxima	Mínima	07	13	19	Máxima	Mínima	07	13	19	Máxima	Mínima
		Horas	Horas	Horas			Horas	Horas	Horas			Horas	Horas	Horas			Horas	Horas	Horas		
Enero		25.4	28.4	27.8	31.0	24.8	26.2	26.8	27.5	28.4	25.7	27.0	27.0	27.0	27.8	26.6					
Febrero		25.5	29.2	28.8	32.0	24.6	26.5	27.2	28.3	29.4	25.6	27.4	27.3	27.4	27.8	26.6					
Marzo		26.4	29.8	29.4	32.0	25.4	27.4	27.8	28.8	29.7	26.8	28.1	28.0	28.1	28.6	27.8					
Abril		26.1	29.9	28.9	33.0	24.2	27.1	27.8	28.7	30.0	26.0	28.0	28.0	28.0	28.6	27.4					
Mayo		24.9	30.2	29.0	33.0	23.8	26.5	27.6	28.7	30.0	25.4	27.8	27.7	27.9	28.5	26.8					
Junio		24.8	31.7	29.1	37.4	23.2	26.4	27.8	28.9	31.8	25.2	27.7	27.6	27.8	29.2	26.4					
Julio		23.2	26.6	26.6	29.2	21.8	24.4	25.1	26.1	28.8	23.2	25.6	25.6	25.6	26.4	24.6					
Agosto		22.7	26.8	26.7	31.0	21.2	23.9	24.6	25.9	28.4	22.7	25.2	25.1	25.2	26.4	24.2					
Septiembre		23.4	28.1	27.8	31.7	22.6	24.6	25.4	26.8	28.2	23.6	25.8	25.7	25.8	26.4	24.8					
Octubre		23.6	27.0	26.7	30.8	22.4	24.6	25.3	26.3	28.0	23.6	25.6	24.9	25.6	26.4	25.0					
Noviembre		23.4	27.5	27.4	30.6	22.6	24.6	25.9	26.5	28.6	24.0	25.6	25.6	25.7	26.8	25.2					
Diciembre		24.7	28.7	28.1	34.0	23.9	25.9	26.6	27.5	28.2	25.0	26.8	28.7	26.8	27.3	26.2					
Año		24.5	28.7	28.0	37.4	21.2	25.7	26.5	27.5	31.8	22.7	26.7	26.8	26.7	29.2	24.2					

TEMPERATURA DEL SUELO

MILAGRO

Long.: 79° 36' W - Lat.: 02° 09' S - Elevación: 13 mts.

Enero	24.8	30.1	28.5	36.6	23.5	26.2	27.5	28.6	33.8	24.8	27.5	27.4	27.5	29.6	26.6	27.6	27.6	27.7	29.2	26.8
Febrero	24.7	31.0	28.4	34.8	23.8	26.0	27.7	28.7	29.7	24.8	27.3	27.3	27.6	28.2	25.8	27.4	27.4	27.7	23.1	26.2
Marzo	24.9	32.1	29.1	38.6	24.0	26.5	28.2	29.4	32.4	25.6	27.8	27.7	28.1	29.2	27.0	28.1	28.1	28.2	28.9	26.8
Abril	24.6	31.8	28.0	35.4	23.8	26.3	28.1	28.6	30.9	25.2	27.7	27.7	28.0	28.6	27.2	28.1	28.1	28.2	28.8	27.7
Mayo	24.8	33.6	29.2	40.7	23.6	26.7	28.8	29.4	32.5	25.6	28.1	28.0	28.3	28.2	27.2	28.3	28.3	28.4	28.9	27.6
Junio	23.6	30.2	27.5	36.6	22.2	25.4	26.8	27.9	30.0	23.7	26.7	26.6	26.9	27.7	25.0	27.0	27.0	27.1	27.8	25.6
Julio	23.3	30.6	27.8	31.0	22.1	25.2	26.6	27.9	30.2	24.0	26.4	26.3	26.6	28.2	25.3	26.4	26.4	26.6	27.7	25.7
Agosto	23.2	30.0	28.0	25.2	22.6	25.2	26.4	27.9	29.3	24.5	26.4	26.4	26.7	27.3	25.0	26.6	26.5	26.7	27.1	26.1
Septiembre	23.9	31.8	28.6	40.8	23.0	25.9	27.4	28.6	30.8	25.0	27.0	27.0	27.3	29.2	26.2	27.0	27.0	27.1	27.8	26.3
Octubre	24.1	32.1	28.3	41.2	22.7	26.1	27.5	28.6	31.0	24.6	27.2	27.0	27.3	27.2	26.2	27.2	27.2	27.3	28.5	26.1
Noviembre	25.0	33.7	29.2	31.4	24.1	26.8	28.5	29.5	31.2	26.0	27.6	27.6	27.9	29.0	27.0	27.5	27.6	27.7	28.5	26.9
Diciembre	25.2	34.1	29.5	39.4	23.4	27.3	28.8	29.5	31.2	22.2	28.2	28.1	28.4	29.2	27.2	28.1	28.1	28.2	28.8	27.6
Año	24.3	31.8	28.5	41.2	22.1	26.3	27.7	28.7	33.8	22.2	27.3	27.2	27.6	29.6	25.0	27.4	27.4	27.6	29.2	25.6

TEMPERATURA DEL SUELO

MILAGRO

Long.: 79° 36' W - Lat.: 02° 09' S - Elevación: 13 mts

Enero	25.0	29.3	27.7	33.2	23.6	26.4	27.4	28.1	29.6	23.8	27.2	27.2	27.4	27.9	26.2	27.5	27.5	27.6	28.0	26.6
Febrero	26.6	29.1	28.9	30.6	26.0	27.2	27.7	28.3	29.4	26.4	27.9	27.9	27.9	28.3	27.3	28.3	28.3	28.4	28.9	27.7
Marzo	25.8	30.4	25.9	35.2	24.8	27.3	27.8	28.8	29.8	25.1	28.2	28.1	28.3	29.0	27.5	28.4	28.4	28.5	28.9	27.6
Abril	26.8	28.8	28.8	30.4	25.6	27.6	28.0	28.5	29.2	26.6	28.3	28.3	28.2	28.8	27.6	28.8	28.8	28.7	29.2	27.7
Mayo	25.4	32.3	29.7	38.0	23.8	27.3	28.6	29.4	34.4	24.7	28.4	28.3	28.6	30.0	27.2	29.1	29.1	28.9	29.8	27.9
Junio	25.5	29.6	29.1	34.2	23.6	27.2	28.1	28.6	29.4	26.0	28.1	27.9	28.2	28.9	27.9	27.2	27.3	27.3	28.1	25.3
Julio	24.6	29.7	28.5	35.2	22.2	26.6	27.5	28.4	30.0	24.0	27.5	27.4	27.5	28.2	25.0	27.4	27.3	27.3	28.5	25.3
Agosto	24.1	29.1	28.7	35.2	23.0	26.7	27.1	28.0	29.8	26.2	28.8	28.5	28.6	29.6	25.7	27.8	26.9	27.1	28.6	26.0
Septiembre	26.6	29.6	29.2	33.6	23.8	26.6	27.5	28.3	28.8	25.5	26.7	27.3	27.7	28.0	26.0	27.2	27.3	27.3	27.6	26.4
Octubre	26.2	30.6	30.3	39.0	24.0	27.6	27.9	28.9	30.0	27.0	27.8	27.9	28.1	28.5	26.1	27.9	27.8	27.9	28.4	27.0
Noviembre	25.0	29.8	28.8	36.2	23.8	26.8	30.0	28.4	29.7	25.8	27.3	27.6	27.5	28.4	26.6	27.3	27.4	27.5	28.7	27.0
Diciembre	25.8	31.6	28.6	35.9	24.8	27.5	27.4	29.0	32.4	26.4	28.1	28.0	28.2	29.0	27.0	28.3	28.2	28.2	29.2	27.6
Año	25.6	30.0	28.7	39.0	22.2	27.1	27.9	28.6	34.4	23.8	27.8	27.9	28.0	30.0	25.0	27.9	27.8	27.9	29.8	25.3

TEMPERATURA DEL SUELO

TEMPERATURA DEL SUB - SUELO

Estaciones Seleccionadas

MILAGRO - INGENIO VALDEZ

1981	Tem. Min. Junto al suelo	0.05 m. DE PROFUNDIDAD					0.15 m. DE PROFUNDIDAD					0.30 m. DE PROFUNDIDAD					0.50 m. DE PROFUNDIDAD ^R				
		07	13	19	Máxima	Mínima	07	13	19	Máxima	Mínimo	07	13	19	Máxima	Mínimo	07	13	19	Máxima	Mínimo
		Horas	Horas	Horas			Horas	Horas	Horas			Horas	Horas	Horas			Horas	Horas	Horas		
Enero	25.6	30.8	29.3	36.3	23.7	27.5	27.8	28.7	31.6	25.8	28.1	28.1	28.2	30.0	26.7	28.3	28.3	28.4	29.7	27.0	
Febrero	25.3	29.3	29.0	32.0	24.0	26.6	27.0	28.1	29.4	25.4	27.2	27.3	27.4	28.4	25.4	27.7	27.7	27.7	28.4	27.0	
Marzo	26.3	32.0	31.0	37.8	24.6	28.0	28.6	29.9	33.8	25.8	28.6	28.7	28.8	30.6	26.4	29.0	28.9	29.0	30.5	27.2	
Abril	26.3	31.4	30.1	35.8	25.4	28.1	28.5	29.5	32.5	26.6	28.9	28.9	28.9	30.6	27.5	29.3	29.3	29.3	30.6	28.0	
Mayo	24.9	30.4	29.4	34.2	23.6	27.1	27.6	28.7	30.2	25.6	28.1	28.0	28.1	29.3	26.7	28.3	29.2	28.3	29.4	27.3	
Junio	24.1	28.8	27.8	33.2	22.8	25.8	26.3	27.1	29.2	24.4	26.7	26.7	26.8	27.7	25.4	27.0	26.9	27.0	27.7	26.0	
Julio	23.5	28.3	27.7	33.0	22.0	25.4	26.0	27.0	29.2	24.4	26.4	26.2	26.3	27.2	25.6	26.6	26.5	26.6	27.2	26.0	
Agosto	23.3	27.6	27.5	32.2	22.0	25.0	25.3	26.6	28.6	28.2	25.9	25.7	25.9	26.9	25.0	26.0	25.9	26.0	26.7	25.5	
Septiembre	24.8	29.5	29.4	32.4	23.8	26.5	26.9	28.5	31.0	24.6	27.3	27.2	27.3	28.4	26.2	27.3	27.2	27.3	28.2	26.3	
Octubre	24.8	29.8	29.1	36.0	23.4	26.7	27.2	28.5	31.2	25.6	27.5	27.4	27.5	28.8	26.5	27.5	27.4	27.5	28.5	26.7	
Noviembre	25.0	29.8	29.1	33.0	24.0	26.7	27.1	28.4	30.0	25.6	27.0	27.3	27.4	28.4	26.4	27.4	27.4	27.5	28.2	26.8	
Diciembre	25.4	30.5	29.4	34.4	24.4	27.2	27.2	28.8	31.0	26.3	27.9	27.9	28.0	29.7	27.0	28.1	28.0	28.1	29.4	27.2	
Año	25.0	29.9	29.1	37.8	22.0	26.7	27.2	28.3	33.8	24.2	27.5	27.5	27.6	30.6	25.9	27.7	27.7	27.7	30.6	25.5	

A P E N D I C E E

TABLA XV. NUMERO DE EVENTOS DE LOS NIVELES DE RADIACION

CIUDAD: GUAYAQUIL.

AÑO: 1980

		NIVELES [BTU/PIE ² -DIA]						
MESES	D	N-1	N-2	N-3	N-4	N-5	N-6	N-7
ENERO	22	0	0	3	7	4	8	0
FEBRERO	24	0	2	1	9	5	5	2
MARZO	22	0	1	0	4	5	11	1
ABRIL	28	0	0	2	5	10	11	0
MAYO	27	0	0	4	6	7	10	0
JUNIO	29	0	0	13	10	3	3	0
JULIO	27	0	1	5	4	7	10	0
AGOSTO	29	0	2	5	3	6	10	3
SEPTIEMBRE	30	0	0	2	4	6	12	6
OCTUBRE	25	0	0	6	4	4	9	2
NOVIEMBRE	25	0	0	5	4	9	5	2
DICIEMBRE	28	0	2	9	4	5	5	3
D = DIAS				N = NIVEL				

TABLA XVI. PROBABILIDAD DE LOS NIVELES DE RADIACION

CIUDAD: GUAYAQUIL.

AÑO: 1980

		NIVELES [BTU/PIE ² -DIA]						
MESES	D	N-1	N-2	N-3	N-4	N-5	N-6	N-7
ENERO	22	0	0	0.136	0.318	0.182	0.364	0
FEBRERO	24	0	0.083	0.04	0.375	0.208	0.208	0.083
MARZO	22	0	0.045	0	0.181	0.227	0.5	0.045
ABRIL	28	0	0	0.07	0.18	0.36	0.39	0
MAYO	27	0	0	0.15	0.22	0.26	0.37	0
JUNIO	29	0	0	0.45	0.34	0.10	0.10	0
JULIO	27	0	0.04	0.19	0.15	0.26	0.37	0
AGOSTO	29	0	0.07	0.19	0.11	0.22	0.37	0.11
SEPTIEMBRE	30	0	0	0.07	0.13	0.2	0.4	0.2
OCTUBRE	25	0	0	0.24	0.16	0.16	0.36	0.08
NOVIEMBRE	25	0	0	0.2	0.16	0.36	0.2	0.08
DICIEMBRE	28	0	0.07	0.32	0.14	0.18	0.18	0.11
D = DIAS				N = NIVEL				

TABLA XVII. NUMERO DE EVENTOS DE LOS NIVELES DE RADIACION
 CIUDAD: GUAYAQUIL. AÑO: 1981

		NIVELES [BTU/PIE ² -DIA]						
MESES	D	N-1	N-2	N-3	N-4	N-5	N-6	N-7
ENERO	28	0	3	2	6	7	8	2
FEBRERO	28	0	1	4	8	9	6	0
MARZO	26	0	0	2	8	8	3	5
ABRIL	23	0	0	3	5	6	9	0
MAYO	10	0	1	2	3	1	3	0
JUNIO	30	0	2	5	5	12	6	0
JULIO	30	0	2	7	10	4	6	1
AGOSTO	30	0	0	4	6	10	6	4
SEPTIEMBRE	29	0	0	1	9	5	11	3
OCTUBRE	28	0	1	4	6	3	8	6
NOVIEMBRE	25	0	0	5	6	6	7	1
DICIEMBRE	27	0	1	4	8	3	11	0
D = DIAS				N = NIVEL				

TABLA XVIII. PROBABILIDAD DE LOS NIVELES DE RADIACION

CIUDAD: GUAYAQUIL.

AÑO: 1981

		NIVELES [BTU/PIE ² - DIA]						
MESES	D	N-1	N-2	N-3	N-4	N-5	N-6	N-7
ENERO	28	0	0.11	0.07	0.21	0.25	0.29	0.07
FEBRERO	28	0	0.04	0.14	0.29	0.32	0.21	0
MARZO	26	0	0	0.08	0.31	0.31	0.12	0.19
ABRIL	23	0	0	0.13	0.22	0.26	0.39	0
MAYO	10	0	0.10	0.2	0.3	0.1	0.3	0
JUNIO	30	0	0.07	0.17	0.17	0.4	0.20	0
JULIO	30	0	0.07	0.23	0.33	0.13	0.2	0.03
AGOSTO	30	0	0	0.13	0.2	0.33	0.2	0.13
SEPTIEMBRE	29	0	0	0.03	0.31	0.17	0.38	0.10
OCTUBRE	28	0	0.04	0.14	0.21	0.11	0.29	0.21
NOVIEMBRE	25	0	0	0.2	0.24	0.24	0.28	0.04
DICIEMBRE	27	0	0.04	0.15	0.3	0.11	0.41	0
D = DIAS				N = NIVEL				

TABLA XIX. NUMERO DE EVENTOS DE LOS NIVELES DE RADIACION

CIUDAD: GUAYAQUIL.

AÑO: 1982

		NIVELES [BTU/PIE ² -DIA]						
MESES	D	N-1	N-2	N-3	N-4	N-5	N-6	N-7
ENERO	28	0	2	2	5	12	7	0
FEBRERO	27	0	0	2	7	7	9	2
MARZO	29	0	0	2	6	9	8	4
ABRIL	25	0	1	2	3	9	7	3
MAYO	27	0	0	5	5	11	5	1
JUNIO	27	0	1	9	5	7	5	0
JULIO	28	0	0	5	9	9	5	0
AGOSTO	30	0	0	1	4	12	11	2
SEPTIEMBRE	29	0	0	1	5	5	17	1
OCTUBRE	27	0	0	5	9	5	6	2
NOVIEMBRE	29	0	0	6	8	9	4	2
DICIEMBRE	31	0	1	8	11	7	4	0
D = DIAS				N = NIVEL				

TABLA XX. PROBABILIDAD DE LOS NIVELES DE RADIACION

CIUDAD: GUAYAQUIL.

AÑO: 1982

		NIVELES [BTU/PIE ² -DIA]						
MESES	D	N-1	N-2	N-3	N-4	N-5	N-6	N-7
ENERO	28	0	0.07	0.07	0.18	0.43	0.25	0
FEBRERO	27	0	0	0.07	0.26	0.26	0.33	0.07
MARZO	29	0	0	0.07	0.21	0.31	0.28	0.14
ABRIL	25	0	0.04	0.08	0.12	0.36	0.28	0.12
MAYO	27	0	0	0.19	0.19	0.41	0.19	0.037
JUNIO	27	0	0.04	0.33	0.19	0.26	0.19	0
JULIO	28	0	0	0.18	0.32	0.32	0.19	0
AGOSTO	30	0	0	0.03	0.13	0.4	0.37	0.07
SEPTIEMBRE	29	0	0	0.03	0.17	0.17	0.59	0.03
OCTUBRE	27	0	0	0.19	0.33	0.19	0.22	0.07
NOVIEMBRE	29	0	0	0.21	0.28	0.31	0.14	0.07
DICIEMBRE	31	0	0.03	0.26	0.35	0.23	0.13	0
D = DIAS				N = NIVEL				

TABLA XXI. NUMERO DE EVENTOS DE LOS NIVELES DE RADIACION
 CIUDAD: GUAYAQUIL. AÑO: 1983

MESES	D	NIVELES (BTU/PIE ² -DIA)						
		N-1	N-2	N-3	N-4	N-5	N-6	N-7
ENERO	30	0	2	3	8	14	2	1
FEBRERO	26	0	1	2	13	7	3	0
MARZO	24	0	4	3	9	5	3	0
ABRIL	27	0	3	5	9	8	2	0
MAYO	27	0	3	5	10	9	0	0
JUNIO	21	0	1	7	9	4	0	0
JULIO	30	0	5	5	12	8	0	0
AGOSTO	30	0	6	13	3	8	0	0
SEPTIEMBRE	30	1	4	15	10	0	0	0
OCTUBRE	31	0	5	14	9	3	0	0
NOVIEMBRE	29	0	2	13	8	5	1	0
DICIEMBRE	31	0	6	11	9	5	0	0
D = DIAS				N = NIVEL				

TABLA XXII. PROBABILIDAD DE LOS NIVELES DE RADIACION

CIUDAD: GUAYAQUIL.

AÑO: 1983

MESES	D	NIVELES (BTU/PIE ² -DIA)						
		N-1	N-2	N-3	N-4	N-5	N-6	N-7
ENERO	30	0	0.07	0.10	0.27	0.47	0.07	0.03
FEBRERO	26	0	0.04	0.08	0.5	0.27	0.12	0
MARZO	24	0	0.17	0.13	0.38	0.21	0.13	0
ABRIL	27	0	0.11	0.19	0.33	0.30	0.07	0
MAYO	27	0	0.11	0.19	0.37	0.33	0	0
JUNIO	21	0	0.05	0.33	0.43	0.19	0	0
JULIO	30	0	0.17	0.17	0.4	0.27	0	0
AGOSTO	30	0	0.2	0.43	0.10	0.27	0	0
SEPTIEMBRE	30	0.03	0.13	0.5	0.33	0	0	0
OCTUBRE	31	0	0.16	0.45	0.29	0.10	0	0
NOVIEMBRE	29	0	0.07	0.45	0.28	0.17	0.03	0
DICIEMBRE	31	0	0.19	0.35	0.29	0.16	0	0
D = DIAS		N = NIVEL						

TABLA XXIII. NUMERO DE EVENTOS DE LOS NIVELES DE RADIACION
 CIUDAD: GUAYAQUIL. AÑO: 1984

		NIVELES [BTU/PIE ² -DIA]						
MESES	D	N-1	N-2	N-3	N-4	N-5	N-6	N-7
ENERO	30	0	0	6	13	11	0	0
FEBRERO	29	0	3	6	12	6	2	0
MARZO	31	0	2	6	7	14	2	0
ABRIL	30	0	0	5	9	13	3	0
MAYO	28	0	0	5	11	9	3	0
JUNIO	0	0	0	0	0	0	0	0
JULIO	9	0	0	3	4	2	0	0
AGOSTO	30	0	3	11	7	8	1	0
SEPTIEMBRE	28	1	2	7	8	8	2	0
OCTUBRE	25	0	0	6	10	7	2	0
NOVIEMBRE	26	0	5	6	6	7	2	0
DICIEMBRE	27	0	1	9	9	6	2	0
D = DIAS				N = NIVEL				

TABLA XXIV. PROBABILIDAD DE LOS NIVELES DE RADIACION

CIUDAD: GUAYAQUIL.

AÑO: 1984

		NIVELES [BTU/PIE ² -DIA]						
MESES	D	N-1	N-2	N-3	N-4	N-5	N-6	N-7
ENERO	30	0	0	0.2	0.43	0.37	0	0
FEBRERO	29	0	0.10	0.21	0.41	0.21	0.07	0
MARZO	31	0	0.06	0.19	0.23	0.45	0.06	0
ABRIL	30	0	0	0.17	0.30	0.43	0.10	0
MAYO	28	0	0	0.18	0.39	0.32	0.11	0
JUNIO	0	0	0	0	0	0	0	0
JULIO	9	0	0	0.33	0.44	0.22	0	0
AGOSTO	30	0	0.10	0.37	0.23	0.27	0.03	0
SEPTIEMBRE	28	0.04	0.07	0.25	0.29	0.29	0.07	0
OCTUBRE	25	0	0	0.24	0.40	0.28	0.08	0
NOVIEMBRE	26	0	0.19	0.23	0.23	0.27	0.08	0
DICIEMBRE	27	0	0.04	0.33	0.33	0.22	0.07	0
D = DIAS				N = NIVEL				

TABLA XXV. NUMERO DE EVENTOS DE LOS NIVELES DE RADIACION
 CIUDAD: GUAYAQUIL. AÑO: 1985

		NIVELES [BTU/PIE ² -DIA]						
MESES	D	N-1	N-2	N-3	N-4	N-5	N-6	N-7
ENERO	29	0	6	5	10	6	2	0
FEBRERO	27	0	3	8	9	5	2	0
MARZO	31	0	1	5	12	8	5	0
ABRIL	24	0	6	5	3	7	3	0
MAYO	29	0	3	7	2	13	4	0
JUNIO	30	0	8	3	7	8	4	0
JULIO	29	0	2	4	7	15	1	0
AGOSTO	30	0	6	6	6	9	3	0
SEPTIEMBRE	30	0	1	2	7	11	9	0
OCTUBRE	29	0	4	6	8	7	4	0
NOVIEMBRE	30	0	1	5	6	13	5	0
DICIEMBRE	29	0	6	6	4	4	9	0
D = DIAS				N = NIVEL				

TABLA XXVI. PROBABILIDAD DE LOS NIVELES DE RADIACION

CIUDAD: GUAYAQUIL.

AÑO: 1985

		NIVELES [BTU/PIE ² -DIA]						
MESES	D	N-1	N-2	N-3	N-4	N-5	N-6	N-7
ENERO	29	0	0.21	0.17	0.34	0.21	0.07	0
FEBRERO	27	0	0.11	0.30	0.33	0.19	0.07	0
MARZO	31	0	0.03	0.16	0.39	0.26	0.16	0
ABRIL	24	0	0.25	0.21	0.13	0.29	0.13	0
MAYO	29	0	0.10	0.24	0.07	0.45	0.14	0
JUNIO	30	0	0.27	0.10	0.23	0.27	0.13	0
JULIO	29	0	0.07	0.14	0.24	0.52	0.03	0
AGOSTO	30	0	0.20	0.20	0.20	0.30	0.10	0
SEPTIEMBRE	30	0	0.03	0.07	0.23	0.37	0.30	0
OCTUBRE	29	0	0.14	0.21	0.28	0.24	0.14	0
NOVIEMBRE	30	0	0.03	0.17	0.20	0.43	0.17	0
DICIEMBRE	29	0	0.21	0.21	0.14	0.14	0.31	0
D = DIAS				N = NIVEL				

TABLA XXVII. NUMERO DE EVENTOS DE LOS NIVELES DE RADIACION

CIUDAD: GUAYAQUIL.

AÑO: 1986

		NIVELES (BTU/PIE ² -DIA)						
MESES	D	N-1	N-2	N-3	N-4	N-5	N-6	N-7
ENERO	31	0	8	7	9	6	1	0
FEBRERO	25	0	1	7	6	7	4	0
MARZO	28	0	2	3	8	9	6	0
ABRIL	23	0	3	5	5	6	4	0
MAYO	3	0	1	1	1	0	0	0
JUNIO	29	0	3	8	4	9	5	0
JULIO	24	0	4	5	0	11	4	0
AGOSTO	31	0	2	5	12	7	5	0
SEPTIEMBRE	2	0	0	1	1	0	0	0
OCTUBRE	29	0	9	10	3	2	5	0
NOVIEMBRE	27	0	5	7	6	7	2	0
DICIEMBRE	26	0	4	8	7	5	2	0
D = DIAS				N = NIVEL				

TABLA XXVIII. PROBABILIDAD DE LOS NIVELES DE RADIACION

CIUDAD: GUAYAQUIL.

AÑO: 1986

		NIVELES [BTU/PIE ² -DIA]						
MESES	D	N-1	N-2	N-3	N-4	N-5	N-6	N-7
ENERO	31	0	0.26	0.23	0.29	0.19	0.03	0
FEBRERO	25	0	0.04	0.28	0.24	0.28	0.16	0
MARZO	28	0	0.07	0.11	0.29	0.32	0.21	0
ABRIL	23	0	0.13	0.22	0.22	0.26	0.17	0
MAYO	3	0	0.33	0.33	0.33	0	0	0
JUNIO	29	0	0.10	0.28	0.14	0.31	0.17	0
JULIO	24	0	0.17	0.21	0	0.46	0.17	0
AGOSTO	31	0	0.06	0.16	0.39	0.23	0.16	0
SEPTIEMBRE	2	0	0	0.5	0.5	0	0	0
OCTUBRE	29	0	0.31	0.34	0.10	0.07	0.17	0
NOVIEMBRE	27	0	0.19	0.26	0.22	0.26	0.07	0
DICIEMBRE	26	0	0.15	0.31	0.27	0.19	0.08	0
D = DIAS				N = NIVEL				

TABLA XXIX. NUMERO DE EVENTOS DE LOS NIVELES DE RADIACION
 CIUDAD: GUAYAQUIL. AÑO: 1987

		NIVELES [BTU/PIE ² -DIA]						
MESES	D	N-1	N-2	N-3	N-4	N-5	N-6	N-7
ENERO	27	0	6	3	9	8	1	0
FEBRERO	22	0	3	10	5	4	0	0
MARZO	31	0	4	8	14	5	0	0
ABRIL	27	0	3	4	5	14	1	0
MAYO	27	0	5	8	10	4	0	0
JUNIO	28	0	5	14	4	5	0	0
JULIO	29	0	12	8	5	4	0	0
AGOSTO	29	1	8	5	3	10	2	0
SEPTIEMBRE	29	0	5	3	7	7	7	0
OCTUBRE	29	0	13	6	5	4	3	0
NOVIEMBRE	24	0	0	3	5	9	7	0
DICIEMBRE	31	1	2	9	5	11	3	0
D = DIAS				N = NIVEL				

TABLA XXX. PROBABILIDAD DE LOS NIVELES DE RADIACION

CIUDAD: GUAYAQUIL.

AÑO: 1987

MESES	D	NIVELES [BTU/PIE ² -DIA]						
		N-1	N-2	N-3	N-4	N-5	N-6	N-7
ENERO	27	0	0.22	0.11	0.33	0.30	0.04	0
FEBRERO	22	0	0.14	0.45	0.23	0.18	0	0
MARZO	31	0	0.13	0.26	0.45	0.16	0	0
ABRIL	27	0	0.11	0.15	0.19	0.52	0.04	0
MAYO	27	0	0.19	0.30	0.37	0.15	0	0
JUNIO	28	0	0.18	0.50	0.14	0.18	0	0
JULIO	29	0	0.41	0.28	0.17	0.14	0	0
AGOSTO	29	0.03	0.28	0.17	0.10	0.34	0.07	0
SEPTIEMBRE	29	0	0.17	0.10	0.24	0.24	0.24	0
OCTUBRE	31	0	0.42	0.19	0.16	0.13	0.10	0
NOVIEMBRE	24	0	0	0.13	0.21	0.38	0.29	0
DICIEMBRE	31	0.03	0.06	0.29	0.16	0.35	0.10	0
D = DIAS		N = NIVEL						

A P E N D I C E F

PROPIEDADES TERMOFISICAS DE MATERIALES.

Table A.3 Thermophysical Properties of Common Materials*

Structural Building Materials

DESCRIPTION/COMPOSITION	TYPICAL PROPERTIES AT 300 K		
	DENSITY, ρ kg/m ³	THERMAL CONDUCTIVITY, k W/m·K	SPECIFIC HEAT, c_p J/kg·K
Building Boards			
Asbestos-cement board	1,920	0.58	—
Gypsum or plaster board	800	0.17	—
Plywood	545	0.12	1,215
Sheathing, regular density	290	0.055	1,300
Acoustic tile	290	0.058	1,340
Hardboard, siding	640	0.094	1,170
Hardboard, high density	1,010	0.15	1,380
Particle board, low density	590	0.078	1,300
Particle board, high density	1,000	0.170	1,300
Woods			
Hardwoods (oak, maple)	720	0.16	1,255
Softwoods (fir, pine)	510	0.12	1,380
Masonry Materials			
<i>cement</i> Cement mortar	1,860	0.72	780
Brick, common	1,920	0.72	835
Brick, face	2,083	1.3	—
<i>e arcilla</i> Clay tile, hollow	—	—	—
1 cell deep, 10 cm thick	—	0.52	—
3 cells deep, 30 cm thick	—	0.69	—
Concrete block, 3 oval cores	—	—	—
sand/gravel, 20 cm thick	—	1.0	—
cinder aggregate, 20 cm thick	—	0.67	—
Concrete block, rectangular core	—	—	—
2 core, 20 cm thick, 16 kg	—	1.1	—
same with filled cores	—	0.60	—
Plastering Materials			
Cement plaster, sand aggregate	1,860	0.72	—
Gypsum plaster, sand aggregate	1,680	0.22	1,085
Gypsum plaster, vermiculite aggregate	720	0.25	—

*Adapted from References 1, 8-13.

PROPIEDADES TERMOFISICAS DE MATERIALES.

Table A.3 Thermophysical Properties of Common Materials Continued

Other Materials

DESCRIPTION/COMPOSITION	TEMPERATURE K	DENSITY, ρ kg/m ³	THERMAL CONDUCTIVITY, k W/m·K	SPECIFIC HEAT, c_p J/kg·K
Asphalt	300	2.115	0.062	920
Bakelite	300	1.300	1.4	1,465
Brick, refractory				
Carborundum	872	—	18.5	—
	1,672	—	11.0	—
Chrome brick	473	3,010	2.3	835
	823	—	2.5	—
	1,173	—	2.0	—
Diatomaceous silica, fired	478	—	0.25	—
	1,145	—	0.30	—
Fire clay, burnt 1600 K	773	2,050	1.0	960
	1,073	—	1.1	—
	1,373	—	1.1	—
Fire clay, burnt 1725 K	773	2,325	1.3	960
	1,073	—	1.4	—
	1,373	—	1.4	—
Fire clay brick	478	2,645	1.0	960
	922	—	1.5	—
	1,478	—	1.8	—
Magnesite	478	—	3.8	1,130
	922	—	2.8	—
	1,478	—	1.9	—
Clay	300	1,460	1.3	880
Coal, Anthracite	300	1,350	0.26	1,260
Concrete (stone mix)	300	2,300	1.4	880
Cotton	300	80	0.06	1,300
Foodstuffs				
Banana (75.7% water content)	300	980	0.481	3,350
Apple, red (75% water content)	300	840	0.513	3,600
Cake, batter	300	720	0.223	—
Cake, fully done	300	280	0.121	—
Chicken meat, white (74.4% water content)	198	—	1.60	—
	233	—	1.49	—
	253	—	1.35	—
	263	—	1.20	—
	273	—	0.476	—
	283	—	0.480	—
	293	—	0.489	—

PROPIEDADES TERMOFISICAS DE MATERIALES.

Table A.3 Continued
 Other Materials Continued

DESCRIPTION/COMPOSITION	TEMPERATURE K	DENSITY, ρ kg/m ³	THERMAL CONDUCTIVITY, k W/m·K	SPECIFIC HEAT, c_p J/kg·K
Glass				
Plate (soda lime)	300	2,500	1.4	750
Pyrex	300	2,225	1.4	835
Ice				
	273	920	0.188	2,040
	253	—	0.203	1,945
Leather (sole)	300	998	0.159	—
Paper	300	930	0.180	1,340
Paraffin	300	900	0.240	2,890
Rock				
Granite, Barre	300	2,630	2.79	775
Limestone, Salem	300	2,320	2.15	810
Marble, Halston	300	2,680	2.80	830
Quartzite, Sioux	300	2,640	5.38	1,105
Sandstone, Berea	300	2,150	2.90	745
Rubber, vulcanized				
Soft	300	1,100	0.13	2,010
Hard	300	1,190	0.16	—
Sand	300	1,515	0.027	800
Soil (Tierra, Suelo)	300	2,050	0.52	1,840
Snow				
	273	110	0.049	—
		500	0.190	—
Teflon				
	300	2,200	0.35	—
	400		0.45	—
Tissue, human				
Skin	300	—	0.37	—
Fat layer (adipose)	300	—	0.2	—
Muscle	300	—	0.41	—
Wood, cross grain				
Balsa	300	140	0.055	—
Cypress	300	465	0.097	—
Fir	300	415	0.11	2,720
Oak	300	545	0.17	2,385
Yellow pine	300	640	0.15	2,805
White pine	300	435	0.11	—
Wood, radial				
Oak	300	545	0.19	2,385
Fir	300	420	0.14	2,720

A P E N D I C E G

PROPIEDADES TERMOFISICAS DEL AIRE.

Table A.4 Thermophysical Properties of Gases at Atmospheric Pressure*

T K	ρ kg/m ³	c_p kJ/kg·K	$\mu \cdot 10^7$ N·s/m ²	$\nu \cdot 10^6$ m ² /s	$k \cdot 10^3$ W/m·K	$\alpha \cdot 10^6$ m ² /s	Pr
Air							
100	3.5562	1.032	71.1	2.00	9.34	2.54	0.786
150	2.3364	1.012	103.4	4.426	13.8	5.84	0.758
200	1.7458	1.007	132.5	7.590	18.1	10.3	0.737
250	1.3947	1.006	159.6	11.44	22.3	15.9	0.720
300	1.1614	1.007	184.6	15.89	26.3	22.5	0.707
350	0.9950	1.009	208.2	20.92	30.0	29.9	0.700
400	0.8711	1.014	230.1	26.41	33.8	38.3	0.690
450	0.7740	1.021	250.7	32.39	37.3	47.2	0.686
500	0.6964	1.030	270.1	38.79	40.7	56.7	0.684
550	0.6329	1.040	288.4	45.57	43.9	66.7	0.683
600	0.5804	1.051	305.8	52.69	46.9	76.9	0.685
650	0.5356	1.063	322.5	60.21	49.7	87.3	0.690
700	0.4975	1.075	338.8	68.10	52.4	98.0	0.695
750	0.4643	1.087	354.6	76.37	54.9	109	0.702
800	0.4354	1.099	369.8	84.93	57.3	120	0.709
850	0.4097	1.110	384.3	93.80	59.6	131	0.716
900	0.3868	1.121	398.1	102.9	62.0	143	0.720
950	0.3666	1.131	411.3	112.2	64.3	155	0.723
1000	0.3482	1.141	424.4	121.9	66.7	168	0.726
1100	0.3166	1.159	449.0	141.8	71.5	195	0.728
1200	0.2902	1.175	473.0	162.9	76.3	224	0.728
1300	0.2679	1.189	496.0	185.1	82	238	0.719
1400	0.2488	1.207	530	213	91	303	0.703
1500	0.2322	1.230	557	240	100	350	0.685
1600	0.2177	1.248	584	268	106	390	0.688
1700	0.2049	1.267	611	298	113	435	0.685
1800	0.1935	1.286	637	329	120	482	0.683
1900	0.1833	1.307	663	362	128	534	0.677
2000	0.1741	1.337	689	396	137	589	0.672
2100	0.1658	1.372	715	431	147	646	0.667
2200	0.1582	1.417	740	468	160	714	0.655
2300	0.1513	1.478	766	506	175	783	0.647
2400	0.1448	1.558	792	547	196	869	0.630
2500	0.1389	1.665	818	589	222	960	0.613
3000	0.1135	2.726	955	841	486	1570	0.536
Ammonia, NH ₃							
300	0.6894	2.158	101.5	14.7	24.7	16.6	0.887
320	0.6448	2.170	109	16.9	27.2	19.4	0.870
340	0.6059	2.192	116.5	19.2	29.3	22.1	0.872
360	0.5716	2.221	124	21.7	31.6	24.9	0.872
380	0.5410	2.254	131	24.2	34.0	27.9	0.869

*Adapted from References 8, 14, and 15.

A P E N D I C E H

M A N U A L D E L U S U A R I O.

El presente manual ha sido elaborado de una manera sencilla y práctica, para ayudar al usuario del programa a aplicarlo correctamente. Es necesario, seguir las siguientes instrucciones:

1. Encienda la computadora y escriba B:, luego presione <Enter>. Escriba CD TURBOC, luego presione <Enter>. Escriba TESIS y presione <Enter>.
2. Una vez que aparece el mensaje de bienvenida, léalo, y presione <Enter>.
3. Ingrese el nombre de la ciudad en donde serán instalados los colectores solares y presione <Enter>.
4. Se le pedirá ingresar los valores de las variables meteorológicas y se le indicará además entre paréntesis el número de la tabla en donde puede obtener esa información. Algunos valores constantes que Usted deberá considerar para la ciudad de Guayaquil son:

Presión barométrica (p.s.i.) 14.7.

Altitud sobre el nivel del mar (m) 6.

Velocidad del viento (Km/Hr) 1.8.

Cada vez que ingrese un valor presione <Enter>. Cuando se le pida ingresar si los datos son correctos o

incorrectos: si la respuesta es SI ingrese S y luego, presione <Enter>; si la respuesta es NO ingrese N y luego, presione <Enter>.

5. Para ingresar el valor de la Temperatura de Bulbo Húmedo siga las instrucciones de la pantalla y luego, presione <Enter>.

Cuando le pregunten si el valor ingresado es correcto, ingrese S si su respuesta es SI; o, ingrese N si su respuesta es NO y luego, presione <Enter>.

6. La forma de la piscina puede ser cuadrada, rectangular o irregular, el programa tiene instrucciones para realizar cálculos para estas 2 opciones.

Si la piscina tiene forma cuadrada o rectangular se ingresa la letra S y luego, presione <Enter>.

Si la piscina tiene forma irregular ingrese la letra N y luego, presione <Enter>.

El siguiente paso es confirmar que el ingreso fue correcto. Si la respuesta es afirmativa ingrese S y si la respuesta es negativa ingrese N y luego, se presiona <Enter> para cada paso.

7. Si en el paso 6 el ingreso fue S para la forma de la piscina. Entonces, aparecerá en la pantalla que ingrese las medidas de la piscina y el espesor del concreto de

las paredes y fondo de la piscina, así como el espesor del recubrimiento cerámico. Al ingresar cada uno de estos valores presione <Enter>.

8. En la pantalla se le indicará el apéndice en el que puede localizar los valores para la conductividad térmica del suelo, del concreto y del recubrimiento cerámico. Ingrese cada uno de estos valores y presione <Enter> en cada paso.
9. En la siguiente pantalla se le pedirá ingresar las propiedades físicas de la capa de aire advacente a la superficie de la piscina. Lea las instrucciones y ubique los datos en el apéndice respectivo e ingrese lo que le solicitan.

Cuando ingrese cada uno de los datos solicitados presione <Enter>.

El siguiente paso es confirmar si los datos ingresados son correctos. Si la respuesta es SI ingrese S; si la respuesta es NO ingrese N y luego, presione <Enter> para cada paso.

Continuar en el paso 12.

10. Si en el paso 6 el ingreso fue N para la forma de la piscina. Entonces, se le pedirá que ingrese el área superficial, lateral y de fondo de la piscina. También debe ingresar el espesor lateral y del fondo del

concreto y el espesor del recubrimiento cerámico.

Cada vez que ingrese un dato solicitado presione <Enter>.

11. En la siguiente pantalla se le pedirá buscar en el apéndice respectivo los valores de la conductividad térmica del suelo, del concreto, del recubrimiento cerámico. Ingrese los datos solicitados y presione <Enter> en cada paso.

Cuando el programa pregunte si los valores ingresados son correctos, ingrese S si su respuesta es SI; o, ingrese N si su respuesta es NO y luego, presione <Enter> para cada caso.

12. Ingrese el valor adimensional para la emitancia de la piscina, de acuerdo a los valores presentados en pantalla: luego, presione <Enter>.
13. Para ingresar los valores de presión de vapor de agua siga las instrucciones que se presentan en la pantalla ingrese los datos solicitados y presione <Enter> en cada ingreso.
14. La siguiente pantalla le pedirá ingresar la eficiencia del colector, el área de cada colector y dos valores de costo de equipos en sucres. Ingrese los datos solicitados y presione <Enter> al introducir cada dato.

15. Cuando aparezca la tabla del resumen de las condiciones de trabajo y las variables meteorológicas proceda a leer la información y después presione <Enter>; aparecerá el resumen de las variables del diseño, proceda a leer y después presione <Enter>.
16. Se le preguntará si desea probar otras opciones; Si su respuesta es SI ingrese S, si su respuesta es NO ingrese N y presione <Enter> para cada ingreso.
17. Si la respuesta ingresada en el paso 16 es negativa, entonces aparecerá un mensaje que le preguntará si desea imprimir las tablas que aparecieron en el paso 15. Si la respuesta es SI, ingrese S y presione <Enter>. Entonces siga las instrucciones que se presentarán en la pantalla.

Si la respuesta es NO, ingrese N y presione <Enter>. Entonces, aparecerá un mensaje indicándole la finalización de la sesión del programa.
18. Si la respuesta ingresada en el paso 16 es positiva, entonces, aparecerá un mensaje indicándole las variables meteorológicas que puede variar, el número de opciones para cambiar y entre paréntesis debe ingresar el número que corresponda a la variable. Cuando ingrese el número correspondiente entre paréntesis presione <Enter>.

19. Dependiendo del número ingresado entre paréntesis, siga las instrucciones mostradas en la pantalla. Posteriormente, siga las instrucciones del paso 5 y paso 13 hasta que se complete el número de opciones programadas.
20. Se mostrará la tabla de las opciones escogidas, junto con el resumen de los datos finales deseados. Lea esta información y luego, presione <Enter>.
21. Se le preguntará si desea imprimir la tabla de opciones mostrada en el paso 20. Si su respuesta es SI ingrese S y luego, presione <Enter>. Si su respuesta es NO ingrese N y luego, presione <Enter>. Entonces, aparecerá el mensaje final de la sesión de trabajo.
22. Si en el paso 21 su ingreso fue SI. Entonces, aparecerán en pantalla las instrucciones que usted debe seguir. Realizada la impresión presione <Enter>, aparecerá el mensaje del fin de la sesión de trabajo en el programa.
23. Si desea utilizar nuevamente la rutina del programa escriba TESIS y presione <Enter>. Posteriormente, siga las instrucciones indicadas desde el paso 2.

Si quiere salir del programa escriba CD., presione <Enter>. Luego, escriba C:, presione <Enter> y saldrá al D.O.S.

B I B L I O G R A F I A

1. AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. ASHRAE Handbook of Fundamentals. 1972.
2. CARRASCO F., GONZALEZ F., DURAND J.P. Requerimientos de calentamiento de agua para piscinas. INE. Quito. 1982.
3. CARVAJAL A. Ventilación industrial. Colegio de Ingenieros Mecánicos de Pichincha, Programa de Formación Técnica. Quito. 1988.
4. DUFFIE J., BECKMAN W. Solar Engineering of Thermal Processes. John Wiley and Sons. New York. 1980.
5. ECKERT, E.R.G. AND R.M. DRAKE. Analysis of Heat and Mass Transfer. Mc Graw-Hill. New York. 1972.
6. FONT R., LIN CH., MARTIN G. Acondicionamiento calorífico de piscinas mediante el uso de energía solar. ESPOL. Guayaquil. 1992.
7. FAIRES V. M. Termodinámica. UTEHA. Mexico. 1972.
8. FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA. Folleto de Fundamentos de Transferencia de Calor. ESPOL.

Guayaquil. 1988.

9. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA.
Anuarios Meteorológicos años 1975 a 1985. INAMHI.
Quito.
10. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA.
Folleto explicativo de Términos Agrometeorológicos.
INAMHI. Quito. 1994.
11. INSTITUTO NACIONAL DE ENERGIA. Especificaciones de
construcción de los colectores. Centro de información
INE (# 2947). Quito. 1992.
12. LABORATORIO SOLAR. Registros de Datos Meteorológicos.
Facultad de Ingeniería Mecánica. ESPOL.
13. LUNDE P. Solar Thermal Engineering. John Wiley and
Sons. New York. 1980.
14. MANRIQUE J. Energía Solar: Fundamentos y
aplicaciones. Harla. Mexico. 1984.
15. MILLER F. Probabilidades y Estadísticas para
Ingenieros. Prentice - Hall. Mexico. 1986.
16. MANRIQUE J. Termodinámica. Harla. Mexico. 1976.
17. PAZ R. Estudio preliminar de calentamiento solar de
piscinas en la ciudad de Guayaquil, determinación del
número de colectores solares requeridos para mantener

una temperatura de equilibrio. FIM. Guayaquil. 1987.

18. VARGAS A. Curso de Refrigeración. Series VZ.
Guayaquil. 1986.