

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
INSTITUTO DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN INGENIERÍA DE SISTEMAS



**“MODELOS BIOCLIMÁTICOS:
APLICACIÓN A LA REGIÓN NORTE DE BAJA CALIFORNIA”**

TESIS
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN INGENIERÍA DE SISTEMAS

PRESENTA
ROLANDO INGLÉS CHÁVEZ

2004ÍNDICE GENERAL

Resumen	xii
Capítulo I. Introducción.	
1.1. Antecedentes	1
1.2. Justificación	6
1.3. Planteamiento del problema	7
1.4. Objetivos	8
1.4.1. Objetivo General	8
1.4.2. Objetivos Específicos	8
Capítulo II. Marco Conceptual.	
2.1. Bioclimatología	10
2.2. Microclima humano	11
2.3. Sensación Térmica	11
2.3.1. Proceso de termorregulación del cuerpo humano	12
2.3.2. Intercambio de calor del humano y el ambiente	13
2.3.3. Proceso de lectura del ambiente térmico por el cuerpo humano	13
2.3.4. Confort térmico	14
2.4. Componentes del ambiente térmico	15
2.4.1. Variables atmosféricas	15
2.4.1.1. Temperatura del aire	15
2.4.1.2. Humedad relativa	16
2.4.1.3. Temperatura radiante media	16
2.4.1.4. Velocidad del aire	16
2.4.2. Factores Humanos	17
2.4.2.1. Edad	17
2.4.2.2. Complexión física	18
2.4.2.3. Sexo	18
2.4.2.4. Metabolismo	18
2.4.3. Factores Controlables	19
2.4.3.1. Vestimenta	19

2.4.3.2. Climatización	20
------------------------	----

Capítulo III. Modelos Bioclimáticos.

3.1. Modelos Biofísicos	22
3.1.1. COMFA (Comfort Formula)	23
3.1.2. DISC (Discomfort)	24
3.1.3. FCE (Ecuación de Confort de Fanger)	25
3.1.4. PMV (Voto Medio Predicho)	26
3.1.5. PPD (Porcentaje Predicho de Incomodidad)	27
3.1.6. HSI (Índice de Estrés Calórico)	27
3.1.7. ITS (Índice de Estrés Térmico)	30
3.1.8. Modelo de dos Nodos KSU	33
3.1.9. MENEX (Intercambio de calor hombre-medio ambiente)	34
3.1.10. PET (Temperatura Fisiológica Equivalente)	35
3.1.11. TSENS (Thermal Sensation)	36
3.2. Índices de Temperatura Percibida	38
3.2.1. DI (Discomfort Index)	38
3.2.2. ET (Temperatura Efectiva)	38
3.2.3. SUBT (Temperatura Subjetiva)	39
3.2.4. T_{ψ} (Neutralidades Térmicas)	40
3.2.5. TS (Sensación Térmica)	42
3.2.6. WCI (Índice Viento-Frío)	42
3.2.7. WD (Húmedo-Seco)	44
3.2.8. WSI (Índice de Estrés del Tiempo Atmosférico)	44
3.3. Índices de Sensación Térmica	45
3.3.1. Humidex	45
3.3.2. SSI (Índice de calentamiento lento en verano)	46
3.3.3. THI (Índice de Temperatura Humedad)	47
3.4. Índices de Impacto del Ambiente Térmico	48
3.4.1. HI (Índice de Calor o Temperatura Aparente)	48
3.4.2. WBGT (Temperatura de Globo de Bulbo Húmedo)	49
3.5. Conclusión	51

Capítulo IV. Metodología.

4.1. Entorno	52
--------------	----

4.2. Sujetos	54
4.3. Materiales	56
4.3.1. Materiales Fase Exploratoria	56
4.3.2. Materiales Fase Correlacional	58
4.4. Procedimiento	59
4.4.1. Procedimiento Fase Exploratoria	59
4.4.2. Procedimiento Fase Correlacional	60
4.4.2.1. Selección de Ciudades	60
4.4.2.2. Conversión de Datos	61
4.4.2.3. Tabla de Equivalencias	62
4.4.2.4. Cálculo de Modelos	65
4.4.2.5. Generación de Resultados	66
4.4.3. Procedimiento Fase de Aplicación	67
4.4.3.1. Análisis de Requerimientos	68
4.4.3.2. Modelo del Proceso	68
4.4.3.3. Diseño de Sistemas	69
4.4.3.4. Diseño de Arquitectura	70
4.4.3.5. Diseño de Programa	71
4.5. Conclusión	71

Capítulo V. Resultados.

5.1. Introducción	72
5.2. Ensenada	73
5.2.1. Datos en Fuente de Información	73
5.2.2. Resultados Ensenada	75
5.2.2.1. Resultados HUMIDEX-Ensenada	75
5.2.2.2. Resultados SSI-Ensenada	76
5.2.2.3. Resultados THI-Ensenada	77
5.2.3. Resumen resultados Ensenada	78
5.3. Mexicali	79
5.3.1. Datos en Fuente de Información	79
5.3.2. Resultados Mexicali	81
5.3.2.1. Resultados HUMIDEX-Mexicali	81
5.3.2.2. Resultados SSI-Mexicali	82
5.3.2.3. Resultados THI-Mexicali	83

5.3.3. Resumen resultados Mexicali	84
5.4. San Felipe	85
5.4.1. Datos en Fuente de Información	85
5.4.2. Resultados San Felipe	87
5.4.2.1. Resultados HUMIDEX-San Felipe	87
5.4.2.2. Resultados SSI-San Felipe	88
5.4.2.3. Resultados THI-San Felipe	89
5.4.3. Resumen resultados San Felipe	90
5.5. Tecate	91
5.5.1. Datos en Fuente de Información	91
5.5.2. Resultados Tecate	92
5.5.2.1. Resultados HUMIDEX-Tecate	93
5.5.2.2. Resultados SSI-Tecate	94
5.5.2.3. Resultados THI-Tecate	95
5.5.3. Resumen resultados Tecate	96
5.6. Tijuana	97
5.6.1. Datos en Fuente de Información	97
5.6.2. Resultados Tijuana	99
5.6.2.1. Resultados HUMIDEX-Tijuana	99
5.6.2.2. Resultados SSI-Tijuana	100
5.6.2.3. Resultados THI-Tijuana	101
5.6.3. Resumen resultados Tijuana	102

Capítulo VI. Discusión.

6.1. Introducción	103
6.2. Discusión resultados Ensenada	103
6.3. Discusión resultados Mexicali	104
6.4. Discusión resultados San Felipe	104
6.5. Discusión resultados Tecate	105
6.6. Discusión resultados Tijuana	105
6.7. Resumen	106

Capítulo VII. Conclusiones.

7.1. Conclusión General	108
7.2. Conclusiones Específicas	108

ÍNDICE DE TABLAS

Capítulo II. Marco Conceptual.

Tabla 2.1. Clasificación estimada de la velocidad del aire	17
--	----

Capítulo III. Modelos Bioclimáticos.

Tabla 3.1. Conversión valores de energía Budget a nivel de confort	24
Tabla 3.2. Escala de Incomodidad Térmica	25
Tabla 3.3. Coeficientes para vestimenta ITS	31
Tabla 3.4. Coeficiente de carga solar combinada por postura y terrenos	32
Tabla 3.5. Escala TSENS de confort	37
Tabla 3.6. Escala de sensación térmica para el índice HUMIDEX	46
Tabla 3.7. Escala de sensación térmica SSI	47
Tabla 3.8. Escala de sensación térmica para Índice Temperatura-Humedad	48
Tabla 3.9. Relación entre HI y efectos del calor	49
Tabla 3.10. Valores límites permisibles a exposición al calor	51

Capítulo IV. Metodología.

Tabla 4.1. Modelos seleccionados para proceso de evaluación	56
Tabla 4.2. Palabras claves para búsqueda de información	57
Tabla 4.3. Palabras claves para búsqueda en español	57
Tabla 4.4. Palabras claves para búsqueda en inglés	58
Tabla 4.5. Correspondencia entre ciudades de Baja California y proyecto ASHRAE RP-884	61
Tabla 4.6. Archivos de datos del proyecto ASHRAE RP-884	62
Tabla 4.7. Valores y significados para variable ash	63
Tabla 4.8. Valores y significados para variable mci	63
Tabla 4.9. Tabla de equivalencias de sensación térmica	64
Tabla 4.10. Tabla de equivalencias numéricas	65

Capítulo V. Resultados.

Tabla 5.1. Frecuencia de registros para relaciones	
<i>ash</i> y <i>mci</i> en datos fuentes Ensenada	73
Tabla 5.2. Resultados del modelo HUMIDEX relativos a Ensenada	75
Tabla 5.3. Resultados del modelo SSI relativos a Ensenada	76
Tabla 5.4. Resultados del modelo THI relativos a Ensenada	77
Tabla 5.5. Resumen de resultados Ensenada	78
Tabla 5.6. Frecuencia de registros para relaciones	
<i>ash</i> y <i>mci</i> en datos fuentes Mexicali	79
Tabla 5.7. Resultados del modelo HUMIDEX relativos a Mexicali	81
Tabla 5.8. Resultados del modelo SSI relativos a Mexicali	82
Tabla 5.9. Resultados del modelo THI relativos a Mexicali	83
Tabla 5.10. Resumen de resultados Mexicali	84
Tabla 5.11. Frecuencia de registros para relaciones	
<i>ash</i> y <i>mci</i> en datos fuentes San Felipe	85
Tabla 5.12. Resultados del modelo HUMIDEX relativos a San Felipe	87
Tabla 5.13. Resultados del modelo SSI relativos a San Felipe	88
Tabla 5.14. Resultados del modelo THI relativos a San Felipe	89
Tabla 5.15. Resumen de resultados San Felipe	90
Tabla 5.16. Frecuencia de registros para relaciones	
<i>ash</i> y <i>mci</i> en datos fuentes Tecate	91
Tabla 5.17. Resultados del modelo HUMIDEX relativos a Tecate	93
Tabla 5.18. Resultados del modelo SSI relativos a Tecate	94
Tabla 5.19. Resultados del modelo THI relativos a Tecate	95
Tabla 5.20. Resumen de resultados Tecate	96
Tabla 5.21. Frecuencia de registros para relaciones	
<i>ash</i> y <i>mci</i> en datos fuentes Tijuana	97
Tabla 5.22. Resultados del modelo HUMIDEX relativos a Tijuana	99
Tabla 5.23. Resultados del modelo SSI relativos a Tijuana	100
Tabla 5.24. Resultados del modelo THI relativos a Tijuana	101
Tabla 5.25. Resumen de resultados Tijuana	102

Capítulo VI. Discusión.

Tabla 6.1. Resumen de ciudades y modelos correspondientes	106
---	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo II. Marco Conceptual.

Figura 2.1. Proceso de Termorregulación	11
---	----

Figura 2.2. Distribución de temperaturas del cuerpo humano	12
Figura 2.3. Bulbos de Krause	14
Figura 2.4. Órganos de Ruffini	14
Figura 2.5. Ambiente térmico	15
Figura 2.6. Psicrómetro	15
Figura 2.7. Termómetro de globo	16
Figura 2.8. Anemómetro de aspas	17
Figura 2.9. Ejemplo de cálculo C_{lo} total	19
Figura 2.10. Acciones que tienden a perturbar el ambiente interno	21

Capítulo IV. Metodología.

Figura 4.1. Ubicación geográfica de México y el Estado de Baja California	52
Figura 4.2. Ubicación de las principales ciudades del norte del estado de Baja California	53
Figura 4.3. Clasificación climática de la ciudad de Ensenada, Tecate y Tijuana, B.C.	53
Figura 4.4. Clasificación climática de la ciudad de Mexicali, B.C.	54
Figura 4.5. Clasificación climática de la ciudad de San Felipe, B.C.	54
Figura 4.6. Ubicación Geográfica ciudades Proyecto ASHRAE RP-884	58
Figura 4.7. Clasificación Climática Mundial Universidad Macquarie	59
Figura 4.8. Escalas de sensación térmica modelos HUMIDEX, SSI y THI	63
Figura 4.9. Flujograma de proceso de evaluación de modelos bioclimáticos	66
Figura 4.10. Modelo del proceso para el sistema de información bioclimático	68
Figura 4.11. Diseño de sistema de información bioclimático	69
Figura 4.12. Diseño de arquitectura sistema de información bioclimático	70
Figura 4.11. Diseño del programa sistema de información Bioclimático	71

Capítulo V. Resultados.

Figura 5.1. Distribución de registros por escalas de sensación térmica y preferencia térmica para Ensenada	74
Figura 5.2. Resultados Generales Ensenada	78
Figura 5.3. Distribución de registros por escalas de sensación térmica y preferencia térmica para Mexicali	80
Figura 5.4. Resultados Generales Mexicali	84
Figura 5.5. Distribución de registros por escalas de sensación térmica y preferencia térmica para San Felipe	86
Figura 5.6. Resultados Generales San Felipe	90
Figura 5.7. Distribución de registros por escalas de sensación térmica y preferencia térmica para Tecate	92
Figura 5.8. Resultados Generales Tecate	96
Figura 5.9. Distribución de registros por escalas de sensación térmica y preferencia térmica para Tijuana	98
Figura 5.10. Resultados Generales Ensenada	102

Capítulo VI. Discusión.

Figura 6.1 Resumen resultados para Ensenada	103
Figura 6.2 Resumen resultados para Mexicali	104
Figura 6.3 Resumen resultados para San Felipe	104
Figura 6.4 Resumen resultados para Tecate	105
Figura 6.5 Resumen resultados para Tijuana	106

RESUMEN

En esta tesis se presentan los resultados de la investigación realizada con el propósito de determinar qué modelo bioclimático puede ser utilizado en las principales ciudades de Baja California, y de esta forma poder estimar la sensación térmica de los habitantes de esta región.

Las ciudades bajo estudio fueron Ensenada, Mexicali, San Felipe, Tecate y Tijuana; la selección de estas ciudades se realizó considerando la concentración poblacional y la ubicación geográfica en diversas regiones del estado de Baja California, permitiendo de esta forma considerar los diferentes climas existentes en este estado.

La investigación se desarrolló en forma secuencial mediante cuatro fases: fase exploratoria, fase descriptiva, fase de correlación y fase de aplicación. La primera fase estuvo constituida por la búsqueda exhaustiva de modelos bioclimáticos tanto en medios bibliográficos como en medios electrónicos encontrando modelos basados en el proceso de termorregulación del cuerpo humano y aquellos que haciendo uso de variables atmosféricas estiman la sensación térmica del ser humano bajo ciertas condiciones climáticas.

La fase descriptiva está constituida por la elaboración de un compendio de modelos bioclimáticos estructurado en modelos biofísicos, índices de temperatura percibida, índices de sensación térmica e índices de impacto del ambiente térmico.

Con el objetivo de encontrar el modelo bioclimático que ofrece mejores resultados para cada ciudad, se realizó un análisis con tecnologías informáticas tomando como base de datos la información publicada por el proyecto ASHRAE RP-884. Los detalles sobre el proceso y resultados de esta evaluación están contenidos en el capítulo IV y V constituyéndose de esta forma la fase de correlación.

Con base en la discusión de resultados presentados en el capítulo VII, la investigación culmina en la fase de aplicación con el desarrollo de un sistema de información bioclimático, dentro del cual están implementados los modelos bioclimáticos seleccionados para cada ciudad en estudio.

1. Capítulo I. Introducción.

1.1. Antecedentes.

El cuerpo humano diariamente es sometido, en general, a diferentes condiciones climáticas, y en particular a cambios de temperatura, creando la sensación de comodidad o incomodidad a cada individuo. Del estudio de la relación clima-humano surge la *bioclimatología*, definida comúnmente como: área de la ciencia cuyo objetivo es explicar y estudiar la interacción entre los seres vivos y el ambiente

atmosférico donde se desenvuelven (Auliciems, 1998). Cabe mencionar que dentro de la bioclimatología existe un interés particular sobre el estudio, estimación y simulación del *confort térmico*, definido en la norma ISO 7730 como “aquella condición mental que expresa satisfacción con el ambiente térmico”; expresado en otros términos, puede definirse como la satisfacción psicofisiológica del humano con respecto a las condiciones climáticas del entorno.

Es importante aclarar que la condición de *confort térmico* es el estado de equilibrio expresado por el *balance térmico*, entendiendo por balance térmico la pérdida o ganancia de calor del cuerpo humano causada por el proceso químico del metabolismo y el proceso fisiológico de termorregulación en respuesta a los elementos externos del clima: radiación, temperatura, humedad y movimiento del aire (Critchfield, 1974), como elementos principales.

Del concepto de balance térmico expuesto, se puede proponer lo siguiente: un balance térmico con valor cero significa una sensación térmica de confort. Si el balance térmico es negativo, es decir, si las condiciones del entorno generan pérdida de temperatura en el humano, se considera como sensación térmica de frío. Asimismo, cuando las condiciones del entorno generan ganancia de temperatura en el humano se considera como una sensación térmica de calor.

Siguiendo al concepto de *balance térmico*, puede mencionarse el concepto de *sensación térmica* definida por Givoni (1976) como la percepción del calor o frío del ambiente a partir de la actividad neurálgica originada en los nervios terminales los cuales actúan como receptores térmicos.

Estimar la sensación térmica es uno de los propósitos de la bioclimatología; dicha estimación se hace a través de modelos matemáticos denominados *Modelos Bioclimáticos*. El desarrollo de estos modelos permite medir los parámetros y establecer estándares de condiciones climáticas consideradas confortables para el ser humano.

Uno de los primeros modelos desarrollados fue el índice *Temperatura Efectiva* (ET), este modelo fue construido entre 1923 y 1925 en los laboratorios de la Sociedad Americana de Ingenieros en Calefacción y Aire Acondicionado (ASHRAE). El modelo ET utiliza para su cálculo valores de temperatura del aire, humedad relativa y velocidad del viento (Givoni, 1976).

Considerando la generalidad del modelo ET se han desarrollado otros modelos para estimar la sensación térmica en condiciones especiales. Tal es el caso del modelo *Tasa de Sudoración Predicha para cuatro horas* (P4SR) descrito por Givoni (1976). El modelo P4SR fue desarrollado durante la segunda guerra mundial. Este modelo aporta aspectos importantes a considerar para el análisis bioclimático tal como el nivel metabólico de las personas así como el impacto de las prendas de vestir a la sensación térmica.

Adicionalmente a los modelos ET y P4SR, Givoni (1976) incluye el *Índice de Estrés Calórico* (HSI) desarrollado en la Universidad de Pittsburg. Lo importante de este modelo es la incorporación de aspectos fisiológicos al análisis bioclimático.

El modelo *Temperatura Fisiológica Equivalente* (PET) desarrollado por Höppe (2000), involucra aspectos fisiológicos, y su principal característica es la capacidad de modelar el comportamiento térmico tanto en interiores como en exteriores.

Al igual que en el trabajo desarrollado por Givoni (1976), Mondelo, et al., (2001) desarrollaron un análisis de modelos bioclimáticos incluyendo el Índice de Estrés por Calor (HSI) y el modelo *Temperatura de Globo de Bulbo Húmedo* (WBGT). El WBGT al igual que el modelo PET puede utilizarse para la simulación del ambiente térmico en locales cerrados o a la intemperie.

En contraste con los modelos antes descritos, Heidorn (2001) presenta las modificaciones hechas al índice *Viento-Frío* (WI) cambiando su nombre a índice de *Temperatura de Viento-Frío* (WTI). Este modelo se aplica a climas fríos.

Esta gama de modelos bioclimáticos, como ha sido mencionado, intentan estimar la sensación térmica del humano, aún cuando ésta posee un alto grado de subjetividad, haciendo difícil brindar una opinión absoluta sobre los resultados de los modelos. Sin embargo, se conoce la importancia económica de modelar, es por ello que estos modelos se utilizan para el diseño de vehículos, viviendas, puestos de trabajos e instalaciones en general.

Dentro de la aplicaciones de los modelos bioclimáticos en el ámbito internacional, puede considerarse el trabajo hecho por Kalkstein y Valimont en 1986; basándose en lo complicado que resulta el uso de algunos modelos bioclimáticos por la falta de información, construyeron el modelo WSI (Weather Stress Index, por sus siglas en inglés) para evaluar la incomodidad de verano en los EE.UU. El modelo consiste de un algoritmo simple de cálculo y como entrada requiere temperatura del aire, punto de rocío y velocidad del viento.

Usualmente las evaluaciones de confort se hacen tanto para espacios abiertos como para instalaciones cerradas, no obstante, Alcobia y Silva (1998) presentaron un estudio de campo referente al confort dentro de los vehículos del transporte público en la ciudad de Coimbra Portugal, utilizando el modelo bioclimático PMV (Voto Medio Predicho) para calcular el confort térmico.

Una de las investigaciones más importantes en el ámbito internacional relacionada con la Bioclimatología es el proyecto ASHRAE RP-884, auspiciado por la sociedad de origen norteamericano ASHRAE (The American Society of Heating, Refrigeration, and Air-Conditioning Engineers, por sus siglas en inglés). El responsable del proyecto, de Dear (2001) presenta el desarrollo de un modelo adaptativo para estimar el confort térmico. La importancia del proyecto radica en la recopilación de información de Europa, Australia, Canadá y EE.UU. y los cálculos correspondientes de confort relacionados con las respuestas de las personas encuestadas. El proyecto culminó con la construcción de un sitio en *Internet* para la

divulgación del proyecto así como para realizar algunos cálculos basados en la construcción del modelo.

Otro campo de aplicación de los modelos bioclimáticos está relacionado con los servicios de salud, como el trabajo desarrollado por Holmér (2003) que mediante el modelo WCI (Wind Chill Index, por sus siglas en inglés) simula los posibles impactos del clima templado a la salud del humano.

Con lo que respecta a investigaciones desarrolladas en y para territorio mexicano relacionadas con modelos bioclimáticos pueden considerarse los trabajos desarrollados por Ernesto Jáuregui¹, quizá uno de los pocos investigadores mexicanos mayormente dedicados al estudio de la bioclimatología. Una de las investigaciones de Jáuregui en 1988 es el análisis estacional de las tempestades de polvo en la región árida del noroeste de México; lo importante de este trabajo es la inclusión de aspectos de confort con base en el modelo *Temperatura Efectiva* para esas condiciones de calor, polvo y humedad.

En este mismo año, Magaña, et al., (1998), presentaron una de las primeras investigaciones donde se incluía más de un modelo bioclimático. Sin embargo, en esta investigación el objetivo era crear conciencia sobre el cambio climático y los efectos en el humano y no en el análisis de estos modelos.

Jáuregui, (1990), incluyó una valuación bioclimática para la República Mexicana

¹ Ernesto Jáuregui: Investigador en activo. Actualmente desarrolla su trabajo en el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM.

del estudio es

la clasificación bioclimática de todo el territorio mexicano con base en los resultados obtenidos con el uso del mencionado modelo bioclimático.

Otra investigación concerniente a México la desarrolló Barradas (1991); la información para el estudio se recopiló en algunos parques de la Ciudad de México, y mediante el uso del Índice de Confort Humano Termohigrométrico concluyó que en estos espacios las condiciones del confort humano varían respecto a zonas urbanas y zonas con tráfico vehicular.

Miranda, (1993), desarrolló un modelo que se basa en la idea de considerar al humano como un cuerpo cilíndrico y bajo esta propuesta se desarrollan todas las ecuaciones para el cálculo del confort térmico. Otro estudio relacionado a la construcción de modelos es el desarrollado por Pérez en 1993, quien a través de la combinación de técnicas estadísticas y termodinámicas logró simular el comportamiento bioclimático logrando obtener una herramienta de uso sencillo y práctico.

Tejeda y García, (2001), presentan las evaluaciones bioclimáticas de siete ciudades cálidas de México. En esta investigación García y Tejeda utilizan cuatro modelos bioclimáticos: Índice de Discomfort (DI), Temperatura Efectiva (ET), Entalpía (I) e Índice de Estrés Calórico (HSI); sin embargo, para el uso adecuado de los mismos se recurrió a la estimación de datos de algunas variables climáticas.

Particularmente en la zona norte de Baja California se han desarrollado una serie de estudios relacionados con la bioclimatología, tal es el caso del estudio realizado por García y Valdés (1987) donde hicieron una valuación preliminar del bioclima de Mexicali, B.C., refiriendo particularmente a la sensación térmica de las personas no aclimatadas, las cuales sienten el calor desde abril hasta octubre. En un trabajo posterior, Valdés y García (1988) efectuaron un análisis del efecto de las temperaturas sobre el consumo de energía eléctrica en casas habitación de la ciudad de Mexicali. Asimismo, Vázquez (1988), estudió el efecto de cubre-pisos en las temperaturas del subsuelo indicando que estos efectos de enfriamiento pueden integrar estrategias de diseño arquitectónico en ciudades de clima cálido seco.

Cubillas (1988) expuso que la cubierta representa alrededor del 74% de la ganancia de calor que se transmite como flujo al interior de la vivienda, como parte de su investigación sobre el comportamiento térmico de las viviendas.

Como se puede observar, la mayoría de investigaciones están orientadas al análisis del comportamiento térmico de instalaciones bajo techo; sin embargo, Comparán (1988), desarrolló un proyecto orientado a la adecuación de espacios abierto a condiciones de confort.

Recientemente, García (1996), desarrolló una comparación sobre el bioclima de la ciudad de Mexicali en contraste con otras ciudades mexicanas.

Es importante hacer notar la especificidad de cada una de estas investigaciones, enfocándose en algunos casos en la aplicación de un modelo bioclimático en particular, y en otros, en un aspecto aislado de la aplicación del concepto confort térmico. Sin embargo, hasta el momento no se han realizado investigaciones con objetivos de estandarizar o encontrar el o los modelos bioclimáticos de aplicación asequible en la zona norte de Baja California, que una vez implantados permitan de manera automática modelar la relación clima-humano en ésta región cuyos climas son diversos y en algunos casos extremos.

1.2. Justificación.

Considerando las condiciones climáticas de la zona norte de Baja California y el incremento poblacional de los últimos años, aunado a la actividad económica-social de sus habitantes, se torna sumamente importante modelar el comportamiento y sensación térmica de los residentes de la región, con el propósito de dar apoyo a otro tipo de investigaciones, principalmente aquellas vinculadas con la estimación del consumo eléctrico en casas habitación.

Como se ha descrito anteriormente, existe un número considerable de modelos bioclimáticos; no obstante, cada modelo posee particularidades relacionadas con la información requerida para su funcionamiento, en algunos casos se requiere un procesamiento previo de la información y en otros el procesamiento de información histórica.

Por lo anterior, cobra importancia desarrollar un compendio de modelos bioclimáticos, que a partir de la caracterización de cada uno se pueda determinar la factibilidad de aplicación en la zona norte de Baja California, considerando las posibilidades de información del área. Además, la implementación de los modelos con factibilidad de aplicación en una herramienta de software brinda valor agregado a la investigación, puesto que con ésta última se permitirá facilitar el cálculo de los modelos y el procesamiento de la información según sea el caso.

1.3. Planteamiento del problema.

Considerando lo contrastante de los climas en las principales ciudades de Baja California, es importante modelar el comportamiento y la sensación térmica de los ciudadanos, tanto en instalaciones bajo techo como al aire libre. Si bien, existe una gama considerable de diagramas bioclimáticos y modelos bioclimáticos con los cuales desarrollar esa tarea, su aplicación no es inmediata. Es importante mencionar que los creadores de diagramas y modelos lo hacen para espacios y situaciones particulares, y principalmente consideran variables climáticas que requieren un manejo histórico de la información y en casos de dispositivos de medición muy precisos y costosos.

Como se ha mencionado, en Baja California es vital poder establecer las condiciones climáticas mínimas confortables donde una persona pueda habitar, y como se observa en las investigaciones desarrolladas, cada una se basa en situaciones puntuales relacionadas con la bioclimatología, y no así, sobre la efectividad de algún modelo bioclimático en particular.

En algunas investigaciones se han utilizado modelos bioclimáticos para hacer estimaciones del comportamiento térmico de la población en general, pero por la especialización de los modelos al área en estudio, los investigadores recurrieron al uso de procedimientos complementarios para obtener la información requerida por el modelo utilizado.

De lo anterior surgen las bases de la problemática: una, la especificidad y requerimientos de información de los modelos bioclimáticos; y la otra, la inexistencia de un procedimiento factible para modelar el comportamiento y la sensación del humano con respecto al clima en esta región. Por tanto, la pregunta base para plantear la problemática es: ¿Qué modelo bioclimático puede ser utilizado para simular la relación clima-humano de las principales ciudades de Baja California, considerando la información y tecnología de la región?

1.4. Objetivos.

1.4.1. Objetivo general.

Desarrollar un compendio de modelos bioclimáticos como base para el desarrollo e implementación de una herramienta de software para la automatización del cálculo y modelado de la relación clima-humano para las principales ciudades de la región norte de Baja California.

1.4.2. Objetivos específicos.

1. Indagar sobre los distintos modelos de estimación bioclimáticos y determinar su posible aplicación en las principales ciudades de la región norte de Baja California.
2. Determinar los requerimientos de información climatológica y no climatológica para los modelos elegidos, así como los procedimientos de análisis y transformación de la misma para su uso eficaz en los modelos.
3. Evaluar el potencial de aplicación de cada modelo para la región de Baja California, con base a requerimientos de información, requerimientos tecnológicos y calidad de información bioclimática proporcionada.
4. Elegir con base en la evaluación, aquellos modelos bioclimáticos aptos para la región norte de Baja California.
5. Desarrollar la herramienta de software pertinente donde se implanten los modelos bioclimáticos elegidos.

2. Capítulo II. Marco conceptual.

El objetivo fundamental de esta investigación es el análisis de modelos bioclimáticos, los cuales involucran variables climáticas y variables fisiológicas inherentes al humano. Por ello es importante desarrollar un marco conceptual que mediante la descripción de estas variables, permita la comprensión de las mismas, y el por qué de su uso en los modelos bioclimáticos.

Así, en este capítulo se presentan los conceptos generales sobre bioclimatología y lo concerniente a la relación clima-humano orientándose principalmente en cómo el humano percibe las variables climatológicas y el proceso fisiológico que sigue para formarse la idea de sensación térmica confortable o no confortable. Asimismo, se incluye la descripción de las variables climatológicas comúnmente utilizadas por los modelos bioclimáticos especificando la manera de medición de las mismas.

2.1. Bioclimatología.

La bioclimatología es el área de la ciencia cuyo objetivo es explicar y estudiar la interacción entre los seres vivos y el ambiente atmosférico donde se desenvuelven (Auliciems, 1998). Alternativamente se le conoce como Biometeorología. Es importante hacer notar el uso de bioclimatología para referirse a la interacción humano-clima y Agrometeorología para la interacción plantas-clima, éste último como una derivación más cercana al término biometeorología.

Las investigaciones en torno a bioclimatología o biometeorología estudian los efectos de la variación y variabilidad atmosférica sobre los siguientes aspectos (Auliciems, 1998):

- a. Ecología terrestre y acuática
- b. Estrés, Morbilidad y Mortalidad en animales y humanos.
- c. Arquitectura y Diseño Urbano.
- d. Comportamiento individual, grupal y organizacional.

Además, la bioclimatología se interesa sobre los efectos acción-reacción de (Auliciems, 1998):

- a. Las modificaciones de la atmósfera no controladas por parte del humano.

- b. La modificación controlada del ambiente dentro de áreas urbanas y viviendas.

2.2. Microclima humano.

En forma básica, el *microclima* puede considerarse como la condición de la radiación solar y terrestre, el viento, temperatura del aire, humedad y precipitación en un espacio pequeño al aire libre (Brown y Gillespie, 1995). Además de las condiciones atmosféricas, el ser humano percibe el *microclima* con base en el vestuario, la fisiología y la actividad. Es decir, el conjunto de condiciones vinculantes sobre el clima, aunado a todos los elementos inherentes al humano con relación al clima, generan el microclima humano.

2.3. Sensación térmica.

La sensación mental de incomodidad térmica puede establecerse como la fase final del proceso de termorregulación del cuerpo humano. Como lo muestra la figura 2.1, el proceso inicia por la percepción del ambiente térmico a través de la piel y a partir de esta lectura, el cuerpo automáticamente se somete a diferentes fenómenos fisiológicos con el objetivo de mantener una temperatura adecuada para el cuerpo. Como resultado de este proceso, al cerebro llega la señal que permite conformar la idea sobre si el ambiente está confortable o no lo está. Con la consecución de la idea, se generan cambios en el ambiente térmico a partir de los requerimientos térmicos necesarios para lograr la sensación de confort.

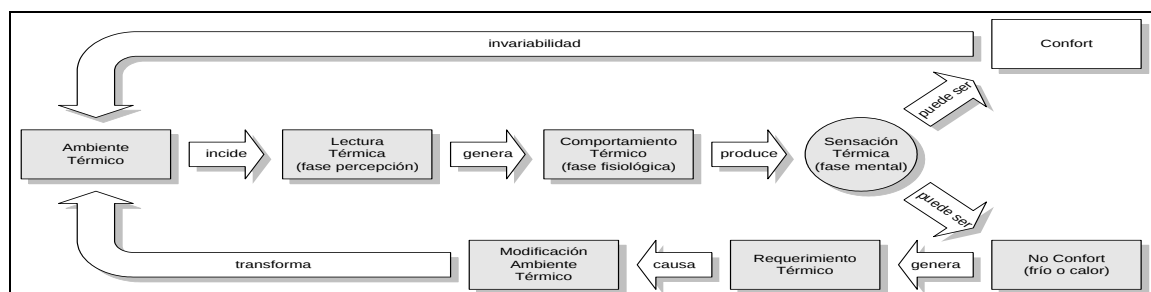


Figura 2.1. Proceso de Termorregulación.

La explicación detallada de este proceso desde el comportamiento térmico del cuerpo humano hasta llegar a la idea de confort o incomodidad, se hace a través de los siguientes apartados donde se describen el proceso de termorregulación del

cuerpo humano, el intercambio de calor del humano con el ambiente y el proceso de lectura del ambiente térmico por el cuerpo humano.

2.3.1. Proceso de termorregulación del cuerpo humano.

La temperatura interna de funcionamiento normal del cuerpo humano oscila entre los 36°C y 38°C (Mondelo, et al., 2000), es decir, el organismo intenta mantenerse por medio de procesos fisiológicos dentro de este rango de temperaturas. La imagen de la figura 2.2 muestra la distribución de las distintas temperaturas para frío y calor del cuerpo humano.

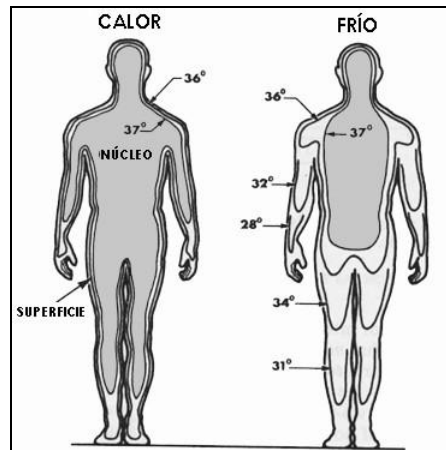


Figura 2.2. Distribución de temperaturas del cuerpo humano.

Si la temperatura aumenta, inmediatamente los vasos sanguíneos se dilatan incrementándose el flujo de sangre a través de la piel, proceso conocido como *vasodilatación* (Chávez, 2002), y a partir de este proceso inicia la sudoración. Con este fenómeno el organismo trata de disminuir la temperatura del cuerpo tomando energía de la piel para evaporar el líquido de sudoración.

Obviamente, es el caso contrario cuando la temperatura del cuerpo baja, esto significa que los vasos sanguíneos se contraen con el objeto de disminuir el flujo de sangre por la piel, proceso conocido como *vasoconstricción* (Kvisgaard, 1997). Adicionalmente a este proceso, pueden suscitarse estímulos musculares causando en algunos casos temblores en los mismos.

2.3.2. Intercambio de calor del humano y el ambiente.

La transferencia de calor entre dos cuerpos se da desde el cuerpo con mayor temperatura hacia el de menor temperatura, dicha transferencia puede suscitarse por cualquiera de los siguientes mecanismos (Coy, 2002):

- *Conducción*: Transferencia de calor de un cuerpo a otro por estar en contacto.
- *Convección*: Transferencia de calor por movimiento gaseoso y líquido. Tal es el caso del aire caliente, éste tiende a subir y el aire frío a bajar.
- *Radiación*: Transferencia de calor a través del espacio por medio de energía electromagnética tanto visible como infrarroja.

Es de esta forma como el cuerpo humano puede ganar o perder calor con el medio ambiente.

2.3.3. Proceso de lectura del ambiente térmico por el cuerpo humano.

El cuerpo humano prevé el cambio de temperatura interna a partir de la percepción de la temperatura del ambiente, esta lectura se hace a través de dos conjuntos de órganos sensoriales dentro de la piel (Square One, 2003), a saber:

- a) Bulbos de Krause. Son sensibles a la pérdida de calor y como lo muestra la figura 2.3 están ubicados a 0.5mm de la superficie de la piel. Se esparcen alrededor del cuerpo cerca de las aberturas para las glándulas sudoríparas, sin embargo, existen algunas concentraciones en la yema de los dedos, nariz y en el ángulo del codo.



Figura 2.3. Bulbos de Krause.

- b) Órganos de Ruffini. Sensibles a la ganancia de calor. Están ubicados mucho más profundos que los Bulbos de Krause tal como se observa en la figura 2.4. Este tipo de órgano se encuentran en su mayor parte en los labios, nariz, mentón, pecho, frente y dedos.



Figura 2.4. Órganos de Ruffini.

Es de hacer notar el retardo de los impulsos sensoriales de calor con respecto a los de frío, esto con el objeto de evitar falsos censos, principalmente porque el aumentar o disminuir la temperatura interna del cuerpo requiere mucho tiempo (Kvisgaard, 1997).

2.3.4. Confort térmico.

De manera formal, en la Norma ISO 7730 el confort térmico se define como *aquella condición mental que expresa satisfacción con el ambiente térmico*. Entiéndase por ambiente térmico el conjunto de condiciones que hacen al clima en tiempo y espacio confortable o no. (FALTA REFERENCIA)

2.4. Componentes del ambiente térmico.

Existen diferentes elementos involucrados para conformar el Ambiente Térmico del ser humano. La figura 2.5 presenta de forma esquemática estos elementos.

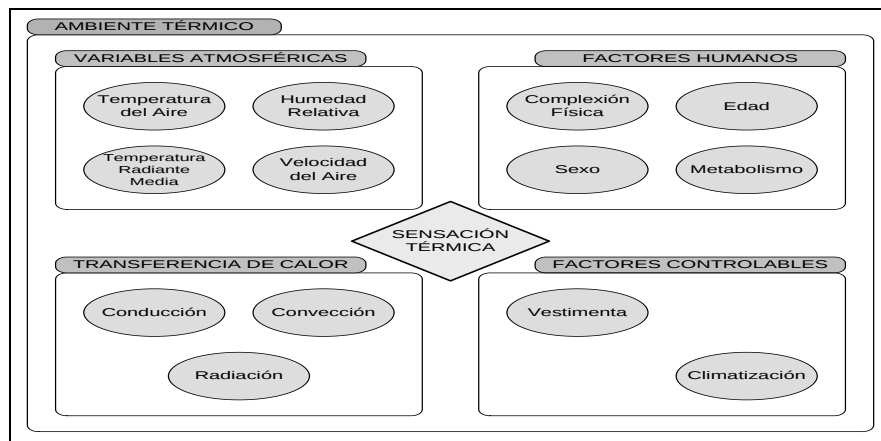


Figura 2.5. Ambiente Térmico.

2.4.1. Variables atmosféricas.

Las variables atmosféricas son aquellos fenómenos que afectan el estado de la atmósfera en un momento y lugar determinado. A continuación se describen las variables atmosféricas con mayor impacto en el ambiente térmico del humano.

2.4.1.1. Temperatura del aire.

La *temperatura del aire* también se conoce con los nombres de *temperatura seca* o *temperatura de bulbo seco* (Mondelo y Torada, 1996). El valor de esta variable atmosférica se obtiene a través de un termómetro, o bien un *psicrómetro*, este último es un dispositivo que consta básicamente de dos termómetros ubicados de forma paralela y protegidos por tubos niquelados para evitar que la radiación llegue a los bulbos. Así como el psicrómetro de la figura 2.6, uno de los termómetros permanece empapado de agua destilada y el otro totalmente seco, y es de éste último donde se toma la lectura de la *temperatura del aire*.



Figura 2.6. Psicrómetro.

2.4.1.2. Humedad relativa.

La medición de la humedad relativa se basa en la *temperatura húmeda* o de *bulbo húmedo*, es decir, aquella obtenida con el bulbo empapado de agua destilada del psicrómetro (Mondelo y Torrada, 1996), posteriormente este valor se ubica en

una carta psicrométrica para obtener la humedad relativa. Givoni (1976) sostiene que la humedad no afecta directamente la carga de calor operativa del cuerpo humano, pero si determina la capacidad de evaporación del aire, por lo tanto es vinculante sobre la capacidad refrescante o no de la transpiración.

2.4.1.3. Temperatura radiante media.

La *temperatura radiante media* es calculada a partir de la temperatura de globo, la cual se obtiene a través de un termómetro de globo (Mondelo y Torada, 1996). Como se observa en la figura 2.7, el termómetro de globo consta de un termómetro insertado en una esfera hueca de cobre, pintada de negro mate. El procedimiento de lectura se hace una vez que la esfera se estabilice luego de ubicarla en el área de la cual se desea conocer la temperatura radiante media.

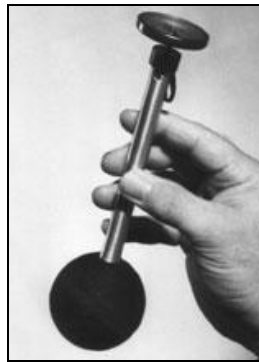


Figura 2.7. Termómetro de Globo.

2.4.1.4. Velocidad del aire.

La velocidad del aire (V_a) es considerada como la magnitud media de velocidad sobre todas las direcciones (Mondelo, et al., 2001). Para obtener la magnitud de la velocidad en cada eje el dispositivo utilizado es el anemómetro de aspas como el presentado en la figura 2.8.



Figura 2.8. Anemómetro de Aspas.

La velocidad del aire determina el intercambio de calor del cuerpo humano por convección además de afectar la capacidad evaporativa del aire, que está directamente relacionado con la eficiencia natural o no de la transpiración (Givoni, 1976).

A partir de una velocidad de 0.25 m/s el ser humano percibe el movimiento del aire (Mondelo, et al., 2001), en la Tabla 2.1 se presenta la relación entre tipo de movimiento del aire y la velocidad del mismo.

Tabla 2.1. Clasificación estimada de la velocidad del aire.

Tipo de Movimiento	Velocidad del Aire	
	m/s	k/h
Movimiento Imperceptible	$V_a < 0.25$	$V_a < 0.9$
Ligera Brisa	$0.25 < V_a < 0.50$	$0.9 < V_a < 1.8$
Brisa (sacude cabello o vestido)	$0.50 < V_a < 1.50$	$1.8 < V_a < 5.4$

Fuente: *Ergonomía 2: Confort y estrés térmico* (Mondelo, et al., 2001)

2.4.2. Factores Humanos.

En los siguientes apartados se presentan aquellos factores inherentes al humano relacionados con el funcionamiento fisiológico del mismo, afectando de esta forma la lectura del ambiente térmico por parte de los sensores biológicos del cuerpo humano.

2.4.2.1. Edad.

Con la edad el humano reduce su metabolismo derivando en la disminución del calor generado por el cuerpo, fenómeno compensado con la reducción del proceso de sudoración evitando que el cuerpo pierda calor por evaporación (Chávez, 2001).

2.4.2.2. Complexión física.

Para analizar la relación entre el ambiente térmico y la constitución corporal de una persona, es necesario considerar tanto el volumen y la superficie del cuerpo

humano. A mayor corpulencia, o sea, a mayor volumen, el cuerpo producirá mayor calor, por tanto, las personas corpulentas son más afectadas por los climas cálidos que las personas con menor complexión física (Chávez, 2001).

En contraste, a mayor superficie la disipación de calor se incrementa, por tanto en climas fríos, cuándo es necesario mantener el cuerpo caliente, es mucho más fácil para una persona con complexión pequeña mantenerse caliente que una con mayor complexión (Mondelo, et al., 2001).

2.4.2.3. Sexo.

En términos generales, la mujer posee mayor dificultad de adaptarse a los cambios climáticos; Mondelo, et al., (2001) explica que se debe a la menor capacidad cardiovascular de la mujer, además de poseer valores ligeramente menores de temperatura de la piel, capacidad evaporativa y metabolismo con respecto al hombre.

2.4.2.4. Metabolismo.

Según Mondelo, et al. (2001), el metabolismo puede definirse como la suma de las reacciones químicas que se producen en el organismo. Esto significa que el metabolismo mínimo es aquel que se requiere para mantenerse vivo, o sea, la actividad fisiológica mínima.

En la medida que el cuerpo desarrolla actividades físicas va consumiendo energía, recibiendo el nombre de *Consumo Metabólico*. El consumo metabólico es directamente dependiente de la intensidad o esfuerzo con que se desarrollen las actividades físicas. Adicionalmente, la energía utilizada depende del peso, edad, sexo y altura de la persona (Moreno, et al., 2001).

La unidad de medida del metabolismo es el *Met*, y es equivalente a una pérdida de calor de 58W/m^2 de superficie corporal para una persona sedentaria. Es decir, si un adulto posee una superficie de 1.7 m^2 , perderá aproximadamente

cien vatios ($58 \times 1.7 = 98.6$) (Kvisgaard, 1997). En el anexo I pueden encontrarse los valores *Met* para algunas actividades comunes.

2.4.3. Factores Controlables.

Con el objetivo de obtener una sensación de comodidad aceptable bajo ciertas condiciones climáticas, el humano recurre a factores no naturales como el uso de vestimenta o la climatización de los espacios donde habita, los cuales pueden ser controlados para lograr la comodidad térmica deseada.

2.4.3.1. Vestimenta.

Para evitar la pérdida de calor el ser humano utiliza prendas de vestir, por lo tanto, la ropa se clasifica según la capacidad de aislamiento (Kvisgaard, 1997). La unidad de medida de la capacidad de aislamiento de las prendas de vestir se mide en *Clo*. En el anexo II se encuentra un listado de prendas de vestir y sus valores *Clo* correspondientes.

La escala *Clo* está ideada para que una persona totalmente desnuda posea un valor de 0.0 *Clo*, y es directamente proporcional a la cantidad de ropa utilizada por la persona, es decir, para el cálculo del valor *Clo* total, se suman los valores *Clo* de cada una de las prendas, tal y como se muestra en la figura 2.9.

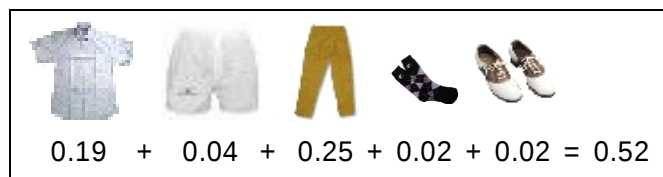


Figura 2.9. Ejemplo de cálculo *Clo* Total.

Es importante aclarar que para obtener un valor *Clo* preciso, es necesario no olvidar incluir las butacas tapizadas, asientos de automóviles y camas, puesto que también reducen la pérdida de calor del cuerpo (Kvisgaard, 1997).

2.4.3.2. Climatización.

La climatización se refiere a la modificación de las condiciones climáticas de una habitación o espacio cerrado, a través de la regulación de las variables atmosféricas tales como temperatura del aire, humedad relativa y velocidad del

aire. Además, se considera como parte de la climatización otros aspectos como garantizar la pureza del aire y la minimización del ruido ambiental (Pinazo, 1999).

Pinazo (1999) sostiene que dentro de un recinto sometido a climatización, el ser humano puede experimentar efectos adversos a la salud como sequedad de las vías respiratorias o constipación, entre otros. Lo anterior se produce cuando el sistema de climatización no regula todas las variables del ambiente relacionados con el confort térmico.

A continuación se detallan los elementos que alteran el ambiente interno los cuales pueden observarse gráficamente en la figura 2.10 (Pinazo, 1999, p. 17):

- Intercambios de calor con el exterior, motivados bien por diferencia de temperaturas, bien por la incidencia de la radiación solar.
- Intercambios de vapor de agua con el exterior, debido tanto a infiltraciones como a la ventilación.
- Generación de calor interior, por la utilización de luces, máquinas, etc., y la presencia de personas.
- Generación de vapor de agua interior, debida a la presencia de personas, masas de agua (piscinas), etc.
- Enrarecimiento del aire, motivada por la presencia de personas (olores, respiración), y máquinas, lo cual hará necesaria una determinada renovación del aire del local (ventilación), que conllevará una alteración de la temperatura y cantidad de vapor del mismo.

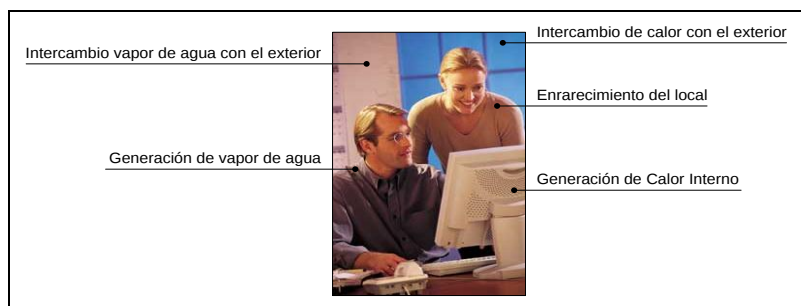


Figura 2.10. Acciones que tienden a perturbar el ambiente interno.

3. Capítulo III. Modelos.

El compendio de modelos e índices bioclimáticos presentados a continuación, denotan la diversidad de enfoques que existen para abordar el tema de modelación del comportamiento humano con respecto al clima. Básicamente existen cinco tipos de modelos bioclimáticos:

- a. Diagramas Bioclimáticos. Nomogramas que con base a la ubicación de valores de entrada en una determinada gráfica se obtiene el nivel de comodidad térmica.
- b. Modelos Biofísicos. Modelos basados en ecuaciones de balance de energía, incluyen diferentes parámetros relacionados con el humano, como vestimenta y actividad física.
- c. Índices de Temperatura Percibida. Ecuaciones que con base en la entrada de variables climáticas, estiman la temperatura que el humano percibe del ambiente que por lo general es menor a la temperatura del aire.
- d. Índices de Sensación Térmica. Ecuaciones que a partir del ingreso de variables de entrada se obtiene un valor que posteriormente debe someterse a una tabla de valores para obtener la escala de sensación térmica del humano.
- e. Índices del Impacto del Ambiente Térmico. El resultado de estos modelos se somete a una tabla de valores para predecir el impacto a la salud que tendrán determinadas condiciones climáticas.

A continuación se detallan los modelos con base a la clasificación antes detallada, haciendo la aclaración pertinente sobre la exclusión de los diagramas bioclimáticos, considerando que éstos no están acorde a los propósitos de la fase aplicativa de esta investigación.

3.1. Modelos Biofísicos.

Los modelos biofísicos están basados fundamentalmente en el comportamiento metabólico del cuerpo humano, además de considerar en algunos casos las ganancias o pérdidas de calor al momento de interactuar el cuerpo con el ambiente.

3.1.1. COMFA (Comfort Formula).

La fórmula de confort propuesta por Brown y Gillespie (1995) está basada en el modelo de estimación de energía de cualquier superficie al aire libre. La expresión de balance de energía propuesta se presenta en la ecuación 3.1.

$$\begin{aligned} \text{Budget (Balance)} = & \text{energía metabólica} + \\ & \text{Radiación solar ganada} + \\ & \text{Radiación terrestre ganada} + \\ & \text{Pérdida de calor por evaporación} + \\ & \text{Pérdida de calor por convección} + \\ & \text{Radiación terrestre emitida} \end{aligned} \quad (3.1)$$

Brown y Gillespie (1995) agregaron algunos componentes al modelo Budget para describir la capacidad de las personas para generar su propio calor interior, además de la capacidad de vestir prendas que permiten amortiguar la ganancia o pérdida de energía del cuerpo. La ecuación 3.2 presenta la expresión de confort propuesta por Brown y Gillespie.

$$\text{Budget} = R_{abs} + M + \text{Conv} + \text{Evap} + TR_{emitted} \quad (3.2)$$

Donde:

R_{abs}	=	Radiación solar y terrestre total absorbida por la persona.
M	=	Total del calor generado dentro de la persona, energía metabólica.
Conv	=	Pérdida o ganancia de calor por convección a partir del viento.
Evap	=	Pérdida de calor a través de la evaporación del agua de una persona, tanto por los pulmones por efectos de la respiración o por la transpiración a través de la piel.
$TR_{emitted}$	=	Radiación terrestre emitida por una persona.

El valor resultante de la ecuación de confort, debe considerarse dentro de la escala de sensaciones térmicas presentada en la tabla 3.1.

Tabla 3.1. Conversión valores de energía Budget a niveles de confort

Budget (W/m ²)	Interpretación
Budget < -150	Requiere mucho calentamiento
-150 < Budget < -50	Requiere calentamiento
-50 < Budget < 50	Confort
50 < Budget < 150	Requiere enfriamiento
150 < Budget	Requiere más enfriamiento

Fuente: *Microclimate Landscape Design* (Brown y Gillespie, 1995)

3.1.2. DISC (Discomfort).

El índice de incomodidad térmica estimada (DISC), es similar al índice TSENS (descrito en 3.1.11), excepto que estima la incomodidad a partir del nivel de incomodidad producido por el proceso de refrescamiento de la piel (sudoración). En condiciones donde el proceso de sudoración no esté presente, el índice DISC se considera igual al índice TSENS (Bell y Huish, 1996).

Para obtener el nivel de sudoración se utiliza la ecuación 3.3 (CUergo, 2003):

$$w = \frac{(H - 58)}{4.6hc(57.4 - 0.07H - Pa)} + 0.06 \quad (3.3)$$

Donde:

- w = Nivel de sudoración
- H = Producción de calor metabólico (w/m²)
- hc = Coeficiente de transferencia por convección
- Pa = Presión de vapor de vapor de agua (mb)

Un valor alto de w , representa una situación de incomodidad térmica. Sin embargo, el límite superior de w depende de la actividad metabólica y por lo tanto el límite es estimado usando la ecuación 3.4 (CUergo, 2003):

$$w = 0.0012M + 0.15 \quad (3.4)$$

Donde:

- M = Producción energía metabólica (trabajo externo) (w/m²)

En la tabla 3.2 se presentan los valores para estimar el nivel de incomodidad térmica propuesta para el índice *DISC*.

Tabla 3.2. Escala de Incomodidad Térmica

Valor	Descripción
0-0.3	Confortablemente placentero
1.3	Escasamente incómodo
2.7	Incómodo
3.9	Muy incómodo
4.7	Tolerancia Límite

Fuente : *Thermal Comfort Aspects*, (Bell y Huish, 1996).

3.1.3. FCE (Ecuación de Confort de Fanger).

Fanger desarrolló la ecuación para estimar el confort con base en un exhaustivo estudio de literatura sobre experimentos relacionados con el confort térmico (CUergo, 2003). La ecuación 3.5 muestra la expresión matemática resultante.

$$\frac{H - 0.31 \left(7.4 - 0.07H - Pa \right) + 0.42 \left(t_r - 58 \right) + 0.0017M(58.7 - Pa) - 0.0014M(34 - Ta)}{3.9 \times 10^{-8} F_{clo} \left(t_{cl} + 273 \right)^4 - \left(t_r + 273 \right)^4 + F_{clo} H_{clo} \left(t_{cl} - Ta \right)} = \quad (3.5)$$

Donde:

- H: Producción de calor por metabolismo (w/m^2)
- Pa: Presión del vapor de agua (mb)
- M: Producción de energía libre de metabolismo (trabajo externo) (w/m^2)
- Ta: Temperatura del Aire ($^{\circ}C$)
- Fclo: Relación del área superficial vestida/desnuda
- Tcl: Temperatura superficial de la vestimenta
- Tr: Temperatura radiante promedio ($^{\circ}C$)
- Hclo: Coeficiente de transferencia por convección ($w/w^2 \text{ } ^{\circ}K$)

La temperatura superficial de la vestimenta está dada por la ecuación 3.6 (CUergo, 2003):

$$T_{cl} = 35.7 - 0.0275H + 0.155I_{clo} \left[7.4 - 0.07H - P_a \right] + 0.42(H - 58) - 0.0017M(58.7 - P_a) - 0.0014M(34 - T_a) \quad (3.6)$$

3.1.4. PMV (Voto Medio Predicho).

Un inconveniente con la ecuación de Fanger es que si con el cálculo realizado se determina que no hay confort, no existe manera de determinar que tan incomoda está la persona con respecto al clima. Por esta razón, el mismo Fanger desarrolló el PMV con base en la escala de sensación de térmica propuesta por la ASHRAE (CUergo, 2003). El voto promedio predicho (PMV) puede ser calculado a través de la ecuación 3.7:

$$PMV = \frac{4 + \left[3.03 \exp \left(0.036H \right) - 0.0275 \right]}{6.57 + 0.46H + 0.31P_a + 0.0017HP_a + 0.0014HT_a - 4.13F_{clo} \left(1 + 0.01dT \right) \left(T_{cl} - T_r \right) + H_{clo}F_{clo} \left(T_{cl} - T_a \right)} \quad (3.7)$$

Donde:

$$dT: \quad dT = T_r - 22$$

T_{cl} : Temperatura superficial del cuerpo cubierto por vestimenta, valor calculado a partir de la ecuación 3.8.

$$T_{cl} = 35.7 - 0.0275H + 0.155I_{clo}F_{clo} \left[1.13 \left(1 + 0.01dT \right) \right] + 0.155I_{clo}F_{clo} \left[1.13 \left(1 + 0.01dT \right) \right] H_{clo} \quad (3.8)$$

El parámetro H_{clo} es el valor mayor de **12.1** ó el resultado de la ecuación 3.9.

$$2.4 \left(T_{cl} - T_a \right) 0.25 \quad (3.9)$$

Por tanto, el valor de la variable H_{clo} se calcula a través de la ecuación 3.10.

$$H_{clo} = 12.1 \times \sqrt{velV} \quad (3.10)$$

Además de la ecuación 3.10, el valor de H_{clo} puede obtenerse haciendo uso de la ecuación 3.11.

$$H_{clo} = 2.45(t_{cl} - T_a) + 0.25 \times \sqrt{velV} \quad (3.11)$$

Con el uso de PMV se obtienen buenos resultados para condiciones comunes de actividad sedentaria y vestimenta ligera, aunque no ha sido validado para otro tipo de vestimentas y actividades (CUergo, 2003).

3.1.5. PPD (Porcentaje Predicho de Incomodidad).

El modelo PMV predice un voto promedio de incomodidad para un numeroso grupo de personas expuestas a las mismas condiciones ambientales. Los votos individuales muestran dispersión debido a las preferencias individuales. El modelo PPD se desarrolló precisamente para medir el número de personas que probablemente no sienten confort para un ambiente dado (ESRU, 2003-A). La ecuación 3.12 presenta la expresión matemática que posee el modelo.

$$PPD = 100 - 95 \times e^{-0.03353 \times PMV^4 + 0.2179 \times PMV^2} \quad (3.12)$$

El índice PPD predice el número de personas incomodas térmicamente dentro de un grupo muy amplio. El resto del grupo podría votar -1, 0 ó +1 dentro de la escala de sensación térmica ISO-7730 (ESRU, 2003-A).

3.1.6. HSI (Índice de Estrés Calórico).

El índice de estrés calórico (Heat Stress Index) fue desarrollado en la Universidad de Pittsburg, usando cálculos teóricos del estrés calórico externo que actúa sobre un hombre expuesto a un ambiente térmico dado, del calor producido por el metabolismo para varios grados de actividad, y por la capacidad de evaporación del ambiente (Givoni, 1976). El índice fue basado sobre varias suposiciones:

- a. La tensión calórica total actuando sobre el cuerpo (metabolismo $\pm$ radiación $\pm$ convección) iguala el requerimiento para evaporar la sudoración. En la ecuación 3.13 se encuentra expresada esta igualdad.

$$\boxed{E_{req} = M \pm R \pm C} \quad (3.13)$$

- b. La presión fisiológica impuesta sobre el cuerpo para una tensión calórica dada es determinada por la razón de la evaporación refrescante requerida (E_{req}) para la máxima capacidad de evaporación del aire (E_{max}).
- c. La temperatura constante de la piel (35 °C) es mantenida cuando el cuerpo es sometido a tensión calórica.
- d. La máxima capacidad de sudoración de una persona promedio sobre un periodo de ocho horas es aproximadamente un litro por hora, calculado para un valor de frescura de 2400 Btu/h (600 kcal/h). El intercambio de calor con el ambiente por radiación y convección fue calculado con la ecuación 3.14.

$$\boxed{M \pm R \pm C \pm H - E = 0} \quad (3.14)$$

En los experimentos usados como base para la construcción del índice, el nivel de metabolismo (M), evaporación (E) y la variación del contenido de calor del cuerpo (H) fueron medidos y la suma combinada de radiación y convección (R + C) fue determinada acorde con la ecuación 3.15.

$$\boxed{R \pm C = M \pm H - E} \quad (3.15)$$

Este cálculo está basado sobre la suposición que todo el calor latente para evaporar la sudoración es producido por el cuerpo. Los coeficientes encontrados a partir de estos experimentos y usados como base para el índice son:

$$\text{Radiación: } R = 22(t_w - t_s)$$

$$\text{Convección: } C = 2V^{0.5}(t_a - t_s)$$

Máxima Evaporación: $E_{\max} = 10V^{0.4}(P_s - P_a)$

Donde:

R, C, E, en Btu/por (promedio) persona

V = Velocidad del Viento (ft/min)

t_w = Temperatura Radiante Promedio (°F)

t_s = Temperatura de la Piel (°F)

t_a = Temperatura del Aire (°F)

P_s = Presión de Vapor de la piel (mm Hg)

P_a = Presión de Vapor del Aire (mm Hg)

La evaporación requerida para el equilibrio térmico es calculada a partir de la suma algebraica del nivel metabólico, radiación y convección. La máxima capacidad de evaporación del aire ($E_{\max}$) es calculado por medio de la velocidad del aire y la presión de vapor de la piel a 42 mm Hg (para una temperatura de aproximadamente 35 °C, cuando la piel está totalmente cubierta de sudoración).

El valor numérico del índice, que representa el estrés calórico actuando sobre el cuerpo, es el valor más alto obtenido entre la ecuación 3.16 o la ecuación 3.17.

$$\text{Estrés Térmico} = \frac{\text{Evaporación Requerida}}{\text{Máxima Capacidad de Evaporación}} \times 100 \quad (3.16)$$

y

$$\text{Estrés Térmico} = \frac{\text{Evaporación Requerida}}{2400} \times 100 \quad (3.17)$$

Cabe mencionar que para el desarrollo de este modelo, se consideró un valor teórico de frescura de 2400 Btu para la evaporación de 1.0 litro de sudoración.

3.1.7. ITS (Índice de Estrés Térmico).

El índice de estrés térmico, I.T.S. (The Index of Thermal Stress, por sus siglas en inglés), es un modelo biofísico que describe el mecanismo del intercambio de calor

entre el cuerpo humano y el ambiente, a partir del cual el total de estrés térmico puede ser calculado (Givoni, 1976).

Por lo presentado por Givoni en 1976, el I.T.S. se basa en la suposición que dentro del rango de condiciones donde es posible mantener equilibrio térmico, la sudoración es secretada a una velocidad suficiente que permite la evaporación refrescante requerida para balancear la producción de calor metabólico y el intercambio de calor con el ambiente. La relación entre la transpiración y la evaporación refrescante requerida depende de la eficiencia refrescante de la sudoración.

La ecuación 3.18 es la fórmula general del I.T.S.:

$$S = [(M - W) \pm C \pm R](1 / f) \quad (3.18)$$

Donde:

S = Tasa de sudoración requerida, en kcal/h

M = Tasa Metabólica, kcal/h

W = Energía metabólica transformada en trabajo mecánico, kcal/h

C = Intercambio de Calor por Convección, kcal/h

R = Intercambio de Calor por Radiación, kcal/h

f = Eficiencia refrescante de la sudoración

Producción de Calor Metabólico (M-W):

La producción del calor metabólico es la diferencia entre el índice metabólico (M) y la energía transformada en trabajo mecánico (W). Para el I.T.S. se ha adoptado una eficiencia del 20% de la energía producida sobre el nivel de descanso (100 kcal/h). Por lo tanto, la producción de calor metabólico es calculada a través de la ecuación 3.19.

$$M - W = M - 0.2(M - 100) \quad (3.19)$$

Intercambio de Calor por Convección (C)

El intercambio de calor por convección (C), o el intercambio de calor seco (D) en un ambiente homogéneo, es calculado a través de la ecuación 3.20.

$$C = \alpha V^{0.3} (t_a - 35) \quad (3.20)$$

Donde “C” es expresado en kcal/h, α es un coeficiente dependiendo de la vestimenta, “V” es la velocidad del aire en m/sec y t_a es la temperatura del aire en °C. Los valores de α para diferentes tipos de vestimentas se presentan en la tabla 3.3.

Tabla 3.3. Coeficientes para vestimenta ITS.

Vestimenta	Coeficiente			
	α	Kcl	a	p
Semi-desnudo: traje de baño y sombrero	15.8	1.0	0.35	31.6
Ropa interior, camisa de algodón con manga corta, pantalón largo de algodón, sombrero	13.0	0.5	0.52	20.5
Overol militar sobre pantalones cortos	11.6	0.4	0.52	13.0

Fuente: *Man, Climate and Architecture* (Givoni, 1976).

Intercambio de Calor por Radiación (R)

La carga de calor radiante (R) producida por la radiación solar se calcula a partir de la ecuación 3.21.

$$R = I_N K_{pe} K_{cl} [1 - a(V^{0.2} - 0.88)] \quad (3.21)$$

Donde:

R = Carga de calor por radiación solar, kcal/h

I_N = Intensidad solar normal, kcal/h

K_{pe} = Coeficiente dependiendo de la postura y el terreno

K_{cl} , a = Coeficiente dependiendo de la vestimenta (ver Tabla 3.1)

V = Velocidad del viento, m/sec

Los valores K_{cl} y a para algunos tipos de de vestimenta son presentados en la tabla 3.3, y los valores de K_{pe} para diferentes posturas y terrenos aparecen en la tabla 3.4.

Tabla 3.4. Coeficiente de carga solar combinada por postura y terrenos.

Postura	Terreno	Kpe
Sentado con el sol a espaldas	Desierto	0.386
	Bosque	0.379
Parado con el sol a espaldas	Desierto	0.306
	Bosque	0.266

Fuente: *Man, Climate and Arquitectura* (Givoni, 1976).

Eficiencia refrescante de la sudoración (f):

La eficiencia refrescante de la sudoración es la razón entre lo refrescante de la evaporación del sudor (E) por el calor latente del sudor secretado (S), por ejemplo la razón E/S ó $E/E_{\max}$.

En la práctica, el factor significativo es el recíproco de la eficiencia refrescante de la sudoración $1/f$, este es el coeficiente por el cual se multiplica el valor numérico de la evaporación refrescante necesaria para obtener la tasa de sudoración requerida. El coeficiente $1/f$ se calcula mediante la ecuación 3.22:

$$1/f = e^{0.6(E/E_{\max}-0.12)} \quad (3.22)$$

Donde el valor de “E” es el resultado de la ecuación 3.23.

$$E = (M - W) \pm C \pm R, kcal / h \quad (3.23)$$

Y el valor de “E_{max}” se obtiene a partir de la ecuación 3.24.

$$E_{\max} = pV^{0.3}(42 - VP_a), kcal / h \quad (3.24)$$

y donde:

p = coeficiente acorde a vestimenta (ver Tabla 3.1)

V = velocidad del aire, m/sec

42 = presión de vapor de la piel a 35°C, mm Hg

VP_a = presión de vapor de la aire, mm Hg

3.1.8. Modelo de dos nodos KSU.

Este modelo fue desarrollado en la Universidad Estatal de Kansas en 1974. Los principales progresos alcanzados por este modelo son la variación de la conductancia térmica entre el núcleo y la piel en ambientes fríos y la otra, la variación de la humedad de la piel en ambientes cálidos. El resultado del modelo es un *voto de sensación térmica* (TSV) que utiliza la misma escala que el modelo PMV de Fanger y el modelo TSENS de Pierce, es decir, con base en la escala de confort ISO-7730. El voto de sensación térmica para ambiente frío se calcula utilizando la ecuación 3.25.

$$TSV = -1.46 \times \varepsilon_{vc} + 3.75 \varepsilon_{vc}^2 - 6.17 \times \varepsilon_{vc}^3 \quad (3.25)$$

Para ambiente cálido, el voto de sensación térmica se obtiene a partir de la ecuación 3.26.

$$TSV = 1.0 - 6.56 RH - 0.5 \times \varepsilon_{wsv} \quad (3.26)$$

Donde:

RH=Humedad Relativa

ε_{vc} = Factor de vasoconstricción

ε_{wsv} = Factor de humedad de la piel

3.1.9. MENEX (Intercambio de calor hombre-medio ambiente).

El modelo *MENEX* puede ser evaluado para condiciones estacionarias o no estacionarias de intercambio de calor y puede ser usado en diferentes ramas de la

investigación bioclimática, así como en estudios sobre termofisiología del hombre al aire libre (Blazejczyk, 2002).

Blazejczyk (2002) distingue las *condiciones no estacionarias* y las *condiciones estacionarias* a partir de la constancia o variabilidad de los componente climáticos del ambiente.

La ecuación 3.27 representa el modelo *MENEX* propuesto por Blazejczyk (2002).

$$\boxed{M + Q + C + E + Re s = S} \quad (3.27)$$

Donde:

M = producción de calor metabólico

Q = balance de radiación (humano)

C = intercambio de calor por convección

E = pérdida de calor por evaporación

Res = pérdida de calor por respiración

S = almacenamiento de calor neto

3.1.10. PET (Temperatura Fisiológica Equivalente).

La *temperatura fisiológica equivalente* en cualquier lugar (al aire libre o interiores) es equivalente a la *temperatura del aire* para la cual dentro de ciertas condiciones típicas bajo techo, el balance de calor del cuerpo humano se mantiene con igualdad en la temperatura corporal interna y temperatura de piel para las condiciones climáticas medidas (Höppe, 2000).

Las siguientes suposiciones son tomadas en cuenta para condiciones climáticas de interiores:

- a. La temperatura radiante promedio es igual a la temperatura del aire ($T_{mrt} = T_a$).

- b. La velocidad del viento se considera igual a 0.1 m/s.
- c. La presión de vapor de agua se establece en 12 hPa (aproximadamente equivalente a la humedad relativa de 50% para $T_a = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$).

El cálculo de PET consta de los siguientes pasos:

- a. Calcular las condiciones térmicas del cuerpo con el modelo MEMI para determinada combinación de parámetros meteorológicos.
- b. Ingresar valores calculados para la temperatura de la piel promedio y temperatura corporal interna al modelo MEMI considerando una temperatura del aire T_a (con $v=0.1\text{ m/s}$, $VP=12\text{ hPa}$ y $T_{mrt} = T_a$).
- c. La temperatura del aire resultante es equivalente a PET.

El modelo de balance de calor MEMI está basado en la ecuación de balance de energía del cuerpo humano (3.28) y algunas parametrizaciones del modelo Gagge 2-Nodos (Gagge et al., 1971, citado por Höppe, 2000). La ecuación 3.28 presenta la relación de balance de calor del cuerpo humano utilizada en el modelo MEMI.

$$\boxed{M + W + R + C + E_D + E_{Re} + E_{Sw} + S = 0} \quad (3.28)$$

Donde:

M = Tasa metabólica (producción de energía interna por la oxidación del alimento)

W = Producción de trabajo físico

R = Red de balance del cuerpo

C = Flujo de calor por convección

E_D = Flujo de calor latente para evaporar agua hasta vapor de agua esparcida a través de la piel (transpiración imperceptible)

E_{Re} = Suma de los flujos de calor por calentamiento y humedecimiento del aire inhalado.

E_{Sw} = Flujo de calor por la evaporación del sudor.

S = Flujo de calor acumulado para calentar o enfriar la masa corporal.

En la ecuación de balance de calor del cuerpo humano (ecuación 3.28), algunos términos dependen de los valores de la temperatura promedio de la superficie de

la vestimenta, temperatura promedio de la piel o la tasa de sudoración, todos afectados por las condiciones ambientales. El modelo MEMI introduce simplificaciones en el cálculo de la tasa de sudoración y separa el cálculo de los flujos de calor de las partes del cuerpo cubiertas con vestimenta y aquellas descubiertas.

3.1.11. TSENS (Thermal Sensation).

La fundación John B. Pierce en la Universidad de Yale, inició el desarrollo del modelo matemático para estimar el confort térmico en 1970. El modelo divide el cuerpo humano en dos grandes componentes. Uno representa el núcleo interno, y el otro representa la piel. Para determinar la sensación térmica del cuerpo humano, dentro del modelo se considera la conducción pasiva del calor desde el núcleo del cuerpo hacia la piel y la desviación de la temperatura del núcleo y la piel desde su punto de partida (Lee y Strand, 2003).

La sensación térmica (TSENS) de una persona promedio en un ambiente frío se calcula usando la ecuación 3.29.

$$TSENS = 0.4685 \left(T_b - T_{b,c} \right) \quad T_b < T_{b,c} \quad (3.29)$$

Para ambiente cálido, TSENS se calcula con la ecuación 3.30.

$$TSENS = 4.7 \eta_{ev} \left(T_b - T_{b,c} \right) \left(T_{b,h} - T_{b,c} \right) \quad T_{b,c} \leq T_b \leq T_{b,h} \quad (3.30)$$

En ambiente caluroso, TSENS está dada por la ecuación 3.31.

$$TSENS = 4.7 \eta_{ev} \left(T_b - T_{b,h} \right) \quad T_{b,h} \leq T_b \quad (3.31)$$

Donde:

T_b = temperatura promedio del cuerpo, °C.

$T_{b,c}$ = temperatura promedio del cuerpo, límite inferior de la zona de regulación evaporativa, °C

$T_{b,h}$ temperatura promedio del cuerpo, límite superior de la zona de regulación evaporativa, °C

η_{ev} =eficiencia evaporativa

En la tabla 3.5 se presenta la escala de sensaciones térmicas para el modelo TSENS.

Tabla 3.5. Escala TSENS de confort.

No.	Descripción
+5	Intolerablemente caliente
+4	Muy caliente
+3	Caliente
+2	Cálido
+1	Ligeramente cálido
0	Neutral ó confortable
-1	Ligeramente fresco
-2	Fresco
-3	Frío
-4	Muy Frío
-5	Intolerablemente frío

Fuente: *A comprehensive assessment of pedestrian comfort including thermal effects* (Soligo, et al. 2003).

3.2. Índices de Temperatura Percibida.

El objetivo de los índices de temperatura percibida es establecer la temperatura que el cuerpo humano percibe bajo ciertas condiciones climáticas, lo anterior bajo el supuesto que el valor de la temperatura del aire no necesariamente es la temperatura percibida por el humano.

3.2.1. DI (Discomfort Index).

El índice de incomodidad (DI) es una variante al modelo temperatura efectiva (ET), simplificando el cálculo a partir de ecuación 3.32 para grados Fahrenheit (Landberg, 1972):

$$Dif = 0.4 \left(t_d + t_w \right) - 15 \quad (3.32)$$

La misma simplificación pero expresado en grados centígrados, posee la forma de la ecuación 3.33.

$$DIf = 0.4(t_d + t_w) + 4.8 \quad (3.33)$$

Donde:

t_d = temperatura de bulbo seco (dry)

t_w = temperatura de bulbo húmedo (wet)

Para un considerable rango de valores, los valores del *índice de incomodidad* (DI) son esencialmente idénticos a los obtenidos con el modelo *temperatura efectiva* (ET), fundamentalmente en el rango que va desde los 18.3 °C (65 °F) a los 31.1 °C (88 °F).

3.2.2. ET (Temperatura Efectiva).

El índice de *temperatura efectiva* (ET), fue desarrollado entre 1923 a 1925 en el laboratorio de investigación de la ASHRAE (Givoni, 1976). La *temperatura efectiva* (ET) es definida como la temperatura de aire en calma y saturado lo cual da la misma sensación térmica que las condiciones ambientales (McGregor, 1995). La ecuación 3.34 corresponde a este índice (Missernard, 1937, citado por McGregor, 1995):

$$ET = Ta - 0.4(t_a - 10) - rh / 100 \quad (3.34)$$

Donde:

T_a = temperatura de bulbo seco

rh = humedad relativa

3.2.3. SUBT (Temperatura Subjetiva).

Una variante a la ecuación de Fanger fue desarrollada por McIntyre, cuyo objetivo fue simplificar el cálculo con base en variable físicas obteniendo muy buenas aproximaciones (CUErgo, 2003). La ecuación 3.35 muestra esta modificación.

$$\begin{array}{l}
 \boxed{TSUB(\text{temperatura subjetiva})} \\
 = \\
 \text{temperatura de un espacio uniforme con } Ta = Tr, \\
 v = 0.1 \text{ m/s} \\
 RH = 50\%
 \end{array}
 \quad (3.35)$$

Bajo este criterio, McIntyre simplificó la ecuación de Fanger a la siguiente forma:

$$TSUB = 33.5 - 3 I_{clo} - 0.08 + 0.05 I_{clo} H$$

Donde:

H: Producción de calor metabólico.

Para un aislamiento por vestimenta arriba del 1.5 clo y actividades arriba de 150 w/m², el error con respecto a la ecuación de Fanger es de 0.5K.

Cuando la velocidad del viento es baja (0.15 m/s), la temperatura y humedad no poseen un efecto apreciable sobre el calor, por lo que SUBT está en función de Ta y Tr como lo muestra la ecuación 3.36.

$$\boxed{TSUB = 0.56Ta + 0.44Tr, v \leq 0.15 \text{ m/s}} \quad (3.36)$$

Para altas velocidades del viento, SUBT posee la forma de la ecuación 3.37.

$$\boxed{TSUB = 0.44Tr + 0.56 \left(- \sqrt{10v} \right) - Ta \left(0.44 + 0.56 \sqrt{10v} \right)} \quad (3.37)$$

3.2.4. T_ψ (Neutralidades Térmicas)

La creación de este modelo se debe a Humphreys en 1975, quien se basó en la revisión de treinta y seis investigaciones realizadas en varios países alrededor del mundo y descubrió una convincente dependencia estadística de neutralidades térmicas; es decir, qué temperatura le corresponde a una sensación térmica “neutral” o “confortable” (Auliciems, 1998). El resultado fue la ecuación 3.38.

$$\boxed{T_{\psi} = 2.56 + 0.83T_i} \quad (r = +0.96) \quad (3.38)$$

Donde:

T_i Temperatura del aire o temperatura de globo.

Es importante aclarar, que Humphreys llegó a este modelo con base a datos sobre niveles promedio de la temperatura de aire o de globo dentro de edificaciones.

En 1976 Humphreys investigó sobre la posibilidad de una relación estadística entre el clima exterior y las temperaturas neutrales de interiores, llegando al planteamiento expresado en la ecuación 3.39 (Auliciems, 1998).

$$\boxed{T_{\psi} = 11.9 + 0.534T_m} \quad (r = +0.97) \quad (3.39)$$

Donde:

T_m : Temperatura promedio mensual

Para el caso de edificaciones con clima controlado (aire acondicionado, ventilación), Humphreys encontró la misma relación entre el clima exterior y el interior, aunque en forma moderada pero con una correlación significativa con la temperatura promedio mensual, logrando un mejor ajuste a través de una curva presentada en la ecuación 3.40 (Auliciems, 1998).

$$\boxed{T_{\psi} = 23.9 + 0.295(T_m - 22) \cdot \exp\{-(T_m - 22)/(24 \cdot \sqrt{2})\}^2} \quad (r = +0.72) \quad (3.40)$$

Donde:

T_m : Temperatura promedio mensual

El conjunto de datos utilizados por Humphreys para generar los modelos anteriormente mostrados fueron revisados en 1983 por Auliciems, quien eliminó aquellos casos basados sobre escalas de medición asimétricas, utilizando niños como sujetos de investigación, y registrando las temperaturas promedio mensual por debajo de los -5°C , además de agregar información reciente publicada en trabajos posteriores a los de Humphreys. Esta revisión desarrollada por Auliciems, incrementó a cincuenta y dos los campos de estudios considerados. Después de combinar la información entre edificaciones con climatización

controlada y aquellas que no poseían esta característica, Auliciems retornó al estudio de neutralidades (T_{ψ}) con base en la temperatura promedio mensual (T_m).

El resultado obtenido por Auliciems fue la ecuación lineal 3.41 (Auliciems, 1998).

$$\boxed{T_{\psi} = 0.31T_m + 1.76} \quad (r = +0.88) \quad (3.41)$$

Adicionalmente, Auliciems incorporó una expresión para el calor imperante en interiores hasta que el modelo obtuvo un coeficiente de correlación de $R=0.95$, llegando a la ecuación 3.42 (Auliciems, 1998).

$$\boxed{T_{\psi} = 0.48T_i + 0.14T_m + 9.22} \quad (R = +0.95) \quad (3.42)$$

Alternativamente, Griffiths en 1990 desarrolló otra regresión para los datos obtenidos en un estudio desarrollado para edificios en Europa (Auliciems y Szokolay, 2002 citado por Chavez, 2002). Como se observa en la ecuación 3.43, el resultado obtenido por Griffiths fue prácticamente similar al de Humphreys.

$$\boxed{T_{\psi} = 12.1 + 0.534T_m} \quad (3.43)$$

La contribución más reciente para este modelo se desarrolló en Pakistán en 1996 por Nicol y Roaf (Auliciems y Szokolay, 2002 citado por Chavez, 2002), llegando a la relación expresada por la ecuación 3.44.

$$\boxed{T_{\psi} = 17.0 + 0.38T_m} \quad (3.44)$$

3.2.5. TS (Sensación Térmica).

La ecuación de sensación térmica TS (Thermal Sensation), se utiliza para predecir el voto de sensación térmica utilizando una función lineal de la temperatura del

aire y la presión del vapor parcial (ESRU, 2003-B). La ecuación 3.45 presenta el cálculo de la sensación térmica TS.

$$TS = 0.245Ta + 0.248p - 6.475 \quad (3.45)$$

Donde:

Ta = temperature del aire en grados centígrados.

p = presión de vapor parcial en kilopascals.

3.2.6. WCI (Índice Viento-Frío).

El nuevo índice *Viento-Frío* (Winchill Index), fue desarrollado en la Universidad de Purdue Indiana y por el Instituto de defensa civil para medicina ambiental de Toronto (DECIEM). La fórmula para el índice fue probada en un túnel de aire frío de dicho instituto durante el verano del año 2000. En este túnel de viento, las caras de seis hombres y seis mujeres fueron expuestas a distintas combinaciones de temperatura y velocidad del viento, y la tasa de perdida de temperatura de la piel expuesta fue medida y la valoración de la sensación térmica con respecto al frío fue almacenada (Heidorn, 2001).

La ecuación resultante para una temperatura equivalente del índice viento-frío fue aceptada por el DECIEM y el servicio nacional climatológico de EE.UU. (NOAA) en 2001. Es importante hacer notar que el índice viento-frío no es una temperatura en el sentido estricto de la palabra, pero si un número que cuantifica la sensación del frío (Heidorn, 2001).

Características del nuevo índice Viento-Frío (Heidorn, 2001):

- a. El valor de la velocidad del viento se obtiene a una altura promedio de 1.5 metros (5 pies), basándose en la ubicación de la cara de una persona adulta típica. Las lecturas son tomadas en un anemómetro estándar a una altura de 10 metros (33 pies).
- b. Está basado en un modelo de la cara humana.

- c. Incorpora la teoría moderna de transferencia de calor para determinar la pérdida de calor de la cara y su contorno, durante condiciones de frío y de viento.
- d. Disminuye el umbral de viento en calma a 4.8 km/h (3 mph), la velocidad normal de un peatón caminando a través de una cruz calle.
- e. Utiliza un valor consistente para la resistencia del tejido de la piel.
- f. Asume que no existe impacto del sol (ejemplo: una noche con cielo despejado).

La fórmula para el índice *windchill* es la ecuación 3.46 (Heidorn, 2001):

$$T_{wc} = 13.112 + 0.6215T_a - 13.37V^{0.16} + 0.3965T_aV^{0.16} \quad (3.46)$$

Donde:

T_{wc} = índice winchill

T_a = Temperatura del aire ambiente en grados Centígrados.

V = velocidad del viento en kilómetros por hora

La fórmula equivalente del índice *winchill* en grados Fahrenheit es la ecuación 3.47 (Heidorn, 2001).

$$T_{wc} = 35.74 + 0.6215T_a - 35.75V^{0.16} + 0.4275T_aV^{0.16} \quad (3.47)$$

Donde:

T_{wc} = índice winchill

T_a = Temperatura del aire ambiente en grados Fahrenheit.

V = velocidad del viento en millas por hora

3.2.7. WD (Húmedo-Seco)

Conocido también como *Índice Oxford* (Oxford Index). Este índice de estrés calórico, ha sido elaborado para evaluar la severidad del calor húmedo en aquellos

lugares dónde la ventilación es mínima (Sensarma, 1999). WD se calculo a partir de la ecuación 3.48.

$$WD = 0.85w + 0.15d \quad (3.48)$$

Donde:

w = temperatura de bulbo húmedo (wet)

d = temperatura de bulbo seco (dry)

3.2.8. WSI (Índice de Estrés del Tiempo Atmosférico).

Este índice es conocido también como *Temperatura Relativa-Aparente*. Las bases de este índice se derivan del *Índice de Calor (HI)* de R.G. Steadman (Kalkstein y Valimont, 1986), quien evaluó las respuestas psicofisiológicas para varias condiciones climáticas, y posteriormente luego de múltiples procesos de regresión llegó a formular el índice HI.

Kalkstein y Valimont (1986) añadieron mejoras al modelo HI de Steadman, la primera se refiere a la posibilidad de utilizar el índice para invierno y verano independientemente.

Luego de la incorporación de datos climáticos relativos a varias ciudades alrededor de Estados Unidos, y como resultado del análisis de regresión múltiple desarrollado, Kalkstein y Valimont (1986) llegaron a la ecuación 3.49.

$$AT = -2.653 + 0.994Ta + 0.368 \left(\frac{Td}{Ta} \right)^2 \quad (3.49)$$

Donde:

AT = temperatura aparente (°C) asumiendo velocidad del viento igual a cero.

Ta = temperatura del aire (°C)

Td= punto de rocío (°C)

3.3. Índices de Sensación Térmica.

La ventaja de estos índices, no obstante la sencillez en el cálculo, es la inclusión de una escala de sensación térmica a partir del resultado obtenido, permitiendo de esta forma establecer el nivel de comodidad o incomodidad que posee el humano bajo ciertas condiciones climáticas.

3.3.1. Humidex.

El modelo *Humidex* es una innovación canadiense, es usado desde 1965. Fue elaborado por meteorólogos canadienses para describir como siente el calor y la humedad del ambiente una persona promedio. El resultado obtenido a partir del cálculo representa la temperatura percibida bajo determinada combinación de calor y humedad (MSC, 2003). La ecuación 3.50 presenta el modelo *Humidex*.

$$\text{Humidex} = T + 5/9(e - 10) \quad (3.50)$$

Donde:

El valor de “e” está dado por la ecuación 3.51.

$$e = 6.112 \times 10^{\frac{7.5 \times T}{237.7 + T}} \times \left(\frac{H}{100} \right) \quad (3.51)$$

T= temperatura del aire (°C)

H= humedad relativa (%)

En la tabla 3.6 se presenta la escala de sensación térmica para el índice *HUMIDEX* con base en la temperatura percibida por el humano.

Tabla 3.6. Escala de sensación térmica para el índice HUMIDEX.

Humidex	Nivel de Confort
Menor a 29 °C	Sin incomodidad
De 30 °C a 39 °C	Alguna incomodidad
De 40 °C a 45 °C	Gran incomodidad; ejercicio o esfuerzo debe ser mínimo
Sobre 45 °C	Condición peligrosa, ejercicio o esfuerzo debe ser evitado
Sobre 54 °C	Insolación inminente

Fuente: *Summer Discomfort Mixing Heat and Humidity* (Heidorn, 1998).

3.3.2. SSI (Índice de calentamiento lento en verano).

El índice *SSI* es utilizado para estimar la cantidad de incomodidad durante los meses de verano cuando la combinación de calor y humedad a menudo causan una sensación más caliente que la real. Es similar al índice *HI* (Heat Index), sin embargo, *HI* es utilizado para las altas temperaturas de la tarde y el *SSI* para las temperaturas bajas de la noche (DS4U, 2003). El índice se calcula a partir de la ecuación 3.52.

$$SSI = 1.98 \left(T_f - 58 \right) - 0.55 \left(RH - 56.83 \right) - 0.0055 \left(T_f - 58 \right) \left(RH - 56.83 \right) \quad (3.52)$$

Donde:

T_f = Temperatura del aire (Fahrenheit)

RH =Humedad relativa expresada como número entero

El resultado del índice se evalúa a partir de los rangos expuestos en la tabla 3.7 para determinar la sensación térmica:

Tabla 3.7. Escala de Sensaciones Térmicas SSI.

Categoría	SSI
Ligeramente Fresco	$70 \leq SSI < 77$
Confortable	$77 \leq SSI < 83$
Ligeramente Cálido	$83 \leq SSI < 91$
Cálido	$91 \leq SSI < 100$
Medianamente Cálido	$100 \leq SSI < 112$
Muy Cálido	$112 \leq SSI < 125$
Extremadamente Cálido	$125 \leq SSI < 150$

Fuente: *New Summer Simmer Index* (IBIMET, 2003).

3.3.3. THI (Índice de Temperatura Humedad).

El índice temperatura-humedad, THI por las siglas en inglés (Temperature-Humidity Index), fue desarrollado por Hans Rosendal miembro del Servicio Nacional del Clima de EE.UU (Rosendal, 2002).

El modelo es sumamente sencillo, y se basa en la Temperatura del Aire y la Temperatura del Punto de Rocío, lo anterior porque según lo establecido por Rosendal (2002) el alto contenido de vapor en el aire restringe la evaporación de la piel y los pulmones y por lo tanto causa la sensación de incomodidad.

Para obtener el valor del índice THI se utiliza la ecuación 3.53.

$$\text{Índice Temperatura Humedad} = \frac{\text{Temperatura del Aire} + \text{Temperatura del Punto de Rocío}}{2} \quad (3.53)$$

El valor retornado por la formula deberá someterse a la escala de sensación térmica ideada también por Rosendal (2002) para determinar el grado de confort. Esta escala se presenta en la tabla 3.8.

Tabla 3.8. Escala de Sensación Térmica para Índice Temperatura-Humedad.

Valor Obtenido	Sensación Térmica
< 65	Placentero (Delightful)
70	Confortable (Comfortable)
75	Ligeramente Opresivo (Slightly Oppressive)
80	Muy Opresivo (Very Oppressive)
85	Casi Insoportable (Almost Unbearable)
90	Apoplejía por Calor (Heat Stroke)

Fuente: *An easy to use Temperature-Humidity Index* (Rosendal, 2002)

3.4. Índices del Impacto del Ambiente Térmico.

Los modelos de impacto del ambiente térmico son una modalidad de los modelos bioclimáticos donde el interés está sobre la carga de trabajo a que puede ser sometido el cuerpo humano bajo ciertas condiciones climáticas. Algunos de estos modelos presentan escalas para determinar el daño que pueden causar algunas condiciones climáticas extremas.

3.4.1. HI (Índice de Calor ó Temperatura Aparente).

El índice de calor o algunas veces llamado *temperatura aparente*, es el resultado de un extenso estudio desarrollado por R.G. Steadman en 1979. Steadman incluyó factores psicofisiológicos en su investigación; con el objetivo de llegar a una ecuación que incluyera variables convencionales independientes. La ecuación resultante puede considerarse una ecuación de *índice de calor*, aunque se obtuvo en forma indirecta. Una de las versiones del índice de calor está representada en la ecuación 3.54.

$$\begin{aligned}
 HI &= \\
 &- 42.379 + 2.04901523T + 10.1433312R - 0.22475541TR \\
 &- 6.83783 \times 10^{-3} T^2 - 5.481717 \times 10^{-2} R^2 + 1.22874 \times 10^{-3} T^2 R \\
 &+ 8.5282 \times 10^{-4} TR^2 - 1.99 \times 10^{-6} T^2 R^2
 \end{aligned}
 \tag{3.54}$$

Donde:

T = Temperatura

R = Humedad Relativa

Considerando que esta ecuación se obtuvo a partir de múltiples procesos de regresión, el valor del índice de calor (HI), posee un error de $\pm 1.3^\circ F$. Aunque temperatura y humedad relativa son las únicas variables presentes en la ecuación, todos los factores considerados por Steadman de alguna manera son incluidos en los coeficientes producidos luego del proceso de regresión (Rothfus, 1990).

En la tabla 3.9 están plasmados los efectos del calor a la salud para los valores del índice HI.

Tabla 3.9. Relación entre HI y efectos del calor.

HI	Efectos a la Salud
80-90 °F	Posible fatiga con exposición prologada y/o actividad física
90-105 °F	Calambres y posible agotamiento con exposición prolongada y/o actividad física
105-130 °F	Calambres o agotamiento probable y posible insolación con exposición prolongada y/o actividad física
130 °F o mayor	Alta probabilidad de insolación con exposición continua

Fuente: *Summer Discomfort Mixing Heat and Humidity* (Heidorn, 1998).

3.4.2. WBGT (Temperatura de Globo de Bulbo Húmedo).

El índice de temperatura de globo de bulbo húmedo toma su nombre precisamente por el equipo utilizado para obtener los valores de temperatura. Tanto el termómetro de bulbo húmedo (wet bulb) insertado en el psicrómetro, así como el termómetro de globo (globe G) han sido descritos en el capítulo dos.

La aplicación inicial del índice WBGT fue estimar rangos de estrés térmico que justificasen la disminución de actividad física para minimizar incidencias de lesiones por el calor al aire libre (Virtual Naval Hospital, 2003).

El procedimiento sugerido para el cálculo del índice WBGT es el siguiente (USARIEM, 20003):

I. Obtener las lecturas de:

- a. Un termómetro de bulbo húmedo estacionario, expuesto al sol y al viento predominante.
- b. Un termómetro de globo de seis pulgadas, ubicado de la misma forma que el anterior.
- c. Un termómetro de bulbo seco protegido de los rayos del sol.

II. El índice WBGT se calcula con la suma de valores de la ecuación 3.55.

$\begin{array}{l} 0.7 \text{ temperatura del termómetro de bulbo húmedo} + \\ 0.2 \text{ temperatura del termómetro de globo color negro mate} + \\ 0.1 \text{ temperatura del termómetro de bulbo seco (ubicado en la sombra)} \\ \hline = WBGT \end{array}$	(3.55)
---	--------

Es importante enfatizar que los termómetros deberán ser posicionados cerca de la ubicación de las personas para las cuales se calculará índice.

La ecuación mostrada hasta el momento para el índice WBGT se ideó para el cálculo del estrés térmico al aire libre donde existe una carga solar, por esto algunas veces recibe el nombre de *Temperatura de Globo de Bulbo Húmedo para Exteriores* (Outdoor WBGT). Sin embargo, la adaptación se hizo con base en el índice original creado para interiores y exteriores sin carga solar, llamado comúnmente *Temperatura de Globo de Bulbo Húmedo para Interiores* (Indoor WBGT) (OSHA, 2003), cuya fórmula es la ecuación 3.56.

$$\begin{array}{l}
0.7 \text{ temperatura del termómetro de bulbo húmedo} + \\
0.3 \text{ temperatura del termómetro de globo color negro mate} + \\
= \text{WBGT}
\end{array}
\quad (3.56)$$

Una vez calculado el índice WBGT, se debe evaluar el resultado con base a los rangos permisibles mostrados en la tabla 3.10 (OSHA, 2003).

Tabla 3.10. Valores límites permisibles a la exposición al calor.

Régimen de receso o carga de trabajo	CARGA DE TRABAJO		
	LIGERA	MODERADA	PESADA
Trabajo continuo	30.0°C (86°F)	26.7°C (80°F)	25.0°C (77°F)
75% de trabajo, 25% de descanso, cada hora	30.6°C (87°F)	28.0°C (82°F)	25.9°C (78°F)
50% de trabajo, 50% de descanso, cada hora	31.4°C (89°F)	29.4°C (85°F)	27.9°C (82°F)
25% de trabajo, 75% de descanso, cada hora	32.2°C (90°F)	31.1 °C (88°F)	30.0 °C (86°F)

Fuente: *OSHA Technical Manual* (OSHA, 2003).

Los valores límites presentados en la tabla 3.10 están basados sobre la suposición que las personas casi todas están aclimatadas y adecuadamente vestidas. Asimismo, la ingesta de agua y sal debe ser adecuada para que el cuerpo no exceda la temperatura interna de 38 °C (100.4 °F). Además, los valores suponen que el índice WBGT tanto para el sitio de descanso como para los puestos de trabajo son cercanos (ACGIH, 1992, citado en OSHA, 1993).

3.5. Conclusión.

En este capítulo se han expuesto diversos modelos bioclimáticos, algunos sencillos, obtenidos empíricamente, y otros sumamente complejos, basados en la termodinámica del aire y en la fisiología del cuerpo humano. De ninguna manera se han expuesto todos los modelos existentes, sin embargo, se reflejan las corrientes abordadas de más de un siglo de investigación que sobre este tema se ha realizado.

4. Capítulo IV. Metodología.

Este capítulo describe el entorno donde se desarrolló la investigación, los sujetos de estudio, los materiales y los procedimientos utilizados para indagar sobre la aplicabilidad de los modelos bioclimáticos en las principales ciudades de la zona norte de Baja California.

Como punto de partida para alcanzar el objetivo fundamental de la investigación se propusieron las siguientes premisas: primera, poseer como datos de entrada aquellas variables meteorológicas con posibilidades de obtención en dichas ciudades y segunda, los modelos deberán poseer un alto potencial para ser implementados en un sistema de información bioclimático.

Con los contrastes climatológicos presentes en las ciudades de la zona norte de Baja California, se torna interesante el desarrollo de un sistema de información que con base en modelos bioclimáticos, permita estimar la sensación térmica de los habitantes de estas ciudades para una oportuna planeación de las actividades al aire libre.

4.1. Entorno.

Como se ha descrito en el capítulo uno, el desarrollo de la investigación está enfocado sobre las principales ciudades del norte del estado de Baja California. Específicamente las ciudades de Ensenada, Mexicali, Tecate y Tijuana, además del puerto de San Felipe. La ubicación geográfica de México y el estado de Baja California se puede observar en el mapa de la figura 4.1.



Figura 4.1. Ubicación geográfica de México y el Estado de Baja California.

La ubicación específica del área seleccionada para el desarrollo de la investigación se presenta en la figura 4.2, donde se observan las principales ciudades del norte del estado de Baja California.



Figura 4.2. Ubicación de las principales ciudades del norte del estado de Baja California.

Climáticamente, las ciudades de Ensenada, Tecate y Tijuana poseen características similares; sin embargo, Mexicali y San Felipe difieren entre sí y con respecto a las otras ciudades. Para denotar estas diferencias, en la figura 4.3 se presenta el tipo de clima para Ensenada, Tecate y Tijuana con base en la clasificación climática desarrollada por García (1970).

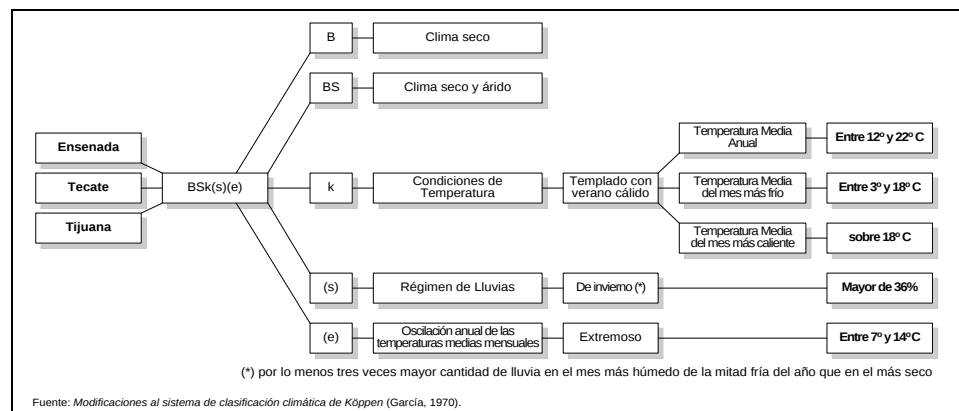


Figura 4.3. Clasificación climática de la ciudad de Ensenada, Tecate y Tijuana, B.C.

De la misma forma que en la figura 4.3, en la figura 4.4 de forma esquemática se muestra la clasificación climática para la ciudad de Mexicali.

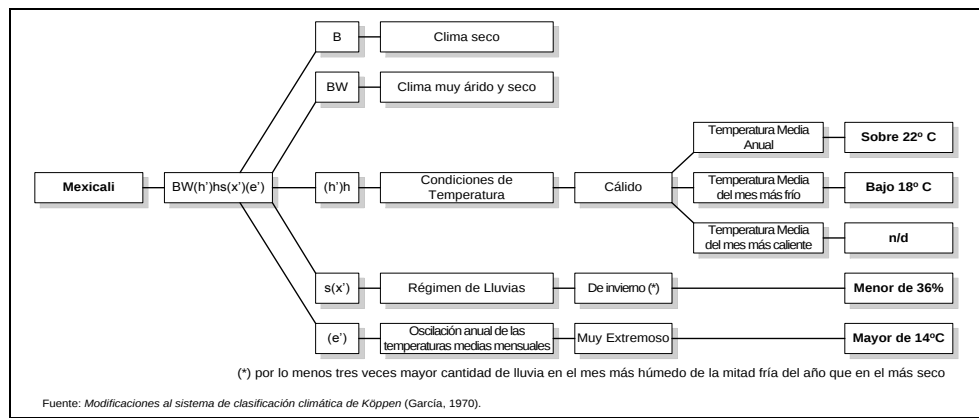


Figura 4.4. Clasificación climática de la ciudad de Mexicali, B.C.

Finalmente, en la figura 4.5 se encuentra el diagrama de la clasificación climática de San Felipe.

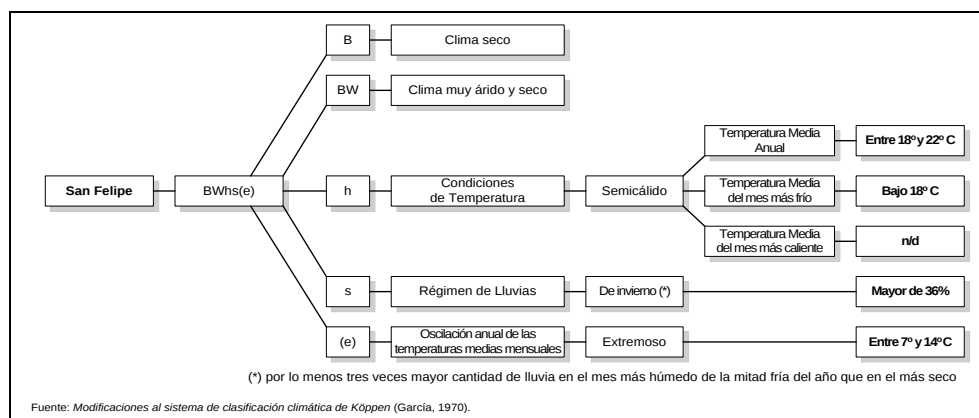


Figura 4.5. Clasificación climática del puerto de San Felipe, B.C.

4.2. Sujetos.

El compendio de modelos e índices bioclimáticos presentados en el capítulo tres, denotan la diversidad de enfoques que existen para abordar el tema de modelación del comportamiento humano con respecto al clima. Básicamente existen cinco tipos de modelos bioclimáticos:

- Diagramas Bioclimáticos. Nomogramas que con base a la ubicación de valores de entrada en una determinada gráfica se obtiene el nivel de comodidad térmica.

- g. Modelos Biofísicos. Modelos basados en ecuaciones de balance de energía, las cuales incluyen diferentes parámetros íntimamente relacionados con el humano, tales como vestimenta y actividad física.
- h. Índices de Temperatura Percibida. Ecuaciones que con base en la entrada de variables climáticas, estiman la temperatura que el humano percibe del ambiente que por lo general es menor a la temperatura del aire.
- i. Índices de Sensación Térmica. Ecuaciones que a partir del ingreso de variables de entrada se obtiene un valor que posteriormente debe someterse a una tabla de valores para obtener la escala de sensación térmica del humano.
- j. Índices del Impacto del Ambiente Térmico. El objetivo de estos modelos es establecer las cargas de trabajo adecuadas bajo ciertas condiciones climáticas.

La fase aplicativa de la investigación la constituye el desarrollo de una herramienta de software donde se implantarán aquellos modelos más adecuados para tal fin, esto representa una clara limitante para el uso de nomogramas, lo que significa que este tipo de modelos no es considerado dentro del estudio. Asimismo, y por razones estrictamente de información, los modelos con posibilidad de ser utilizados para las ciudades en cuestión son aquellos cuyas variables de entrada sean: temperatura del aire, humedad relativa, velocidad del viento y radiación solar o cualquier otra variable derivada de las cuatro anteriores, considerando que estas cuatro variables son accesibles o pueden estimarse en las estaciones meteorológicas de la región bajo estudio.

De lo anterior se deriva la selección de modelos bioclimáticos como muestra para el proceso de evaluación; es decir, aquellos cuyo cálculo requiera variables climáticas asequibles en la región y el resultado pueda someterse a una escala de sensación térmica para determinar el nivel de confort. En la tabla 4.1 se presentan los modelos seleccionados bajo estas consideraciones.

Tabla 4.1. Modelos seleccionados para proceso de evaluación.

Modelo	Fórmula	Variables de Entrada
Humidex	$Humidex = T + 5/9 \left(e - 10 \right)$ $e = 6.112 \times 10^{\frac{7.5 \times T}{237.7 + T}} \times \left(\frac{H}{100} \right)$	T=Temperatura del Aire (°C) H=Humedad Relativa (%) e=presión de vapor
SSI	$SSI = 1.98 \left(T_f - 55 - 0.0055 RH \right) \left(T_f - 58 \right) - 56.83$	Tf=Temperatura del Aire (Fahrenheit) RH=Humedad Relativa
THI	$THI = \frac{Temp. Aire + Temp. Punto Rocio}{2}$	Temperatura del Aire Punto de Rocio

4.3. Materiales.

En este apartado se describen los materiales utilizados en el desarrollo de la investigación, detallando preliminarmente aquellos utilizados en la fase exploratoria culminando con los relativos a la fase correlacional.

4.3.1. Materiales Fase Exploratoria.

En la fase preliminar de la investigación se recurrió a fuentes bibliográficas, obteniendo información de carácter general sobre bioclimatología y modelos bioclimáticos; también se recurrió al uso de Internet como fuente de información para la búsqueda de modelos bioclimáticos, así como al correo electrónico para contactar a investigadores cuyos trabajos estuvieran íntimamente relacionados con modelos bioclimáticos.

Considerando la extensión de información publicada en Internet, se puede encontrar mucha información valiosa o no, y a su vez en diferentes idiomas, sin embargo, el idioma utilizado comúnmente en Internet es el inglés, por tanto, las búsquedas efectuadas se hicieron en español e inglés siguiendo el mismo criterio de utilizar palabras claves sobre la temática en cuestión. Asimismo, por el funcionamiento interno de los buscadores de información vigentes al momento del desarrollo de la investigación, se obvió utilizar acentos gráficos o tildes para las búsquedas en español, puesto que estos son eliminados internamente por los algoritmos utilizados en los motores de búsqueda.

En la tabla 4.2 se presenta el conjunto de palabras claves utilizadas para efectuar las búsquedas de información referente a modelos bioclimáticos.

Tabla 4.2. Palabras claves para búsqueda de información.

ESPAÑOL	INGLÉS
variable(s) bioclimatica(s)	bioclimatic(s) variable(s)
indice(s) bioclimatico(s)	bioclimatic index(es)
modelo(s) bioclimatico(s)	bioclimatic model(s)
parametro(s) bioclimatico(s)	bioclimatic parameter(s)
diagrama(s) bioclimatico(s)	bioclimatic diagram(s)
analisis bioclimatico(s)	bioclimatic analysis
sistema(s) bioclimatico(s)	bioclimatic system
estudio(s) bioclimatico(s)	bioclimatic study
algoritmo(s) bioclimatico(s)	bioclimatic algorithm(s)

Considerando los diferentes enfoques como se emplaza el tema bioclimático, se consideró orientar las búsquedas a aspectos puntuales relacionados con los modelos bioclimáticos, en la tabla 4.3 se enlista estos criterios de búsqueda en español y en la siguiente, tabla 4.4 los equivalente en inglés utilizados.

Tabla 4.3. Palabras claves para búsqueda en español.

Español			
Sujeto	Adjetivos		
Comodidad	Termica	Bioclimatica	Climatica
Confort	Termico	Bioclimático	Climatico
Estabilidad	Termica		
Ambiente	Termico	Bioclimatico	Climatico
Condicion	Termica	Bioclimatica	Climatica
Incomodidad	Termica	Bioclimatica	Climatica
Comportamiento	Termico	Bioclimatico	Climatico
Sensacion	Termica		
Clasificacion		Bioclimatica	
Bienestar	Termico	Bioclimatico	Climatico

Tabla 4.4. Palabras claves para búsqueda en Inglés.

Inglés			
Adjetivos			Sujeto
Thermal	Bioclimatic	Climatic	comfort
Thermal	Stability		
Thermal	Bioclimatic	Climatic	Environment
Thermal	Bioclimatic	Climatic	Condition
Thermal	Bioclimatic	Climatic	Discomfort
Thermal			Sensation
	Bioclimatic		Classification

4.3.2. Materiales Fase Correlacional.

La medición de la validez de cada modelo se realizó tomando como datos de referencia la información contenida en la *Base de Datos Mundial de Experimentos de Campo sobre Confort Térmico* (The World Database of Thermal Comfort Field Experiments) (ASHRAE RP-884, 2004). Es de suma importancia aclarar que no existe dentro de esta base de datos información específica para ciudades mexicanas; sin embargo, como lo muestran la figura 4.6. y 4.7, se han desarrollado estudios en ciudades con condiciones climáticas similares a las involucradas en este estudio.

La figura 4.6 presenta puntualmente la ubicación geográfica de las ciudades donde se ha recolectado información para la base de datos en cuestión, y la figura 4.7 muestra la clasificación climática mundial propuesta por la Universidad Macquarie, donde puede observarse la similitud de climas antes mencionada entre ciudades de Baja California y ciudades incluidas en la base de datos del proyecto RP-884.



Figura 4.6. Ubicación Geográfica ciudades Proyecto ASHRAE RP-884 (ASHRAE RP-884, 2004)

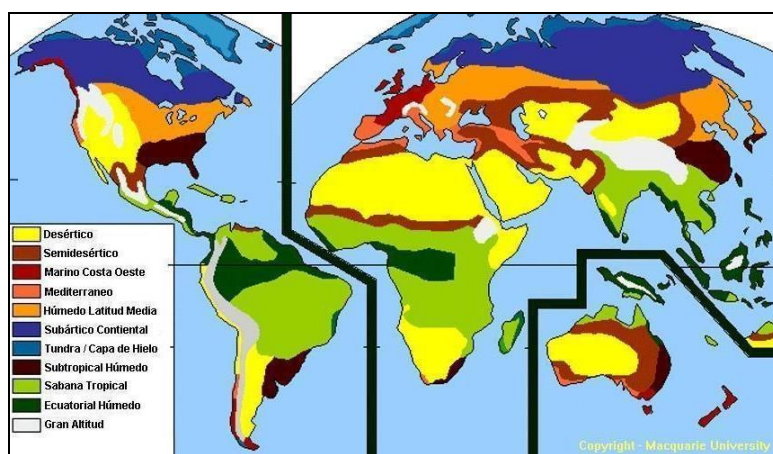


Figura 4.7. Clasificación Climática Mundial Universidad Macquarie (ASHRAE RP-884, 2004)

4.4. Procedimiento.

Para el desarrollo de la investigación y conforme a lo establecido en los objetivos presentados en el capítulo I, se llevaron a cabo cuatro fases correspondientes un tipo de estudio cada una, a saber: exploratorio, descriptivo, correlacional y aplicativo. En los siguientes apartados se describen detalladamente como se efectuaron cada una de cuatro fases.

4.4.1. Procedimiento Fase Exploratoria.

Con el fin de encontrar el mayor número de modelos bioclimáticos y satisfacer el objetivo número uno, se buscó en bibliografía especializada de bioclimatología información referente a los modelos. Es fundamental aclarar que el material bibliográfico disponible en la región no es abundante puesto que el personal dedicado a estas investigaciones a pesar de su importancia por sí misma y como apoyo de otros estudios, es relativamente poca. En general, el tema sobre modelos bioclimáticos se aborda principalmente desde un punto de vista arquitectónico y muy relacionado con la temática de confort en los puestos de trabajo.

Con base en lo descrito anteriormente, se llegó a la conclusión que por la escasez de material escrito sobre el tema, una alternativa consecuente sería la búsqueda electrónica en Internet a través de motores de búsqueda tales como *www.google.com*, *www.alltheweb.com* y *espanol.yahoo.com*. Por tanto, se procedió a introducir los diferentes conjuntos de palabras mostrados anteriormente en el

apartado 4.3.1 dentro de los motores de búsqueda, obteniendo un alto número de resultados por lo cual se hacia una revisión preliminar del contenido para determinar si existía información relevante dentro de las páginas en formato html así como dentro de documentos y presentaciones. Luego de recolectada la información se procedió a buscar información específica sobre modelos bioclimáticos.

4.4.2. Procedimiento Fase Correlacional.

Como se estableció al final del apartado 4.2 (ver tabla 4.1), los modelos seleccionados para el proceso de evaluación son: HUMIDEX, SSI, THI. Este proceso de evaluación se desarrolló en cuatro etapas:

- I. Selección de ciudades
- II. Conversión de datos
- III. Desarrollo de tabla de equivalencias
- IV. Cálculo de modelos
- V. Generación de resultados

En los siguientes apartados se describen cada una de estas etapas.

4.4.2.1. Selección de Ciudades.

Los datos para evaluar los modelos se tomaron de la base de datos del proyecto ASHRAE RP-884, de tal forma que los valores de los mismos correspondieran a condiciones climáticas similares a las de las cinco ciudades en estudio. Por esta razón se buscaron ciudades que estuviesen dentro de la clasificación climática propuesta dentro del mismo proyecto ASHRAE RP-884, además de considerar las condiciones climáticas propias de las cinco ciudades de Baja California. Con base a lo anterior, en la tabla 4.5 se presentan las normales climatológicas y la altura sobre el nivel del mar de las ciudades de Baja California y de las ciudades elegidas como equivalentes dentro de la base de datos del proyecto ASHRAE RP-884.

Tabla 4.5. Correspondencia entre ciudades de Baja California y proyecto ASHRAE RP-884.

Ciudad	Temperatura Promedio Anual	Precipitación Promedio Anual	Elevación
Ensenada	18.1 °C	279.6 mm	20 msnm
San Francisco	13 °C	517.2 mm	175 msnm
Mexicali	22.5 °C	22.5 mm	4 a 20 msnm
Multan (Pakistan)	26	170 mm	120 msnm
San Felipe	20.5 °C	416 mm	3 msnm
Karachi (Pakistan)	25.9 °C	203 mm	4 msnm
Tecate	15.5 °C	260 mm	550 msnm
San Ramon	15.5 °C	571 mm	146 msnm
Tijuana	18 °C	261 mm	20 msnm
Palo Alto	14.3 °C	391.9 mm	7 msnm

4.4.2.2. Conversión de Datos.

El proyecto ASHRAE RP-884 publicado en Internet, permite obtener los archivos en formato de hoja electrónica y como archivo de texto. Los archivos de hoja electrónica están en archivos excel y lotus 1-2-3, y los archivos de texto están en formato CSV (Comma Separate Value), es decir, cada valor está separado por una coma. Si bien las hojas electrónicas representan una alternativa para el análisis y manipulación de información en general, la medición de la aplicabilidad de cada modelo para determinada ciudad requería un nivel de automatización que las hojas electrónicas no poseen. Para la medición era necesario el recorrer uno a uno cada registro y de forma individual desarrollar el cálculo del modelo y almacenar el registro en un archivo de resultados (archivo de salida) para la posterior determinación de aplicabilidad del modelo para cada ciudad.

Por lo anterior, se recurrió a utilizar visual foxpro como herramienta de gestión de datos. El uso de esta herramienta responde a la versatilidad y sencillez para manejar archivos de datos, tanto en línea de comandos, como en forma de programas. Además, el uso de sentencias SQL (Structured Query Language, por sus siglas en inglés) facilitó el análisis de los resultados en la fase preliminar de la evaluación, que en forma empírica se llegó al proceso de evaluación definitivo para la fase correlacional.

El formato Xbase (.dbf) es el nativo de dicha herramienta, haciendo necesario convertir la información de las cinco ciudades seleccionadas a este formato, por ello se construyó el programa **CSV2DBF.prg** que permite transferir la información de formato CSV a formato DBF. El código fuente de este programa puede revisarse en el anexo III.

Los nombres de los archivos del proyecto ASHRAE RP-884 correspondientes a las cinco ciudades involucradas en este estudio se presentan en la tabla 4.6.

Tabla 4.6. Archivos de Datos del proyecto ASHRAE RP-884 utilizados.

Ciudad	Archivo de Entrada	No. Registros	Archivo de Salida
Ensenada	32_CSV.CSV	332	ENSESUMM.DBF
<i>San Francisco</i>	33_CSV.CSV	238	
Mexicali	20_CSV.CSV	437	MEXISUMM.DBF
<i>Multan</i>			
San Felipe	18_CSV.CSV	190	SANFSUMM.DBF
<i>Karachi</i>			
Tecate	44_CSV.CSV	96	TECASUMM.DBF
<i>San Ramon</i>			
Tijuana	32_CSV.CSV	92	TIJUSUMM.DBF
<i>Palo Alto</i>			

Para la obtención automática de los datos de todas las ciudades, se desarrolló el programa **GETCITYI.prg**, dentro del cual se ejecuta el antes citado programa **CSV2DBF.prg**, el código fuente del programa **GETCITYI.prg** puede observarse en el anexo IV.

4.4.2.3. Tabla de Equivalencias.

Luego de analizar los datos obtenidos con el proceso de conversión, se determinó que la evaluación se realizaría con base en los campos *ash* y *mci*, porque los datos para estos dos campos están presentes en los cinco archivos fuentes seleccionados.

Los valores de la variable *ash* representan el nivel de confort que la persona posee con base a la escala de sensación térmica propuesta por la asociación ASHRAE como aparece en la tabla 4.7.

Tabla 4.7. Valores y significados para variable *ash*.

Valor <i>ash</i>	Sensación Térmica
-3	Frío
-2	Fresco
-1	Escasamente Fresco
0	Neutral (confortable)
+1	Escasamente Cálido
+2	Cálido
+3	Caluroso

Fuente: *The Adaptive Model of Thermal Comfort*
(ASHRAE RP-884, 2004).

El campo *mci* representa la preferencia térmica, es decir, si la persona considera que puede sentirse confortable si la temperatura fuese mayor o menor a la actual. Los posibles valores del campo *mci* están expresados en la tabla 4.8.

Tabla 4.8. Valores y significados para variable *mci*.

Valor <i>mci</i>	Preferencia térmica
1	Calentar ambiente
2	Sin cambio
3	Enfriar ambiente

Fuente: *The Adaptive Model of Thermal Comfort*
(ASHRAE RP-884, 2004)

En la figura 4.8 se presentan las escalas de sensación térmica de los tres modelos sometidos al proceso de evaluación.

HUMIDEX		
Menor a 29 °C	Sin incomodidad	
De 30 °C a 39 °C	Alguna incomodidad	
De 40 °C a 45 °C	Gran incomodidad; ejercicio o esfuerzo debe ser mínimo	
Sobre 45 °C	Condición peligrosa, ejercicio o esfuerzo debe ser evitado	
Sobre 54 °C	Insolación eminente	
SSI		THI
70 = SSI < 77	Ligeramente Fresco	< 65 Placentero
77 = SSI < 83	Confortable	70 Confortable
83 = SSI < 91	Ligeramente Cálido	75 Ligeramente Opresivo
91 = SSI < 100	Cálido	80 Muy Opresivo
100 = SSI < 112	Medianamente Cálido	85 Casi Insoportable
112 = SSI < 125	Muy Cálido	90 Apoplejía por Calor
125 = SSI < 150	Extremadamente Cálido	

Figura 4.8. Escalas de sensación térmica modelos HUMIDEX, SSI y THI.

Comparando la figura 4.8 y la escala para el campo *ash* de la tabla 4.7 puede notarse que los valores y los significados no corresponden directamente a las escalas de sensación térmica de cada uno de los modelos, por lo que se construyó una tabla de equivalencias de sensaciones térmicas. La tabla 4.9 muestra esta

tabla de equivalencias para cada posible valor del campo *ash* y su correspondiente preferencia térmica *mci*.

Tabla 4.9. Tabla de equivalencia de sensación térmica.

Campos		Modelos Evaluados		
ash	mci	HUMIDEX	SSI	THI
-3	1	n/a	n/a	n/a
-3	2	gran incomodidad	s/e	s/e
-3	3	gran incomodidad	s/e	s/e
-2	1	n/a	n/a	n/a
-2	2	alguna incomodidad	s/e	s/e
-2	3	alguna incomodidad	s/e	s/e
-1	1	alguna incomodidad	ligeramente fresco	s/e
-1	2	alguna incomodidad	Ligeramente fresco	confortable
-1	3	alguna incomodidad	ligeramente fresco	confortable
0	1	alguna incomodidad	confortable	placentero
0	2	sin incomodidad	confortable	placentero
0	3	alguna incomodidad	confortable	placentero
+1	1	alguna incomodidad	ligeramente cálido	confortable
+1	2	alguna incomodidad	Ligeramente cálido	confortable
+1	3	alguna incomodidad	ligeramente cálido	confortable
+2	1	alguna incomodidad	medianamente cálido	ligeramente opresivo
+2	2	gran incomodidad	cálido	ligeramente opresivo
+2	3	n/a	n/a	n/a
+3	1	gran incomodidad	muy cálido	muy opresivo
+3	2	gran incomodidad	medianamente cálido	muy opresivo
+3	3	n/a	n/a	n/a

n/a=no aplica, s/e=sin escala

En la tabla 4.9 se puede notar que para algunas relaciones ash/mci aparece la leyenda **n/a**, esta leyenda indica que para esas relaciones ash/mci se considera como una relación no lógica de suscitarse, puesto que un ser humano no considerará el aumento de una condición climática no confortable o extremosa. Asimismo, la leyenda **s/e** indica que el modelo no posee dentro de la escala sensación térmica manejada, un nivel que se ajuste a la escala de sensación térmica ASHRAE.

Las equivalencias de la tabla 4.9 expresadas en términos numéricos generan la construcción de la tabla 4.10.

4.10. Tabla de equivalencias numéricas.

campos		HUMIDEX		SSI		THI	
ash	mci	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior
-3	1	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
-3	2	40	45	s/e	s/e	s/e	s/e
-3	3	40	45	s/e	s/e	s/e	s/e
-2	1	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a

-2	2	30	40	s/e	s/e	s/e	s/e
-2	3	30	40	s/e	s/e	s/e	s/e
-1	1	30	40	70	77	s/e	s/e
-1	2	30	40	70	77	65	70
-1	3	30	40	70	77	65	70
0	1	30	40	77	83	0	65
0	2	0	30	77	83	0	65
0	3	30	40	77	83	0	65
1	1	30	40	83	91	65	70
1	2	0	30	83	91	65	70
1	3	30	40	83	91	65	70
2	1	30	40	100	112	70	75
2	2	40	45	91	100	70	75
2	3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
3	1	40	45	112	125	75	80
3	2	40	45	100	112	75	80
3	3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a

n/a=no aplica, s/e=sin escala

La tabla 4.10 se transforma en la base para desarrollar la evaluación del nivel de efectividad de cada modelo en cada ciudad.

4.4.2.4. Cálculo de Modelos.

La fase preliminar, para determinar la posibilidad de aplicación de los tres modelos en cuestión, consistió en tomar de cada registro de entrada el valor de las variables climáticas necesarias para el cálculo de cada modelo, y una vez obtenido el resultado del modelo, se sometió a su correspondiente escala de *sensación térmica*, y este último resultado se comparó con el *nivel de confort* que el humano había expresado bajo esas condiciones. Es decir, conforme a la tabla de equivalencias 4.10, se determinó la efectividad de cada modelo, si el resultado del modelo está dentro del rango de sensación térmica que le corresponde a los valores de *ash* y *mci* del registro de entrada, entonces se considera como un *acierto* del modelo para esas condiciones climáticas y sensación térmica expresadas, de lo contrario, se considera como un *error* del modelo.

Con el objetivo de hacer la medición de los modelos en forma automática, se desarrolló el programa **CALEVAMO.prg**, cuyo código fuente se presenta en el

anexo V. De forma esquemática, la lógica de evaluación y funcionamiento del proceso de medición se presenta en la figura 4.9 a través de un flujograma.

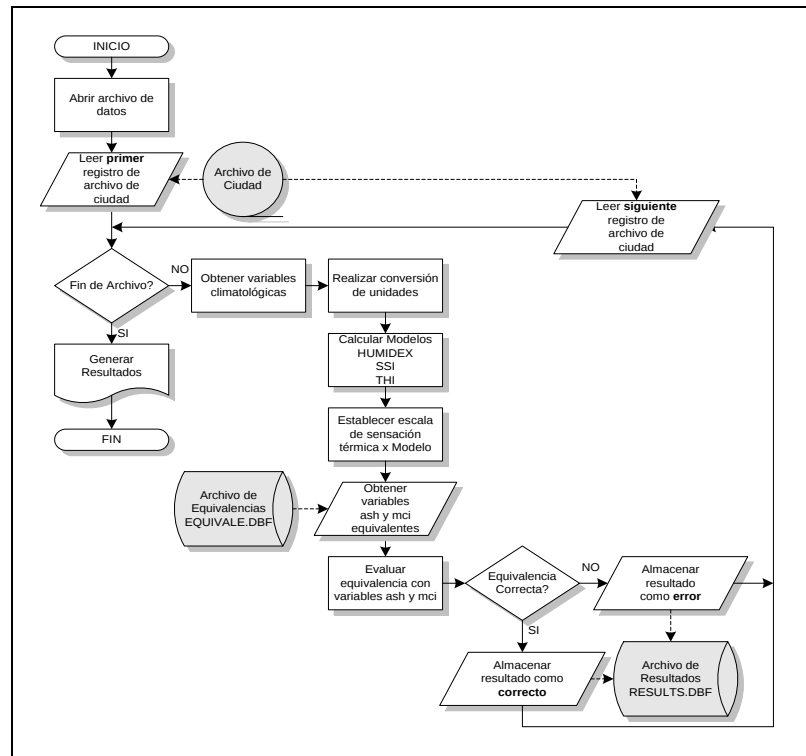


Figura 4.9. Flujograma de proceso de evaluación de modelos bioclimáticos.

4.4.2.5. Generación de Resultado.

El proceso de evaluación de los modelos culmina con la contabilización del número de aciertos y errores que hayan obtenido para cada ciudad, generando así el resultado cuantitativo si un modelo es aplicable o no para determinada ciudad. Para automatizar este proceso de contabilización se desarrolló el programa **MESCIRES.prg**, cuyo código fuente puede revisarse en el anexo VI.

De la misma forma que el proceso de conversión de archivos de CSV a DBF, el cálculo y evaluación de modelos, así como la generación de resultados para las cinco ciudades se hizo en forma automática a través del programa **MESUAREA.prg**, pudiendo revisarse el código fuente en el anexo VII.

4.4.3. Procedimiento Fase de Aplicación.

La investigación culmina con el desarrollo de un Sistema de Información Bioclimático (SIB), por lo tanto, el procedimiento adoptado para tal fin fue la ingeniería de software.

Existen diferentes metodologías para llevar a cabo el proceso de ingeniería de software, sin embargo, todas estas metodologías involucran de alguna u otra manera las siguientes actividades (Sommerville, 2002):

- I. Especificación del Software.
- II. Diseño e Implementación del Software.
- III. Validación del Software.
- IV. Evolución del Software.

Es importante aclarar que la parte medular de esta investigación es la búsqueda y evaluación de modelos bioclimáticos, por tanto el detalle exhaustivo de las fases de ingeniería de software están fuera del alcance de este proyecto de tesis; sin embargo, en los siguientes numerales se incluyen varios diagramas que brindar un panorama general sobre la estructura del SIB y las tecnologías de información utilizadas en la fase de desarrollo.

4.4.3.1. Análisis de Requerimientos.

- a. El SIB deberá estar desarrollado en tecnología Web, de tal forma que el enlace al mismo sea desde cualquier computadora con conexión a Internet.
- b. El sistema de información bioclimático deberá incluir información general sobre bioclimatología, confort y modelos bioclimáticos.
- c. Los modelos bioclimáticos implantados en el sistema de información bioclimático serán aquellos cuyas variables de entrada no sean valores promedio acumulados anual o mensualmente.
- d. Los modelos bioclimáticos implantados deberán poseer un algoritmo de cálculo sencillo, de tal forma que propicien la velocidad de respuesta del sistema.
- e. Los valores de las variables climáticas de entrada para los modelos bioclimáticos, se obtendrán en línea desde los sitios de Internet que brinde el servicio de información meteorológica.
- f. Los resultados serán expresados en los términos propuestos por cada modelo, y en la medida de lo posible se convertirán a la escala de sensación térmica establecida en la norma ISO 7730.

4.4.3.2. Modelo del Proceso.

En la figura 4.10 se muestra el funcionamiento en términos generales del SIB, considerando la interacción con el usuario y sistemas de información meteorológica.

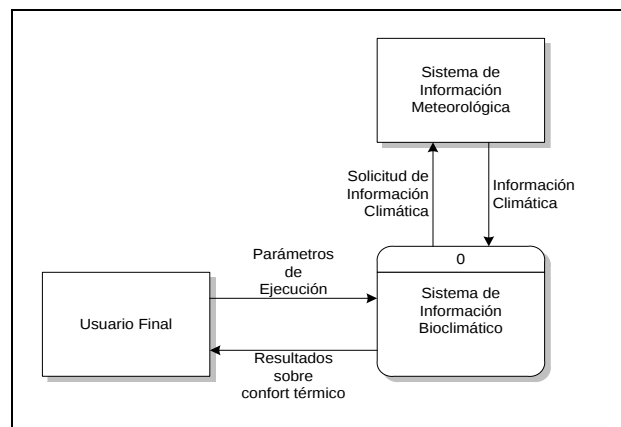


Figura 4.10. Modelo del proceso para el sistema de información bioclimático.

4.4.3.3. Diseño de Sistema.

La figura 4.11 presenta la estructura de funcionamiento sobre la cual se implementó el SIB. Esta estructura cumple con el requerimiento que posibilita al SIB ser accedido mediante Internet.

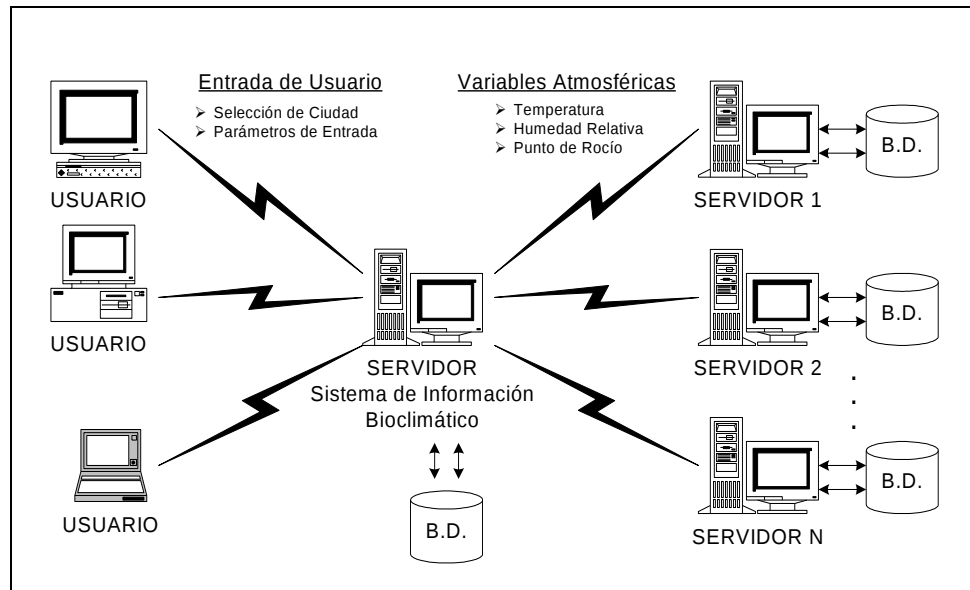


Figura 4.11. Diseño de sistema de información bioclimático.

El funcionamiento básico consiste en la obtención de las variables atmosféricas pertinentes, accediendo a los servidores de información meteorológica en forma automática a través de Internet por medio del protocolo HTTP (Hyper Text Transfer Protocol, por sus siglas en inglés).

Los sitios Web que utiliza el SIB como fuentes de información climática para cada ciudad se detallan en la tabla 4.11 indicando la dirección URL (Uniform Resource Locator, por sus siglas en inglés) correspondiente a cada uno de ellos.

Tabla 4.11. Direcciones URL de las fuentes de información climática para cada ciudad.

CIUDAD	DIRECCIÓN URL
ENSENADA	http://www.w3.weather.com/outlook/travel/local/MXBC0003
	http://weather.cnn.com/weather/forecast.jsp?locCode=ENSX
MEXICALI	http://www.w3.weather.com/outlook/travel/local/MXBC0004
	http://www.wunderground.com/global/stations/76005.html
	http://weather.cnn.com/weather/forecast.jsp?locCode=MMML
SAN FELIPE	http://www.w3.weather.com/outlook/travel/local/MXBC0145
TECATE	http://www.w3.weather.com/weather/local/USCA1132
	http://www.wunderground.com/US/CA/tecate/index.html
	http://weather.cnn.com/weather/forecast.jsp?locCode=CATT
TIJUANA	http://www.weather.com/outlook/travel/local/MXBC0005
	http://www.wunderground.com/global/stations/76001.html
	http://weather.cnn.com/weather/forecast.jsp?locCode=MMTJ

4.4.3.4. Diseño de Arquitectura.

El sistema de información bioclimático se construyó sobre arquitectura LAMP, acrónimo de Linux+Apache+MySQL+PHP (Dougherty, 2001), esto permite que la aplicación sea portable a otros ambientes que soporten Apache+MySQL+PHP. La figura 4.12 presenta esquemáticamente la configuración y el funcionamiento del sistema de información bioclimático.

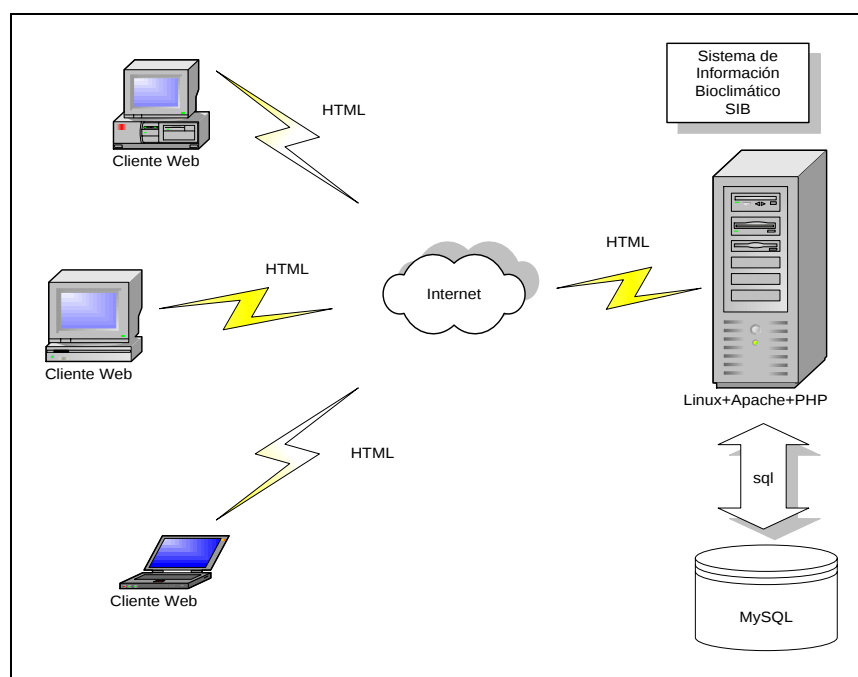


Figura 4.12. Diseño de arquitectura del sistema de información bioclimático.

4.4.3.5. Diseño del Programa.

La estructura del programa está conformada por los subprocesos o subsistemas presentados en la figura 4.13.

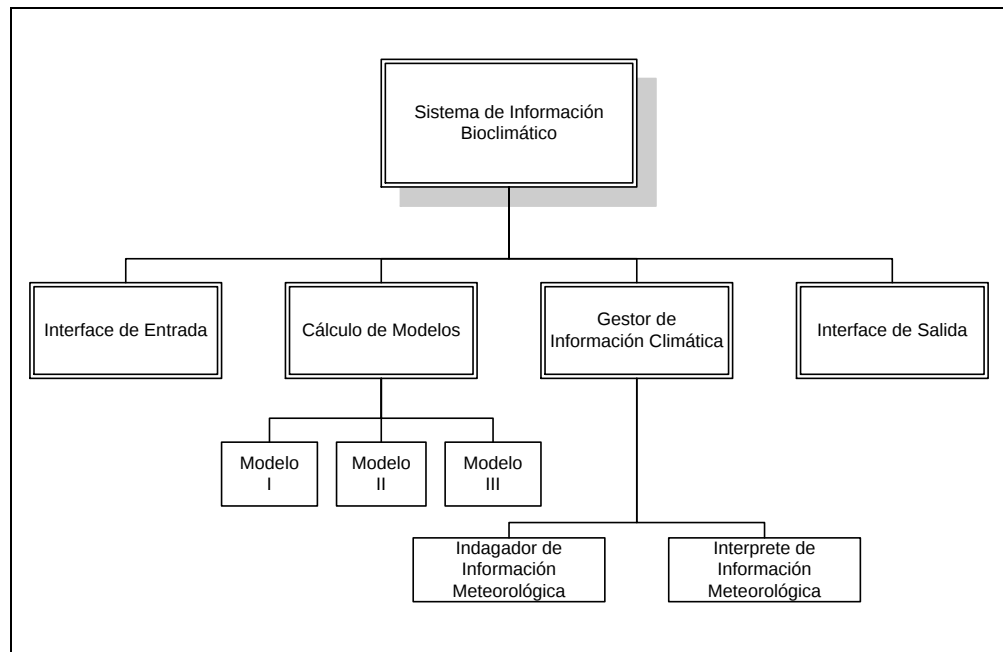


Figura 4.13. Diseño del programa sistema de información bioclimático.

4.5. Conclusión.

En este capítulo se ha expuesto con detalle lo concerniente a la metodología de este trabajo de tesis, incluyendo la descripción de sujetos, materiales y procedimientos utilizados en la evaluación de los modelos bioclimáticos HUMIDEX, SSI y THI. Asimismo, se expusieron algunos detalles sobre los requerimientos y el diseño del Sistema de Información Bioclimático desarrollado, aclarando nuevamente que los pormenores y documentación detallada del proceso de ingeniería de software escapan a los alcances de esta investigación.

5. Capítulo V. Resultados.

5.1. Introducción.

En este capítulo se presenta los resultados obtenidos con la evaluación desarrollada mediante el proceso explicado en el capítulo cuatro. Los resultados se presentan ordenados por ciudades con el siguiente orden: Ensenada, Mexicali, San Felipe, Tecate y Tijuana. Para cada ciudad se presenta un apartado inicial donde se detalla el número de registros disponibles para cada relación posible de las variables ash y

mci, que en total representan veintiuna relaciones, es decir, tres posibles valores *mci* para cada uno de los siete valores de *ash*. Posteriormente se presentan separadamente los resultados concretos para cada uno de los modelos evaluados (HUMIDEX, SSI y THI). La sección correspondiente a cada ciudad se concluye con la presentación de una tabla resumen de los resultados obtenidos de la evaluación de los tres modelos para cada ciudad.

Es importante aclarar que los resultados obtenidos son con base a la tabla de equivalencias entre las relaciones *ash/mci* y las escalas de sensación térmica de cada modelo sometido al proceso de medición, por lo que la modificación de la misma puede alterar los resultados y asimismo con esta alteración puede derivar en un resultado totalmente diferente, es decir, convertir un modelo en apto para determinada ciudad a partir del número de errores o aciertos que haya éste tenido.

Otro aspecto por destacar es que la sensación térmica y la preferencia térmica son aspectos muy particulares a cada humano, porque el tema del confort térmico está lleno de subjetivismo; es por esta razón que en los resultados no se obtuvo el cien por ciento de efectividad, sino, realmente se determinó el nivel de precisión que pueda tener determinado modelo aplicándolo bajo ciertas condiciones climáticas propias a cada ciudad.

5.2. Ensenada.

5.2.1. Datos en Fuente de Información.

La tabla 5.1 presenta la frecuencia o cantidad de registros para cada relación de las variables *ash* (sensación térmica) y *mci* (preferencia térmica).

Tabla 5.1. Frecuencia de registros para relaciones *ash* y *mci* en datos fuentes Ensenada.

VARIABLES		No. de Registros	%
<i>ash</i>	<i>mci</i>		
-3	1	n/a	n/a

-3	2	0	s/d
-3	3	0	s/d
-2	1	n/a	n/a
-2	2	4	0.71%
-2	3	2	0.35%
-1	1	1	0.18%
-1	2	32	5.67%
-1	3	33	3.85%
0	1	49	8.69%
0	2	225	39.89%
0	3	12	2.13%
1	1	115	20.39%
1	2	27	4.79%
1	3	2	0.35%
2	1	47	8.33%
2	2	5	0.89%
2	3	n/a	n/a
3	1	7	1.24%
3	2	3	0.53%
3	3	n/a	n/a
Total		564	100%

n/a=no aplica, s/d=sin datos

La tabla 5.1 referente a la información de Ensenada, presenta una concentración mayoritaria de la información de un **39.89%** (225 de 564 registros) para una sensación térmica *confortable* (ash=0) y una preferencia térmica *sin cambio* (mci=2). La siguiente relación ash/mci con mayor frecuencia es *someramente cálido/más fresco* (ash=1/mci=1) con un **20.39%**, o sea, **115** de los registros contenidos en el archivo fuente (564). Asimismo, la tercera y cuarta posición con respecto al porcentaje son ocupadas respectivamente por la relación *confortable/sin cambio* con un **8.69%** (49 registros en ash=0 y mci=1) y la relación *cálido/más fresco* (47 registros en ash=0 y mci=1) con un **8.33%**.

En la figura 5.1 se presentan las frecuencias en forma pictórica para denotar de mejor forma la distribución de registros dentro de la información seleccionada para la ciudad de Ensenada.

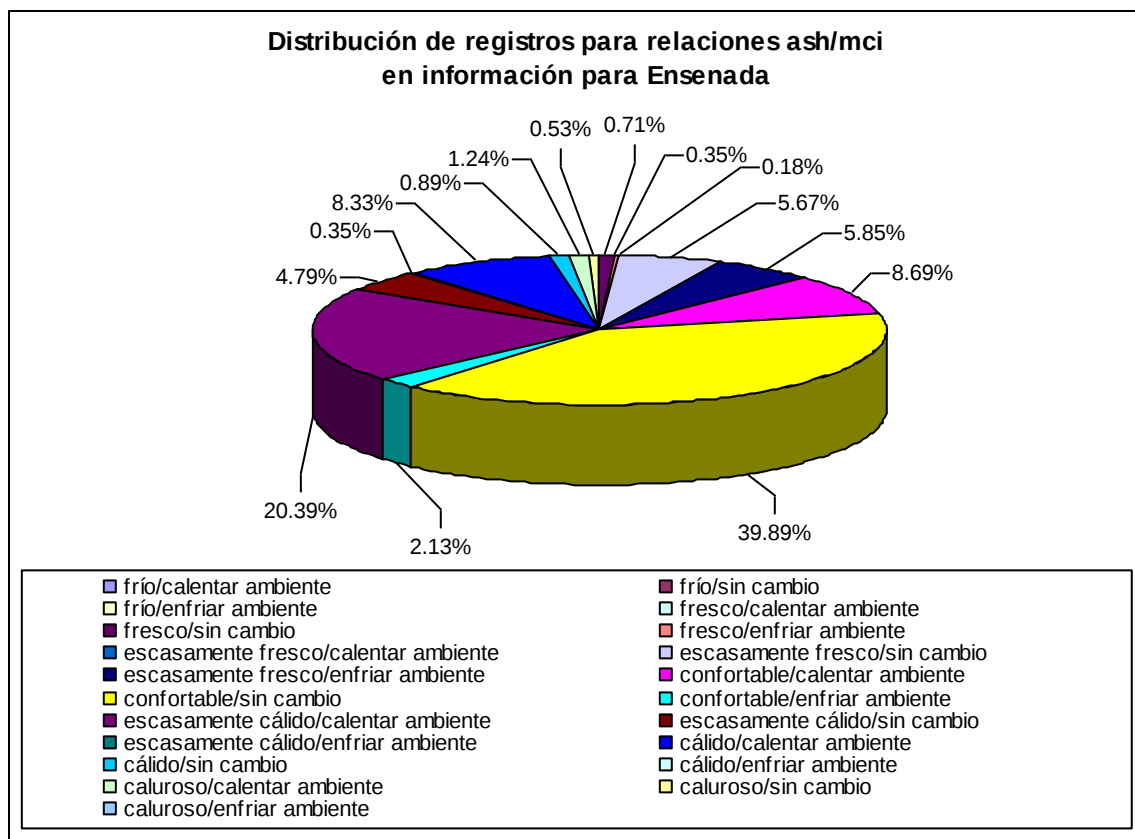


Figura 5.1. Distribución de registros por escalas de sensación térmica y preferencia térmica para Ensenada.

Como puede constatarse, la relación $ash=0/mci=2$ representa el **39.89%** de la información utilizada para evaluar los modelos, así como la relación $ash=1/mci=1$ constituye el **20.39%** de dicha información.

5.2.2. Resultados Ensenada.

5.2.2.1. Resultados HUMIDEX-Ensenada.

La evaluación correspondiente al modelo HUMIDEX relacionado con la ciudad de Ensenada se presentan en la tabla 5.2.

Tabla 5.2. Resultados del modelo HUMIDEX relativos a Ensenada.

VARIABLES		No. de Registros	Aciertos			Errores		
ash	mci		No.	% parcial	% global	No.	% parcial	% global
-3	1	n/a	-	-	-	-	-	-
-3	2	0	s/d	-	-	s/d	-	-
-3	3	0	s/d	-	-	s/d	-	-
-2	1	n/a	-	-	-	-	-	-
-2	2	4	0	s/a	s/a	4	100%	0.71%
-2	3	2	1	50%	0.18%	1	50%	0.18%
-1	1	1	0	s/a	s/a	1	100%	0.18%
-1	2	32	0	s/a	s/a	32	100%	5.67%

-1	3	33	0	s/a	s/a	33	100%	5.85%
0	1	49	6	12.24%	1.06%	43	87.76%	7.62%
0	2	225	211	93.78%	37.41%	14	6.22%	2.48%
0	3	12	0	s/a	s/a	12	100%	2.13%
1	1	115	22	19.13%	3.90%	93	80.87%	16.49%
1	2	27	26	96.30%	4.61	1	3.70%	0.18%
1	3	2	0	s/a	s/a	2	100%	0.35%
2	1	47	22	46.81%	3.90%	25	53.19%	4.43
2	2	5	0	s/a	s/a	5	100%	0.89%
2	3	n/a	-	-	-	-	-	-
3	1	7	0	s/a	s/a	7	100%	1.24%
3	2	3	0	s/a	s/a	3	100%	0.53%
3	3	n/a	-	-	-	-	-	-
Total		564	288		51.06%	276		48.94%

n/a=no aplica, s/d=sin datos, s/a=sin aciertos

En los resultados de la evaluación HUMIDEX/Ensenada (tabla 5.2), se puede observar que la diferencia entre *total de aciertos* (288) y *total de errores* (276) es pequeña, pudiéndose constatar con los resultados obtenidos para los dos frecuencias mayoritarias, puesto que para la relación *confortable/sin cambio* (ash=0/mci=2) de los **225** registros, **211** son aciertos y **14** son errores, es decir, el **93.78%** de los **225** registros, se registraron como aciertos y el **6.22%** como errores. De la misma forma, para la relación *someramente cálido/más fresco* (ash=1/mci=1), la segunda relación ash/mci con mayor número de registros; de los **115** registros, **22** son aciertos y **93** son errores, o sea, el **19.13%** de los **115** registros fueron aciertos y el **80.87%** fueron errores, por lo que la división entre errores y aciertos es cercana al 50% para ambos.

5.2.2.2. Resultados SSI-Ensenada.

Los valores de la tabla 5.3 representan los resultados obtenidos de la evaluación del modelo SSI relativo a la ciudad de Ensenada.

Tabla 5.3. Resultados del modelo SSI relativos a Ensenada.

VARIABLES		No. de Registros	Aciertos			Errores		
ash	mci		No.	% parcial	% global	No.	% parcial	% global
-3	1	n/a	-	-	-	-	-	-
-3	2	0	s/d	-	-	s/d	-	-
-3	3	0	s/d	-	-	s/d	-	-
-2	1	n/a	-	-	-	-	-	-
-2	2	4	0	s/a	s/a	4	100%	0.71%
-2	3	2	0	s/a	s/a	2	100%	0.35%
-1	1	1	0	s/a	s/a	1	100%	0.18%
-1	2	32	2	6.65%	0.35%	30	93.75%	5.32%
-1	3	33	0	s/a	s/a	33	100%	5.85%
0	1	49	19	38.78%	3.37%	30	61.22%	5.32%
0	2	225	145	64.44	25.17%	80	35.66%	14.18%
0	3	12	9	75%	1.60%	3	25%	0.53%

1	1	115	74	64.35%	13.12%	41	35.65%	7.27%
1	2	27	3	11.11%	0.53%	24	88.89%	4.26%
1	3	2	1	50%	0.18%	1	50%	0.18%
2	1	47	0	s/a	s/a	47	100%	8.33%
2	2	5	0	s/a	s/a	5	100%	0.89%
2	3	n/a	-	-	-	-	-	-
3	1	7	0	s/a	s/a	7	100%	1.24%
3	2	3	0	s/a	s/a	3	100%	0.53%
3	3	n/a	-	-	-	-	-	-
Total		564	253		44.86%	311		55.14%

n/a=no aplica, s/d=sin datos, s/a=sin aciertos

En los resultados de la evaluación SSI/Ensenada (tabla 5.3), se puede observar que la diferencia entre *total de aciertos* (253) y *total de errores* (311) es considerable, aunque en las dos frecuencias mayoritarias los aciertos son mayores que los errores, puesto que para la relación *comfortable/sin cambio* (ash=0/mci=2) de los 225 registros, 145 son aciertos y 80 son errores; es decir, el 64.44% de los 225 registros resultaron en aciertos y el 35.66% como errores. De la misma forma, en la segunda relación ash/mci con mayor frecuencia, o sea, para la relación *someramente cálido/más fresco* (ash=1/mci=1); de los 115 registros, 74 son aciertos y 41 son errores, o sea, el 64.35% de los 115 registros fueron aciertos y el 35.65% fueron errores. Los errores logran superar a los aciertos porque para algunas relaciones ash/mci no existe acierto alguno, contabilizándose todos los registros como error.

5.2.2.3. Resultados THI-Ensenada.

En la tabla 5.4 se presentan los resultados obtenidos de la evaluación del modelo THI con respecto a la ciudad de Ensenada.

Tabla 5.4. Resultados del modelo THI relativos a Ensenada.

VARIABLES		No. de Registros	Aciertos			Errores		
ash	mci		No.	% parcial	% global	No.	% parcial	% global
-3	1	n/a	-	-	-	-	-	-
-3	2	0	s/d	-	-	s/d	-	-
-3	3	0	s/d	-	-	s/d	-	-
-2	1	n/a	-	-	-	-	-	-
-2	2	4	0	s/a	s/a	4	100%	0.71%
-2	3	2	0	s/a	s/a	2	100%	0.35%
-1	1	1	0	s/a	s/a	1	100%	0.18%
-1	2	32	25	78.13%	4.43%	7	21.87%	1.24%
-1	3	33	24	72.73%	4.26%	9	27.27%	1.60%
0	1	49	6	12.24%	1.06%	43	87.76%	7.62%
0	2	225	48	21.33%	8.51%	177	78.77%	31.38%
0	3	12	5	41.67%	0.89%	7	58.33%	1.24%
1	1	115	92	80%	16.31%	23	20%	4.08%
1	2	27	20	74.07%	3.55%	7	25.93%	1.24%

1	3	2	1	50%	0.18%	1	50%	0.18%
2	1	47	16	34.04%	2.84%	31	62.96%	5.50%
2	2	5	0	s/a	s/a	5	100%	0.89%
2	3	n/a	-	-	-	-	-	-
3	1	7	0	s/a	s/a	7	100%	1.24%
3	2	3	0	s/a	s/a	3	100%	0.53%
3	3	n/a	-	-	-	-	-	-
Total		564	237		42.02%	327		57.98%

n/a=no aplica, s/d=sin datos, s/a=sin aciertos

La diferencia de 100 registros en los resultados de la evaluación THI/Ensenada (tabla 5.4) entre el *total de aciertos* (237) y *total de errores* (327) es considerable, constatándose a partir de los resultados obtenidos para los dos relaciones ash/mci con frecuencias mayores, puesto que para la relación *confortable/sin cambio* (ash=0/mci=2) de los **225** registros, **48** son aciertos y **177** son errores, es decir, el **21.33%** de los **225** registros se registraron como aciertos y el **78.77%** como errores. De la misma forma, en la segunda relación ash/mci con mayor frecuencia, o sea, para la relación *someramente cálido/más fresco* (ash=1/mci=1); de los **115** registros, **92** son aciertos y **23** son errores, o sea, el **80%** de los **115** registros fueron aciertos y el **20%** fueron errores, lo que hace suponer una especie de equilibrio entre aciertos y errores, sin embargo, la diferencia se acentúa porque para algunas relaciones ash/mci no se registraron aciertos, generando de esta forma un aumento en el número de errores, superando asimismo el número de aciertos registrados.

5.2.3. Resumen resultados Ensenada.

En forma concisa, la evaluación de los modelos para Ensenada posee los resultados presentados en la tabla 5.5.

Tabla 5.5. Resumen de resultados Ensenada.

	MODELOS					
	HUMIDEX		SSI		THI	
	No. de Registros	%	No. de Registros	%	No. de Registros	%
Aciertos	288	51.06%	253	44.86%	237	42.02%
Errores	276	48.94%	311	55.14%	327	57.98%
Totales	564	100%	564	100%	564	100%

En la figura 5.2 están representados los resultados generales de la evaluación de los modelos desarrollada para la ciudad de Ensenada.

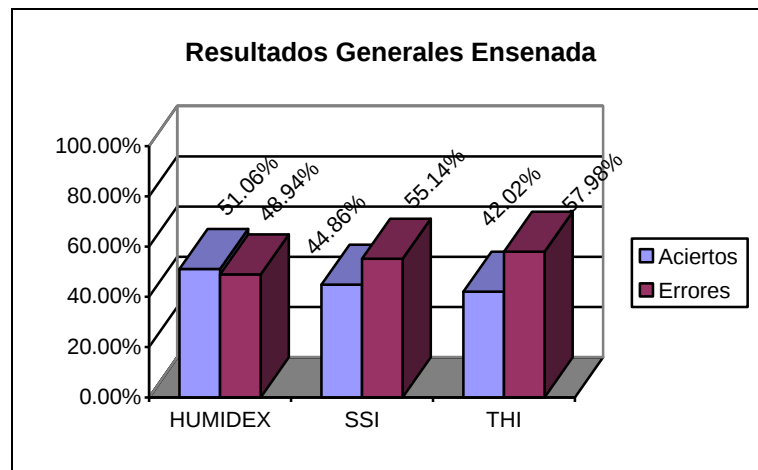


Figura 5.2. Resultados Generales Ensenada.

5.3. Mexicali.

5.3.1. Datos en Fuente de Información.

Los datos contenidos en la tabla 5.6 presentan los registros contabilizados para cada relación sensación térmica/preferencia térmica (ash/mci) de la información seleccionada para la ciudad de Mexicali.

Tabla 5.6. Frecuencia de registros para relaciones *ash* y *mci* en datos fuentes Mexicali.

VARIABLES		No. de Registros	%
ash	mci		
-3	1	n/a	n/a
-3	2	0	s/d
-3	3	1	0.23%
-2	1	n/a	n/a
-2	2	1	0.23%
-2	3	0	s/d
-1	1	3	0.69%
-1	2	19	4.35%
-1	3	10	2.29%
0	1	84	19.22%
0	2	163	37.30%
0	3	1	0.23%
1	1	70	16.02%
1	2	0	s/d
1	3	0	s/d
2	1	44	10.07%
2	2	0	s/d
2	3	n/a	n/a
3	1	41	9.38%
3	2	0	s/d
3	3	n/a	n/a
Total		437	100%

n/a=no aplica, s/d=sin datos

La tabla 5.6 relativa a la evaluación desarrollada para la ciudad de Mexicali, presenta una concentración mayoritaria de los datos de un **37.30%** (163 de 437 registros) para una sensación térmica *confortable* (ash=0) y una preferencia térmica *sin cambio* (mci=2). La siguiente relación ash/mci con mayor frecuencia es

confortable/más fresco (ash=0/mci=1) con un **19.22%**, o sea, **84** de los registros contenidos en el archivo fuente (437). Asimismo, la tercera y cuarta posición con respecto al porcentaje son ocupadas respectivamente por la relación *someramente cálido/más fresco* con un **16.02%** (70 registros en ash=1 y mci=1) y la relación *cálido/más fresco* (44 registros en ash=0 y mci=1) con un **10.07%**.

En la figura 5.3 se observa la distribución de registros dentro de la información seleccionada para evaluar los modelos bajo las condiciones climáticas de Mexicali.

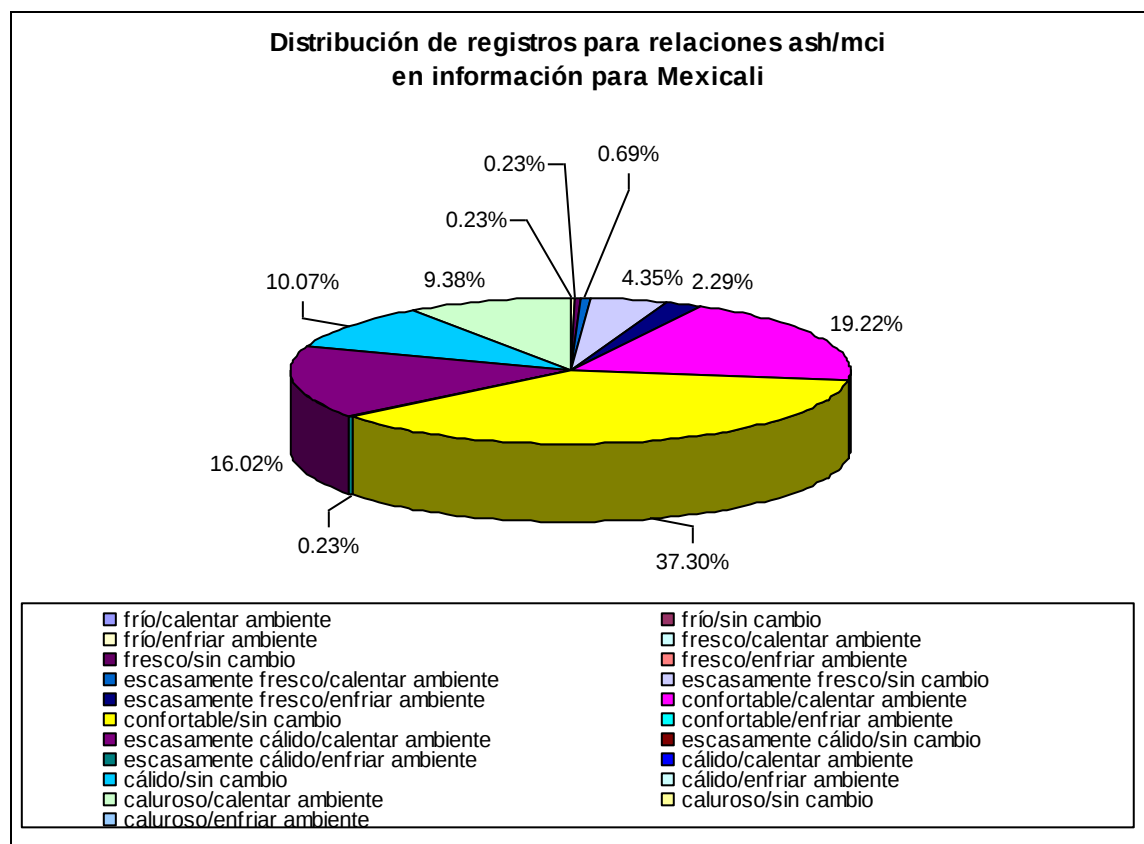


Figura 5.3. Distribución de registros por escalas de sensación térmica y preferencia térmica para Mexicali.

Como puede constatarse, la relación ash=0/mci=2 representa el **37.30%** de la información utilizada para evaluar el modelo HUMIDEX, así como la relación ash=0/mci=1 constituye el **19.22%** de dicha información.

5.3.2. Resultados Mexicali.

5.3.2.1. Resultados HUMIDEX-Mexicali.

En la tabla 5.7 se presentan los resultados obtenidos de la evaluación del modelo HUMIDEX con respecto a la ciudad de Mexicali.

Tabla 5.7. Resultados del modelo HUMIDEX relativos a Mexicali.

VARIABLES		No. de Registros	Aciertos			Errores		
ash	mci		No.	% parcial	% global	No.	% parcial	% global
-3	1	n/a	-	-	-	-	-	-
-3	2	0	s/d	-	-	s/d	-	-
-3	3	1	s/a	-	-	1	100%	0.23%
-2	1	n/a	-	-	-	-	-	-
-2	2	1	1	100%	0.23%	s/e	-	-
-2	3	0	s/d	-	-	s/d	-	-
-1	1	3	s/a	-	-	3	100%	0.69%
-1	2	19	11	57.89%	2.52%	8	42.11%	1.83%
-1	3	10	8	80%	1.83%	2	20%	0.46%
0	1	84	34	40.48%	7.78%	50	59.52%	11.44%
0	2	163	s/a	-	-	163	100%	37.30%
0	3	1	s/a	-	-	1	100%	0.23%
1	1	70	20	28.57%	4.58%	50	71.43%	11.44%
1	2	0	s/d	-	-	s/d	-	-
1	3	0	s/d	-	-	s/d	-	-
2	1	44	5	11.36%	1.14%	39	88.64%	8.92%
2	2	0	s/d	-	-	s/d	-	-
2	3	n/a	-	-	-	-	-	-
3	1	41	19	46.34%	4.35%	22	53.66%	5.03%
3	2	0	s/d	-	-	s/d	-	-
3	3	n/a	-	-	-	-	-	-
Total		437	98		22.43%	339		77.57%

n/a=no aplica, s/d=sin datos, s/a=sin aciertos, s/e=sin errores

Los 241 registros de diferencia en los resultados de la evaluación HUMIDEX/Mexicali (tabla 5.7) entre el *total de aciertos* (437) y *total de errores* (339) es sumamente considerable, pudiéndose verificar con los resultados obtenidos para la ash/mci con mayor frecuencia, puesto que para la relación *confortable/sin cambio* (ash=0/mci=2) el **100%** de los registros generaron errores, acentuando de esta forma la diferencia y concentrando la mayoría de resultados en el rubro de los errores.

5.3.2.2. Resultados SSI-Mexicali.

La evaluación correspondiente al modelo SSI relacionado con la ciudad de Mexicali se presentan en la tabla 5.8.

Tabla 5.8. Resultados del modelo SSI relativos a Mexicali.

VARIABLES		No. de Registros	Aciertos			Errores		
ash	mci		No.	% parcial	% global	No.	% parcial	% global
-3	1	n/a	-	-	-	-	-	-
-3	2	0	s/d	-	-	s/d	-	-
-3	3	1	s/a	-	-	1	100%	0.23%
-2	1	n/a	-	-	-	-	-	-
-2	2	1	s/a	-	-	1	100%	0.23%
-2	3	0	s/d	-	-	s/d	-	-
-1	1	3	s/a	-	-	3	100%	0.69%
-1	2	19	s/a	-	-	19	100%	4.35%
-1	3	10	s/a	-	-	10	100%	2.29%
0	1	84	s/a	-	-	84	100%	19.22%
0	2	163	s/a	-	-	163	100%	37.30%
0	3	1	s/a	-	-	1	100%	0.23%
1	1	70	s/a	-	-	70	100%	16.02%
1	2	0	s/d	-	-	s/d	-	-
1	3	0	s/d	-	-	s/d	-	-
2	1	44	36	82.82%	8.24%	8	18.18%	1.83%
2	2	0	s/d	-	-	s/d	-	-
2	3	n/a	-	-	-	-	-	-
3	1	41	12	29.27%	2.75%	29	70.73%	6.64%
3	2	0	s/d	-	-	s/d	-	-
3	3	n/a	-	-	-	-	-	-
Total		437	48		10.98%	389		89.02%

n/a=no aplica, s/d=sin datos, s/a=sin aciertos

En los resultados de la valoración SSI/Mexicali (tabla 5.8), se puede observar que la diferencia entre *total de aciertos* (48) y *total de errores* (389) es muy amplia, confirmándose con la revisión de los resultados obtenidos, puesto que solamente dos relaciones ash/mci obtuvieron aciertos, la relación *cálido/más fresco* (ash=2/mci=1) y la relación *caluroso/más fresco*. Además, las tres relaciones ash/mci con mayores frecuencias obtuvieron un 100% de errores como resultado.

5.3.2.3. Resultados THI-Mexicali.

Los valores de la tabla 5.9 representan los resultados obtenidos de la evaluación del modelo THI relativo a la ciudad de Mexicali.

Tabla 5.9. Resultados del modelo THI relativos a Mexicali.

VARIABLES		No. de Registros	Aciertos			Errores		
ash	mci		No.	% parcial	% global	No.	% parcial	% global
-3	1	n/a	-	-	-	-	-	-
-3	2	0	s/d	-	-	s/d	-	-
-3	3	1	s/a	-	-	1	100%	0.23%
-2	1	n/a	-	-	-	-	-	-
-2	2	1	s/a	-	-	1	100%	0.23%
-2	3	0	s/d	-	-	s/d	-	-
-1	1	3	s/a	-	-	3	100%	0.69%
-1	2	19	s/a	-	-	19	100%	4.35%
-1	3	10	s/a	-	-	10	100%	2.29%
0	1	84	84	100%	19.22%	s/e	-	-
0	2	163	163	100%	37.30%	s/e	-	-
0	3	1	1	100%	0.23%	s/e	-	-
1	1	70	s/a	-	-	70	100%	16.02%
1	2	0	s/d	-	-	s/d	-	-
1	3	0	s/d	-	-	s/d	-	-
2	1	44	s/a	-	-	44	100%	10.07%
2	2	0	s/d	-	-	s/d	-	-
2	3	n/a	-	-	-	-	-	-
3	1	41	s/a	-	-	41	100%	9/38%
3	2	0	s/d	-	-	s/d	-	-
3	3	n/a	-	-	-	-	-	-
Total		437	248		56.75%	189		43.25%

n/a=no aplica, s/d=sin datos, s/a=sin aciertos, s/e=sin errores

Dentro de los resultados de la evaluación THI/Mexicali (tabla 5.9), se observa una diferencia de 59 registros entre *total de aciertos* (248) y *total de errores* (189), aunque los resultados obtenidos para las dos relaciones ash/mci con mayor concentración de datos poseen mayor número de aciertos, es decir, la relación *confortable/sin cambio* (ash=0/mci=2) obtuvo 100% de aciertos de los **163** registros involucrados. De la misma forma, la segunda relación ash/mci con mayor frecuencia, o sea, para la relación *confortable/más fresco* (ash=0/mci=1); también se obtuvo el 100% de aciertos de los 84 registros evaluados. Sin embargo, las siguientes relaciones ash/mci que presentan concentración de datos no poseen acierto, lo que deriva en un acercamiento del total de errores al total de aciertos.

5.3.3. Resumen resultados Mexicali.

A manera de resumen, en la tabla 5.10 están los resultados sobre la evaluación efectuada a los modelos con información referente a la selección hecha para la ciudad de Mexicali.

Tabla 5.10. Resumen de resultados Mexicali.

	MODELOS					
	HUMIDEX		SSI		THI	
	No. de Registros	%	No. de Registros	%	No. de Registros	%
Aciertos	98	22.43%	48	10.98%	248	56.75%
Errores	339	77.57%	389	89.02%	189	43.25%
Totales	564	100%	564	100%	564	100%

En la figura 5.11 están representados los resultados generales de la evaluación de los modelos desarrollada para la ciudad de Mexicali.

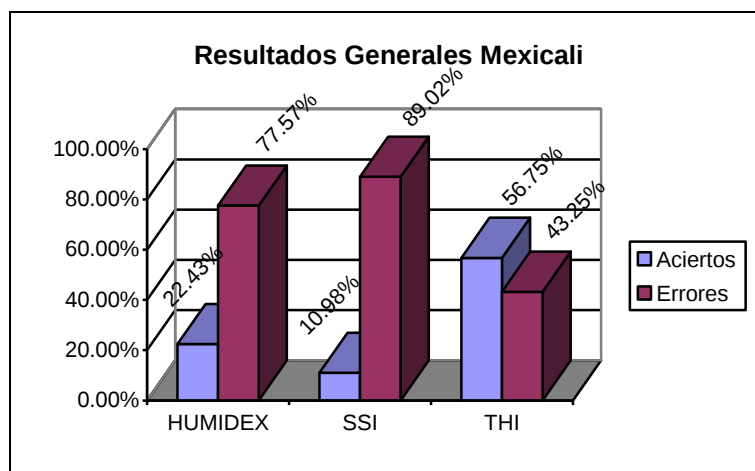


Figura 5.4. Resultados Generales Mexicali.

5.4. San Felipe.

5.4.1. Datos en Fuente de Información.

La tabla 5.11 presenta la cantidad de registros contabilizados para cada valor de la escala de sensación térmica (variable *ash*) y sus correspondientes preferencias térmicas (variable *mci*).

Tabla 5.11. Frecuencia de registros para relaciones *ash* y *mci* en datos fuentes San Felipe.

VARIABLES		No. de Registros	%
ash	mci		
-3	1	n/a	n/a
-3	2	0	s/d
-3	3	0	s/d
-2	1	n/a	n/a
-2	2	0	s/d
-2	3	0	s/d
-1	1	0	s/d
-1	2	1	0.53%
-1	3	1	0.53%
0	1	14	7.37%
0	2	87	45.79%
0	3	1	0.53%
1	1	68	35.79%
1	2	8	4.21%
1	3	0	s/d
2	1	10	5.26%
2	2	0	s/d
2	3	n/a	n/a
3	1	0	s/d
3	2	0	s/d
3	3	n/a	n/a
Total		190	100%

n/a=no aplica, s/d=sin datos

La tabla 5.11 concerniente a la información de San Felipe, presenta una concentración de la información de un **45.79%** (87 de 190 registros) para una sensación térmica *confortable* (*ash*=0) y una preferencia térmica *sin cambio* (*mci*=2). La siguiente relación *ash/mci* con mayor frecuencia es *someramente cálido/más*

fresco ($ash=1/mci=1$) con un **35.79%**, o sea, **68** registros de los contenidos en el archivo fuente (190).

En la figura 5.5 se observa la distribución de registros dentro de la información seleccionada para evaluar los modelos bajo las condiciones climáticas de San Felipe.

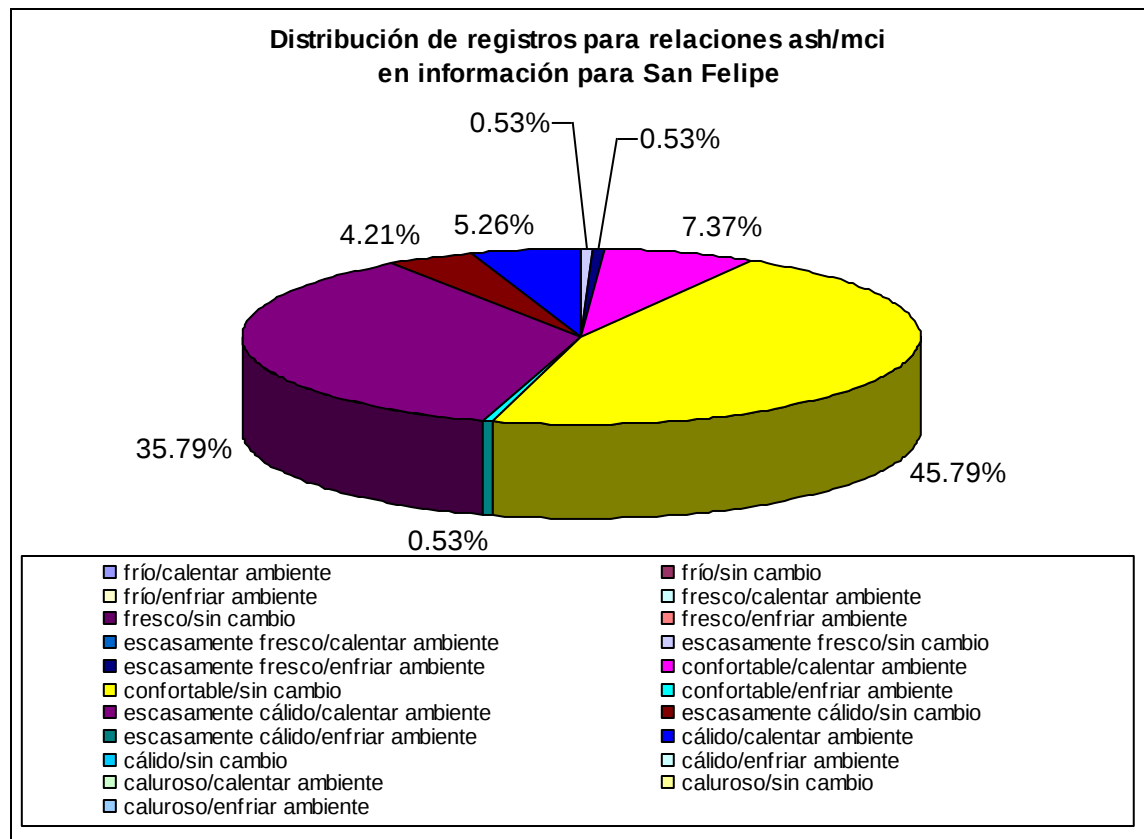


Figura 5.5. Distribución de registros por escalas de sensación térmica y preferencia térmica para San Felipe.

En la figura 5.9 se observa nuevamente la concentración de datos en la información para San Felipe, el **45.79%** lo ocupa la relación $ash=0/mci=2$, asimismo la relación $ash=1/mci=1$ constituye el **10.87%** de dicha información.

5.4.2. Resultados San Felipe.

5.4.2.1. Resultados HUMIDEX-San Felipe.

Los valores de la tabla 5.12 representan los resultados obtenidos de la evaluación del modelo HUMIDEX relativo a la ciudad de San Felipe.

Tabla 5.12. Resultados del modelo HUMIDEX relativos a San Felipe.

VARIABLES		No. de Registros	Aciertos			Errores		
ash	mci		No.	% parcial	% global	No.	% parcial	% global
-3	1	n/a	-	-	-	-	-	-
-3	2	0	s/d	-	-	s/d	-	-
-3	3	0	s/d	-	-	s/d	-	-
-2	1	n/a	-	-	-	-	-	-
-2	2	0	s/d	-	-	s/d	-	-
-2	3	0	s/d	-	-	s/d	-	-
-1	1	0	s/d	-	-	s/d	-	-
-1	2	1	1	100%	0.53%	s/e	-	-
-1	3	1	s/a	-	-	1	100%	0.53%
0	1	14	s/a	-	-	14	100%	7.37%
0	2	87	s/a	-	-	87	100%	45.79%
0	3	1	s/a	-	-	1	100%	0.53%
1	1	68	6	8.82%	3.16%	62	91.18%	32.63%
1	2	8	s/a	-	-	8	100%	4.21%
1	3	0	s/d	-	-	s/d	-	-
2	1	10	s/a	-	-	10	100%	5.26%
2	2	0	s/d	-	-	s/d	-	-
2	3	n/a	-	-	-	-	-	-
3	1	0	s/d	-	-	s/d	-	-
3	2	0	s/d	-	-	s/d	-	-
3	3	n/a	-	-	-	-	-	-
Total		190	7		3.68%	183		96.32%

n/a=no aplica, s/d=sin datos, s/a=sin aciertos, s/e=sin errores

En los resultados de la evaluación HUMIDEX/San Felipe (tabla 5.12), se puede observar que la diferencia entre *total de aciertos* (7) y *total de errores* (183) es sumamente considerable, tendencia marcada en las dos relaciones ash/mci con mayor frecuencia, puesto que para la relación *confortable/sin cambio* (ash=0/mci=2) obtuvo el 100% de errores equivalentes a 87 registros. De la misma forma, en la segunda relación ash/mci con mayor frecuencia, o sea, para la relación *someramente cálido/más fresco* (ash=1/mci=1); de los 68 registros, 6 fueron aciertos y 62 fueron errores, o sea, el 8.82% de los 68 registros resultaron como aciertos y el 91.78% como errores.

5.4.2.2. Resultados SSI-San Felipe.

En la tabla 5.13 se presentan los resultados obtenidos de la evaluación del modelo SSI con respecto a la ciudad de San Felipe.

Tabla 5.13. Resultados del modelo SSI relativos a San Felipe.

VARIABLES		No. de Registros	Aciertos			Errores		
ash	mci		No.	% parcial	% global	No.	% parcial	% global
-3	1	n/a	-	-	-	-	-	-
-3	2	0	s/d	-	-	s/d	-	-
-3	3	0	s/d	-	-	s/d	-	-
-2	1	n/a	-	-	-	-	-	-
-2	2	0	s/d	-	-	s/d	-	-
-2	3	0	s/d	-	-	s/d	-	-
-1	1	0	s/d	-	-	s/d	-	-
-1	2	1	s/a	-	-	1	100%	0.53%
-1	3	1	s/a	-	-	1	100%	0.53%
0	1	14	s/a	-	-	14	100%	7.37%
0	2	87	s/a	-	-	87	100%	45.79%
0	3	1	s/a	-	-	1	100%	0.53%
1	1	68	s/a	-	-	68	100%	35.79%
1	2	8	s/a	-	-	8	100%	4.21%
1	3	0	s/d	-	-	s/d	-	-
2	1	10	10	100%	5.26%	s/e	-	-
2	2	0	s/d	-	-	s/d	-	-
2	3	n/a	-	-	-	-	-	-
3	1	0	s/d	-	-	s/d	-	-
3	2	0	s/d	-	-	s/d	-	-
3	3	n/a	-	-	-	-	-	-
Total		190	10		5.26%	180		94.74%

n/a=no aplica, s/d=sin datos, s/a=sin aciertos

La diferencia de **170** registros en los resultados de la evaluación SSI/San Felipe (tabla 5.13) entre el *total de aciertos* (10) y *total de errores* (180) es sumamente considerable, constatándose a partir del resultado obtenido, puesto que solamente la relación *cálido/más fresco* (ash=2/mci=1) obtuvo aciertos, cuyos **10** registros representan solamente el **5.26%** de los **190** registros incluidos en la evolución del modelo SSI para la ciudad de San Felipe.

5.4.2.3. Resultados THI-San Felipe.

La evaluación correspondiente al modelo THI relacionado con la ciudad de San Felipe se presentan en la tabla 5.14.

Tabla 5.14. Resultados del modelo THI relativos a San Felipe.

VARIABLES		No. de Registros	Aciertos			Errores		
ash	mci		No.	% parcial	% global	No.	% parcial	% global
-3	1	n/a	-	-	-	-	-	-
-3	2	0	s/d	-	-	s/d	-	-
-3	3	0	s/d	-	-	s/d	-	-
-2	1	n/a	-	-	-	-	-	-
-2	2	0	s/d	-	-	s/d	-	-
-2	3	0	s/d	-	-	s/d	-	-
-1	1	0	s/d	-	-	s/d	-	-
-1	2	1	s/a	-	-	1	100%	0.53%
-1	3	1	s/a	-	-	1	100%	0.53%
0	1	14	14	100%	7.37%	s/e	-	-
0	2	87	87	100%	45.79%	s/e	-	-
0	3	1	1	100%	0.53%	s/e	-	-
1	1	68	s/a	-	-	68	100%	35.79%
1	2	8	s/a	-	-	8	100%	4.21%
1	3	0	s/d	-	-	s/d	-	-
2	1	10	s/a	-	-	10	100%	5.26%
2	2	0	s/d	-	-	s/d	-	-
2	3	n/a	-	-	-	-	-	-
3	1	0	s/d	-	-	s/d	-	-
3	2	0	s/d	-	-	s/d	-	-
3	3	n/a	-	-	-	-	-	-
Total		190	102		53.68	88		46.32%

n/a=no aplica, s/d=sin datos, s/a=sin aciertos, s/e=sin errores

En los resultados de la evaluación THI/San Felipe (tabla 5.14), se puede observar que la diferencia entre *total de aciertos* (102) y *total de errores* (88) es considerable, la diferencia está generada porque existen algunas relaciones ash/mci para las cuales no se registraron aciertos, creando de esta manera un aumento en lo errores, sin embargo, para la relación *confortable/sin cambio* (ash=0/mci=2), el **100%** de los registros resultaron en aciertos.

5.4.3. Resumen resultados San Felipe.

En forma resumida, la evaluación de los modelos para San Felipe posee los resultados presentados en la tabla 5.25.

Tabla 5.15. Resumen de resultados San Felipe.

	MODELOS					
	HUMIDEX		SSI		THI	
	No. de Registros	%	No. de Registros	%	No. de Registros	%
Aciertos	7	3.68%	10	5.26%	102	53.68%
Errores	183	96.32%	180	94.74%	88	46.32%
Totales	190	100%	190	100%	190	100%

En la figura 5.6 están representados los resultados generales de la evaluación de los modelos desarrollada para la ciudad de San Felipe.

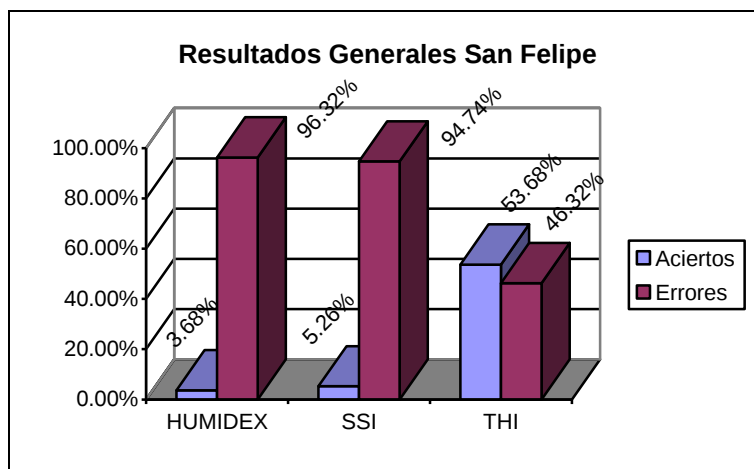


Figura 5.6. Resultados Generales San Felipe.

5.5. Tecate.

5.5.1. Datos en Fuente de Información.

Los datos contenidos en la tabla 5.16 presentan los registros contabilizados para cada relación sensación térmica/preferencia térmica (ash/mci) de la información seleccionada para la ciudad de Tecate.

Tabla 5.16. Frecuencia de registros para relaciones *ash* y *mci* en datos fuentes Tecate.

VARIABLES		No. de Registros	%
ash	mci		
-3	1	n/a	n/a
-3	2	0	s/d
-3	3	0	s/d
-2	1	n/a	n/a
-2	2	0	s/d
-2	3	0	s/d
-1	1	2	2.17%
-1	2	9	9.78 %
-1	3	0	s/d
0	1	0	s/d
0	2	49	53.26%
0	3	12	13.04%
1	1	1	1.09%
1	2	5	5.43%
1	3	13	14.13%
2	1	1	1.09%
2	2	0	s/d
2	3	n/a	n/a
3	1	0	s/d
3	2	0	s/d
3	3	n/a	n/a
Total		92	100%

n/a=no aplica, s/d=sin datos

La tabla 5.16 relativa a la evaluación desarrollada para la ciudad de Tecate, presenta una concentración de los datos de un **53.26%** (49 de 92 registros) para una sensación térmica *confortable* (ash=0) y una preferencia térmica *sin cambio* (mci=2).

En la figura 5.7 se puede observar la distribución de registros dentro de la información seleccionada para evaluar los modelos bajo las condiciones climáticas de Tecate.

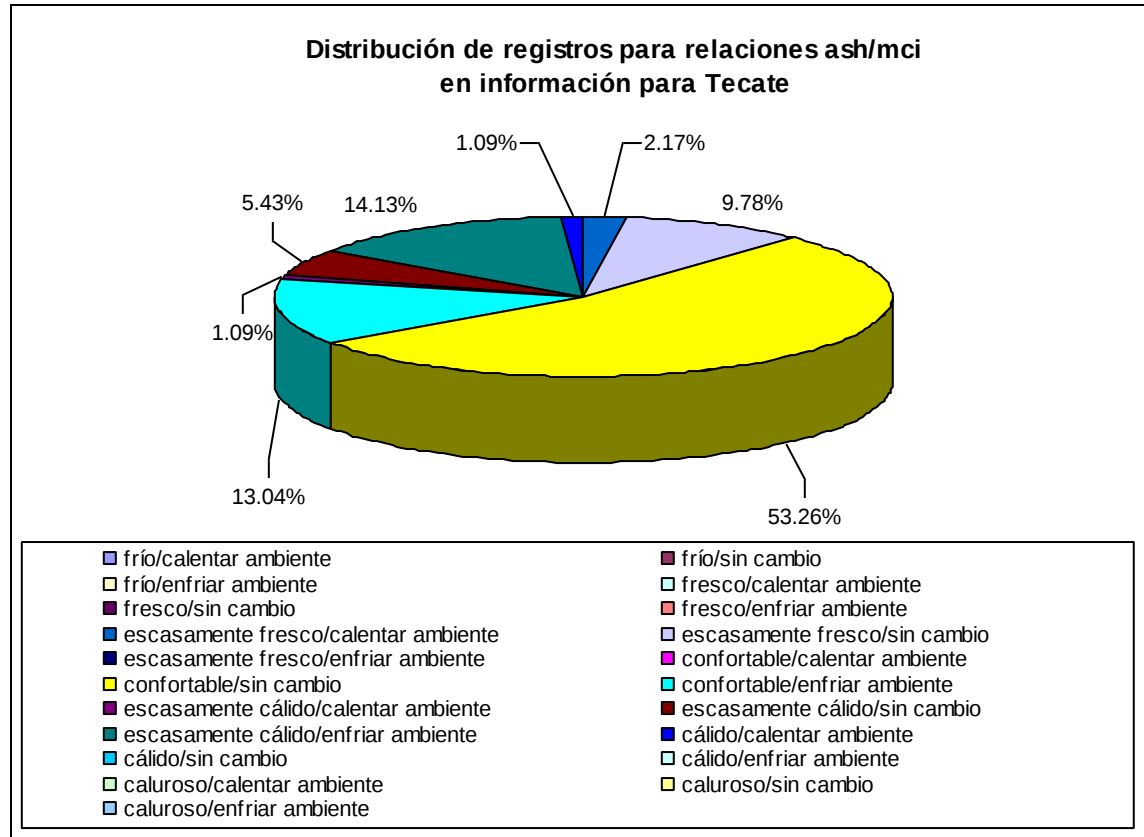


Figura 5.7. Distribución de registros por escalas de sensación térmica y preferencia térmica para Tecate.

Como puede constatar, la relación $ash=0/mci=2$ representa el **53.26%** de la información utilizada para evaluar los modelos, así como la relación $ash=0/mci=3$ constituye el **13.04%** de dicha información como segunda concentración de datos importante dentro del grupo de registros para Tecate.

5.5.2. Resultados Tecate.

5.5.2.1. Resultados HUMIDEX-Tecate.

La evaluación correspondiente al modelo HUMIDEX relacionado con la ciudad de Tecate se presentan en la tabla 5.17.

Tabla 5.17. Resultados del modelo HUMIDEX relativos a Tecate.

VARIABLES		No. de Registros	Aciertos			Errores		
ash	mci		No.	% parcial	% global	No.	% parcial	% global
-3	1	n/a	-	-	-	-	-	-
-3	2	0	s/d	-	-	s/d	-	-
-3	3	0	s/d	-	-	s/d	-	-
-2	1	n/a	-	-	-	-	-	-
-2	2	0	s/d	-	-	s/d	-	-
-2	3	0	s/d	-	-	s/d	-	-
-1	1	2	s/a	-	-	2	100%	2.17%
-1	2	9	s/a	-	-	9	100%	9.78%
-1	3	0	s/d	-	-	s/d	-	-
0	1	0	s/d	-	-	s/d	-	-
0	2	49	49	100%	53.26%	s/e	-	-
0	3	12	s/a	-	-	12	100%	13.04%
1	1	1	s/a	-	-	1	100%	1.09%
1	2	5	5	100%	5.43%	s/e	-	-
1	3	13	s/a	-	-	13	100%	14.13%
2	1	1	s/a	-	-	1	100%	1.09%
2	2	0	s/d	-	-	s/d	-	-
2	3	n/a	-	-	-	-	-	-
3	1	0	s/d	-	-	s/d	-	-
3	2	0	s/d	-	-	s/d	-	-
3	3	n/a	-	-	-	-	-	-
Total		92	54		58.70%	38		41.30%

n/a=no aplica, s/d=sin datos, s/a=sin aciertos, s/e=sin errores

En los resultados de la estimación HUMIDEX/Tecate (tabla 5.17), se puede observar que la diferencia entre *total de aciertos* (54) y *total de errores* (38) es considerable, confirmándose con la revisión de los resultados obtenidos, puesto que solamente dos relaciones ash/mci obtuvieron aciertos, la relación *confortable/sin cambio* (ash=0/mci=2) y la relación *someramente cálido/sin cambio*. Solamente estas dos relaciones ash/mci representan el **58.70%** generado como aciertos.

5.5.2.2. Resultados SSI-Tecate.

En la tabla 5.18 se presentan los resultados obtenidos de la evaluación del modelo SSI con respecto a la ciudad de Tecate.

Tabla 5.18. Resultados del modelo SSI relativos a Tecate.

VARIABLES		No. de Registros	Aciertos			Errores		
ash	mci		No.	% parcial	% global	No.	% parcial	% global
-3	1	n/a	-	-	-	-	-	-
-3	2	0	s/d	-	-	s/d	-	-
-3	3	0	s/d	-	-	s/d	-	-
-2	1	n/a	-	-	-	-	-	-
-2	2	0	s/d	-	-	s/d	-	-
-2	3	0	s/d	-	-	s/d	-	-
-1	1	2	s/a	-	-	2	100%	2.17%
-1	2	9	s/a	-	-	9	100%	9.78%
-1	3	0	s/d	-	-	s/d	-	-
0	1	0	s/d	-	-	s/d	-	-
0	2	49	46	93.88%	50%	3	6.12%	3.26%
0	3	12	12	100%	13.04%	s/e	-	-
1	1	1	s/a	-	-	1	100%	1.09%
1	2	5	s/a	-	-	5	100%	5.43%
1	3	13	s/a	-	-	13	100%	14.13%
2	1	1	s/a	-	-	1	100%	1.09%
2	2	0	s/d	-	-	s/d	-	-
2	3	n/a	-	-	-	-	-	-
3	1	0	s/d	-	-	s/d	-	-
3	2	0	s/d	-	-	s/d	-	-
3	3	n/a	-	-	-	-	-	-
Total		92	58		63.04%	34		36.96%

n/a=no aplica, s/d=sin datos, s/a=sin aciertos

Los 24 registros de diferencia en los resultados de la evaluación SSI/Tecate (tabla 5.18) entre el *total de aciertos* (58) y *total de errores* (34) es considerable, pudiéndose verificar con los resultados obtenidos para la ash/mci con mayor frecuencia, puesto que para la relación *confortable/sin cambio* (ash=0/mci=2) el **93.88%** de los registros generaron aciertos, acentuando de esta forma la diferencia y concentrando la mayoría de resultados como aciertos.

5.5.2.3. Resultados THI-Tecate.

Los valores de la tabla 5.19 representan los resultados obtenidos de la evaluación del modelo THI relativo a la ciudad de Tecate.

Tabla 5.19. Resultados del modelo THI relativos a Tecate.

VARIABLES		No. de Registros	Aciertos			Errores		
ash	mci		No.	% parcial	% global	No.	% parcial	% global
-3	1	n/a	-	-	-	-	-	-
-3	2	0	s/d	-	-	s/d	-	-
-3	3	0	s/d	-	-	s/d	-	-
-2	1	n/a	-	-	-	-	-	-
-2	2	0	s/d	-	-	s/d	-	-
-2	3	0	s/d	-	-	s/d	-	-
-1	1	2	s/a	-	-	2	100%	2.17%
-1	2	9	1	11.11%	1.09%	8	88.89%	8.70%
-1	3	0	s/d	-	-	s/d	-	-
0	1	0	s/d	-	-	s/d	-	-
0	2	49	44	89.80%	47.83%	5	10.20%	5.43%
0	3	12	10	83.33%	10.87%	2	16.67%	2.17%
1	1	1	s/a	-	-	1	100%	1.09%
1	2	5	1	20%	1.09%	4	80%	4.35%
1	3	13	2	15.38%	2.17%	11	84.62%	11.96%
2	1	1	s/a	-	-	1	100%	1.09%
2	2	0	s/d	-	-	s/d	-	-
2	3	n/a	-	-	-	-	-	-
3	1	0	s/d	-	-	s/d	-	-
3	2	0	s/d	-	-	s/d	-	-
3	3	n/a	-	-	-	-	-	-
Total		92	58		63.04%	34		36.96%

n/a=no aplica, s/d=sin datos, s/a=sin aciertos, s/e=sin errores

Dentro de los resultados de la evaluación THI/Tecate (tabla 5.19), se observa una diferencia de 24 registros entre *total de aciertos* (58) y *total de errores* (34), aunque los resultados obtenidos para las dos relaciones ash/mci con una concentración importante de datos poseen mayor número de aciertos, es decir, la relación *confortable/sin cambio* (ash=0/mci=2) obtuvo 89.80% de aciertos de los 49 registros involucrados. De la misma forma, la relación *confortable/más cálido* (ash=0/mci=3), obtuvo el 83.33% de aciertos de los 12 registros evaluados.

5.5.3. Resumen resultados Tecate.

A manera de resumen, en la tabla 5.20 están los resultados sobre la evaluación efectuada a los modelos con información referente a la selección hecha para la ciudad de Tecate.

Tabla 5.20. Resumen de resultados Tecate.

	MODELOS					
	HUMIDEX		SSI		THI	
	No. de Registros	%	No. de Registros	%	No. de Registros	%
Aciertos	54	58.70%	58	63.04%	58	63.04%
Errores	38	41.30%	34	36.96%	34	36.96%
Totales	92	100%	92	100%	92	100%

En la figura 5.8 están representados los resultados generales de la evaluación de los modelos desarrollada para la ciudad de Tecate.

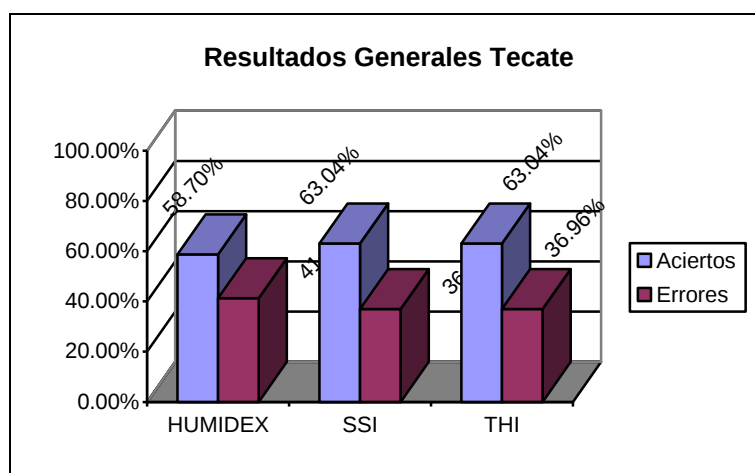


Figura 5.8. Resultados Generales Tecate.

5.6. Tijuana.

5.6.1. Datos en Fuente de Información.

La tabla 5.21 presenta la frecuencia o cantidad de registros para cada relación de las variables *ash* (sensación térmica) y *mci* (preferencia térmica).

Tabla 5.21. Frecuencia de registros para relaciones *ash* y *mci* en datos fuentes Tijuana.

VARIABLES		No. de Registros	%
ash	mci		
-3	1	n/a	n/a
-3	2	0	s/d
-3	3	0	s/d
-2	1	n/a	n/a
-2	2	1	1.09%
-2	3	2	2.17%
-1	1	0	s/d
-1	2	7	7.61%
-1	3	1	1.09%
0	1	7	7.61%
0	2	49	53.26%
0	3	1	1.09%
1	1	10	10.87%
1	2	7	7.61%
1	3	0	s/d
2	1	5	5.43%
2	2	2	2.17%
2	3	n/a	n/a
3	1	0	s/d
3	2	0	s/d
3	3	n/a	n/a
Total		92	100%

n/a=no aplica, s/d=sin datos

La tabla 5.21 referente a la información de Tijuana, presenta una concentración mayoritaria de la información de un **53.26%** (49 de 92 registros) para una sensación térmica *confortable* (*ash*=0) y una preferencia térmica *sin cambio* (*mci*=2). La siguiente relación *ash*/*mci* con mayor frecuencia es *someramente cálido/más fresco* (*ash*=1/*mci*=1) con un 10.87%, o sea, 10 registros de los contenidos en el

archivo fuente (92). En tercer lugar de niveles de frecuencia aparece un empate entre las relaciones *ash/mci* *someramente fresco/sin cambio* ($ash=-1/mci=2$), *confortable/más fresco* ($ash=0/mci=1$) y *someramente cálido/más fresco* ($ash=1/mci=2$), con un **7.61%**, o sea, 7 registros para cada una.

En la figura 5.9 se presentan las frecuencias en forma pictórica para denotar de mejor forma la distribución de registros dentro de la información seleccionada para la ciudad de Tijuana.

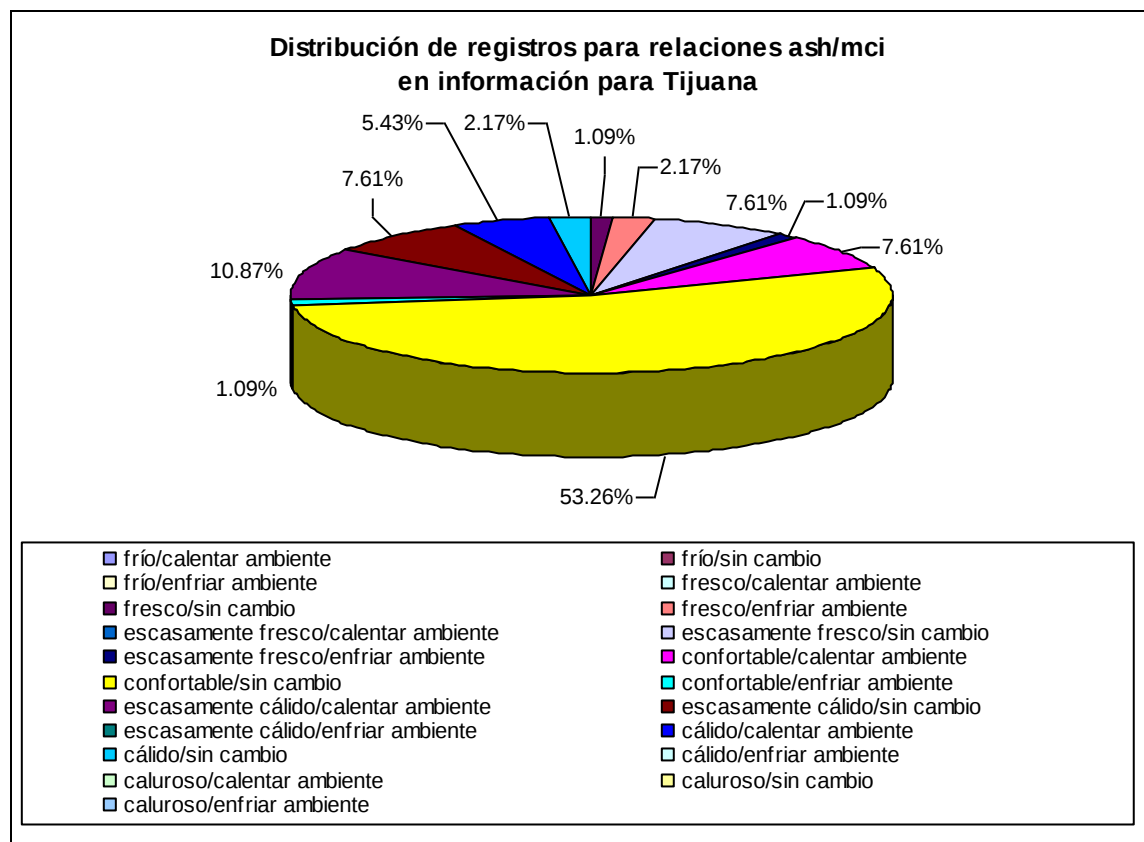


Figura 5.9. Distribución de registros por escalas de sensación térmica y preferencia térmica para Tijuana.

Como puede constatarse en la figura 5.9, la relación $ash=0/mci=2$ representa el **53.26%** de la información utilizada para evaluar el modelo HUMIDEX para la ciudad de Tijuana, asimismo la relación $ash=1/mci=1$ constituye el **10.87%** de dicha información. También puede observarse la igualdad porcentual de 7.61% entre las relaciones $ash=-1/mci=2$, $ash=0/mci=1$ y $ash=1/mci=2$.

5.6.2. Resultados Tijuana.

5.6.2.1. Resultados HUMIDEX-Tijuana.

La evaluación correspondiente al modelo HUMIDEX relacionado con la ciudad de Tijuana se presentan en la tabla 5.2.

Tabla 5.22. Resultados del modelo HUMIDEX relativos a Tijuana.

VARIABLES		No. de Registros	Aciertos			Errores		
ash	mci		No.	% parcial	% global	No.	% parcial	% global
-3	1	n/a	-	-	-	-	-	-
-3	2	0	s/d	-	-	s/d	-	-
-3	3	0	s/d	-	-	s/d	-	-
-2	1	n/a	-	-	-	-	-	-
-2	2	1	s/a	-	-	1	100%	1.09%
-2	3	2	s/a	-	-	2	100%	2.17%
-1	1	0	s/d	-	-	s/d	-	-
-1	2	7	s/a	-	-	7	100%	7.61%
-1	3	1	s/a	-	-	1	100%	1.09%
0	1	7	s/a	-	-	7	100%	7.61%
0	2	49	48	97.96%	52.17%	1	2.04%	1.09%
0	3	1	s/a	-	-	1	100%	1.09%
1	1	10	s/a	-	-	10	100%	10.87%
1	2	7	7	100%	7.61%	s/e	-	-
1	3	0	s/d	-	-	s/d	-	-
2	1	5	s/a	-	-	5	100%	5.43%
2	2	2	s/a	-	-	2	100%	2.17%
2	3	n/a	-	-	-	-	-	-
3	1	0	s/d	-	-	s/d	-	-
3	2	0	s/d	-	-	s/d	-	-
3	3	n/a	-	-	-	-	-	-
Total		92	55		59.78%	37		40.22%

n/a=no aplica, s/d=sin datos, s/a=sin aciertos, s/e=sin errores

En los resultados de la evaluación HUMIDEX/Tijuana (tabla 5.22), se puede observar que la diferencia entre *total de aciertos* (55) y *total de errores* (37) es considerable, la diferencia está generada porque existen algunas relaciones ash/mci para las cuales no se registraron aciertos, creando de esta manera un aumento en los errores, sin embargo, para la relación ash/mci con mayor frecuencia, relación *confortable/sin cambio* (ash=0/mci=2); un **97.96%** de los **49** registros resultaron en aciertos, es decir, un total de **48** registros de **49**, esto último inclinó el resultado final a favor de los aciertos.

5.6.2.2. Resultados SSI-Tijuana.

Los valores de la tabla 5.23 representan los resultados obtenidos de la evaluación del modelo SSI relativo a la ciudad de Tijuana.

Tabla 5.23. Resultados del modelo SSI relativos a Tijuana.

VARIABLES		No. de Registros	Aciertos			Errores		
ash	mci		No.	% parcial	% global	No.	% parcial	% global
-3	1	n/a	-	-	-	-	-	-
-3	2	0	s/d	-	-	s/d	-	-
-3	3	0	s/d	-	-	s/d	-	-
-2	1	n/a	-	-	-	-	-	-
-2	2	1	s/a	-	-	1	100%	1.09%
-2	3	2	s/a	-	-	2	100%	2.17%
-1	1	0	s/d	-	-	s/d	-	-
-1	2	7	s/a	-	-	7	100%	7.61%
-1	3	1	s/a	-	-	1	100%	1.09%
0	1	7	2	28.57%	2.17%	5	71.43%	5.43%
0	2	49	21	42.86%	22.83%	28	57.14%	30.43%
0	3	1	s/a	-	-	1	100%	1.09%
1	1	10	7	70%	7.61%	3	30%	3.26%
1	2	7	3	42.86%	3.26%	4	57.14%	4.35%
1	3	0	s/d	-	-	s/d	-	-
2	1	5	s/a	-	-	5	100%	5.43%
2	2	2	s/a	-	-	2	100%	2.17%
2	3	n/a	-	-	-	-	-	-
3	1	0	s/d	-	-	s/d	-	-
3	2	0	s/d	-	-	s/d	-	-
3	3	n/a	-	-	-	-	-	-
Total		92	33		35.87%	59		64.13%

n/a=no aplica, s/d=sin datos, s/a=sin aciertos

En los resultados de la evaluación SSI/Tijuana (tabla 5.23), se puede observar que la diferencia entre *total de aciertos* (33) y *total de errores* (59) es considerable, tendencia marcada en las dos relaciones ash/mci con mayor frecuencia, puesto que para la relación *confortable/sin cambio* (ash=0/mci=2) de los **49** registros, **21** son aciertos y **28** son errores, es decir, el **42.86%** de los **49** registros resultaron en aciertos y el **57.14%** como errores. De la misma forma, en la segunda relación ash/mci con mayor frecuencia, o sea, para la relación *someramente cálido/más fresco* (ash=1/mci=1); de los **10** registros, **7** fueron aciertos y **3** fueron errores, o sea, el **70%** de los **115** registros resultaron como aciertos y el **30%** como errores.

5.6.2.3. Resultados THI-Tijuana.

En la tabla 5.24 se presentan los resultados obtenidos de la evaluación del modelo THI con respecto a la ciudad de Tijuana.

Tabla 5.24. Resultados del modelo THI relativos a Tijuana.

VARIABLES		No. de Registros	Aciertos			Errores		
ash	mci		No.	% parcial	% global	No.	% parcial	% global
-3	1	n/a	-	-	-	-	-	-
-3	2	0	s/d	-	-	s/d	-	-
-3	3	0	s/d	-	-	s/d	-	-
-2	1	n/a	-	-	-	-	-	-
-2	2	1	s/a	-	-	1	100%	1.09%
-2	3	2	s/a	-	-	2	100%	2.17%
-1	1	0	s/d	-	-	s/d	-	-
-1	2	7	7	100%	7.61%	s/e	-	-
-1	3	1	1	100%	1.09%	s/e	-	-
0	1	7	s/a	-	-	7	100%	7.61%
0	2	49	s/a	-	-	49	100%	53.26%
0	3	1	s/a	-	-	1	100%	1.09%
1	1	10	10	100%	10.87%	s/e	-	-
1	2	7	6	85.71%	6.52%	1	14.29%	1.09%
1	3	0	s/d	-	-	s/d	-	-
2	1	5	s/a	-	-	5	100%	5.43%
2	2	2	s/a	-	-	2	100%	2.17%
2	3	n/a	-	-	-	-	-	-
3	1	0	s/d	-	-	s/d	-	-
3	2	0	s/d	-	-	s/d	-	-
3	3	n/a	-	-	-	-	-	-
Total		92	24		26.09%	68		73.91%

n/a=no aplica, s/d=sin datos, s/a=sin aciertos, s/e=sin errores

La diferencia de 44 registros en los resultados de la evaluación THI/Tijuana (tabla 5.24) entre el *total de aciertos* (24) y *total de errores* (68) es muy considerable, constatándose a partir del resultado obtenido para la ash/mci con mayor frecuencia, puesto que para la relación *confortable/sin cambio* (ash=0/mci=2) el 100% de los registros resultaron en error, inclinando notablemente el resultado total. Además, siete de las relaciones ash/mci con datos por evaluar, resultaron con cero acierto, hecho que acentúa el nivel de error obtenido para la relación THI/Tijuana.

5.6.3. Resumen resultados Tijuana.

En forma concisa, la evaluación de los modelos para Tijuana posee los resultados presentados en la tabla 5.25.

Tabla 5.25. Resumen de resultados Tijuana.

	MODELOS					
	HUMIDEX		SSI		THI	
	No. de Registros	%	No. de Registros	%	No. de Registros	%
Aciertos	55	59.78%	33	35.87%	24	26.09%
Errores	37	40.22%	59	64.13%	68	73.91%
Totales	92	100%	92	100%	92	100%

En la figura 5.10 están representados los resultados generales de la evaluación de los modelos desarrollada para la ciudad de Tijuana.

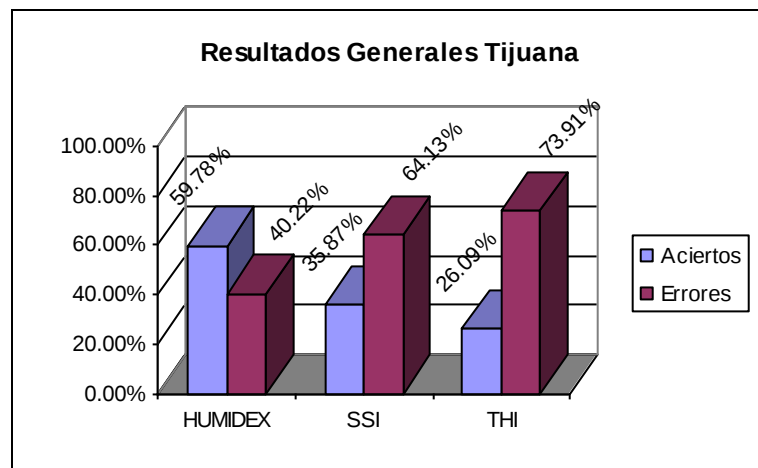


Figura 5.10. Resultados Generales Tijuana.

6. Capítulo VI. Discusión.

6.1. Introducción.

El propósito de este capítulo es discutir e interpretar los resultados obtenidos a partir de la evaluación de los modelos bioclimáticos HUMIDEX, SSI y THI para determinar su aplicación en las principales ciudades de Baja California.

La discusión se presenta estructura por ciudad, culminando cada apartado con la elección del modelo, sustentando por qué ese modelo es el adecuado para esa ciudad.

Es oportuno mencionar que cada relación modelo/ciudad posee cierto grado de error, puesto que los datos de entrada no pertenecen específicamente a cada ciudad, y los modelos evaluados no fueron diseñados especialmente para la región geográfica del estudio. Sin embargo, se optó por elegir aquel modelo con menor número de errores, considerando que éste brindaría un mejor acercamiento al nivel de confort experimentado por los habitantes de cada ciudad.

6.2. Discusión resultados Ensenada.

En la figura 6.1 se recapitulan los resultados obtenidos para la ciudad de Ensenada.

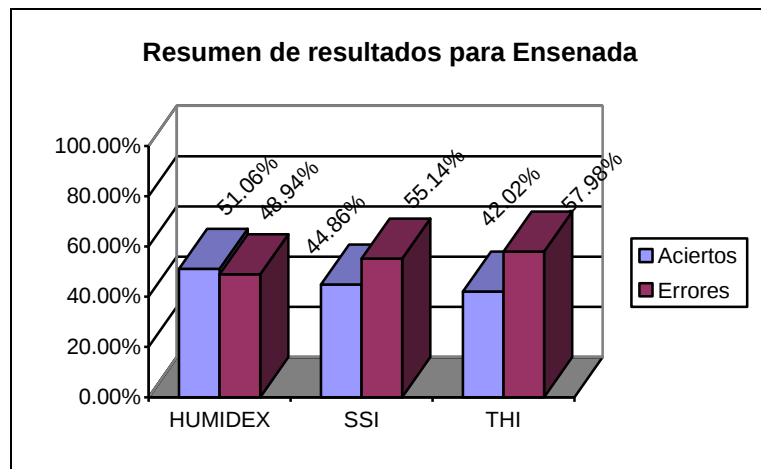


Figura 6.1. Resumen de resultados para Ensenada.

Para el caso particular de la ciudad de Ensenada con base a los resultados obtenidos se opta por el modelo **HUMIDEX** puesto que es el que posee el **51.06%** de aciertos contra el **44.86%** y **42.02%** de los modelos **SSI** y **THI** respectivamente.

6.3. Discusión resultados Mexicali.

Los resultados obtenidos conforme a la evaluación para la ciudad de Mexicali se presentan a continuación en la figura 6.2.

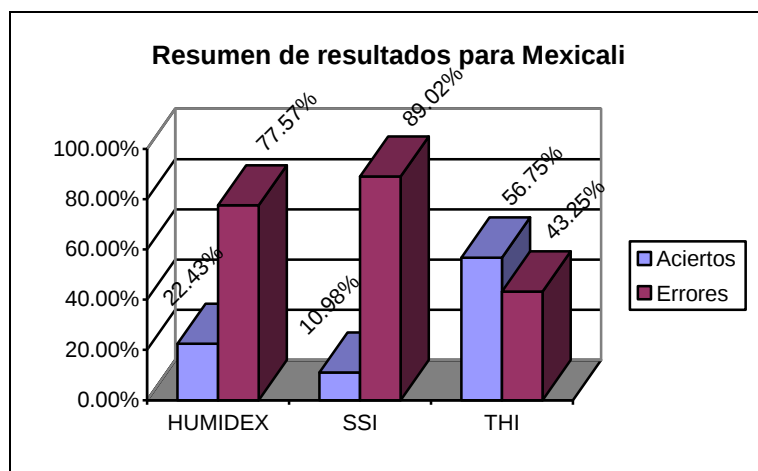


Figura 6.2. Resumen de resultados para Mexicali.

Conforme a los resultados obtenidos, para la ciudad de Mexicali el modelo idóneo para aplicarse es el *Índice de Temperatura/Humedad* (THI), considerando que el porcentaje de aciertos del **58.75%** está muy por encima del **22.43%** y **10.98%** obtenidos respectivamente por los modelos **HUMIDEX** y **SSI**.

6.4. Discusión resultados San Felipe.

Para la ciudad de San Felipe se obtuvieron como resumen de resultados porcentuales los presentados en la figura 6.3.

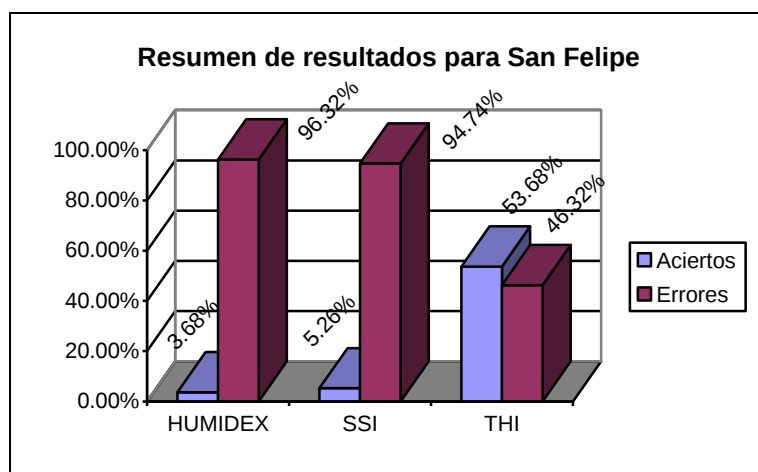


Figura 6.3. Resumen de resultados para San Felipe.

Los resultados obtenidos posicionan el modelo **THI** como el apto para ser aplicado en el puerto de San Felipe. El modelo **THI** obtuvo el **53.68%** de aciertos, valor porcentual muy superior al **3.68%** logrado por el modelo **HUMIDEX**, y al **5.26%** logrado por el modelo **SSI**.

6.5. Discusión resultados Tecate.

La figura 6.4 presenta las comparaciones de aciertos y errores resultantes de la evaluación de los modelos HUMIDEX, SSI y THI para la ciudad de Tecate.

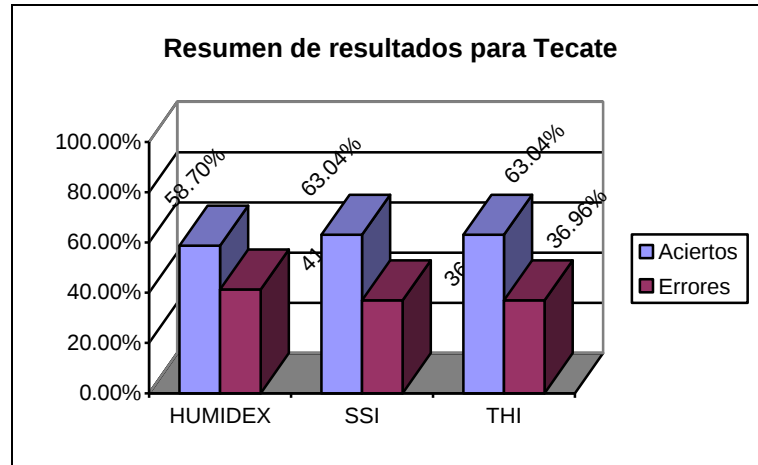


Figura 6.4. Resumen de resultados para Tecate.

La evaluación de los modelos para la ciudad de Ensenada muestra una particularidad con respecto a las otras evaluaciones modelos/ciudad, puesto que los tres modelos poseen mayor porcentaje de aciertos que errores, pudiéndose optar por cualquiera de ellos para aplicarse a dicha ciudad, aunque preferentemente puede elegirse el modelo **SSI** o **THI** considerando el mismo porcentaje de aciertos del **63.04%**.

6.6. Discusión resultados Tijuana.

Los resultados producidos por la evaluación de los modelos HUMIDEX, SSI y THI con respecto a la ciudad de Tijuana se presentan a continuación en la figura 6.5.

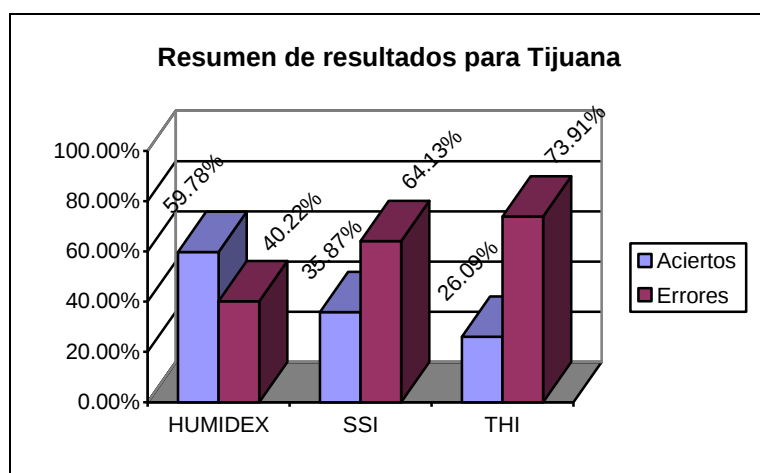


Figura 6.5. Resumen de resultados para Tijuana.

Estos resultados permiten establecer que el modelo **HUMIDEX** es el adecuado para aplicarlo a las condiciones climáticas de Tijuana, considerando que obtuvo el **59.78%** de aciertos, comparado con el **35.87%** obtenido por el modelo **SSI** y **26.09%** por el modelo **THI**.

6.7. Resumen.

Conforme a los objetivos planteados para esta investigación y los resultados obtenidos se confirma la existencia y posibilidad de aplicación de modelos bioclimáticos para las principales ciudades de Baja California. La tabla 6.1 expone finalmente las relaciones ciudad/modelo adecuadas para simular el comportamiento del humano con respecto al clima.

Tabla 6.1. Resumen de ciudades y modelos correspondientes.

CIUDAD	MODELO
ENSENADA	HUMIDEX
MEXICALI	THI
SAN FELIPE	THI
TECATE	SSI o THI
TIJUANA	HUMIDEX

Como se puede constatar en la tabla 6.1, las similitudes climáticas entre ciudades genera una tendencia sobre qué tipo de modelo bioclimático puede aplicarse en ellas. Lo anterior, permite establecer en forma genérica el tipo de clima para el cual un modelo es adecuado. Es decir, el modelo THI es efectivo para ciudades con clima seco; asimismo, el modelo HUMIDEX es efectivo para ciudades con clima

mediterráneo. Para ciudades que poseen un tipo de clima mediterráneo, pero en el que las temperaturas medias anuales son más bajas, como es el caso de Tecate, es indistinto usar el modelo SSI o el modelo THI, puesto que para ambos se obtuvo el mismo número de aciertos. Algo importante de comentar y que posiblemente influya en los resultados es la amplitud térmica de esta ciudad, comparada con las ciudades de Tijuana y Ensenada.

Como se expuso al inicio de este capítulo, otro factor determinante sobre los resultados es el uso de datos de entrada de ciudades con analogías climáticas cercanas a las principales ciudades de Baja California, generando en algunos casos un alto nivel de error en la evaluación de un modelo aplicado a determinada ciudad. El proceso ideal hubiera sido contar con datos generados en estas ciudades; sin embargo, el objetivo de la evaluación era determinar cuál modelo es el adecuado para la situación climática de cada ciudad, por lo que se eligió aquel modelo con mayor número de aciertos dentro de cada evaluación modelo-ciudad.

Por otra parte, este estudio ha propiciado un acercamiento interesante entre la relación bioclima-sistemas de información. Es decir, la creación del SIB en un sitio Web, único en las universidades del país, donde se conjunta una ciencia aplicada y ciertas tecnologías de información, brinda valor agregado a este trabajo de investigación.

7. Capítulo VII. Conclusiones.

7.1. Conclusión General.

La investigación se desarrolló mediante cuatro fases, las primeras dos fases permitieron la consecución del compendio de modelos bioclimáticos; la *fase exploratoria* permitió desarrollar la búsqueda exhaustiva de modelos bioclimáticos y con la información recopilada se construyó el compendio, constituyendo esto último la *fase descriptiva*.

Además del compendio de modelos bioclimáticos, el objetivo general de la investigación supone la determinación de cuál de todos los modelos descritos es el

adecuado para aplicarse a cada ciudad en estudio. Este proceso de evaluación se efectuó en la *fase correlacional* haciendo uso de tecnologías informáticas para determinar el modelo bioclimático con mayor efectividad para cada ciudad.

Los resultados de la evaluación arrojaron las siguientes relaciones ciudad/modelo: Ensenada/HUMIDEX, Mexicali/THI, San Felipe/THI, Tecate/SSI o THI y Tijuana/HUMIDEX.

La parte final de este trabajo de investigación lo constituye la *fase aplicativa* mediante el desarrollo del Sistema de Información Bioclimático. Las relaciones ciudad/modelo encontradas fueron la base para el desarrollo de este sistema que brinda un valor agregado a la investigación estableciendo un enlace interesante entre bioclimatología y tecnologías de información.

7.2. Conclusiones Específicas.

El capítulo III presenta una contribución importante para el ámbito de la bioclimatología, a través de la conformación del compendio de modelos bioclimáticos clasificados en diagramas bioclimáticos, modelos biofísicos, índices de temperatura percibida, índices de sensación térmica e índices de impacto del ambiente térmico. Este compendio sirve de soporte importante para otras investigaciones que requieran modelar la relación clima-humano, obteniendo una gama de modelos lo suficientemente amplia desde modelos sencillos, hasta modelos que requieren mayor número de variables de entrada como los modelos biofísicos.

El proceso para la determinación de las relaciones ciudad/modelo es otro aporte importante de este trabajo de investigación. El contenido del capítulo IV presenta este proceso, cuya parte medular lo constituye la conformación de la tabla de equivalencias entre escalas de sensación térmica de cada modelo y la escala de sensación térmica propuesta por la entidad ASHRAE. Con la estructuración de esta tabla pudo establecerse la manera como llevar la escala de cualquier modelo bioclimático a la escala estandarizada ASHRAE, de esta forma se abre la posibilidad

de utilizar la información del proyecto ASHRAE RP884 para la evaluación de modelos bioclimáticos.

Adicionalmente, el proceso de evaluación estuvo apoyado de tecnologías de información, mediante el desarrollo de un conjunto de programas informáticos en formato Xbase. Esta serie de programas permitieron sistemáticamente las siguientes tareas: la conversión de los archivos de datos de formato CVS a formato DBF, calcular automáticamente cada modelo con los datos fuentes, determinar si el resultado del cálculo se considera acierto o error, contabilización de errores y aciertos y generación de resultados consolidados.

Tanto tabla de equivalencias como programas informáticos dejan las bases del proceso para evaluar otros modelos bioclimáticos para otras regiones climáticas incluidas dentro del proyecto ASHRAE RP-884, o asimismo, para otras regiones climáticas para las cuales existan bases de datos asociando información climática y niveles de confort.

Un hallazgo importante de mencionar es el uso de modelos sencillos para la determinación de la sensación térmica para determinado ambiente térmico. Esto significa que con modelos sencillos que requieren pocas variables de entrada como temperatura del aire, humedad relativa y/o temperatura del punto de rocío; pueden obtenerse buenos resultados de estimación de la sensación térmica.

Otro hallazgo interesante es utilizar un mismo modelo para regiones climáticas similares pero con ubicaciones geográficas diferentes. Tal es el caso de Mexicali y Multan (Pakistán); es decir, los resultados obtenidos para Mexicali son equivalente a Multan, permitiendo que el modelo THI pueda utilizarse para ambas ciudades. Lo anterior también es aplicable para las combinaciones Ensenada/San Francisco, San Felipe/Karachi, Tecate/San Ramón y Tijuana/Palo Alto.

Finalmente, este trabajo de investigación culmina con la relación interesante entre tecnologías de información y bioclimatología, a través del desarrollo del SIB, que a partir de los requerimientos establecidos, se logró la implementación informática de los modelos bioclimáticos, permitiendo la estimación de la sensación térmica de los habitantes de las principales ciudades de la región norte de Baja California.

7.3. Recomendaciones.

Con la culminación de la investigación, se abre la posibilidad de desarrollar trabajos que enlacen las áreas bioclimatología y ciencias de la computación.

Con respecto a la bioclimatología, sería importante desarrollar un estudio de la índole del proyecto ASHRAE-RP884 para la parte noroeste de México, y de esta manera contar con datos de los niveles de confort de los habitantes de la región para diferentes estaciones del año.

Por otra parte, el cómputo científico podría brindar magníficos resultados, si los datos del proyecto ASHRAE-RP884 son utilizados para el desarrollo de un modelo predictivo de sensación térmica a través de Redes Neuronales Artificiales. Asimismo, y considerando el alto grado de subjetivismo que posee el confort, un modelo implementado con lógica difusa sería otra alternativa viable.

Con lo concerniente a la fase de evolución de software, y como parte del proceso de ingeniería de software, puede considerarse el enriquecimiento del SIB a través de la inclusión de otros modelos bioclimáticos, así como el incorporar el soporte para otras regiones y/o ciudades de la república mexicana.

Otra evolución importante de considerar para el SIB, es el desarrollo de un módulo estadístico, que a partir de la información climatológica almacenada en la base de datos a través del tiempo, genere gráficas y consolidación de valores sobre el comportamiento de la sensación térmica de los habitantes de la región norte de Baja California.

BIBLIOGRAFÍA

Alcobia, C., Silva, M., (1998), *A Comfort Field Study in Public Transportation Buses*, Universidade de Coimbra & Society of Automotive Engineers, Inc.

Auliciems, A., (1998), *Advances in Bioclimatology 5: Human Bioclimatology*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

ASHRAE RP-884, (2004), *The Adaptive Model of Thermal Comfort: Macquarie University's ASHRAE RP-884 Project*, Macquarie University.

Disponible en: http://atmos.es.mq.edu.au/~rddedear/ashrae_rp884_home.html

(Miércoles 21-Enero-2004)

Bell, B., Huish, P., (1996), *Thermal Comfort Aspects*, Phoenix Central Library, Arizona State University.

Disponible en: <http://www.caed.asu.edu/vitalsigns/pictures/c-pict/comfort/phcom1.htm>

(Domingo 19-October-2003)

Blazejczyk, K., (1999), *Assessment of recreational potential of bioclimatic based on the human heat balance*. Institute of Geography, Bydgoszcz Academy, Poland, Institute of Geography and Spatial Organization, Warsaw, Poland.

Blazejczyk, K., (2002), *MENEX Model*, Human Bio-Climatology, Department of Climatology, Institute of Geography and Spatial Organization, Polish Academy of Sciences. Disponible en: <http://www.igipz.pan.pl/klimat/blaz/menex.htm>

(Martes 21-October-2003)

Brown, R.D., Gillespie, T.J., (1995), *Microclimatic Landscape Design: Creating Thermal Comfort and Energy Efficiency*. John Wiley & Sons, Inc., U.S.A.

Chávez, F.J., (2001), *La percepción del Ambiente Térmico, La ciudad como Entorno*, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.

Chávez, F.J., (2002), *Zona Variable de Confort Térmico*, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.

Comparán, G.A., (1988), *Efectos del viento en barreras vegetales para la generación de microclimas en espacios abiertos*. Memoria I Reunión Nacional de Energía y el Confort, Instituto de Ingeniería, UABC, 110-113 pp.

Coy, A.E.V., (2002), *Ambiente Térmico*,
Disponibile en: <http://prevenycalidad.en.eresmas.com/ambientetermico.htm>
(Viernes 21-Febrero-2003)

Cubillas, T.L.G., (1988), *Estudio del comportamiento térmico de viviendas de interés social en Mexicali*, B.C. Memoria I Reunión Nacional de Energía y el Confort, Instituto de Ingeniería, UABC, 60-65 pp.

Critchfield, H.J., (1974), *Climate and Human Comfort*, General Climatology, Prentice-Hall.

de Dear, R., Brager, G. (2001), *The Adaptive Model of Thermal Comfort: Macquarie University's ASHRAE RP-884 Project*. Macquarie University & CEDR University of California at Berkeley .
Disponibile en: http://atmos.es.mq.edu.au/~rdedar/ashrae_rp884_home.html
(Viernes 14-Febrero-2003)

Dougherty, D., (2001), *LAMP: The Open Source Web Platform*.
Disponibile en: <http://www.onlamp.com>

DS4U, (2003), *Weather Abbreviations*, Data Solutions For You (DS4U),
Disponibile en: <http://www.ds4u.com/Weather/Terms.html> (Sábado 25-October-2003)

ESRU, (2003-A), *5- Thermal Comfort – Metrics*, Energy Systems Research Unit (ESRU), Department of Mechanical Engineering, University of Strathclyde, Glasgow, Disponible en: http://www.esru.strath.ac.uk/Courseware/Class-16387/5-Comfort_metrics.pdf (Lunes 20-Octubre-2003)

ESRU, (2003-B), *Thermal comfort models*, Energy Systems Research Unit (ESRU), Department of Mechanical Engineering, University of Strathclyde, Glasgow, Disponible en: http://www.esru.strath.ac.uk/Reference/concepts/thermal_comfort.htm (Lunes 20-Octubre-2003)

CUergo (2003), *DEA350: Ambient Environment: Thermal Environment*. Cornell University Ergonomics Web.
Disponible en:
<http://ergo.human.cornell.edu/studentdownload/DEA350notes/Thermal/thcomnotes2.html>
(Sábado 4-Octubre-2003)

García, C.O.R, A. Valdés, (1987). Una evaluación preliminar del bioclima de Mexicali, B.C., *Memorias Unión Geofísica Mexicana*, 305-312 pp.

García, C.O.R., (1996). *Evaluación del Bioclima Humano en Mexicali, Baja California, y su comparación con otras ciudades cálidas de la República Mexicana*. Instituto de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California. México.

García, E., (1970). *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. (para adaptarlo a las condiciones de la república mexicana)*. Instituto de Geografía, UNAM, México, D.F..

Givoni, B., (1976). *Man, Climate And Architecture*. Cap. 5, The Thermal Indices.

Givoni, B., (1998). *Climate Considerations in Building and Urban Design*. Van Nostrand Reinhold. Cap. 1, Comfort Issues and Climate Analysis for Building Design.

Hacker, S. D. (2001), y Smith, D. R., *A comparison of the Stedman's Heat Index and the WBGT Index*. U.S. Naval Academy, Annapolis, MD 21402, EE.UU.

Hedge, A. (2002), *Thermal Sensation and Thermoregulation*, Cornell University.

Heidorn, K.C., (1998), *Summer Discomfort Mixing Heat and Humidity*, Weather and Life, Spectrum Educational Enterprise,

Disponible en: <http://www.islandnet.com/~see/weather/life/heat.htm>

(Sábado 21-Septiembre-2002)

Heidorn, K. C., (2001), *The New Windchill Index*, Weather and Life, Spectrum Educational Enterprises, Disponible en: <http://www.islandnet.com/~see/weather/life/windchill.htm>

(Sábado 21-Septiembre-2002)

Holmér, I., (2003), *Assesment of Cold Exposure*, Program for Respiratory Health and Climate Research, National Institute for Working Life, Solna, Sweden.

Disponible en: <http://occuphealth.fi/ttl/osasto/oattl/workshop/homer2.doc>

(Viernes 21-Febrero-2003)

Höppe, P., (2000), *the Physiological Equivalent Temperature PET – an Example for a State or the Art Thermal Comfort Index*. Institute and Outpatient Clinic for Occupational and Environmental Medicine.

IBIMET, (2003), *New Summer Simmer Index*, Istituto Di Biometeorologia, Disponible en:

<http://www.ibimet.cnr.it/servizi/modelli/wb/teoria/SSI.htm>

(Sábado 25-October-2003)

ISAS, (2003), *Heat Index*, Illinois State Academy of Science (ISAS), Disponible en:

<http://www.il-st-acad-sci.org/kingdom/geo1013.html>

(Sábado 25-October-2003)

Jáuregui, E., (1988), *Aspectos Biometeorológicos y de Confort durante las Tolveneras en Áreas Urbanas del NW de México*, Memorias I Reunión Nacional sobre Energía y el Confort, Instituto de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California (UABC), 106-108 pp.

Jáuregui, E., (1990), *Distribución de la Temperatura Efectiva en México*, Memorias II Reunión Nacional sobre Energía y el Confort: uso eficiente de la energía, Instituto de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California (UABC), 136-139 pp.

Kalkstein, L., Valimont, K. (1986), *An evaluation of Summer Discomfort in the United States using a Relative Climatological Index*, American Meteorological Society, Vol. 67, No 7, July 1986, 842-848 pp.

Kvisgaard, B. (1997), *Thermal Comfort*. Disponible en:
<http://www.innova.dk/books/thermal/>
(Sábado 7-Septiembre-2002).

Landsberg, H.E., (1972), *The Assessment of Human Bioclimate: A limited Review of Physical Parameters*, World Meteorological Organization, WMO, Technical Note No. 123, Geneva, Switzerland.

Lee, J., Strand, R.K., (2003), *An Analysisi of the Effecto of the Building Envelope on Thermal Comfort using the EnergyPlus Program*. School of Architecture, University of Illinois at Urbana-Champaign.
Disponible en: http://www.eere.energy.gov/buildings/energyplus/pdfs/bibliography/lee_acsa_2001.pdf
(Domingo 19-October-2003)

Magaña, R., Baez, A., Cruz, L., (1988), *Estudio Energético de las Relaciones del Medio Ambiente, Atmósfera y el Confort Humano.*, Memorias I Reunión Nacional sobre Energía y el Confort, Instituto de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California (UABC), 254-259 pp.

Matzarakis, A., (2001), *Estimation AND Calculation of the Mean Radiant Temperature within Urban Structures*.

McGregor, G.R., (1995), *The human bioclimates of Western and South Pacific islands and climate change*. International Journal of Biometeorology, 39, 5-12.

Miranda, W., (1993), *Un índice de Confort a partir del Balance Energético Humano*, Facultad de Física, Universidad Veracruzana.

Mondelo, P.R., Torada, E.G., (1996), *La Ergonomía en la Ingeniería de Sistemas*, (Primera Edición), España: ISDEFE.

Mondelo, P.R., Torada, E.G., Bombardo, P.B., (2000), *Ergonomía 1: Fundamentos*, (Tercera Edición). España: Alfaomega & Ediciones UPC.

Mondelo, P.R., Torada, E.G., Úriz, S.C., Vilella, E.C., Lacambra, E.B., (2001), *Ergonomía 2: Confort y estrés térmico*, (Tercera Edición). España: Alfaomega & Ediciones UPC.

Moreno, B., Peñacoba, C., González, V. (2001), *Ergonomía y Psicosociología*, Programa Técnico en Prevención de Riesgos Laborales, Nivel Intermedio, Escuela Julián Besteiro & Unión General de Trabajadores (UGT).

Disponible en:

<http://www.oit.org.pe/spanish/260ameri/oitreg/activid/proyectos/actrav/edob/expeduca/pdf/0630331.pdf>
(Viernes 6-Junio-2003).

MSC, (2003), *The Humidex*, Meteorological Service of Canada, MSC, Disponible en:
http://lavoieverte.qc.ec.gc.ca/meteo/Documentation/Humidex_e.html
(Domingo 19-October-2003).

OSHA, (2003), *OSHA Technical Manual*. Occupational Safety & Health Administration. U.S. Department of Labor. Disponible en: http://www.osha-slc.gov/dts/osta/otm/otm_toc.html
(Sábado 18-October-2003).

Pérez, J., *Un modelo físico y estadístico para evaluar el confort higrotérmico en el estado de Tlaxcala*, Facultad de Física, Universidad Veracruzana.

Pinazo, O.J.M., (1999), *Manual de Climatización*, Tomo I: Transformaciones sicométricas, Universidad Politécnica de Valencia, España, Instituto Politécnico Nacional, México.

Rosendal, H. E., (2002), *An easy to use Temperature-Humidity Index*.

<http://members.aol.com/Rosendalhe/easyto.htm> (Viernes, 13-Septiembre-2002).

Rothfusz, L.PL., (1990), *The Heat Index "Equation"* (or, more than you ever wanted to know about heat index). NWS Southern Region Technical Attachment, SR/SSD 90-23, Fort Worth, TX.

Sensarama, S.K., (1999), *Heat Stress In Industry, Part II*, DGFASLI newsletter, Directorate General of Factory Advise Service & Labour Institutes, India, Vol. 4, No. 3.

Soligo, M.J., Irwin, P.A., Williams, C.J., Schuyler, G.D., (2003), *A comprehensive assessment of pedestrian comfort including thermal effects*. Rowan Williams Davies & Irwin Inc., Guelph, Ontario, Canada. Disponible en: <http://www.rwdi.com/papers/131.pdf>
(Domingo 19-October-2003)

Sommerville, I., *Ingeniería de Software*, Pearson Educación, (Sexta Edición), México, 2002.

Square One, (2003), *Thermal Response*, Square One Research PTY LTD. Disponible en: <http://www.squ1.com/comfort/comfort.html>
(Jueves 27-March-2003).

Tejeda, A., García, O., (2001), *A comparative simple method for human bioclimatic conditions applied to seasonally hot/warm cities of Mexico*, *Atmósfera* 15, 55-66 pp.

USARIEM, (2003), *Appendix C: Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) Index*, Department of the Army, U.S. Army Research Institute of Environmental Medicine (USARIEM).
 Disponible en: <http://www.usariem.army.mil/heatill/appendc.htm>
 (Sábado 18-October-2003).

Valdés, M.A., García, O.R., (1988), *Relación entre el consumo de energía eléctrica y la temperatura en al ciudad de Mexicali, B.C.* Memoria I Reunión Nacional de Energía y el Confort, Instituto de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California (UABC), 40-43 pp.

Vázquez, T.J.E., (1988), *Efectos de cubrepisos en las temperaturas del subsuelo. Aplicaciones arquitectónicas en una ciudad de clima cálido seco del desierto de Sonora.* Memoria I Reunión Nacional de Energía y el Confort, Instituto de Ingeniería, UABC, 54-59 pp.

Virtual Naval Hospital, (2003), *Manual of Naval Preventive Medicine*. Department of the Navy. Bureau of Medicine and Surgery. Washington, D.C.

Disponible en: <http://www.vnh.org/PreventiveMedicine/PreventiveMedicine.html>
 (Sábado 18-October-2003).

Anexo I. Tabla de Niveles Metabólicos para algunas actividades.

(1 Met = 58.2 W/m²)

Niveles Metabólicos (M) de las siguientes Actividades:	W/m²	Met
Acostado	46	0.8
Sentado relajado	58	1.0
Trabajo de relojero	65	1.1
De pié, relajado	70	1.2
Actividad sedentaria: oficina, vivienda, escuela.	70	1.2
Conduciendo un automóvil	80	1.4
Profesión gráfica, encuadernador	85	1.5
De pié, actividad ligera: comprando, industria ligera.	93	1.6
Profesor	95	1.6
Trabajo doméstico: afeitarse, lavarse, vestirse.	100	1.7
Caminando horizontal 2 Km/h	110	1.9
De pié, actividad media: vendedor, trabajo domestico.	116	2.0
Construcción, colocando bloques de 15 Kg	125	2.2
De pié, lavando platos	145	2,5
Trabajo doméstico: rastrillando hojas sobre el cespced.	170	2.9
Trabajo doméstico: lavando a mano y planchando. (120-220 W/m2)	170	2.9
Construcción: hormigonando con un vibrador neumático	175	3.0
Construcción: encofrando.	180	3.1
Caminando en horizontal 5 Km/h	200	3.4
Forestal: cortando monte con una sierra mecánica	205	3.5
Agricultura: arando con un tiro de animales	235	4.0
Construcción: cargando una carretilla con piedras	275	4.7

Deporte: patinando sobre hielo 18 Km/h	360	6.2
Agricultura: cavando con una pala (24 golpes/minuto)	380	6.5
Deporte: esquiando en horizontal 9 Km/h	405	7.0
Forestal: trabajando con un hacha de 2 Kg (33 golpes/minuto)	500	8.6
Deporte: corriendo a 15 Km/h	550	9.5

Anexo II. Tabla de Niveles de Aislamiento para Prendas de Vestir.

Prendas de vestir	Iclu	Clo	m ² °C/W
Ropa interior inferior	Medias	0.02	0.003
	Panty	0.03	0.005
	Bragas y calzoncillos	0.04	0.006
	Calzoncillo 1/2 pierna de lana	0.06	0.009
	Calzoncillo pierna entera	0.10	0.016
Ropa interior superior	Sujetador	0.01	0.002
	Camiseta sin mangas	0.06	0.009
	Camiseta manga corta	0.09	0.014
	Camiseta manga larga	0.12	0.019
	Camiseta térmica nylon	0.14	0.022
Camisas	Top de tubo	0.06	0.009
	Camisa manga corta	0.09	0.029
	Blusa ligera, manga larga	0.15	0.023
	Camisa ligera, manga larga	0.20	0.031
	Camisa normal, manga larga	0.25	0.039
	Camisa franela, manga larga	0.30	0.047
	Blusa larga de cuello de cisne	0.34	0.053
Pantalones	Pantalones cortos	0.06	0.009
	Pantalones cortos de excursión	0.11	0.017
	Pantalones ligeros	0.20	0.031
	Pantalones normales	0.25	0.039
	Pantalones de franela	0.28	0.043
	Pantalones de chandal	0.28	0.043
Mono	De diario, con cinturón	0.49	0.076
	De trabajo	0.50	0.078
De alto aislamiento	Multicomponente, Relleno	1.03	0.160
	Con <i>peluche</i>	1.13	0.175
Suéter	Chaleco	0.12	0.019
	Suéter fino	0.2	0.031
	Suéter fino cuello de cisne	0.26	0.040
	Suéter normal	0.28	0.043
	Suéter grueso	0.35	0.054
	Suéter grueso cuello de cisne	0.37	0.057
Chaqueta	De vestido	0.13	0.020
	Chaqueta ligera de verano	0.25	0.039
	chaqueta	0.35	0.054
	Anorak	0.30	0.047
Abrigos	Abrigo	0.60	0.093
	Gabardina	0.55	0.085
	Parka	0.70	0.109
	Sobreabrigo multicomponente	0.52	0.081
calzado	Calcetines	0.02	0.003
	Calcetines gruesos tobillos	0.05	0.008
	Calcetines gruesos largos	0.10	0.016
	Zapatilla, rellena de <i>peluche</i>	0.03	0.005
	Zapato suela fina	0.02	0.003
	Zapato suela gruesa	0.04	0.006
	Botas	0.10	0.016
	Guantes	0.05	0.008
Falda, vestido	Falda ligera, 15 cm sobre rodilla	0.10	0.016
	Falda ligera, 15 cm bajo rodilla	0.18	0.028
	Falda gruesa hasta la rodilla	0.25	0.039
	Vestido ligero sin mangas	0.25	0.039
	Vestido de invierno manga larga	0.40	0.062
Ropa de cama	Camisón largo de manga larga	0.30	0.047
	Camisón corto de tirantes	0.15	0.023
	Camisón de hospital	0.31	0.048
	Pijama de mangas y pantalones largos	0.50	0.078
	Body de dormir con pies	0.72	0.112
	Pantalón corto	0.10	0.016
Batas	Bata larga acolchada de manga larga	0.53	0.082
	Bata corta acolchada de manga larga	0.41	0.064

Asientos	Madera o metal	0.00	0.000
	tapizada, acolchada, con cojín	0.10	0.016
	Sillón	0.20	0.032

Anexo III. Programa de Conversión de Datos CSV2DBF.PRG.

Parameters pInputFileName

Close All

Public m.Valor

Set Talk Off

```
If VarType(pInputFileName) != "C"
    Wait "File Name Missed" Window NoWait
    Return
EndIf
```

Store pInputFileName To m.InputFileName

```
If !File(m.InputFileName)
    Wait "Input File Not Found" Window NoWait
    Return
EndIf
```

m.InputFile = FOpen(m.InputFileName, 10)

```
If m.InputFile < 0
    Wait "Error Open Input File" Window NoWait
    Return
EndIf
```

* Reading Headers Loop *

Store Space(0) To m.InputLine

```
Do While .Not. FEoF(m.InputFile) .And. .Not. IsDigit(m.InputLine) ;
    .And. .Not. Left(m.InputLine, 2) = "D," ;
    .And. .Not. Left(m.InputLine, 2) = "F," ;
    .And. .Not. Left(m.InputLine, 3) = "E1," ;
    .And. .Not. Left(m.InputLine, 3) = "E2,"
```

m.LineBeginning = 1

m.InputBuffer = FRead(m.InputFile, 1024)

m.BufferLen = Len(m.InputBuffer)

* Get Lines in Buffer Loop *

m.LFPos = At(Chr(10), m.InputBuffer)

m.InputLine = m.InputLine + SubStr(m.InputBuffer, m.LineBeginning, m.LFPos)

```
Do While m.LFPos > 0 .And. .Not. IsDigit(m.InputLine) ;
    .And. .Not. Left(m.InputLine, 2) = "D," ;
    .And. .Not. Left(m.InputLine, 2) = "F," ;
    .And. .Not. Left(m.InputLine, 3) = "E1," ;
    .And. .Not. Left(m.InputLine, 3) = "E2,"
```

m.LineBeginning = m.LineBeginning + m.LFPos

m.LFPos = At(Chr(10), SubStr(m.InputBuffer, m.LineBeginning, m.BufferLen - m.LineBeginning))

m.InputLine = SubStr(m.InputBuffer, m.LineBeginning, m.LFPos)

EndDo

m.InputLine = Right(m.InputBuffer, (m.BufferLen - m.LineBeginning)+1)

EndDo

m.ScreenRow = Row()+2

```
m.FileName = Left(m.InputFileName, At(".", m.InputFileName)-1)
```

```
? m.FileName
```

```
OutputFile = m.FileName + ;
```

```
" (" + ;
```

```
" BLCODE C(3), " + ;
```

```
" SUB N(4,0), " + ;
```

```
" AGE N(5,2), " + ;
```

```
" SEX N(3,0), " + ;
```

```
" YEAR N(4,0), " + ;
```

```
" DAY N(3,0), " + ;
```

```
" TIME N(6,0), " + ;
```

```
" ASH N(5,2), " + ;
```

```
" PRXY_TSA N(5,2), " + ;
```

```
" TSA N(3,0), " + ;
```

```
" MCI N(3,0), " + ;
```

```
" VENT N(3,0), " + ;
```

```
" AVM N(3,0), " + ;
```

```
" COMF N(3,0), " + ;
```

```
" ACT10 N(14,7), " + ;
```

```
" ACT20 N(14,7), " + ;
```

```
" ACT30 N(14,7), " + ;
```

```
" ACT60 N(14,7), " + ;
```

```
" MET N(14,7), " + ;
```

```
" CLO N(14,7), " + ;
```

```
" UPHOLSTN(14,7), " + ;
```

```
" INSUL N(14,7), " + ;
```

```
" TA_H N(14,7), " + ;
```

```
" TA_M N(14,7), " + ;
```

```
" TA_L N(14,7), " + ;
```

```
" DEWPPT N(14,7), " + ;
```

```
" PRTA_B N(14,7), " + ;
```

```
" TG_H N(14,7), " + ;
```

```
" TG_M N(14,7), " + ;
```

```
" TG_L N(14,7), " + ;
```

```
" VEL_H N(14,7), " + ;
```

```
" VEL_M N(14,7), " + ;
```

```
" VEL_L N(14,7), " + ;
```

```
" TURB_H N(14,7), " + ;
```

```
" TURB_M N(14,7), " + ;
```

```
" TURB_L N(14,7), " + ;
```

```
" TAAV N(14,7), " + ;
```

```
" TRAV N(14,7), " + ;
```

```
" TOP N(14,7), " + ;
```

```
" VELAV N(14,7), " + ;
```

```
" VELMAX N(14,7), " + ;
```

```
" TUAV N(14,7), " + ;
```

```
" PA N(14,7), " + ;
```

```
" RH N(14,7), " + ;
```

```
" ET N(14,7), " + ;
```

```
" SET N(14,7), " + ;
```

```
" TSENS N(14,7), " + ;
```

```
" DISC N(14,7), " + ;
```

```
" PMV N(14,7), " + ;
```

```
" PPD N(14,7), " + ;
```

```
" PD_H N(14,7), " + ;
```

```
" PD_M N(14,7), " + ;
```

```
" PD_L N(14,7), " + ;
```

```
" PD_MAX N(14,7), " + ;
```

```
" PCC N(14,7), " + ;
```

```
" PCC_AG N(14,7), " + ;
```

```
" PCS N(14,7), " + ;
```

```
" PCEC1 N(14,7), " + ;
```

```
" PCEC2 N(14,7), " + ;
```

```
" PCEC3 N(14,7), " + ;
```

```
" PCEC4 N(14,7), " + ;
```

```
" PCEC5 N(14,7), " + ;
```

```
" PCEC6 N(14,7), " + ;
```

```
" PCEC7 N(14,7), " + ;
```

```
" PCED1 N(14,7), " + ;
```

```
" PCED2 N(14,7), " + ;
```

```
" PCED3 N(14,7), " + ;
```

```
" PCED4 N(14,7), " + ;
```

```
" PCED5 N(14,7), " + ;
```

```
" PCED6 N(14,7), " + ;
```

```
" PCED7          N(14,7), " + ;
" DAY15_TA       N(14,7), " + ;
" DAY06_TA       N(14,7), " + ;
" DAYAV_TA       N(14,7), " + ;
" DAY15_RH       N(14,7), " + ;
" DAY06_RH       N(14,7), " + ;
" DAYAV_RH       N(14,7), " + ;
" DAY25_ET       N(14,7), " + ;
" DAY06_ET       N(14,7), " + ;
" DAYAV_ET       N(14,7) " + ;
")"
```

```
Select 1
Set Safety Off
```

```
Create Table &OutputFile
Set Safety On
Close Database
mOpenOutDbf = "Use " + m.FileName + " Alias OUTDBF"
```

```
&mOpenOutDbf
```

```
m.Counter=0
@ m.ScreenRow, 1 Say "Generates "
```

```
* Reading Data Loop
Do While (.Not. FEOF(m.InputFile) .Or. Len(AllTrim(m.InputLine)) > 0 ) ;
    .And. Left(m.InputLine, 2) != " ," ;
    .And. Left(m.InputLine, 1) != Chr(10) .And. Left(m.InputLine, 1) != Chr(13)

    Do While (m.LFPos > 0 .Or. Len(AllTrim(m.InputLine)) > 0) ;
        .And. Left(m.InputLine, 1) != Chr(10) .And. Left(m.InputLine, 1) != Chr(13)
        m.Counter = m.Counter + 1
```

```
    if m.Counter = 639
        m.Counter = m.Counter
    endif
```

```
Append Blank
```

```
* Data
m.FieldBeginning = 1
```

```
m.FirstLFPos = At(Chr(10), m.InputLine, 1)
m.FirstCRPos = At(Chr(13), m.InputLine, 1)
```

```
For m.FieldCounter = 1 To FCount()
```

```
*
    m.FieldEnd = At(Chr(44), m.InputLine, m.FieldCounter)
    m.NextCommaPos = At(Chr(44), m.InputLine, m.FieldCounter)

    m.FieldEnd = Min(m.FirstLFPos, m.FirstCRPos, m.NextCommaPos)

    m.FieldEnd = If(m.FieldEnd > 0, m.FieldEnd, If(m.FirstCRPos > 0, m.FirstCRPos, m.FirstLFPos))

    m.FieldLen = m.FieldEnd - m.FieldBeginning

    m.Value = SubStr(m.InputLine, m.FieldBeginning, m.FieldLen)

    If m.FieldCounter > 1
        If (IsDigit(AllTrim(m.Value)) .Or. Left(AllTrim(m.Value), 1) = "-")
            If Val(m.Value) = 0
                mMacroCommand = "OUTDBF." + AllTrim(Field(m.FieldCounter)) + ;
                    " With 0"
            Else
                mMacroCommand = "OUTDBF." + AllTrim(Field(m.FieldCounter)) + ;
                    " With Val(m.Value)"
            EndIf
            Replace &mMacroCommand
        EndIf
    Else
        If .Not. Empty(AllTrim(m.Value))
            mMacroCommand = "OUTDBF." + AllTrim(Field(m.FieldCounter)) + ;
                " With m.Value"
            Replace &mMacroCommand
        EndIf
    EndIf
```

```

        m.FieldBeginning = m.FieldEnd + 1
    Next

    m.LineBeginning = m.LineBeginning + m.LFPos

    m.LFPos = At(Chr(10), SubStr(m.InputBuffer, m.LineBeginning, m.BufferLen - m.LineBeginning))

    m.InputLine = SubStr(m.InputBuffer, m.LineBeginning, m.LFPos)
EndDo

m.InputLine = Right(m.InputBuffer, (m.BufferLen - m.LineBeginning)+1)

m.LineBeginning = 1

m.InputBuffer = FRead(m.InputFile, 1024)

m.BufferLen = Len(m.InputBuffer)

*****
* Get Lines in Buffer Loop *
*****
m.LFPosInputLine = At(Chr(10), m.InputLine)

m.LFPos = At(Chr(10), m.InputBuffer)

If m.LFPosInputLine = 0
    m.InputLine = m.InputLine + SubStr(m.InputBuffer, m.LineBeginning, m.LFPos)
Else
    m.LFPos = 0
EndIf

@ m.ScreenRow, 10 Say m.Counter
EndDo

= FClose(m.InputFile)

? "ok..."

```

Close All

Anexo IV. Programa de Obtención de Datos para Ciudades GETCITYI.PRG.

Clear All

Close All

Set Talk Off

Set Status On

* City: **SAN FELIPE** *

* Reference City: Karachi (Pakistan)

* Data File: 18_CSV.CSV (190 records)

*

* Converting CSV Files To DBF Files

? "Getting Data To SAN FELIPE City..."

? "Converting Data To DBF Format..."

Do CSV2DBF With "18_CSV.CSV"

Set Safety Off

? "Generating SAN FELIPE's Summer Data..."

SELECT * FROM 18_CSV INTO TABLE SANFSUMM

?

* City: **MEXICALI** *

* Reference City: Multan (Pakistan)

* Data File: 20_CSV.CSV (437 records)

*

* Converting CSV Files To DBF Files

? "Getting Data To MEXICALI City..."

? "Converting Data To DBF Format..."

Do CSV2DBF With "20_CSV.CSV"

Set Safety Off

? "Generating MEXICALI's Summer Data..."
SELECT * FROM 20_CSV INTO TABLE MEXISUMM
?

* City: **TECATE** *

* Refence City: San Ramon (California U.S.)

* Data File: 44_CSV.CSV (381 records)

*

* Converting CSV Files To DBF Files

? "Getting Data To TECATE City..."

? "Converting Data To DBF Format..."

Do CSV2DBF With "44_CSV.CSV"

Set Safety Off

? "Generating TECATE's Summer Data..."
SELECT * FROM 44_CSV INTO TABLE TECASUMM
?

```

*****
* City: TIJUANA *
*****
* Reference City: Palo Alto (California U.S.)
* Data File: 32_CSV.CSV (92 Palo Alto's records)
*
* Converting CSV Files To DBF Files
? "Getting Data To TIJUANA City..."
? "Converting Data To DBF Format..."
Do CSV2DBF With "32_CSV.CSV"

Set Safety Off

? "Generating TIJUANA's Summer Data..."
SELECT * FROM 32_CSV INTO TABLE TIJUSUMM WHERE BLCODE = "3"
?

*****
* City: ENSENADA *
*****
* Reference City: San Francisco (California U.S.)
* Data File: 32_CSV.CSV (332 records of 673 total records )
*           33_CSV.CSV (238 records of 360 total records)
*           (570 San Francisco's total records)
*
* Converting CSV Files To DBF Files
? "Getting Data To ENSENADA City..."
? "Converting Data To DBF Format..."
Do CSV2DBF With "33_CSV.CSV"

Set Safety Off

? "Generating ENSENADA's Summer Data..."
SELECT * FROM 32_CSV WHERE BLCODE IN ("4", "7", "8") ;
UNION ;
SELECT * FROM 33_CSV WHERE BLCODE IN ("5", "6") INTO TABLE ENSESUMM
?

Set Safety On
Close All
Clear All

```

Anexo V. Programa Cálculo y Evaluación de Modelos CALEVAMO.PRG.

```

Parameters pInputFileName
Close Database

?
? "CalEvaMo.prg: Calculating & Evaluating Model with input file " + pInputFileName

Set Talk Off

If VarType(pInputFileName) != "C"
    Wait "File Name Missed" Window NoWait
    Return
EndIf

Store pInputFileName To m.InputFileName

If !File(m.InputFileName)
    Wait "Input File Not Found" Window NoWait
    Return
EndIf

Set Safety Off
Create Table RESULTS ;
(
    HUMIDEX           N(14, 7),      ;
    HUMIDEX_I         N(14),         ;
    HUMIDEX_SE        C(20),         ;
    HUMIDEX_LO        N(7, 2),       ;
    HUMIDEX_UP        N(7, 2),       ;
    HUMIDEX_OK        N(1),          ;
    SSI               N(14, 7),      ;
    SSI_SENS          C(20),         ;
    SSI_LO            N(7, 2),       ;
    SSI_UP            N(7, 2),       ;

```

```

SSI_OK          N(1),      ;
THI             N(14, 7),  ;
THI_SENS        C(20),    ;
THI_LO          N(7, 2),   ;
THI_UP          N(7, 2),   ;
THI_OK          N(1),      ;
BLCODE          C(3),      ;
SUB             N(5,2),    ;
AGE             N(5,2),    ;
SEX             N(5,2),    ;
YEAR           N(4),      ;
DAY            N(3),      ;
TIME           N(6),      ;
ASH            N(5, 2),    ;
ASH_INT        N(5, 2),    ;
PRXY_TSA       N(5, 2),    ;
TSA            N(5, 2),    ;
MCI            N(5, 2),    ;
COMF           N(5, 2),    ;
TAAV           N(14, 7),   ;
RH             N(14, 7),   ;
DEWPT          N(14, 7),   ;
F_TAAV         N(14, 7),   ;
F_DEWPT        N(14, 7))
Set Safety On

```

```

Select 1
m.FileName = Left(m.InputFileName, At(".", m.InputFileName)-1)

```

```
mOpenInputDbf = "Use " + m.FileName + " Alias SOURCE"
```

```
&mOpenInputDbf
```

```

Select 2
Use RESULTS

```

```

Select 3
Use EQUIVALE

```

```

?
m.Row = Row()
m.Col = Col()

```

```

Select SOURCE
Go Top
Do While .Not. EoF()

```

```

@ m.Row, m.Col Say RecNo()
@ m.Row, Col() Say "/"
@ m.Row, Col() Say RecCount()

```

```

If SOURCE.MCI >= 1 .And. SOURCE.MCI <= 3 .And. ;
.Not. (SOURCE.ASH = -3 .And. SOURCE.MCI = 1) .And. ;
.Not. (SOURCE.ASH = -2 .And. SOURCE.MCI = 1) .And. ;
.Not. (SOURCE.ASH = 2 .And. SOURCE.MCI = 3) .And. ;
.Not. (SOURCE.ASH = 3 .And. SOURCE.MCI = 3)
    m.F_TAAV = (SOURCE.TAAV * (9/5))+32
    m.F_DEWPT = (SOURCE.DEWPT * (9/5))+32

```

```

* HUMIDEX
m.HUMIDEX_E = 6.112*(10^((7.5 * SOURCE.TAAV)/(237.7+SOURCE.TAAV)))*(SOURCE.RH/100)
m.HUMIDEX = SOURCE.TAAV + ((5/9)*(m.HUMIDEX_E-10))

```

```

Do Case
    Case m.HUMIDEX < 30
        m.HUMIDEX_SENS = "SIN INCOMODIDAD"
    Case m.HUMIDEX >= 30 .And. m.HUMIDEX < 40
        m.HUMIDEX_SENS = "ALGUNA INCOMODIDAD"
    Case m.HUMIDEX >= 40 .And. m.HUMIDEX < 46
        m.HUMIDEX_SENS = "GRAN INCOMODIDAD"
    Case m.HUMIDEX >= 46 .And. m.HUMIDEX < 55
        m.HUMIDEX_SENS = "CONDICION PELIGROSA"
    Case m.HUMIDEX >= 55
        m.HUMIDEX_SENS = "INSOLACION EMINENTE"
    Otherwise
        m.HUMIDEX_SENS = "error"

```

```
EndCase
```

* SSI (SUMMER SIMMER INDEX)

$m.SSI = (1.98 * (m.F_TAAV - ((0.55 - (0.0055 * SOURCE.RH)) * (m.F_TAAV - 58)))) - 56.83$

Do Case

```
Case m.SSI < 70
    m.SSI_SENS = "N/D"
Case m.SSI >= 70 .And. m.SSI < 77
    m.SSI_SENS = "LIGERAMENTE FRESCO"
Case m.SSI >= 77 .And. m.SSI < 83
    m.SSI_SENS = "CONFORTABLE"
Case m.SSI >= 83 .And. m.SSI < 91
    m.SSI_SENS = "LIGERAMENTE CALIDO"
Case m.SSI >= 91 .And. m.SSI < 100
    m.SSI_SENS = "CALIDO"
Case m.SSI >= 100 .And. m.SSI < 112
    m.SSI_SENS = "MEDIADAMENTE CALIDO"
Case m.SSI >= 112 .And. m.SSI < 125
    m.SSI_SENS = "MUY CALIDO"
Case m.SSI >= 125 .And. m.SSI < 150
    m.SSI_SENS = "EXTREMADAMENTE CALIDO"
Otherwise
    m.SSI_SENS = "error"
```

EndCase

* THI TEMPERATURE HUMIDITY INDEX

$m.THI = (m.F_TAAV + M.F_DEWPT)/2$

Do Case

```
Case m.THI < 65
    m.THI_SENS = "ENCANTADOR"
Case m.THI < 70
    m.THI_SENS = "CONFORTABLE"
Case m.THI < 75
    m.THI_SENS = "LIGERAMENTE OPRESIVO"
Case m.THI < 80
    m.THI_SENS = "MUY OPRESIVO"
Case m.THI < 85
    m.THI_SENS = "CASI INSOPORTABLE"
Case m.THI < 90
    m.THI_SENS = "APOPLEGIA POR CALOR"
Otherwise
    m.THI_SENS = "error"
```

EndCase

* Normalizing ASH & MCI

Do Case>

```
Case SOURCE.ASH <= -3
    m.ASH = -3
Case SOURCE.ASH > -3 .And. SOURCE.ASH <= -2
    m.ASH = -2
Case SOURCE.ASH > -2 .And. SOURCE.ASH <= -1
    m.ASH = -1
Case SOURCE.ASH > -1 .And. SOURCE.ASH < 1
    m.ASH = 0
Case SOURCE.ASH >= 1 .And. SOURCE.ASH < 2
    m.ASH = 1
Case SOURCE.ASH >= 2 .And. SOURCE.ASH < 3
    m.ASH = 2
Case SOURCE.ASH >= 3
    m.ASH = 3
Otherwise
    m.ASH = -999.99
```

EndCase

* Searching Equivalence

Select EQUIVALE

Locate For ASH = m.ASH .And. MCI = SOURCE.MCI

If .Not. Found()

```
? RECNO()
? SOURCE.ASH
? SOURCE.MCI
wait
```

EndIf

Select RESULTS

Append Blank

Replace RESULTS.HUMIDEX

Replace RESULTS.HUMIDEX_I

With m.HUMIDEX
With Int(m.HUMIDEX)

Replace RESULTS.HUMIDEX_SE	With m.HUMIDEX_SENS
Replace RESULTS.HUMIDEX_LO	With EQUIVALE.HUMIDEX_LO
Replace RESULTS.HUMIDEX_UP	With EQUIVALE.HUMIDEX_UP
Replace RESULTS.HUMIDEX_OK	With IIF(m.HUMIDEX >= EQUIVALE.HUMIDEX_LO .And. m.HUMIDEX <
EQUIVALE.HUMIDEX_UP, 1, 0)	
Replace RESULTS.SSI	With m.SSI
Replace RESULTS.SSI_SENS	With m.SSI_SENS
Replace RESULTS.SSI_LO	With EQUIVALE.SSI_LO
Replace RESULTS.SSI_UP	With EQUIVALE.SSI_UP
Replace RESULTS.SSI_OK	With IIF(m.SSI >= EQUIVALE.SSI_LO .And. m.SSI < EQUIVALE.SSI_UP, 1, 0)
Replace RESULTS.THI	With m.THI
Replace RESULTS.THI_SENS	With m.THI_SENS
Replace RESULTS.THI_LO	With EQUIVALE.THI_LO
Replace RESULTS.THI_UP	With EQUIVALE.THI_UP
Replace RESULTS.THI_OK	with IIF(m.THI >= EQUIVALE.THI_LO .And. m.THI < EQUIVALE.THI_UP, 1, 0)
Replace RESULTS.BLCODE	With SOURCE.BLCODE
Replace RESULTS.SUB	With SOURCE.SUB
Replace RESULTS.AGE	With SOURCE.AGE
Replace RESULTS.SEX	With SOURCE.SEX
Replace RESULTS.YEAR	With SOURCE.YEAR
Replace RESULTS.DAY	With SOURCE.DAY
Replace RESULTS.TIME	With SOURCE.TIME
Replace RESULTS.ASH	With SOURCE.ASH
Replace RESULTS.ASH_INT	With m.ASH
Replace RESULTS.PRXY_TSA	With SOURCE.PRXY_TSA
Replace RESULTS.TSA	With SOURCE.TSA
Replace RESULTS.MCI	With SOURCE.MCI
Replace RESULTS.COMF	With SOURCE.COMF
Replace RESULTS.TAAV	With SOURCE.TAAV
Replace RESULTS.RH	With SOURCE.RH
Replace RESULTS.DEWPT	With SOURCE.DEWPT
Replace RESULTS.F_TAAV	With m.F_TAAV
Replace RESULTS.F_DEWPT	With m.F_DEWPT
EndIf	
Select SOURCE	
Skip	
EndDo	
Select RESULTS	
? RecCount()	
@ Row(), Col() Say " output records generates..."	
Close Database	
Set Talk On	

Anexo VI. Programa para medición de resultados MESCIRES.PRG.

Parameter pInputFileName

Close Database

Set Talk Off

Set Safety Off

?

? "MesCiRes.prg: Mesuaring City Results with input file " + pInputFileName

If VarType(pInputFileName) != "C"

Wait "GENRESC: Input File Name Missed" Window NoWait

Return

EndIf

Store pInputFileName To mInputFileName

If !File(mInputFileName)

Wait "GENRESC: Input File Not Found" Window NoWait

Return

EndIf

mOutputFileNameSBAM = AllTrim(Left(mInputFileName, 4)) + "SBAM.DBF"

mOutputFileNameSBAS = AllTrim(Left(mInputFileName, 4)) + "SBAS.DBF"

mOutputFileNameTBAM = AllTrim(Left(mInputFileName, 4)) + "TBAM.DBF"

mOutputFileNameTBAS = AllTrim(Left(mInputFileName, 4)) + "TBAS.DBF"

mOutputFileNameTBMO = AllTrim(Left(mInputFileName, 4)) + "TBMO.DBF"

? "Mesuaring # Surveys by Ash & Mci into " + mOutputFileNameSBAM + " file..."

```
SELECT ;
      ASH_INT, MCI, COUNT(*), 100*(COUNT(*)/RECCOUNT());
FROM ;
      &mInputFileName ;
GROUP BY ;
      ASH_INT, MCI ;
INTO TABLE ;
      &mOutputFileNameSBAM
```

? "Mesuaring # Surveys by Ash into " + mOutputFileNameSBAS + " file..."

```
SELECT ;
      ASH_INT, COUNT(*), 100*(COUNT(*)/RECCOUNT());
FROM ;
      &mInputFileName ;
GROUP BY ;
      ASH_INT ;
INTO TABLE ;
      &mOutputFileNameSBAS
```

? "Mesuaring Totals by Ash & Mci into " + mOutputFileNameTBAM + " file..."

Create Table &mOutputFileNameTBAM ;

```
( ;
      ASH_INT          N(05),      ;
      MCI              N(05),      ;
      MODEL            C(10),      ;
      RESULT           C(10),      ;
      QUANTITY N(10),  ;
      PORCENT          N(10,5) ;
)
```

* HUMIDEX OK

```
SELECT ASH_INT, MCI, "HUMIDEX", "OK", COUNT(*), 100*(COUNT(*)/RECCOUNT()) FROM &mInputFileName WHERE HUMIDEX_OK = 1 GROUP BY ASH_INT, MCI ;
```

INTO ARRAY mVALUES

INSERT INTO &mOutputFileNameTBAM FROM ARRAY mVALUES

* HUMIDEX ERROR

```
SELECT ASH_INT, MCI, "HUMIDEX", "ERROR", COUNT(*), 100*(COUNT(*)/RECCOUNT()) FROM &mInputFileName WHERE HUMIDEX_OK = 0 GROUP BY ASH_INT, MCI INTO ARRAY mVALUES
```

INSERT INTO &mOutputFileNameTBAM FROM ARRAY mVALUES

* SSI OK

```
SELECT ASH_INT, MCI, "SSI", "OK", COUNT(*), 100*(COUNT(*)/RECCOUNT()) FROM &mInputFileName WHERE SSI_OK = 1 GROUP BY ASH_INT, MCI INTO ARRAY mVALUES
```

INSERT INTO &mOutputFileNameTBAM FROM ARRAY mVALUES

* SSI ERROR

```
SELECT ASH_INT, MCI, "SSI", "ERROR", COUNT(*), 100*(COUNT(*)/RECCOUNT()) FROM &mInputFileName WHERE SSI_OK = 0 GROUP BY ASH_INT, MCI INTO ARRAY mVALUES
```

INSERT INTO &mOutputFileNameTBAM FROM ARRAY mVALUES

* THI OK

```
SELECT ASH_INT, MCI, "THI", "OK", COUNT(*), 100*(COUNT(*)/RECCOUNT()) FROM &mInputFileName WHERE THI_OK = 1 GROUP BY ASH_INT, MCI INTO ARRAY mVALUES
```

INSERT INTO &mOutputFileNameTBAM FROM ARRAY mVALUES

* THI ERROR

```
SELECT ASH_INT, MCI, "THI", "ERROR", COUNT(*), 100*(COUNT(*)/RECCOUNT()) FROM &mInputFileName WHERE THI_OK = 0 GROUP BY ASH_INT, MCI INTO ARRAY mVALUES
```

INSERT INTO &mOutputFileNameTBAM FROM ARRAY mVALUES

? "Mesuaring Totals by Ash into " + mOutputFileNameTBAS + " file..."

Create Table &mOutputFileNameTBAS ;

```
( ;
      ASH_INT          N(05),      ;
      MODEL            C(10),      ;
      RESULT           C(10),      ;
      QUANTITY N(10),  ;
      PORCENT          N(10,5) ;
)
```

* HUMIDEX OK

```
SELECT ASH_INT, "HUMIDEX", "OK", COUNT(*), 100*(COUNT(*)/RECCOUNT()) FROM &mInputFileName WHERE HUMIDEX_OK = 1 GROUP BY ASH_INT ;
```

INTO ARRAY mVALUES

INSERT INTO &mOutputFileNameTBAS FROM ARRAY mVALUES

* HUMIDEX ERROR

```
SELECT ASH_INT, "HUMIDEX", "ERROR", COUNT(*), 100*(COUNT(*)/RECCOUNT()) FROM &mInputFileName WHERE HUMIDEX_OK = 0 GROUP BY ASH_INT ;
```

INTO ARRAY mVALUES

INSERT INTO &mOutputFileNameTBAS FROM ARRAY mVALUES

```

* SSI OK
SELECT ASH_INT, "SSI", "OK", COUNT(*), 100*(COUNT(*)/RECCOUNT()) FROM &mInputFileName WHERE SSI_OK = 1 GROUP BY ASH_INT ;
INTO ARRAY mVALUES
INSERT INTO &mOutputFileNameTBAS FROM ARRAY mVALUES
* SSI ERROR
SELECT ASH_INT, "SSI", "ERROR", COUNT(*), 100*(COUNT(*)/RECCOUNT()) FROM &mInputFileName WHERE SSI_OK = 0 GROUP BY ASH_INT ;
INTO ARRAY mVALUES
INSERT INTO &mOutputFileNameTBAS FROM ARRAY mVALUES

* THI OK
SELECT ASH_INT, "THI", "OK", COUNT(*), 100*(COUNT(*)/RECCOUNT()) FROM &mInputFileName WHERE THI_OK = 1 GROUP BY ASH_INT ;
INTO ARRAY mVALUES
INSERT INTO &mOutputFileNameTBAS FROM ARRAY mVALUES
* THI ERROR
SELECT ASH_INT, "THI", "ERROR", COUNT(*), 100*(COUNT(*)/RECCOUNT()) FROM &mInputFileName WHERE THI_OK = 0 GROUP BY ASH_INT ;
INTO ARRAY mVALUES
INSERT INTO &mOutputFileNameTBAS FROM ARRAY mVALUES

? "Mesuring Totals By Model into " + mOutputFileNameTBMO + " file..."
SELECT 'HUMIDEX OK ', COUNT(*), 100*(COUNT(*)/RECCOUNT()) FROM &mInputFileName WHERE HUMIDEX_OK = 1 ;
UNION ;
SELECT 'HUMIDEX ERROR', COUNT(*), 100*(COUNT(*)/RECCOUNT()) FROM &mInputFileName WHERE HUMIDEX_OK = 0 ;
UNION ;
SELECT 'SSI OK ', COUNT(*), 100*(COUNT(*)/RECCOUNT()) FROM &mInputFileName WHERE SSI_OK = 1 ;
UNION ;
SELECT 'SSI ERROR', COUNT(*), 100*(COUNT(*)/RECCOUNT()) FROM &mInputFileName WHERE SSI_OK = 0 ;
UNION ;
SELECT 'THI OK ', COUNT(*), 100*(COUNT(*)/RECCOUNT()) FROM &mInputFileName WHERE THI_OK = 1 ;
UNION ;
SELECT 'THI ERROR', COUNT(*), 100*(COUNT(*)/RECCOUNT()) FROM &mInputFileName WHERE THI_OK = 0 ;
INTO TABLE &mOutputFileNameTBMO

```

Set Safety On

Close Database

Anexo VII. Programa para automatizar proceso de medición MESUAREA.PRG.

Close Database

```

?
? "MesuareA.prg: Mesuare All..."

?
? "=====
? " Mesuaring ENSENADA City"
? "=====
Do CALEVAMO With "ENSESUMM.DBF"
Set Safety Off
? "MesuareA.prg: Copying ENSENADA's evaluated results to mesuaring results process..."
Select * From RESULTS Into Table ENSEDETA
Do MESCIRES With "ENSEDETA.DBF"

?
? "=====
? " Mesuaring MEXICALI City"
? "=====
Do CALEVAMO With "MEXISUMM.DBF"
Set Safety Off
? "MesuareA.prg: Copying MEXICALI's evaluated results to measuring results process..."
Select * From RESULTS Into Table MEXIDETA
Do MESCIRES With "MEXIDETA.DBF"

?
? "=====
? " Mesuaring SAN FELIPE City"
? "=====
Do CALEVAMO With "SANFSUMM.DBF"
Set Safety Off
? "MesuareA.prg: Copying SAN FELIPES's evaluated results to mesuaring results process..."
Select * From RESULTS Into Table SANFDETA
Do MESCIRES With "SANFDETA.DBF"

?
? "=====

```

? " Mesuaring TECATE City"
? "===== "
Do CALEVAMO With "TECASUMM.DBF"
Set Safety Off
? "MesuareA.prg: Copying TECATE's evaluated results to mesuaring results process..."
Select * From RESULTS Into Table TECADETA
Do MESCIRES With "TECADETA.DBF"

?
? "===== "
? " Mesuaring TIJUANA City"
? "===== "
Do CALEVAMO With "TIJUSUMM.DBF"
Set Safety Off
? "MesuareA.prg: Copying TIJUANA's evaluated results to mesuaring results process..."
Select * From RESULTS Into Table TIJUDETA
Do MESCIRES With "TIJUDETA.DBF"

Set Safety On

Close Database