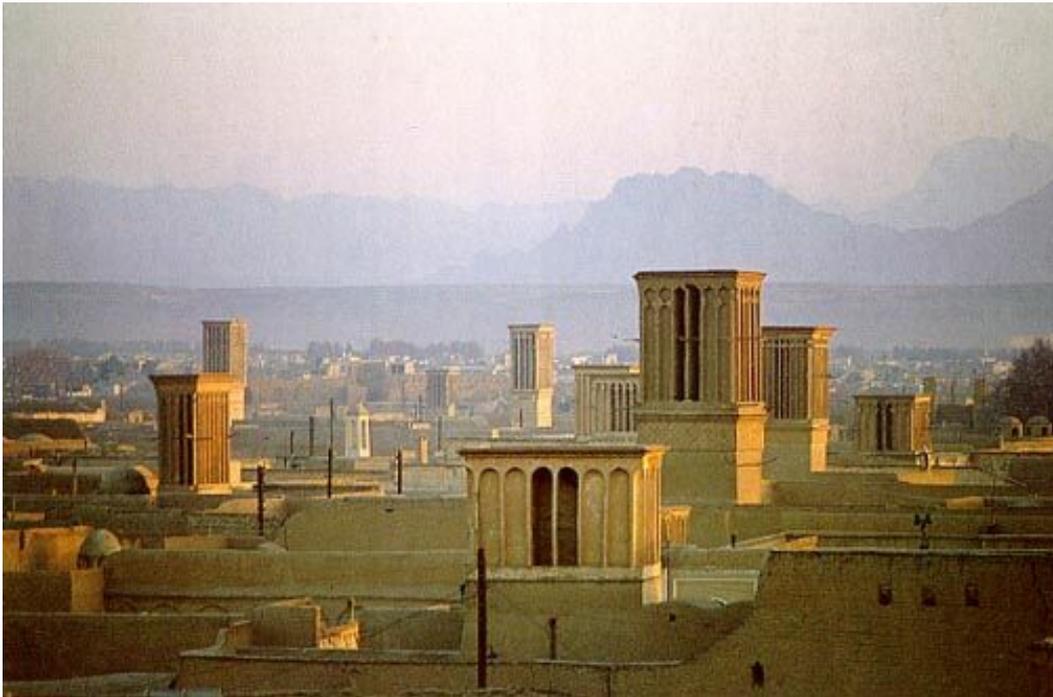


## Ecología ambiental o técnica

### Sistemas de enfriamiento pasivo

### Técnicas bioclimáticas en arquitectura (III)



*Baghdir*s, torres captadores de viento  
Yazda, Irán

# **Técnicas bioclimáticas (III)**

## **Sistemas de enfriamiento pasivo**

### **Índice**

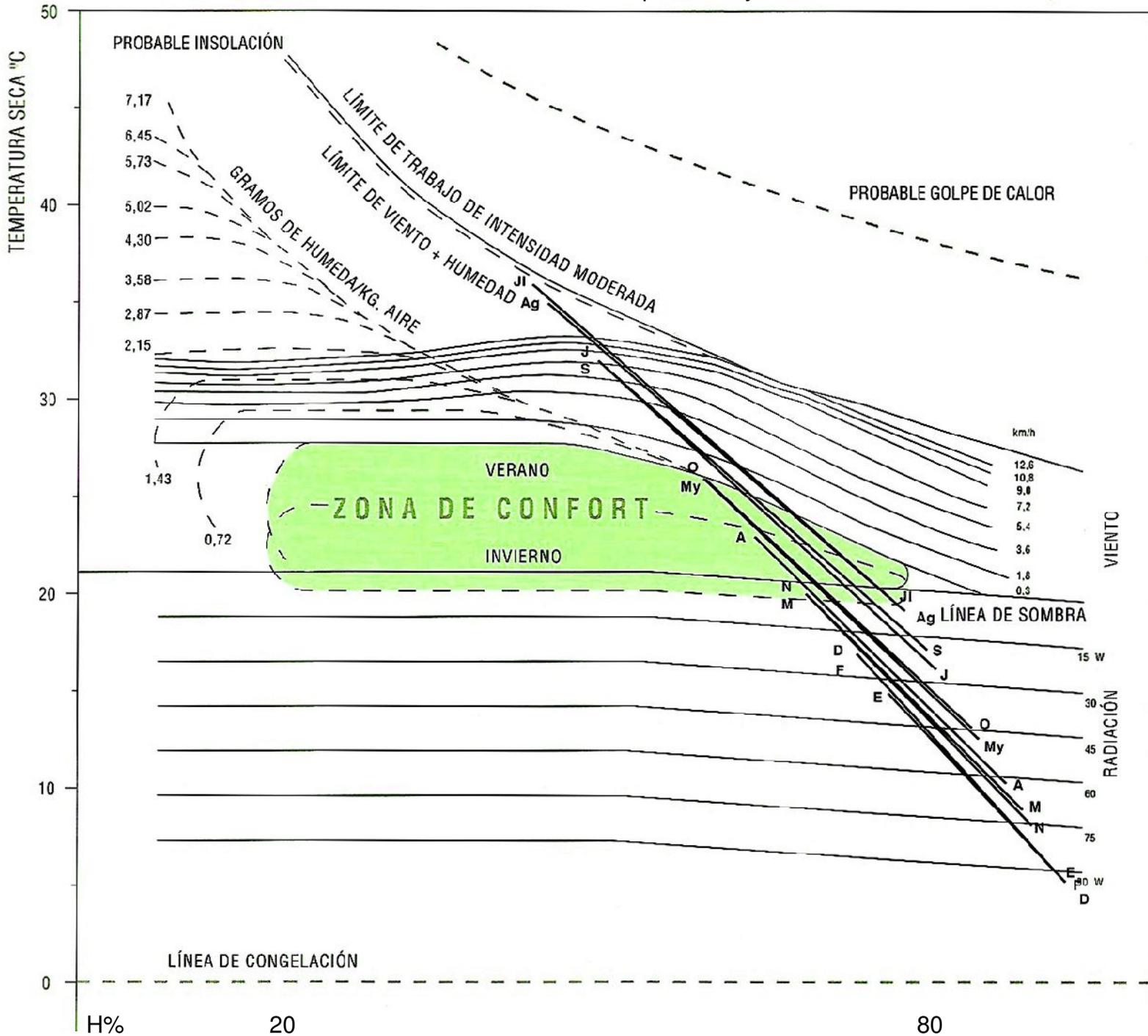
- 0. Condiciones de confort en verano**
- 1. Protección solar**
- 2. Ventilación (directa y nocturna – enfriamiento convectivo)**
- 3. Radiación nocturna**
- 4. Enfriamiento evaporativo**
- 5. Inercia del suelo**
- 6. Vegetación**
  
- 7. Caso de estudio: Criptoportico, Villa Adriano**
  
- 8. Integración de sistemas (AIA, caso clima árido cálido EUA)**
  
- 9. Caso de estudio: La Alhambra, Granada**

## **0. Condiciones de confort en verano**

Varían según las personas, la ropa, los climas, la época del año (verano, invierno) y las expectativas culturales.

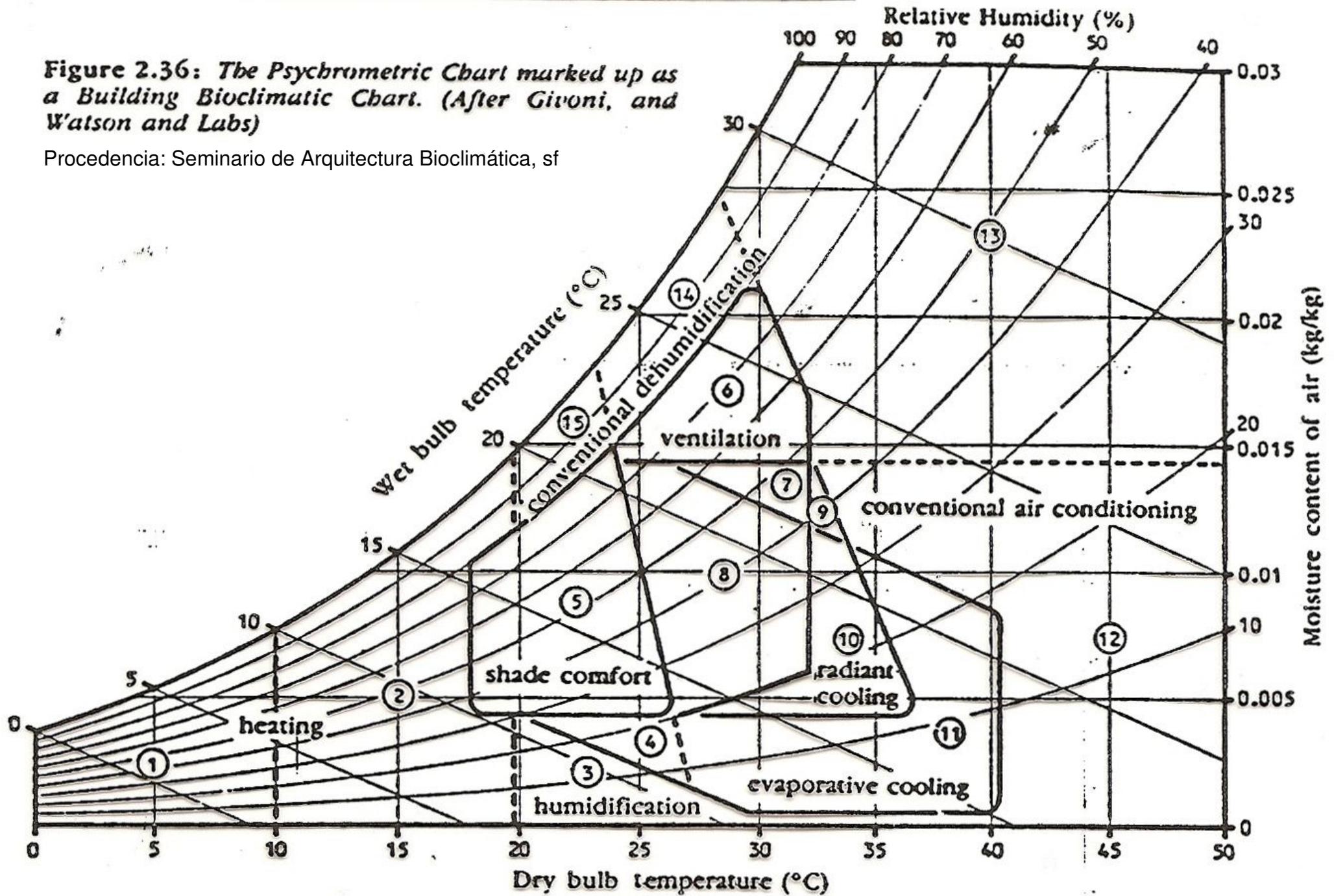
En Andalucía podríamos hablar de un límite superior de 28-30°C, con la humedad relativa  $H$  entre 20% y 75-80%. El límite superior de la humedad relativa es muy importante en el caso de emplear el enfriamiento evaporativo – si se supera el 80% las condiciones de confort serán peores que en las iniciales.

En lo que respecta a la ventilación hay un cambio cualitativa a partir de los 37°C.



**Figure 2.36: The Psychrometric Chart marked up as a Building Bioclimatic Chart. (After Givoni, and Watson and Labs)**

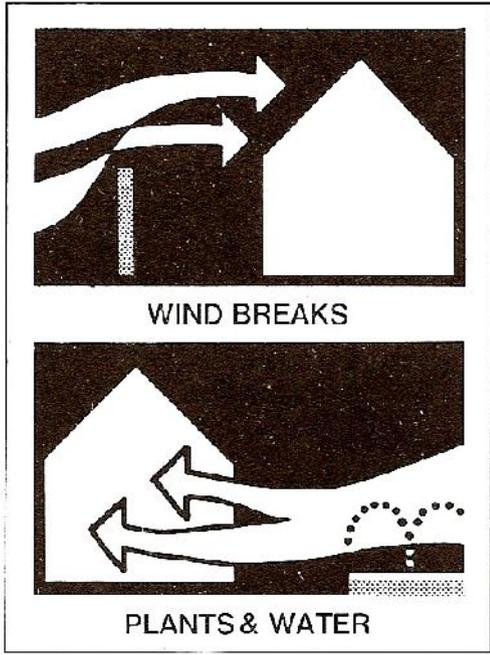
Procedencia: Seminario de Arquitectura Bioclimática, sf



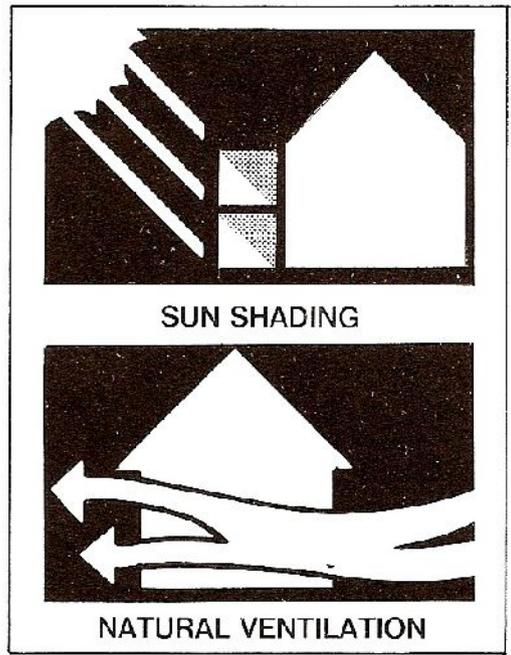
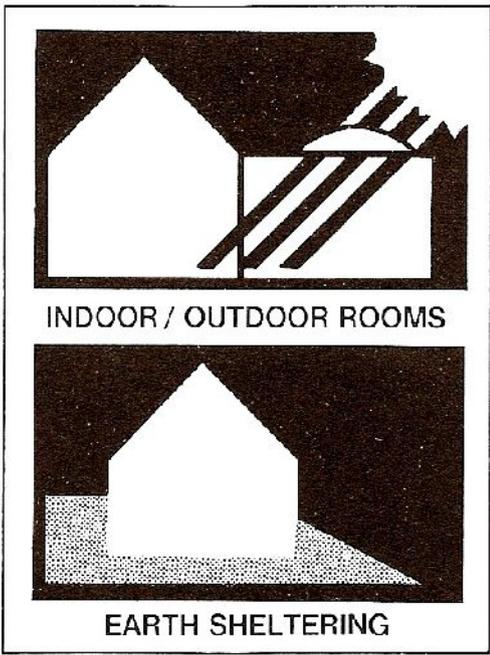
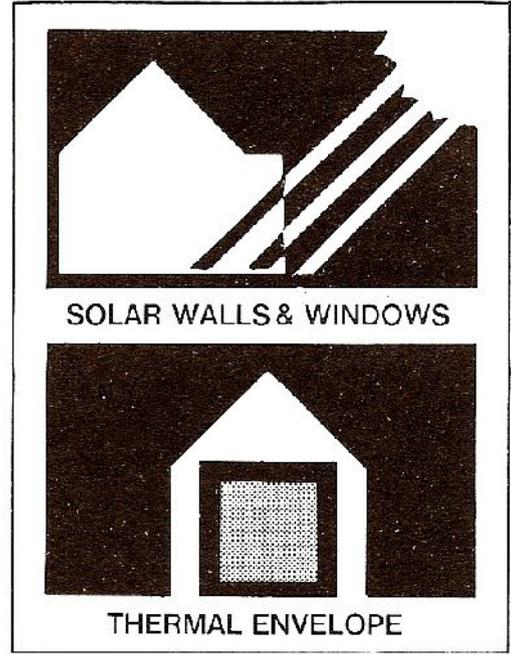
		CONDUCTION	CONVECTION	RADIATION	EVAPORATION	
CONTROL STRATEGIES	WINTER	PROMOTE GAIN		Promote Solar Gain		
		RESIST LOSS	Minimize Conductive Heat Flow	Minimize External Air Flow Minimize Infiltration		
	SUMMER	RESIST GAIN	Minimize Conductive Heat Flow	Minimize Infiltration	Minimize Solar Gain	
		PROMOTE LOSS	Promote Earth Cooling	Promote Ventilation	Promote Radiant Cooling	Promote Evaporative Cooling
	HEAT SOURCES		Atmosphere	Sun		
	HEAT SINKS	Earth	Atmosphere	Sky	Atmosphere	

Figure 3a. Identification of hypothetical and practicable strategies of climate control.

SITE  
PLANNING



BUILDING  
ENVELOPE



BUILDING  
MASSING/ PLAN

BUILDING  
OPENINGS

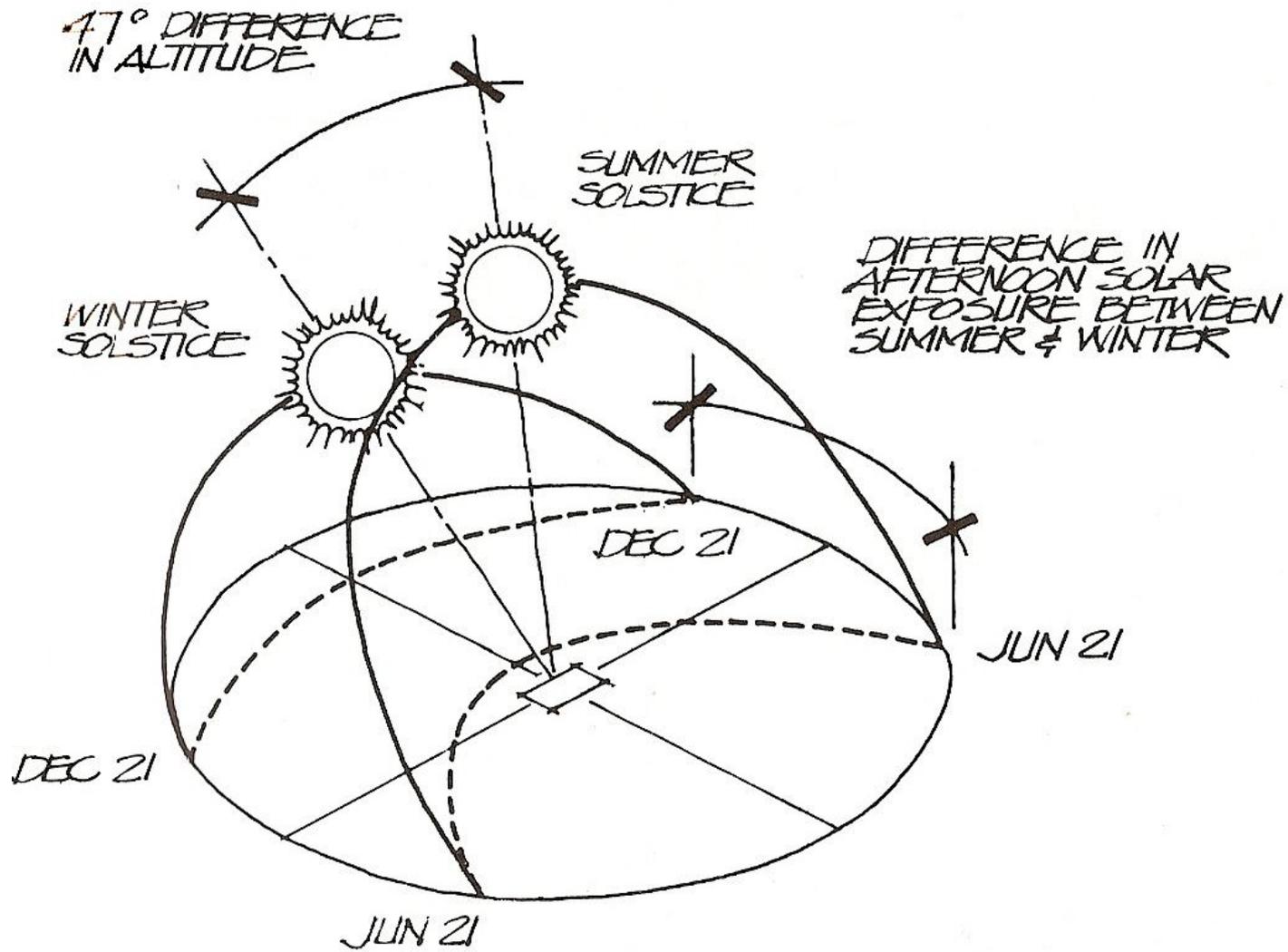
Escalas/ áreas  
de intervención bioclimática  
Procedencia: Watson y Labbs, 1983

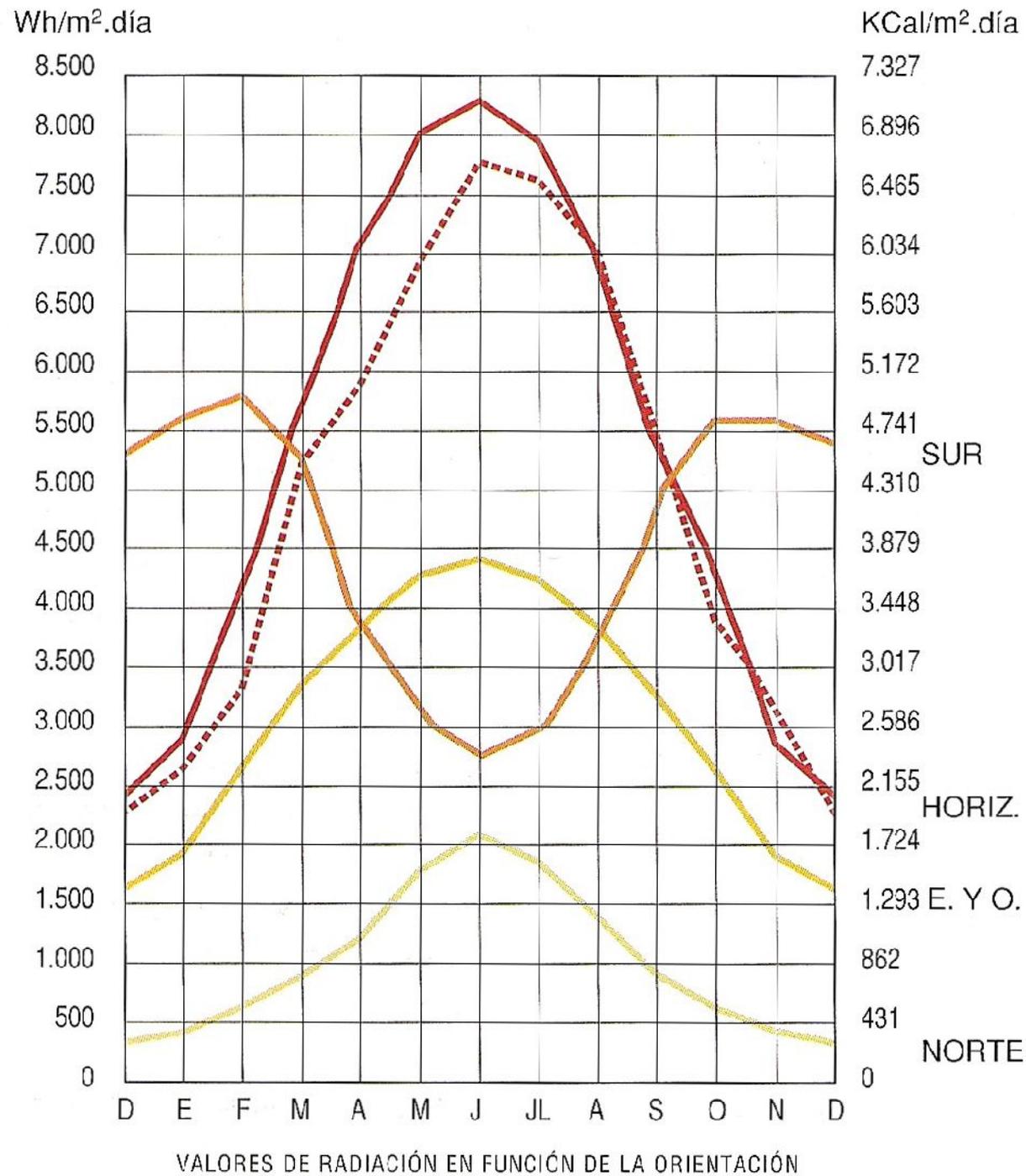
## **01 Protección solar**

No es propiamente una estrategia de enfriamiento, pero es condición indispensable en situaciones de sobrecalentamiento (ver diagrama Givoni).

Definición de períodos en los que se deberá proveer protección solar: cruce entre termogramas y carta solar. Protecciones móviles.

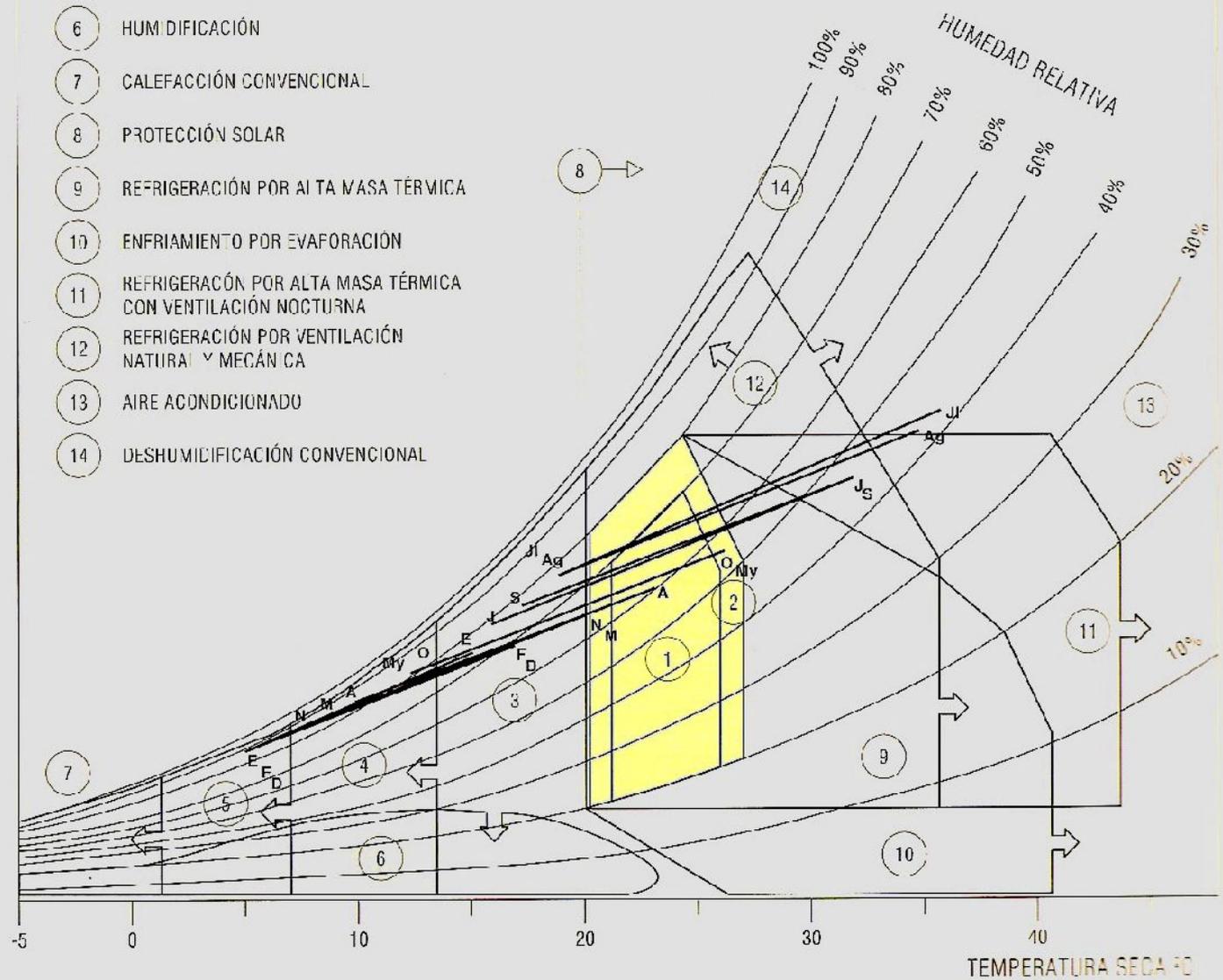
Huecos: vistas, ventilación (y radiación solar en invierno)

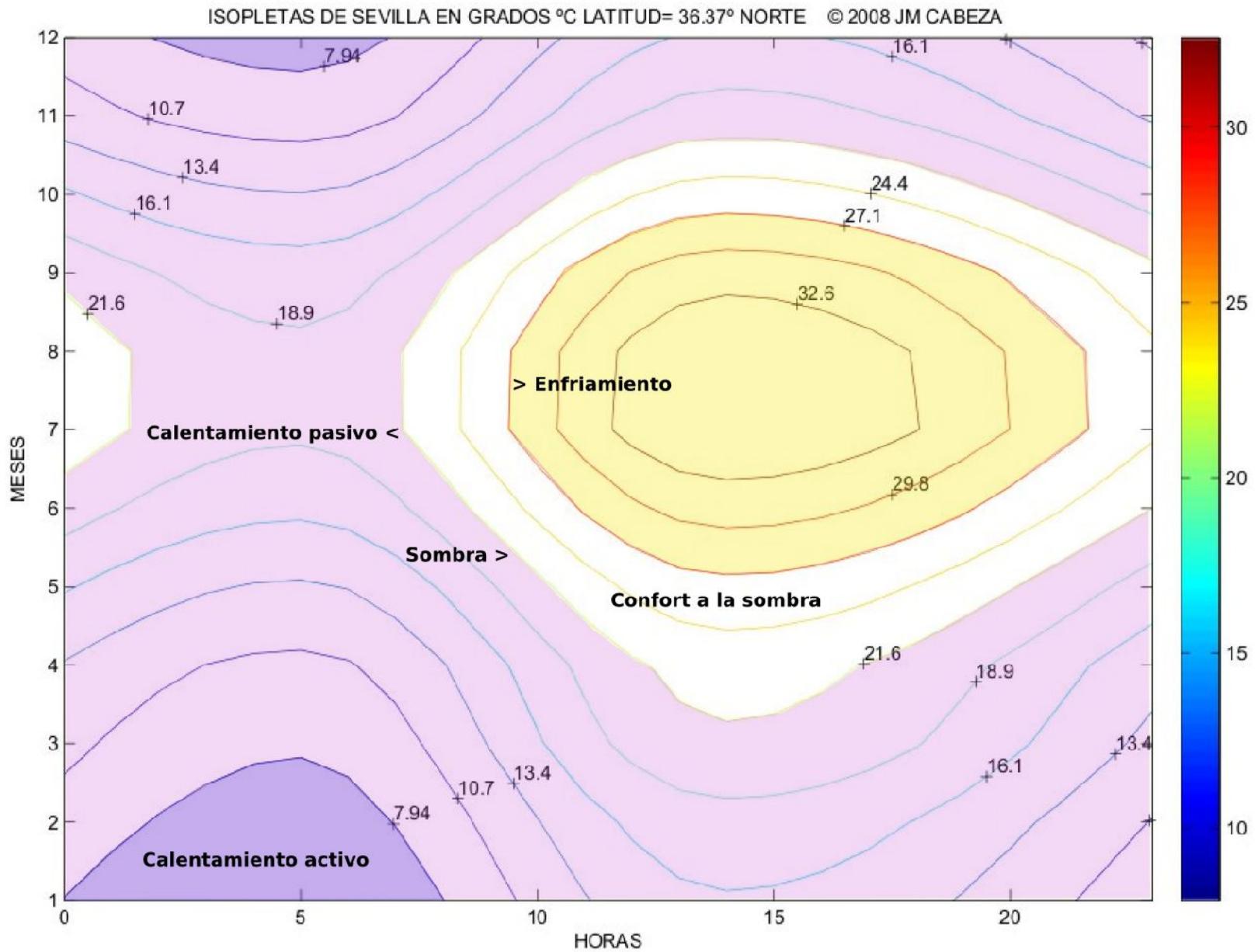




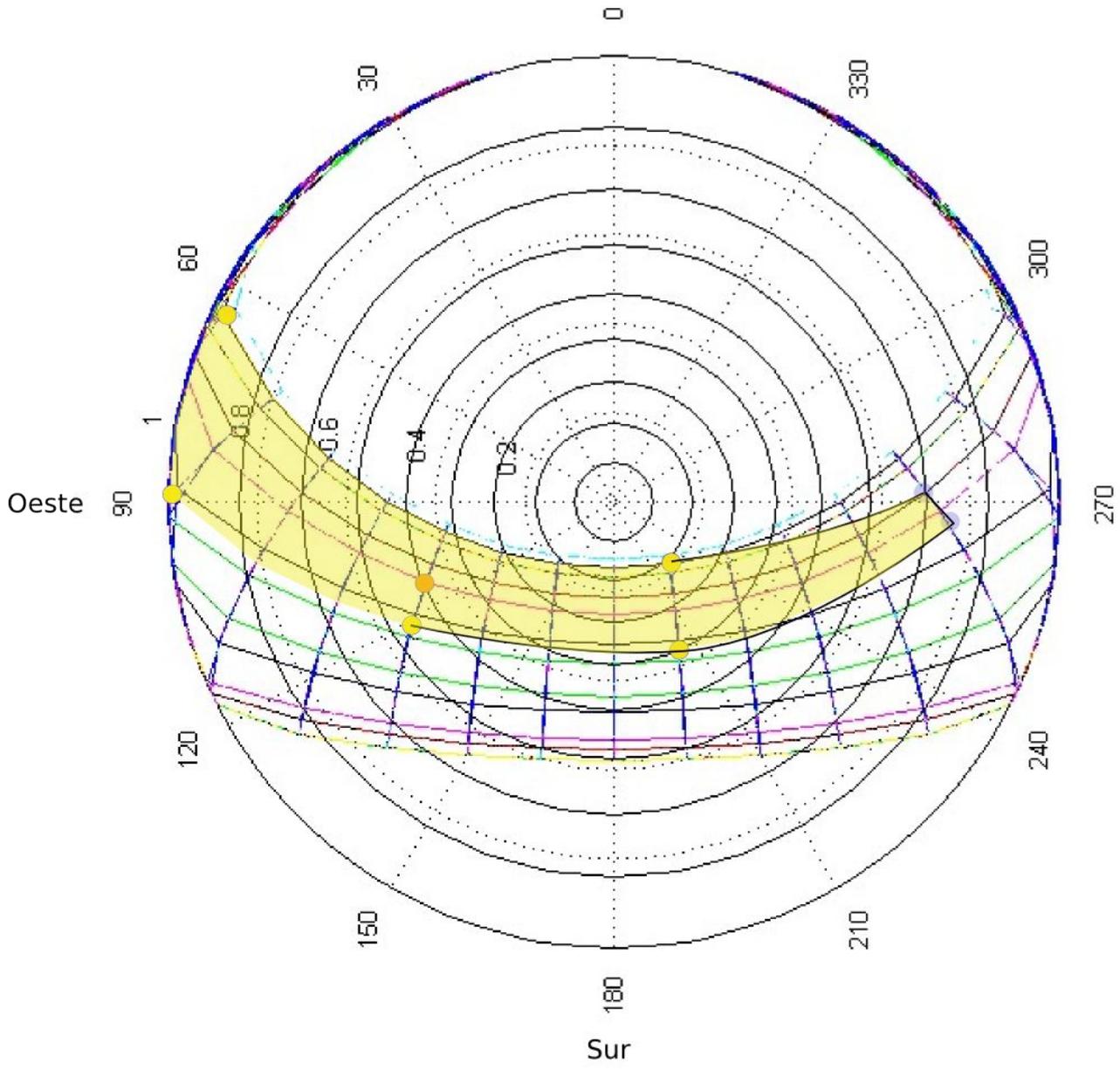
VALORES DE RADIACIÓN EN FUNCIÓN DE LA ORIENTACIÓN

- 1 ZONA DE CONFORT
- 2 ZONA DE CONFORT PERMISIBLE
- 3 CALEFACCIÓN POR GANANCIAS INTERNAS
- 4 CALEFACCIÓN SOLAR PASIVA
- 5 CALEFACCIÓN SOLAR ACTIVA
- 6 HUMIDIFICACIÓN
- 7 CALEFACCIÓN CONVENCIONAL
- 8 PROTECCIÓN SOLAR
- 9 REFRIGERACIÓN POR ALTA MASA TÉRMICA
- 10 ENFRIAMIENTO POR EVAPORACIÓN
- 11 REFRIGERACIÓN POR ALTA MASA TÉRMICA CON VENTILACIÓN NOCTURNA
- 12 REFRIGERACIÓN POR VENTILACIÓN NATURAL Y MECÁNICA
- 13 AIRE ACONDICIONADO
- 14 DESHUMIDIFICACIÓN CONVENCIONAL

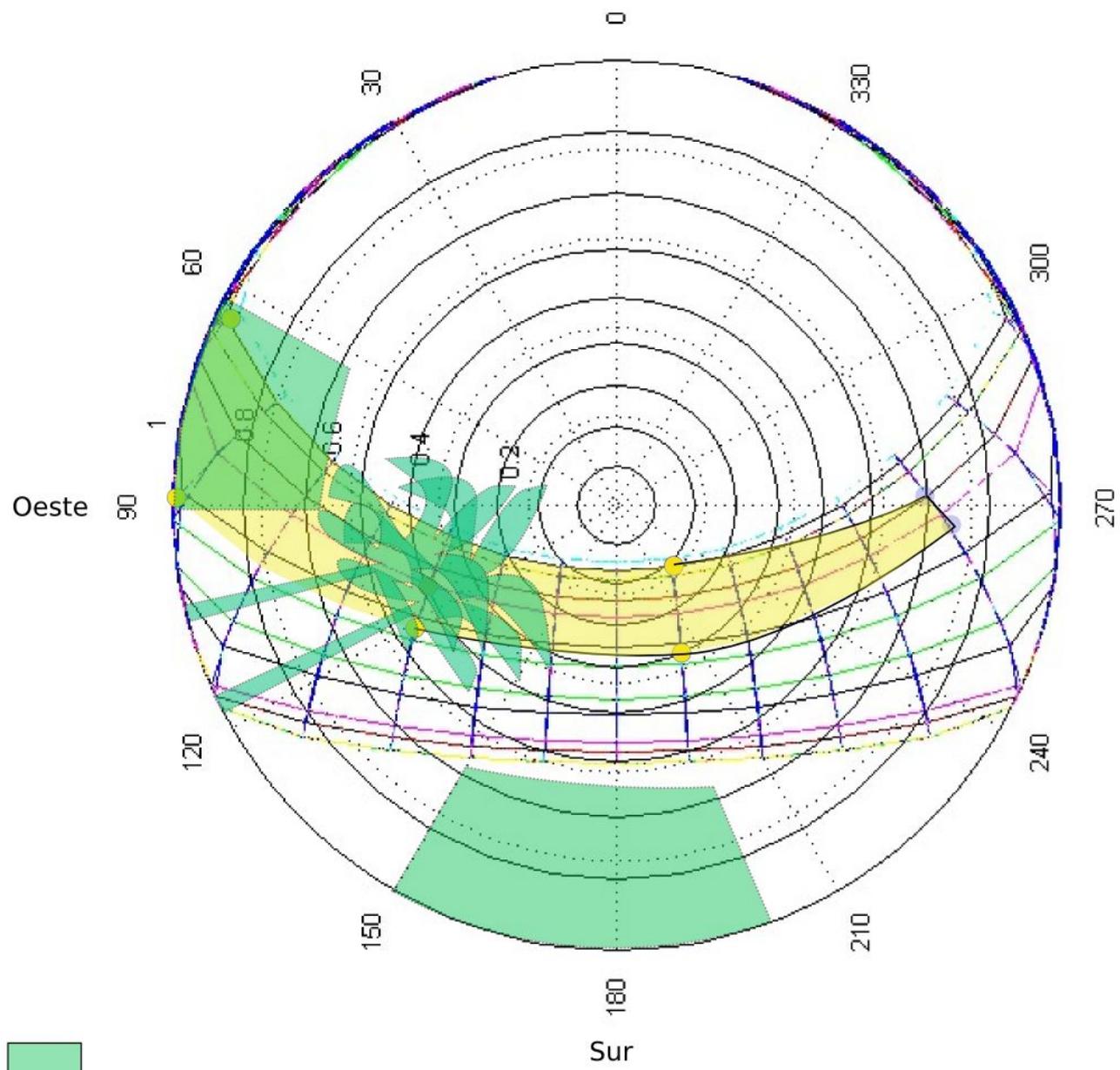




**Tabla isotermas/ isopletas**  
**Meses/ horas/ temperaturas medias / areas isotermas/**  
**areas/ épocas del año sobrecalentadas, en las que es necesaria la protección solar**



AZIMUT (GRADOS) 0° = NORTE 180° = SUR ALTURAS: CÍRCULOS CONTINUOS CADA 10°



- Proyección sombras elementos entorno
- Área en que se necesita proyección solar

**Simulación de sombras arrojadas y zona con necesidad de protección solar sobre carta estereográfica**

AZIMUT (GRADOS) 0° = NORTE 180° = SUR ALTURAS: CÍRCULOS CONTINUOS CADA 10°

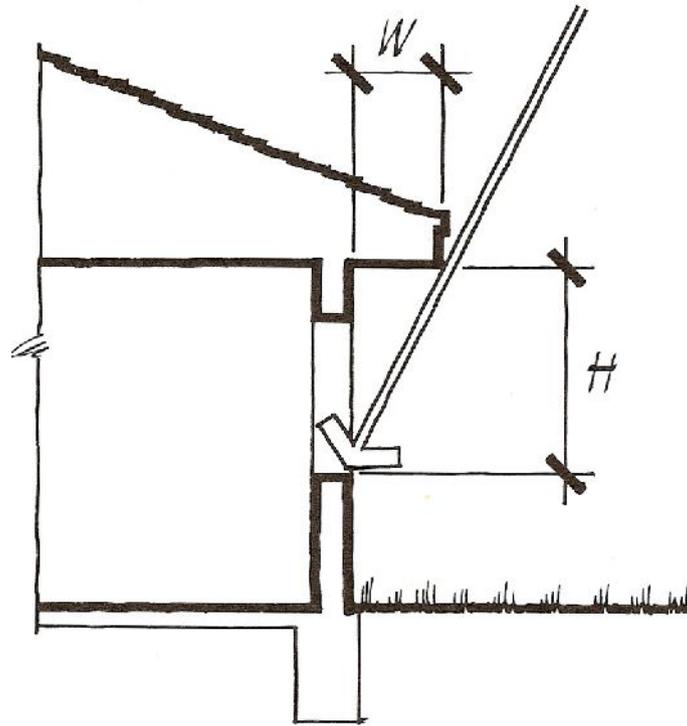


FIG. 34b. Roughly appropriate overhang dimension  $W$  can be calculated by selecting the shade line factor (slf) from TABLE 34a and inserting in the formula

$$\text{Desirable overhang } W = \frac{H}{\text{SLF}}$$

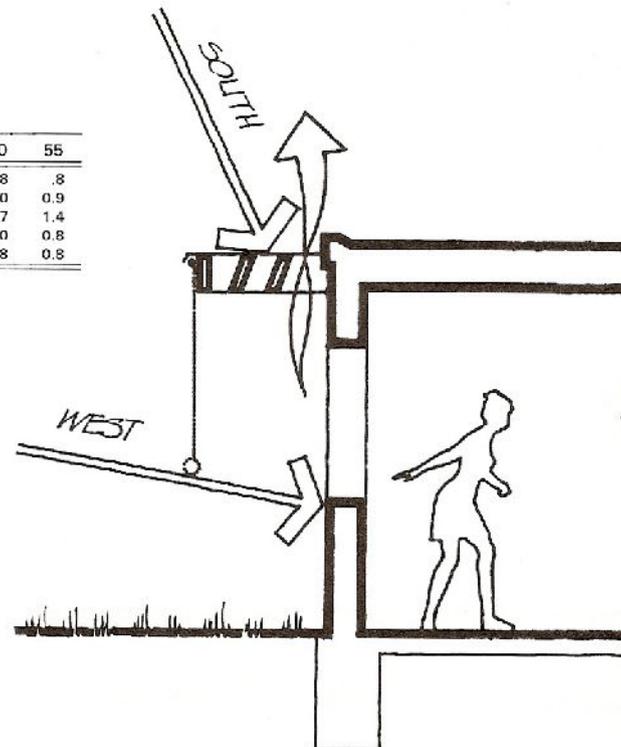
TABLE 34a

Window faces	Shade Line Factors						
	Latitude in degrees						
	25	30	35	40	45	50	55
East	.8	.8	.8	.8	.8	.8	.8
Southeast	1.9	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0	0.9
South	10.1	6.4	3.6	2.6	2.0	1.7	1.4
Southwest	1.9	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0	0.8
West	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

FIG. 34c. Louvered overhang is desirable because it allows hot air to escape, rather than trapping it under a hot soffit. Louvers can be field-built, prefabricated or purchased as "bolt on" items.

Support structure can be cantilevered ends of joists. Rafters or outriggers framework can also be supported on struts from below, or suspended on cable ties anchored above.

Louvers themselves may be wood or metal; fabrics are also a possibility.



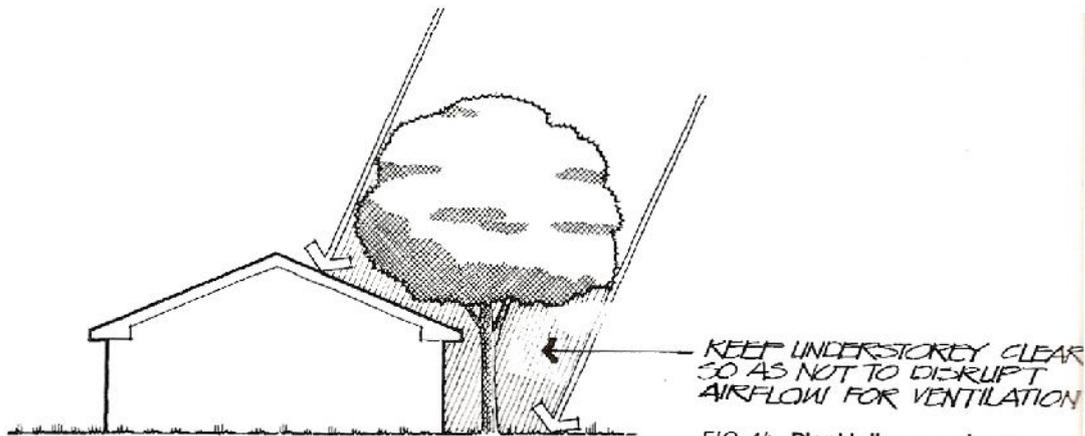


FIG. 4b. Plant tall canopy trees on south side of house to shade roof and walls.

SHADE PLANTING ON WEST AND NORTHWEST SIDES OFTEN CAN DOUBLE AS WINTER WIND-BREAK. CONSIDER EVERGREENS, FENCES, AND WALLS.

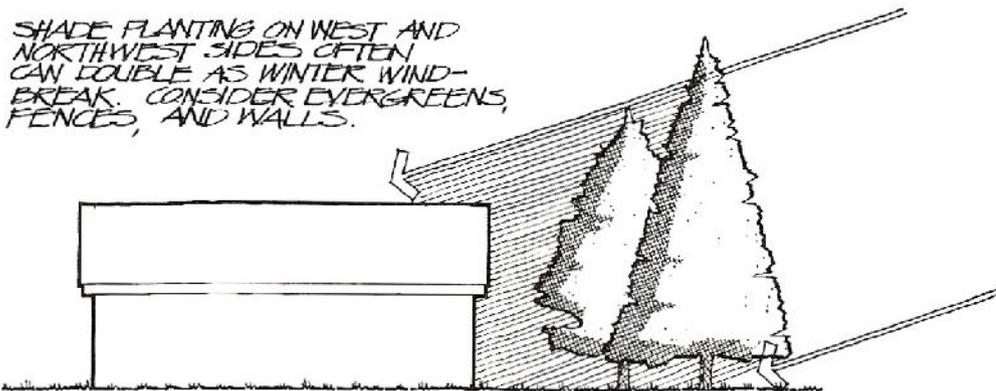


FIG. 4c. Plant dense trees, shrubs, hedges on west side of house to intercept afternoon sun.

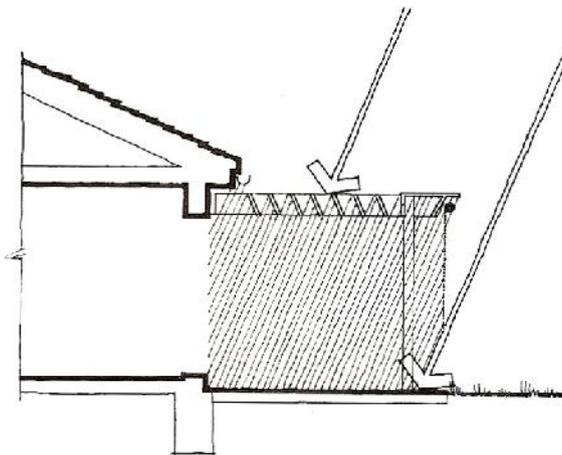
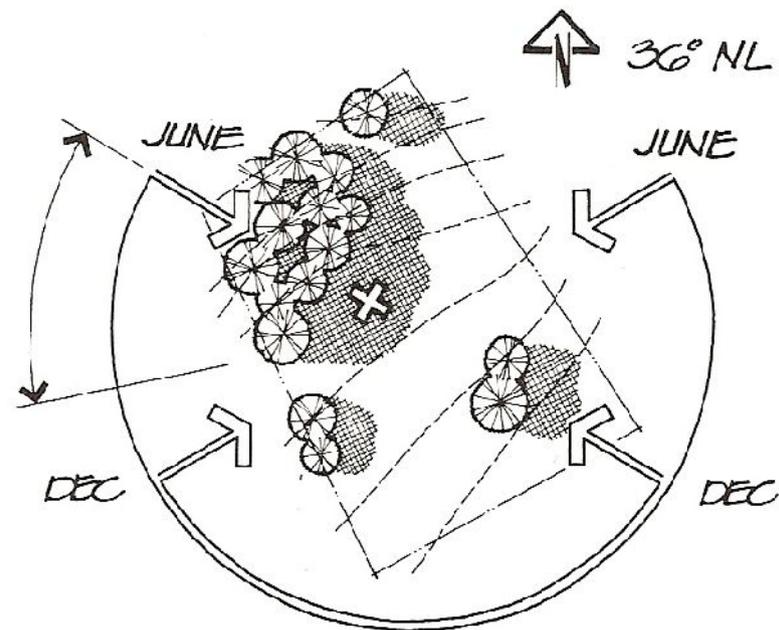


FIG. 4d. Attached overhead shading structures can provide multiple benefits. Not only does this patio cover shade the wall, it also reduces reflected gain from loading on the wall.

5:30 TO SUNSET IN JUNE



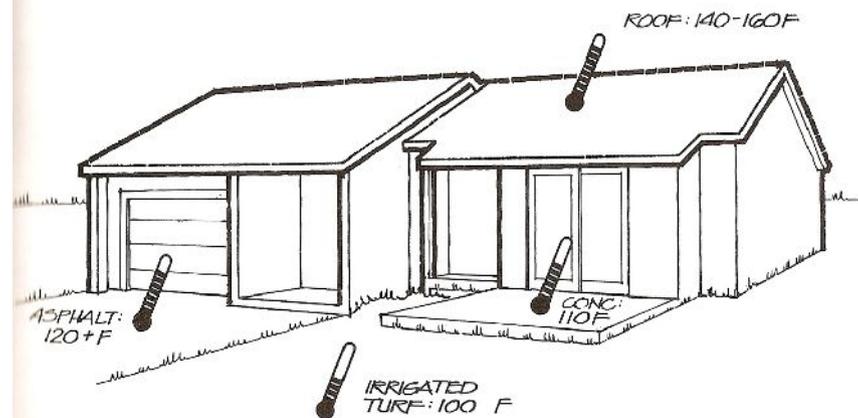


FIG. 6a. Non-living surfaces are much hotter than grass (which would be cooler yet, if well irrigated) since they don't dissipate heat through evaporation. A black roof is hotter than an asphalt driveway, because the ground underneath the paving stores heat. The hottest roof will be one with insulation right under the roofing—having negligible mass. The coolest roofs will be sprayed, ponded, or covered with irrigated sod.

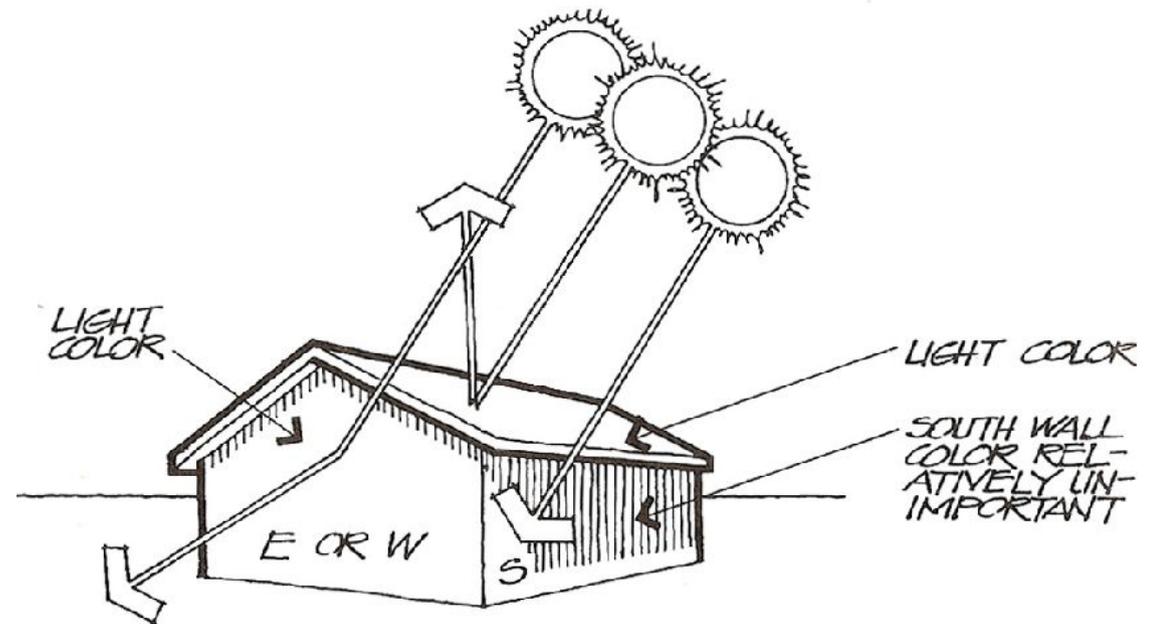


FIG. 35b. Above: High summer sun delivers greatest heat load to roof, east and west walls (the latter receive about half of a flat roof). South facade receives relatively little radiation—especially if there are even small overhangs.

## **02. Ventilación (directa y nocturna)**

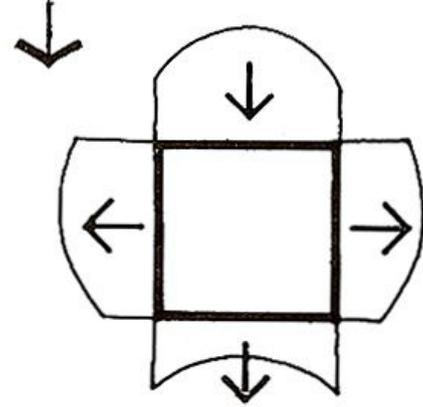
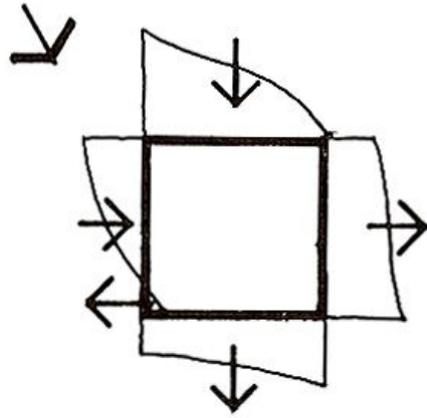
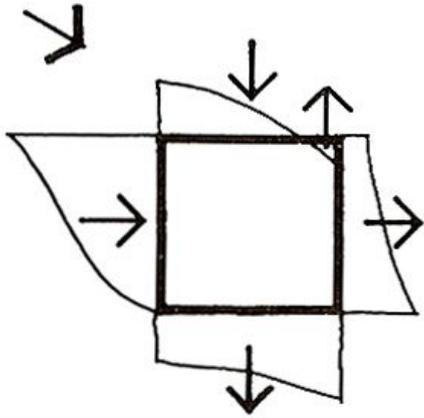
### **02.01**

Ventilación por la presión del viento

Ventilación convectiva (adiabática)

02.02 Ventilación directa sobre los cuerpos ( $T < 37^{\circ}\text{C}$ ). Vientos dominantes, emplazamiento, orientaciones, distribución, diseño huecos... Dispositivos especiales; combinación con otros métodos: evaporativo, suelo...

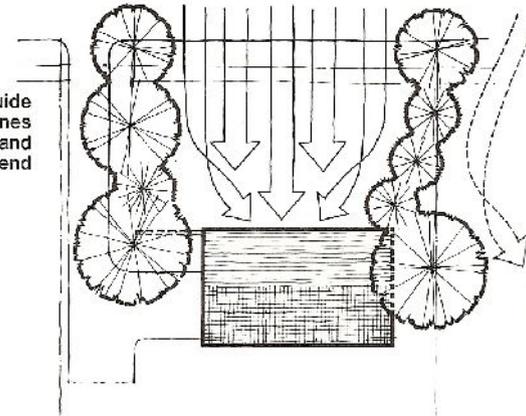
02.03 Ventilación nocturna. Diferencia de temperatura día/ noche; vientos dominantes, ... distribución, huecos... masa térmica. Problemas ventilación nocturna: frío nocturno; noches cálidas; calentamiento progresivo de las fábricas. Dispositivos especiales; combinación con otros métodos: evaporativo, suelo... sucesión de patios.



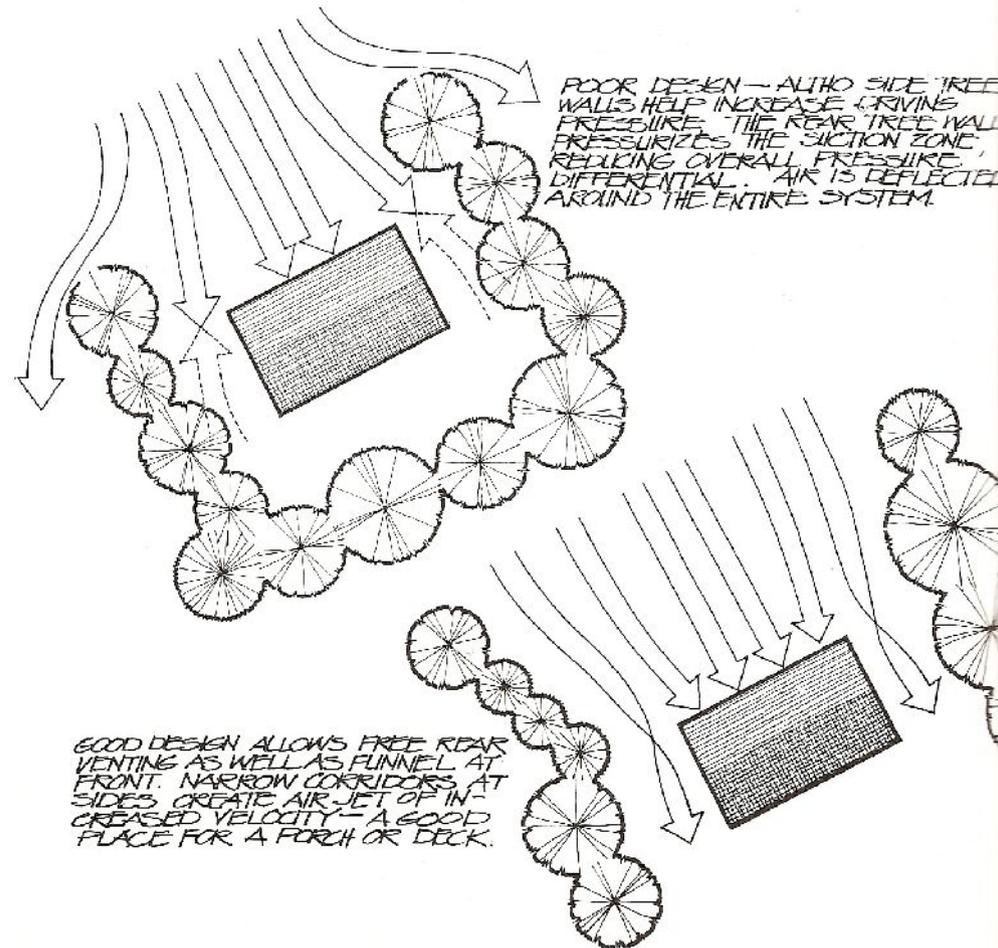
Use neighboring land forms, structures, or vegetation to increase exposure to summer breezes.

FIG. 5b. Wind Funnels

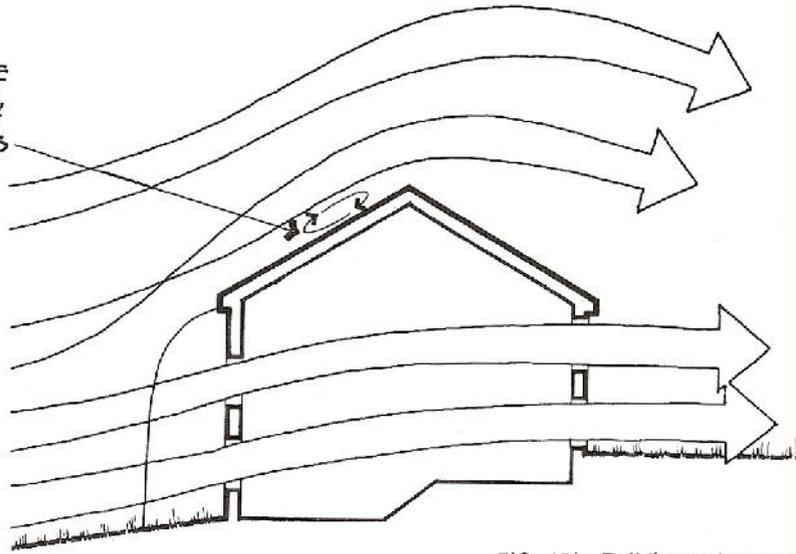
Tree planting can be used to guide wind into unit. Here tree funnel lines are "disguised" as driveway and property line planting to better blend with siting.



5c. Wind Dams



WINDWARD ROOF PLANE  
EXPERIENCES SUCTION,  
WILL NOT BE SUITABLE  
FOR VENTILATION INLETS



UMBRELLA ROOF KEEPS  
RAIN OFF SIDE WALLS,  
ALLOWS FULLEST USE OF  
WALL VENT'N OPENINGS

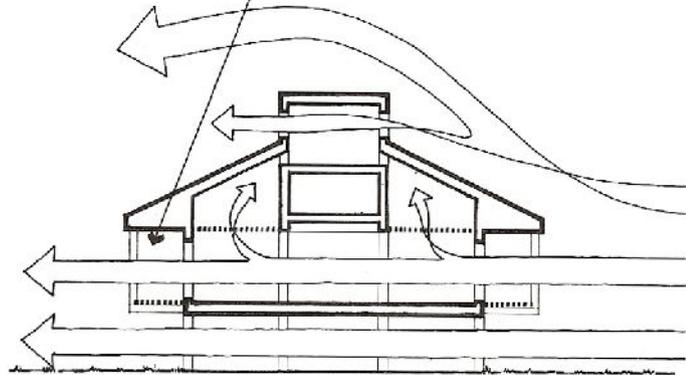
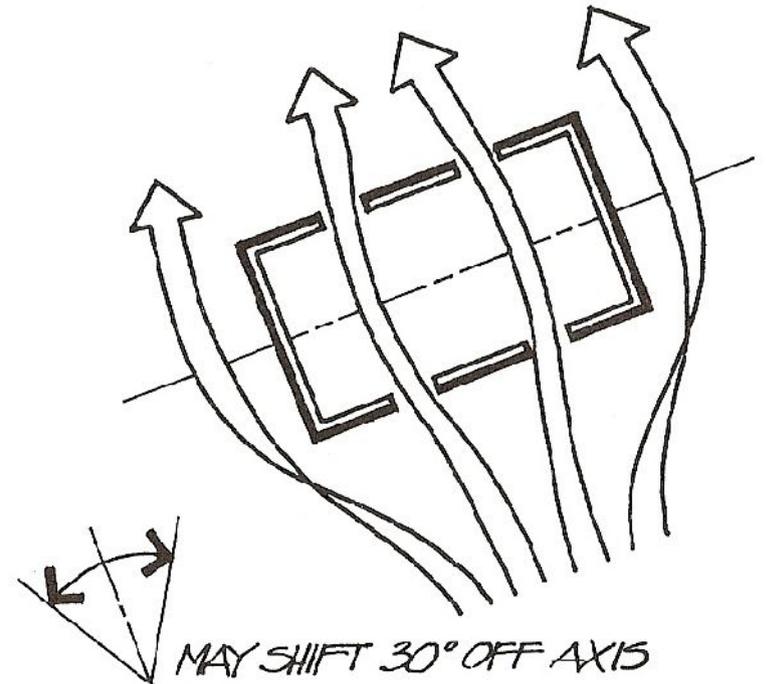
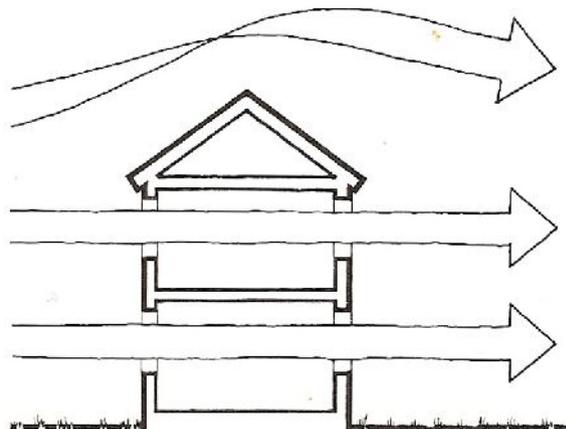


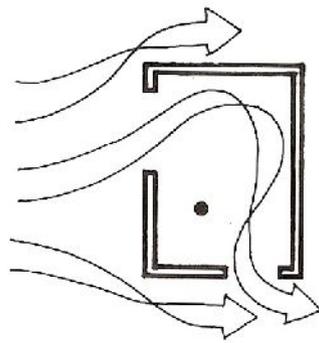
FIG. 13b. Building acts as an air flow dam—within residential scale construction, higher facades mean greater pressure and better air movement through dwelling.

FIG. 13c. "Piano nobile"—the elevated living floor—is a design practice commonly found in the tropics and coastal states where high humidity levels demand the most of ventilation. Air currents are stronger higher above the surface, and elevated design keeps the underside of the house dry.

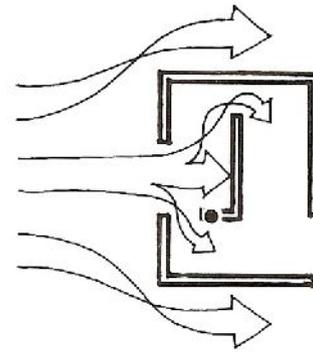
FIG. 13d. "single pile"—one room deep—houses are common vernacular throughout mid-Atlantic states. Stacking rooms high instead of deep offers best cross ventilation opportunities. The two story, one room deep style is known as an "I" house.



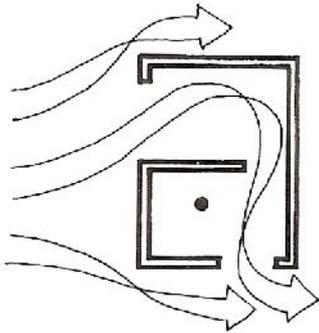
MAY SHIFT 30° OFF AXIS



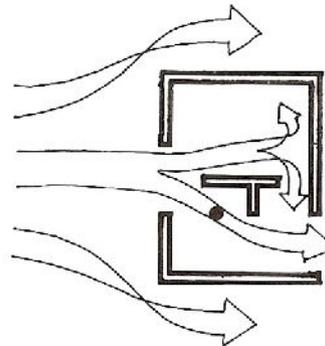
UNOBSTRUCTED AIR FLOW PATH WILL BE DETERMINED BY LOCATION OF INTAKE VENT IN FACADE. NOTE: STATIC AREA "●".



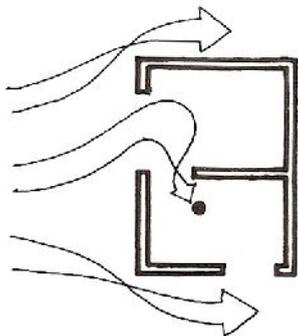
DIRECT INCOMING AIR FLOW IS IMMEDIATELY BLOCKED BY PARTITION. FLOW AROUND OBSTRUCTION RESULTS IN MEASUR COOLING EFFECT.



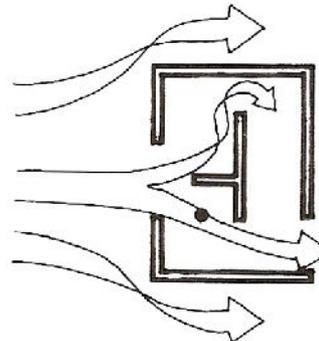
PLACING PARTITION IN STATIC AREA WILL HAVE LITTLE EFFECT ON AIR FLOW PATTERN



PARTITION PLACED TO "SPLIT" INCOMING FLOW DISSIPATES LITTLE ENERGY. RESULT: OVERALL ADEQUATE VENTILATION



PARTITION PLACED IN FLOW ZONE ABSORBS DYNAMIC FORCE. NEITHER ROOM RECEIVES ADEQUATE VENTILATION



DIVIDER PARTITION SPLITS AIR FLOW; LOWER ROOM IS WELL VENTILATED, BACK ROOM RECEIVES LITTLE AIR MOVEMENT

FIG. 26e. The results of model air flow studies indicate how partitioning blocks or rechannels ventilating breezes. The area marked with a bullet ● is repeated throughout as an index of comparing these differences.

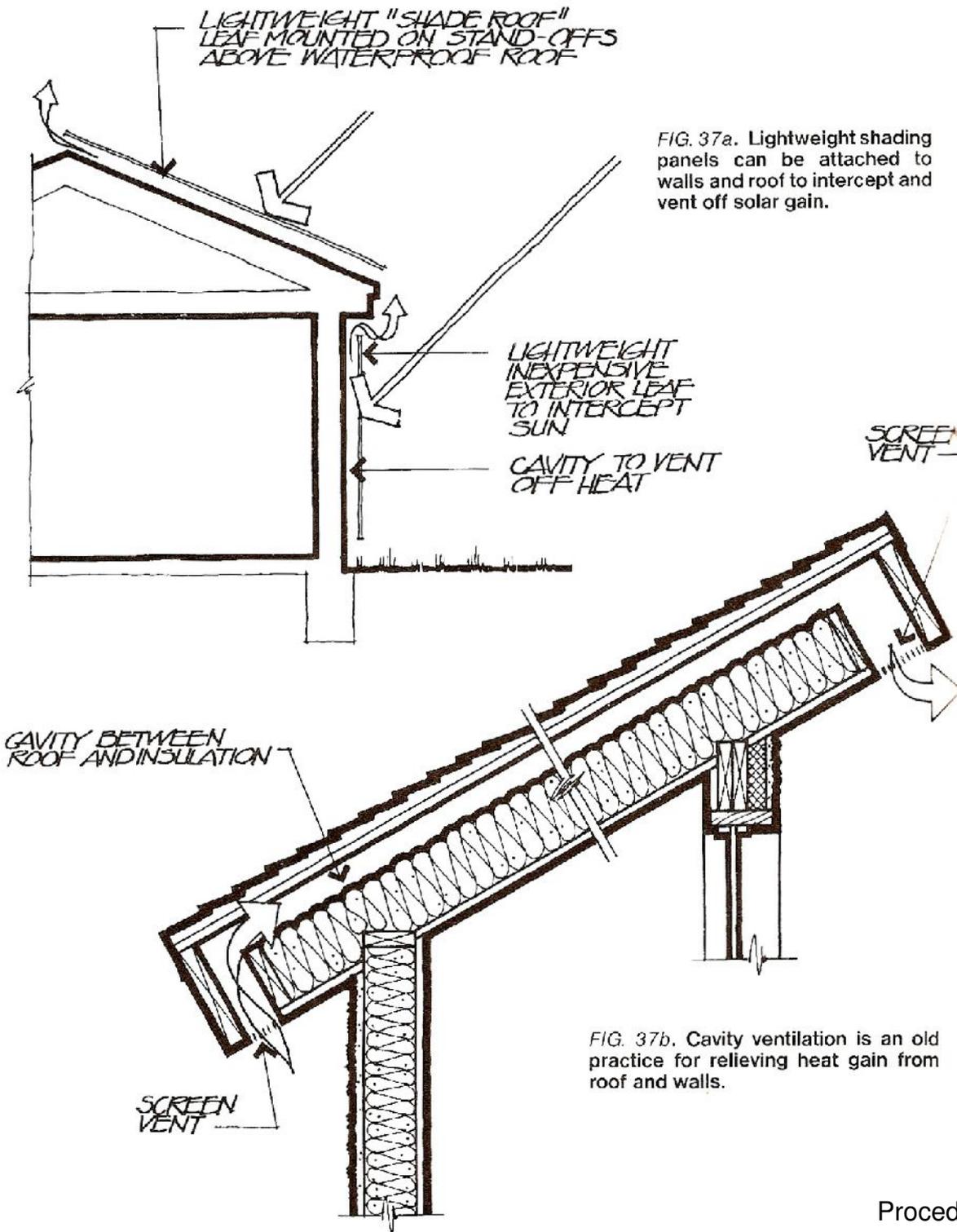


FIG. 37a. Lightweight shading panels can be attached to walls and roof to intercept and vent off solar gain.

FIG. 37b. Cavity ventilation is an old practice for relieving heat gain from roof and walls.

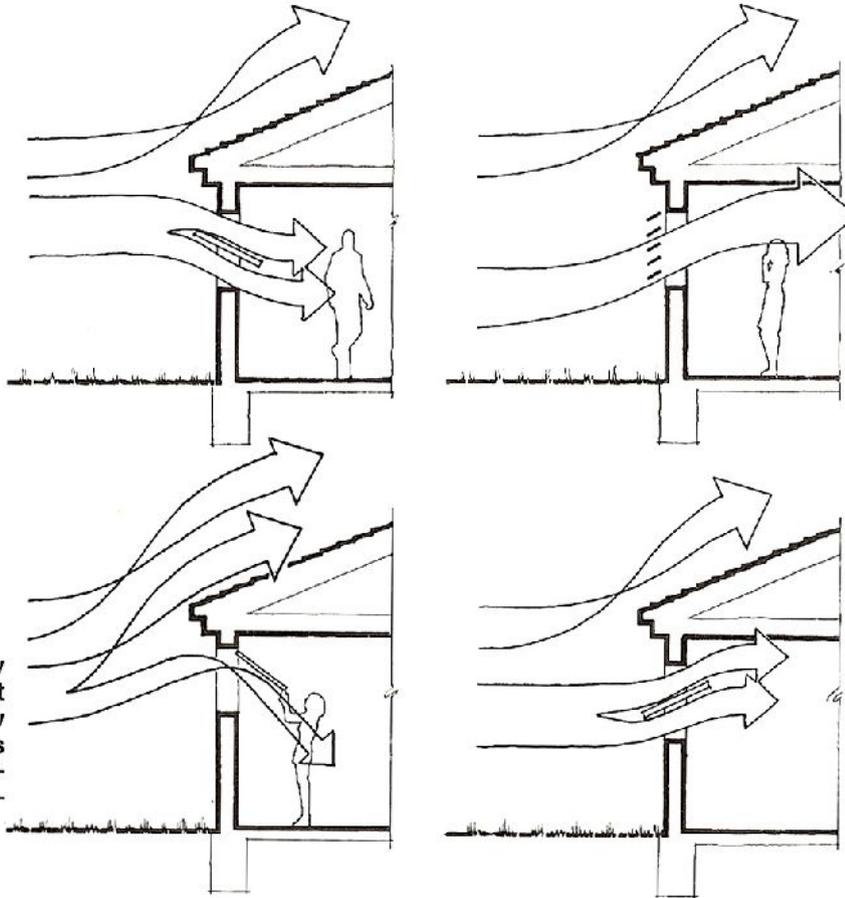
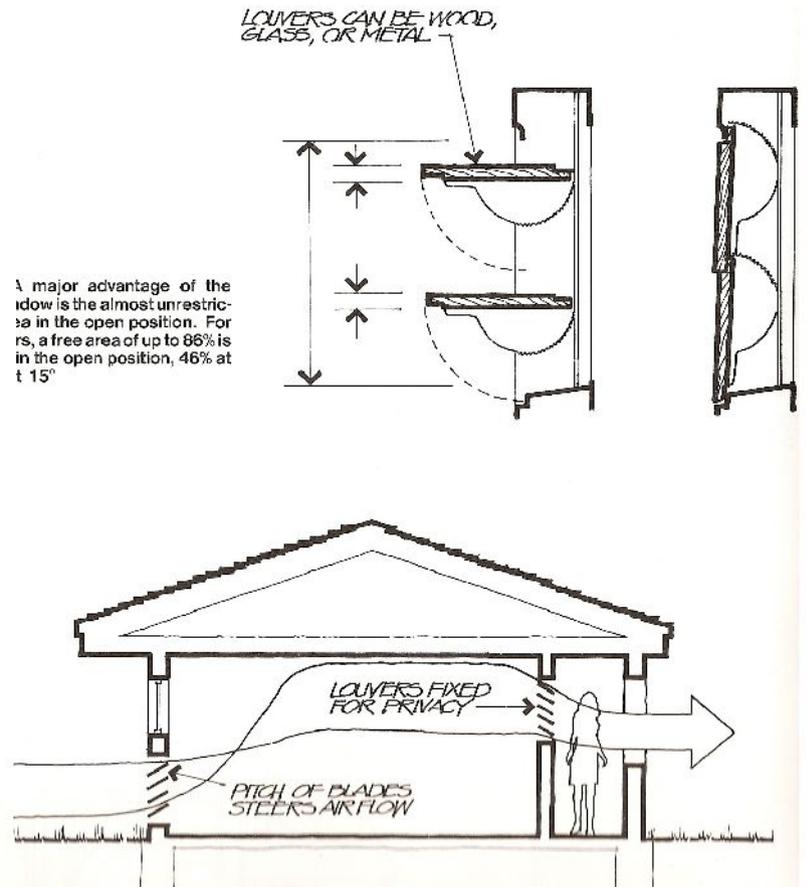


FIG. 47d. The type of window can have considerable effect on the path of internal air flow and its cooling value. There is little mystery in the effect produced by these windows—they are just as expected.



Use wingwalls, overhangs, and louvers to direct summer wind flow into the interior.

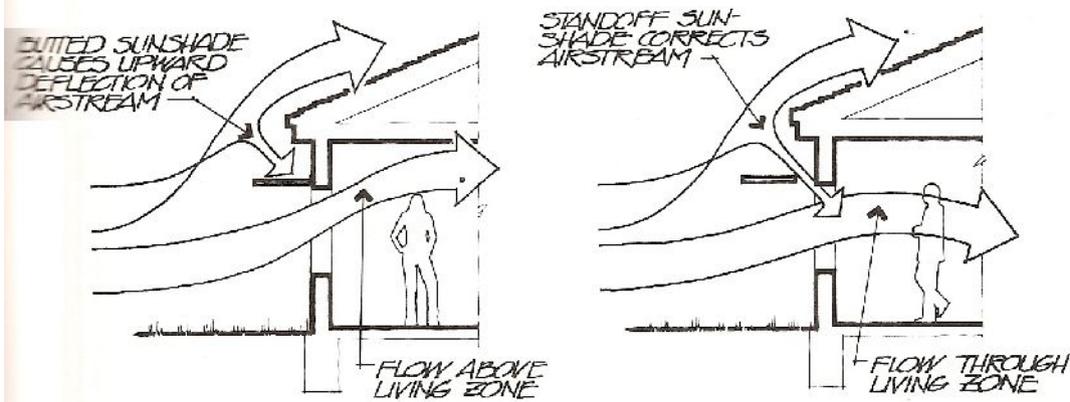


FIG. 48f. Devices installed for one climatic purpose (sunshade) may have other counterproductive consequences. An informed designer can recognize these and work with them. The example above shows a small detail with big implications for comfort—yet no difference in cost.

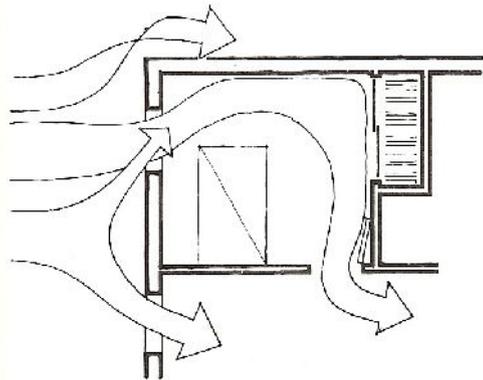
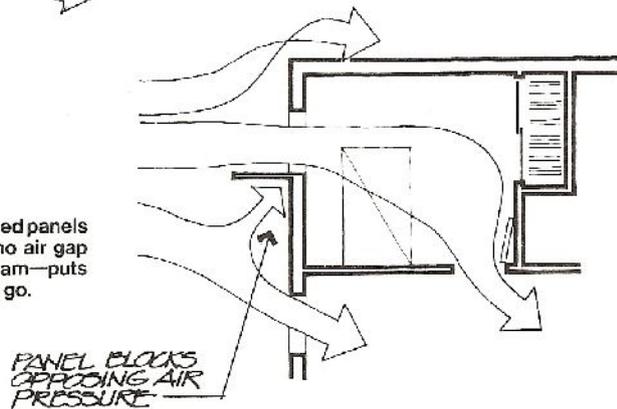


FIG. 48g. Window located near a corner will normally direct air flow in against the wall and around the room's perimeter—leaving a still air pool in the center (left).

Hinged shutters or fixed panels outside of window (no air gap here!) divert air stream—puts flow where it should go.



Use roof monitors for "stack effect" ventilation.

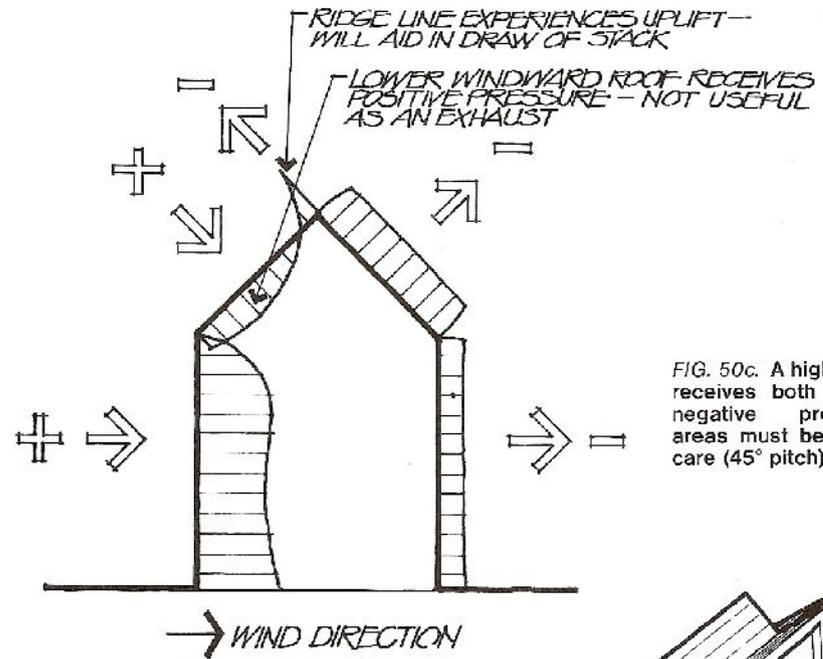


FIG. 50c. A high pitched roof receives both positive and negative pressures—vent areas must be located with care (45° pitch).

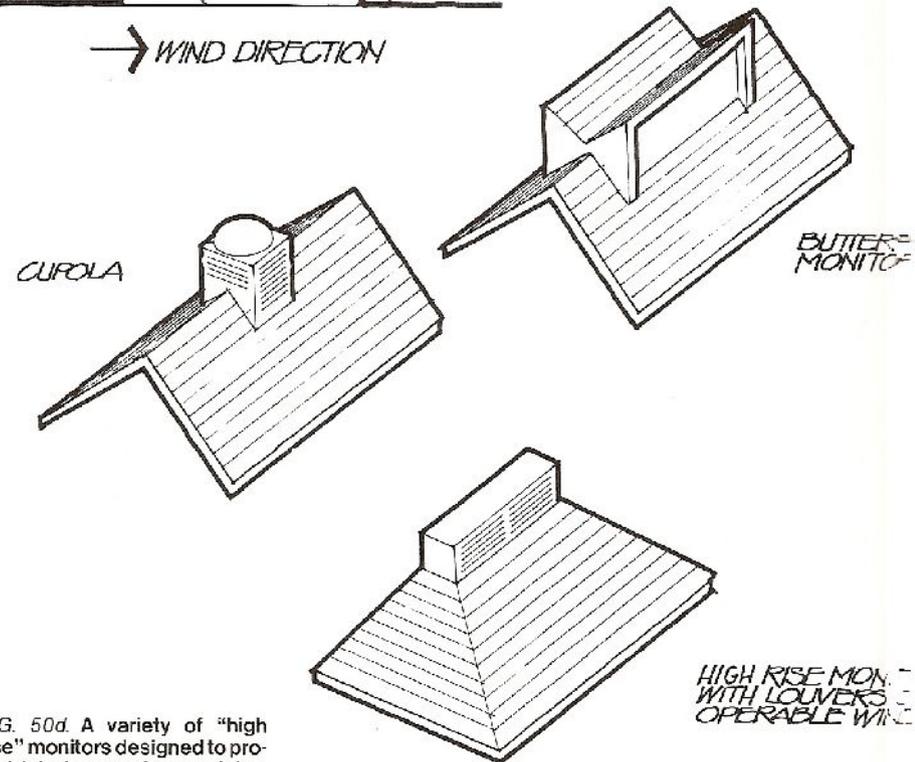


FIG. 50d. A variety of "high rise" monitors designed to project into breezestream. A tremendous number of variations and combinations are possible.

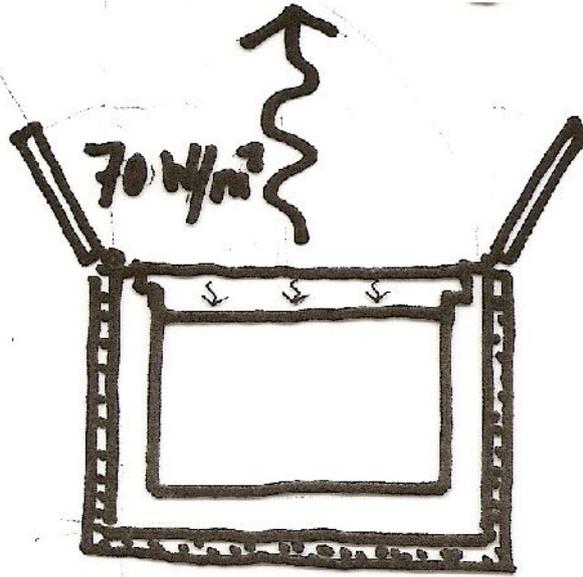
### **3. Radiación nocturna (onda larga)**

3.0 Cielos abiertos (climas secos); potencial térmico/ energético; espacios abiertos. Dormir en la azoteas. Almacenamiento

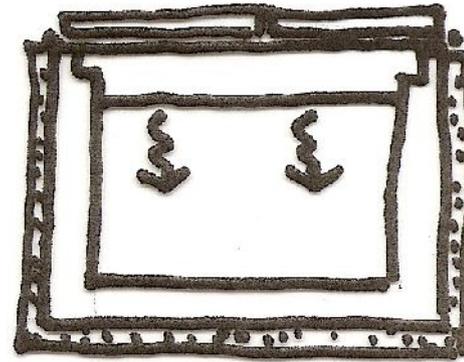
3.1 Enfriamiento pro radiación nocturna directo

3.2 Enfriamiento por radiación nocturna indirecto

$T_{\text{cielo}} \lll T_{\text{aire}}$



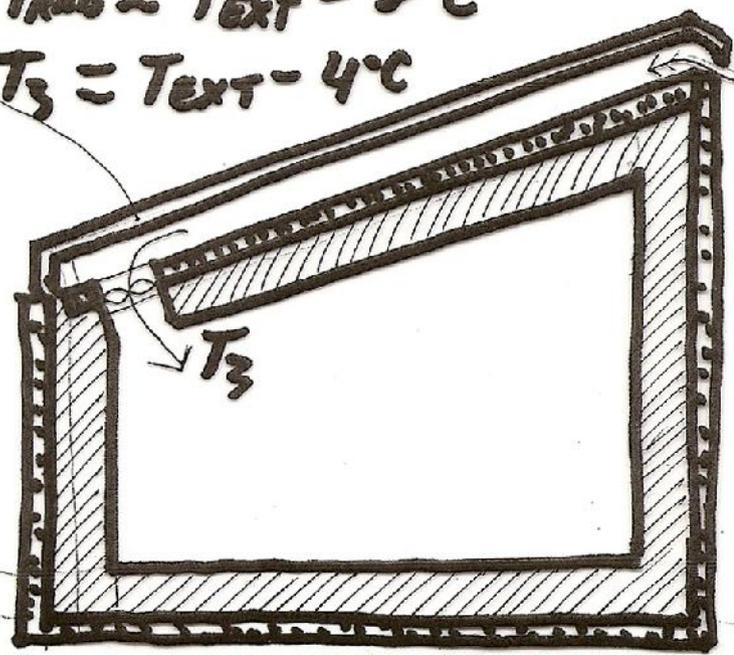
NOCHE



DIA

Enfriamiento directo por radiación nocturna

$T_{\text{RAD}} \approx T_{\text{EXT}} - 9^{\circ}\text{C}$   
 $T_3 = T_{\text{EXT}} - 4^{\circ}\text{C}$



- 1 CHAPA
- 2 CÁMARA
- 3 AISLAM.
- 4 MASA

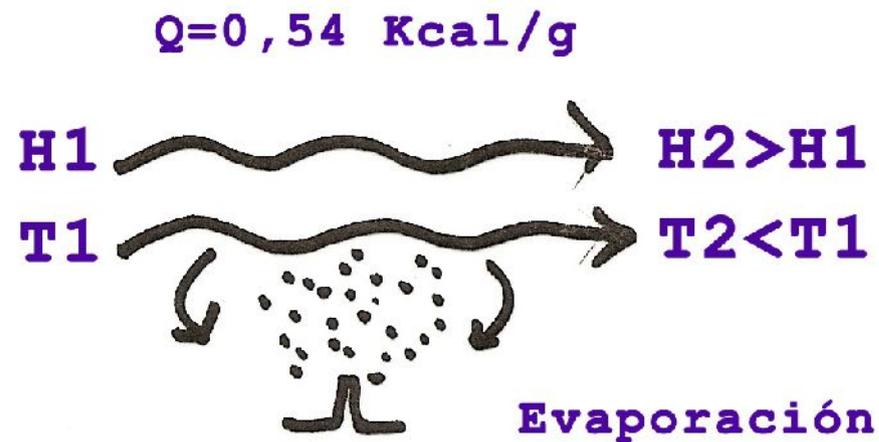
**Enfriamiento radiación nocturna indirecto**

## 04. Enfriamiento evaporativo

4.0 Enfriamiento por evaporación. Potencial y límites. Aumento de las superficies de contacto aire-agua; renovación del aire

4.1 Enfriamiento evaporativo directo. Torres evaporativas; muros evaporativos

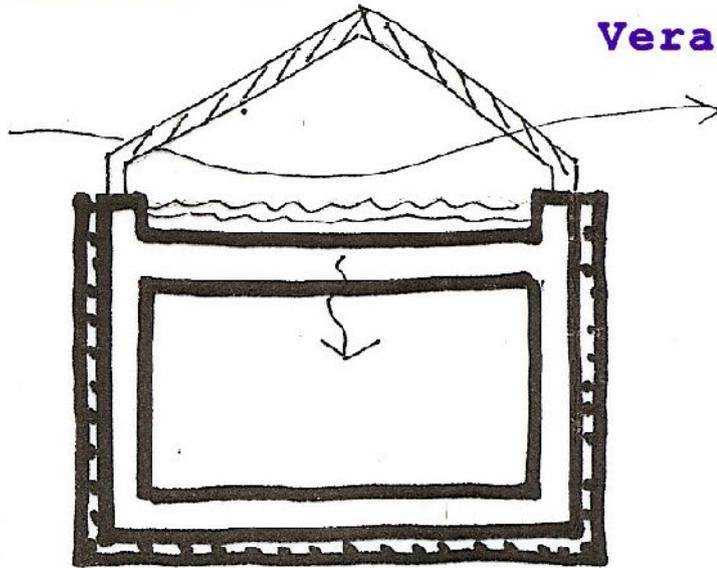
4.2 Enfriamiento evaporativo indirecto



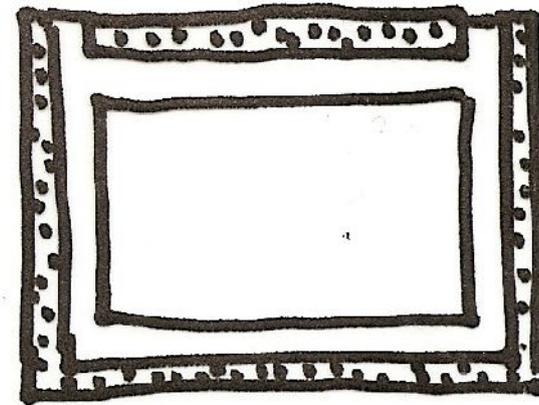
$\overline{wbt} < 18^\circ\text{C}$

Verano

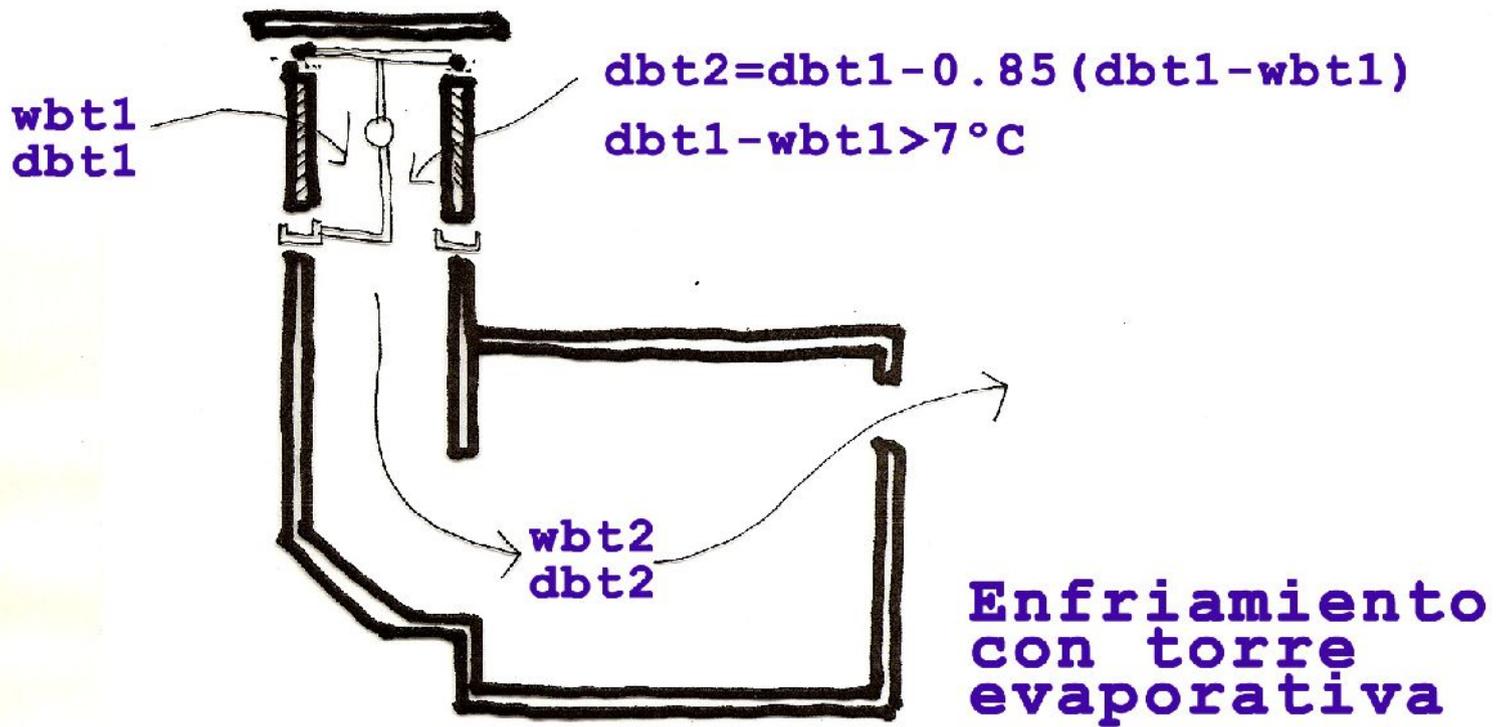
Invierno

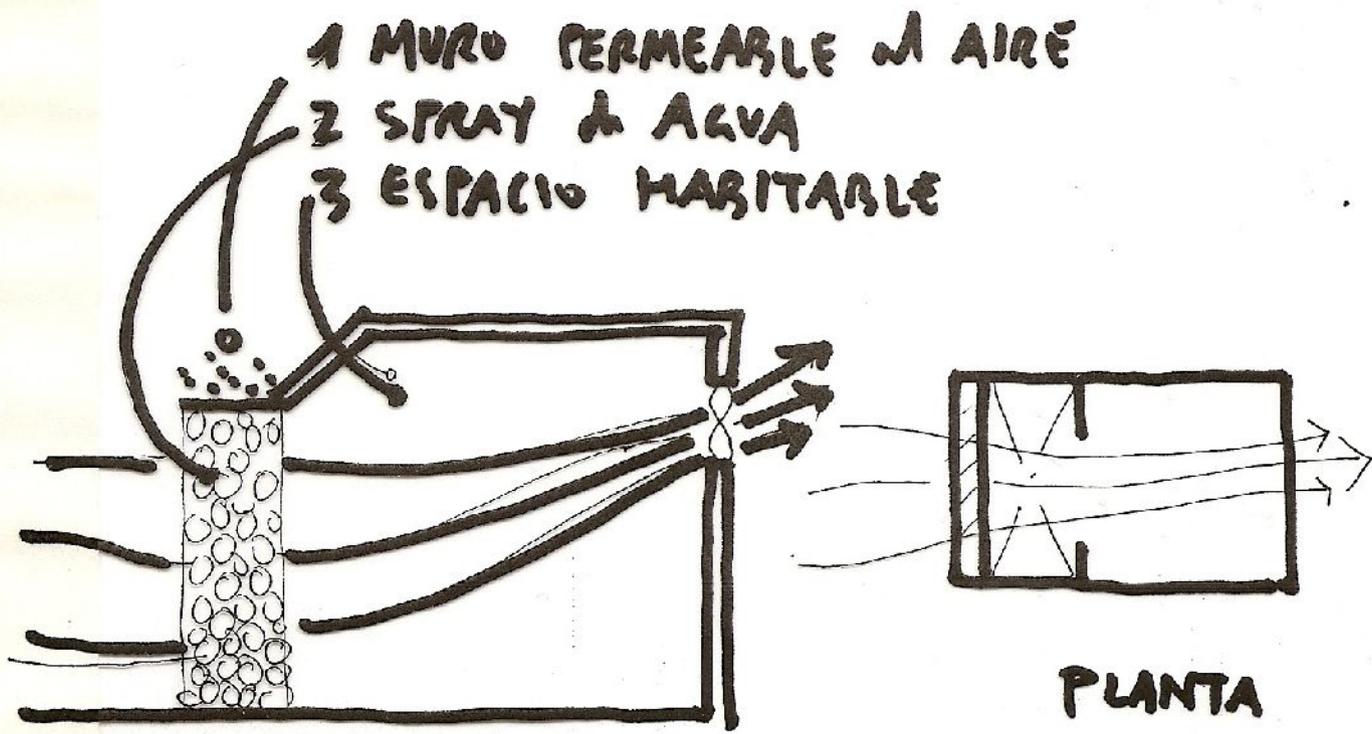


Aislamiento



**Enfriamiento evaporativo indirecto**

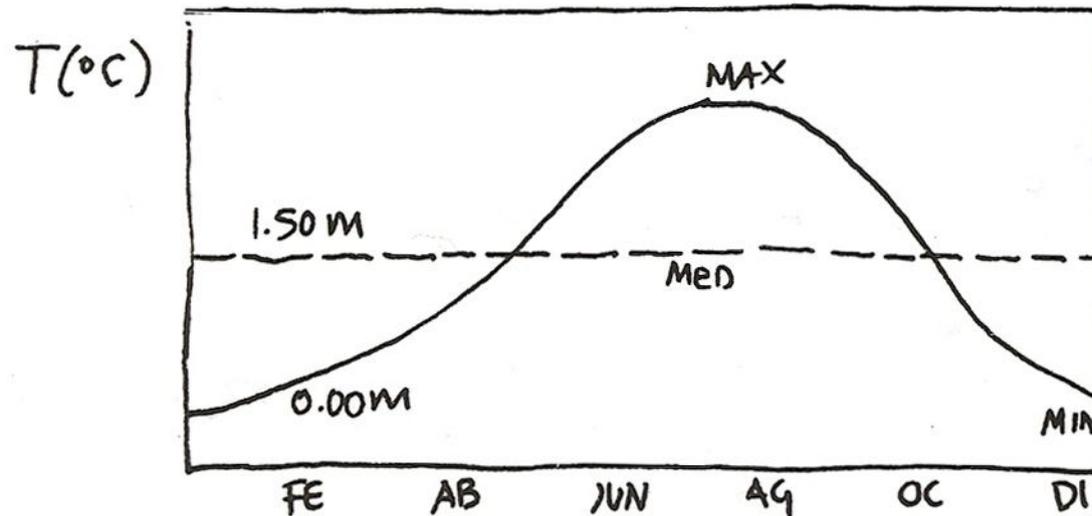




**Enfriamiento muro evaporativo**

## 05. Enfriamiento por la inercia térmica del suelo

05.00 Temperatura del suelo. Variables: tipo de suelo (0.5 a 1m T media diaria; 1.5 a 3m T media anual), longitud y características de las conducciones; problemas, dificultades. Almacenamiento.



05.01 Edificaciones enterradas y semienterradas

05.02 Mediante conducciones subterráneas

05.03 Sistemas de enfriamiento del suelo

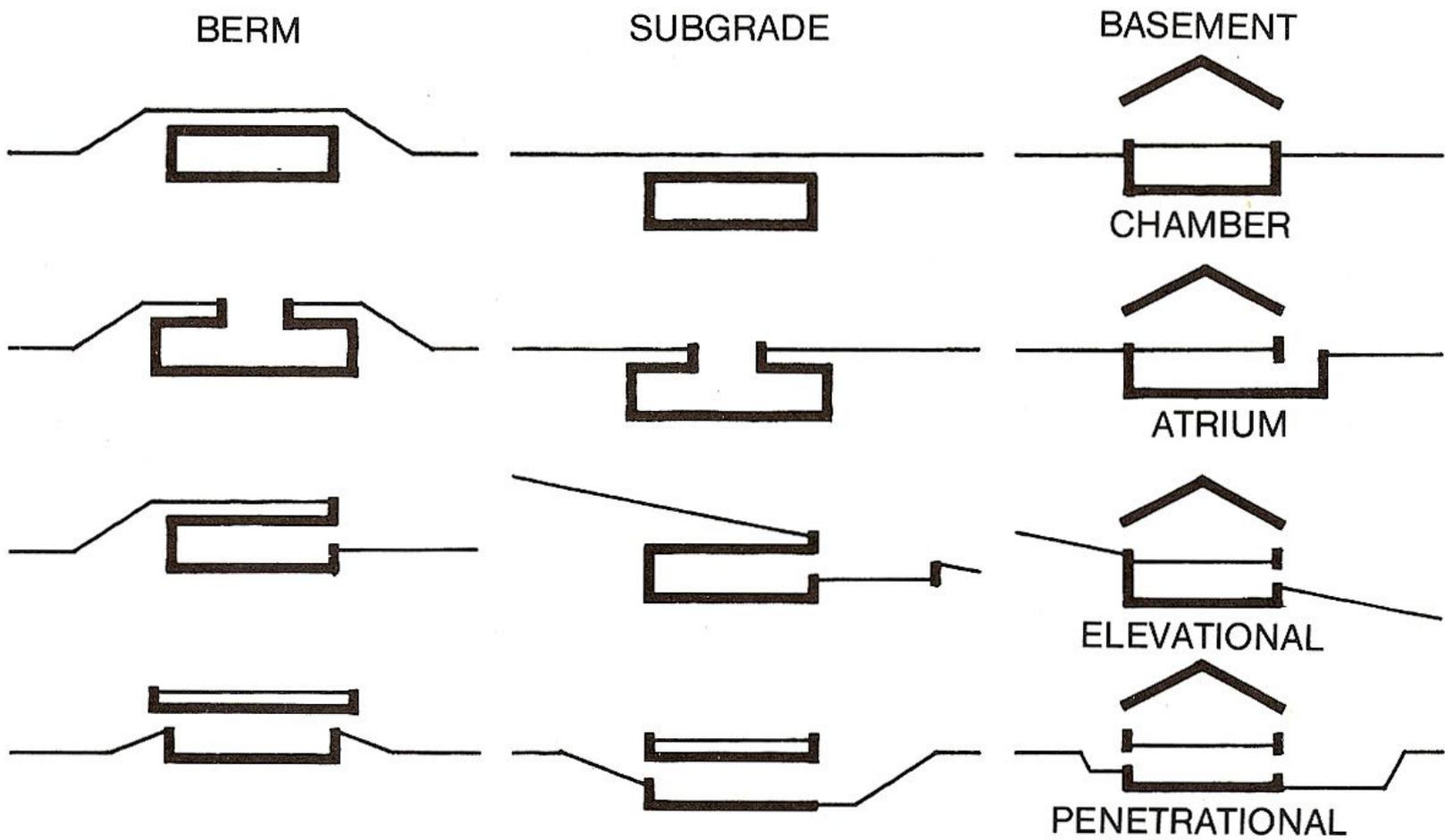
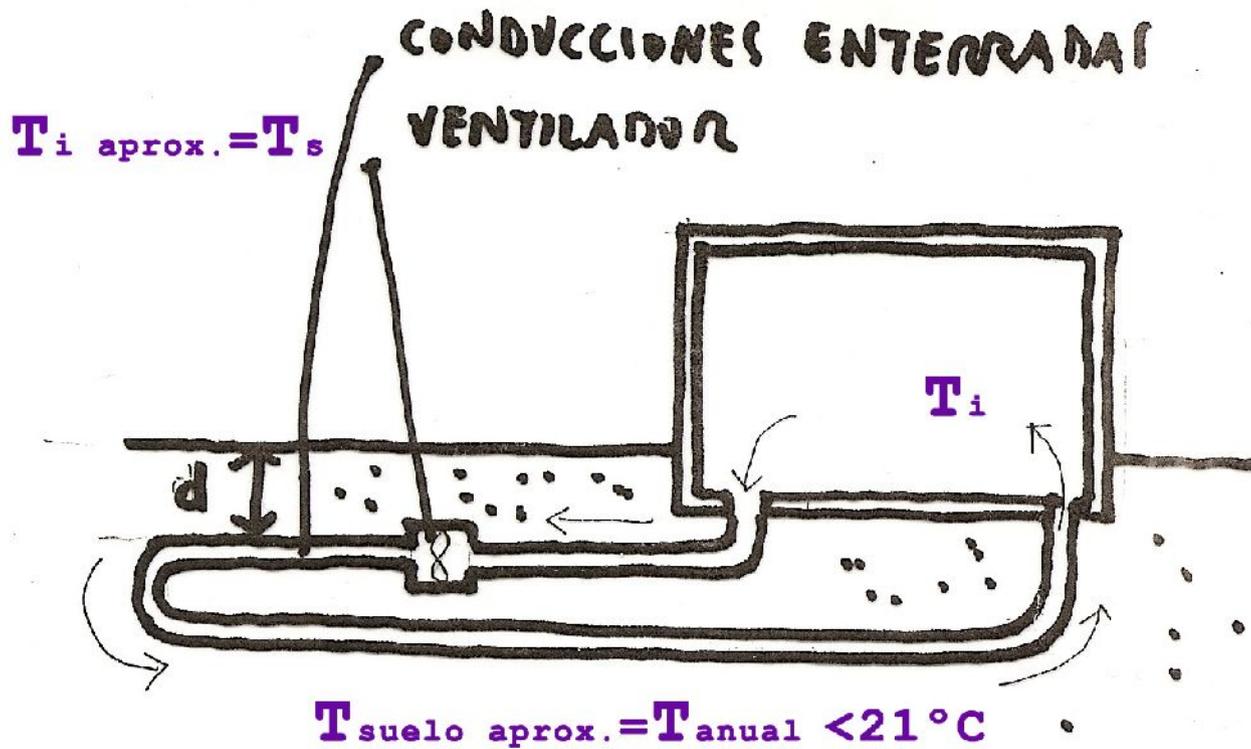


FIG. 11a. Earth tempering benefits may be captured through a variety of design approaches, ranging from conventional basements to turf-topped houses with sunken courtyards.



**Enfriamiento mediante conducciones subterráneas**



## **06. Vegetación**

Efecto moderador de la temperaturas

Sombra (captadores solares naturales, fotosíntesis)

Evapotranspiración

Mejora calidad del aire (fotosíntesis)

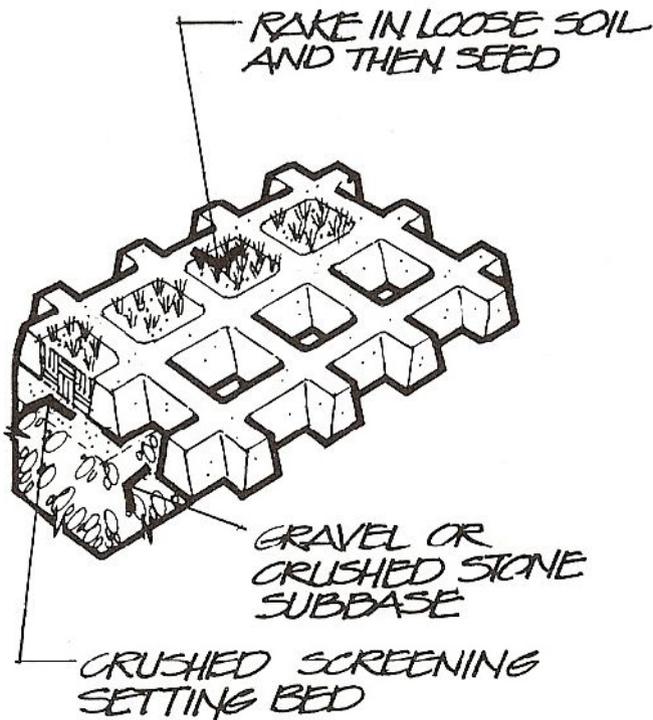
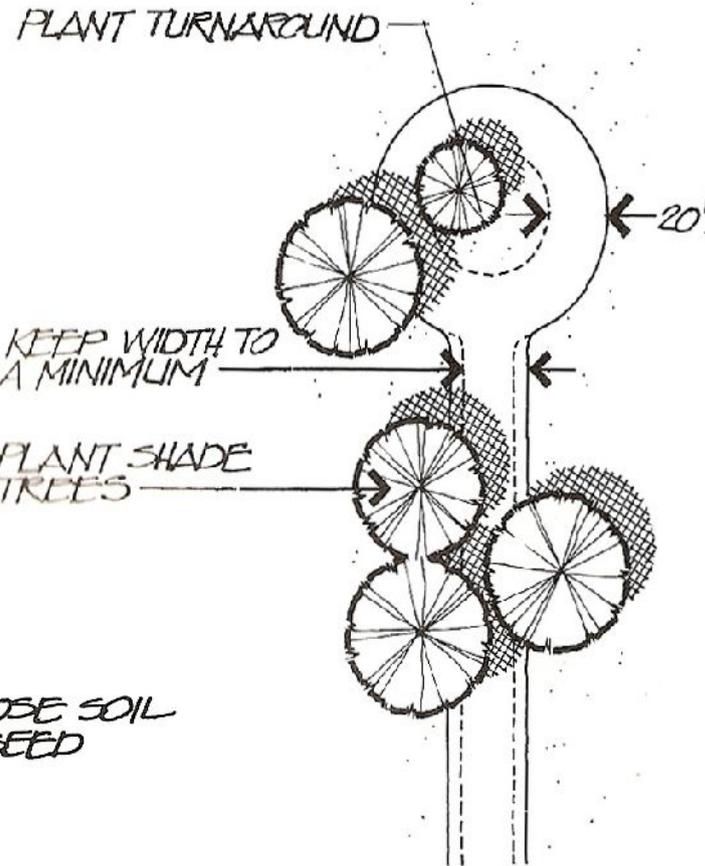
Suavización y dirección brisas

Uso en entorno y espacios intermedios (patios)

Uso en paramentos

Uso en cubiertas

Problemas: reducción radiación nocturna



**Site Planning Suggestions:**

Keep paved area to a minimum—an 8ft. dia. turnaround with a 20 ft. ring road is recommended.

If spillover parking areas are required use a porous paving block instead of asphalt.

Plant shade trees to shade paving.

Use 18-20 ft. street width for large lot (34 acre or more) developments.

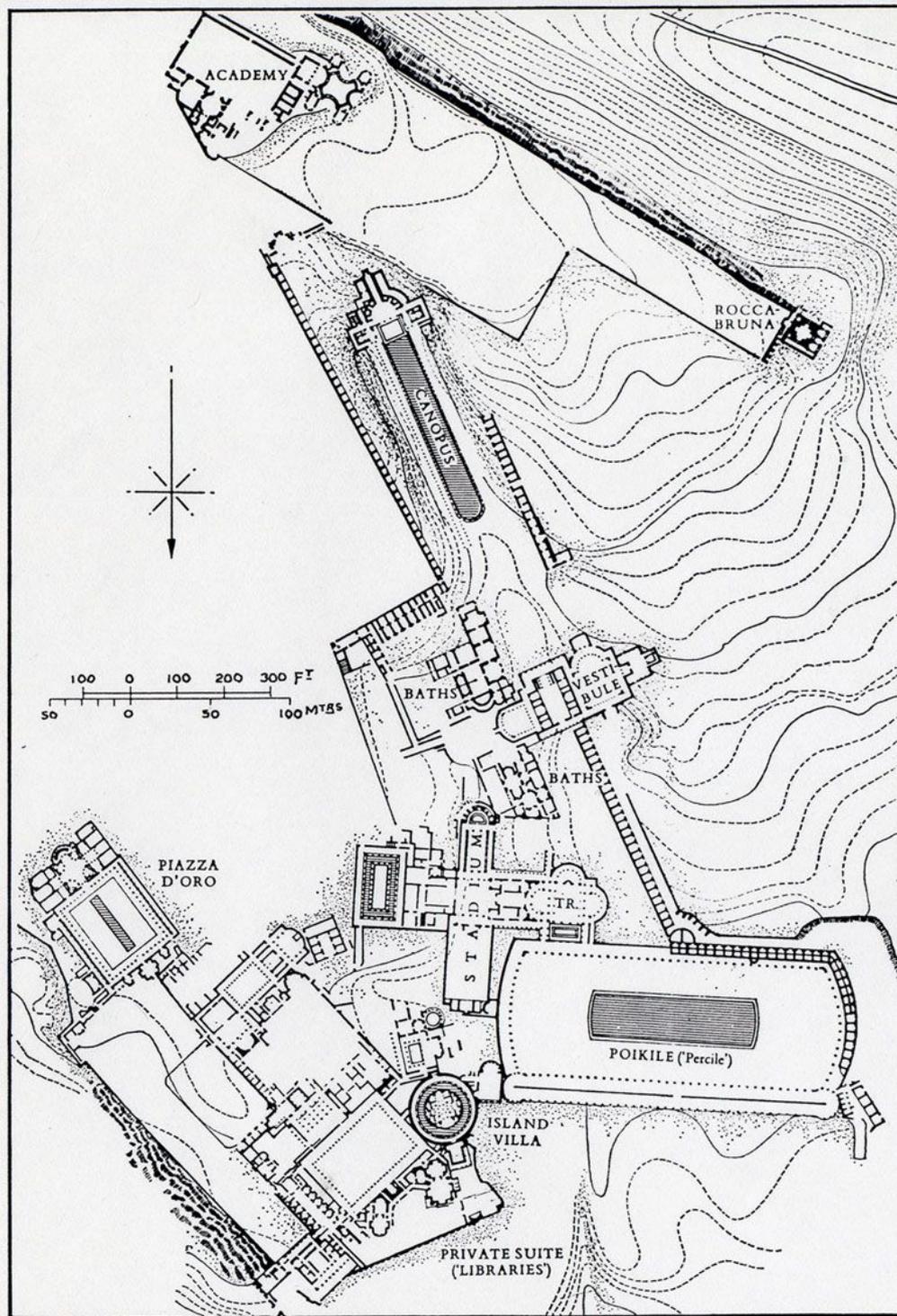
Use 26 ft. street width for 14 acre lots on cul-de-sacs and short loops.

Avoid 34-36 ft. street widths—these are never warranted in well planned new developments.

## **07. Caso de estudio: Criptopórtico Villa Adriano**

**Espacio especializado para uso veraniego**

Pérez de Lama, 1989



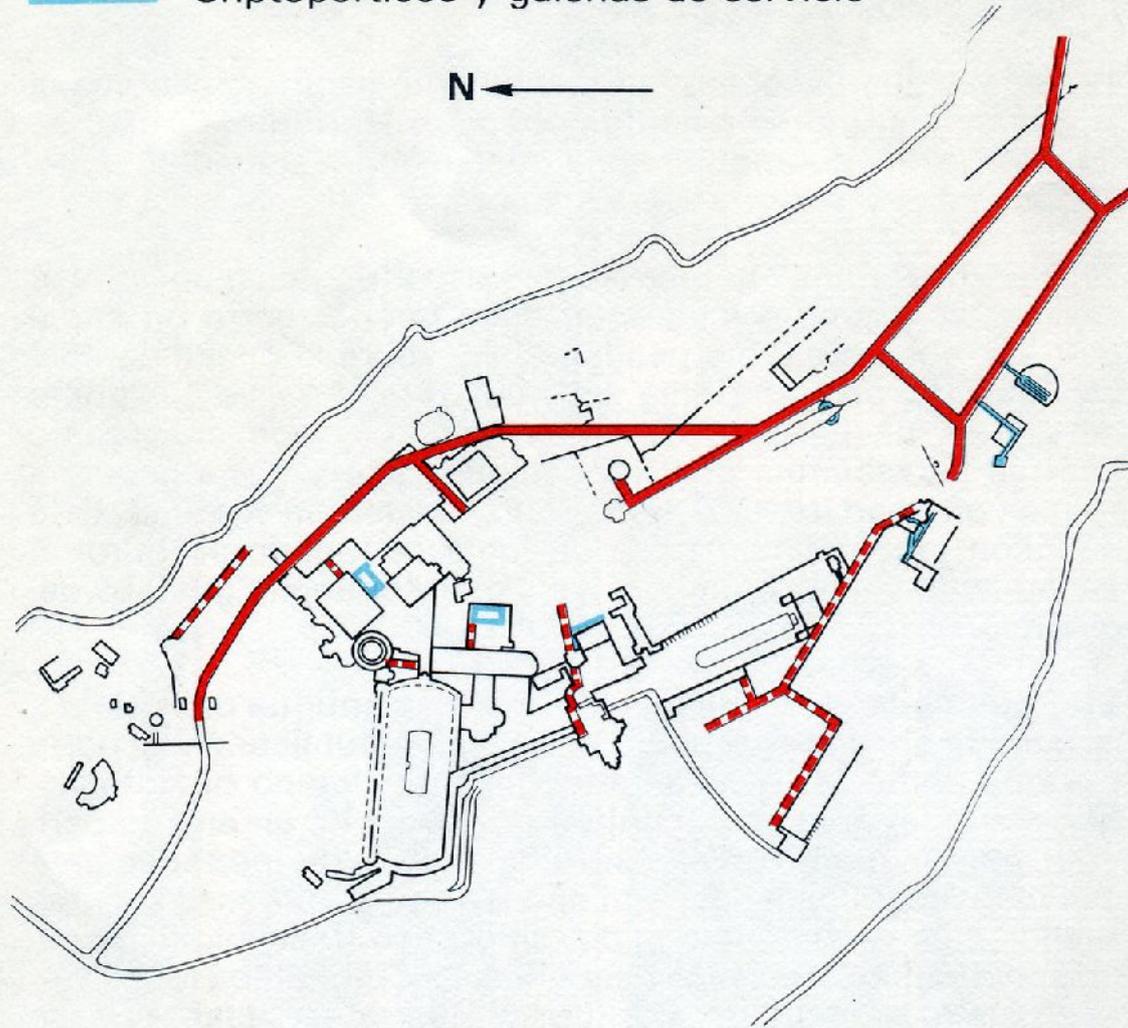
Procedencia: B. Fletcher

Hadrian's Villa, Tivoli (A.D. 124): plan. See p. 335

# SUBTERRANEOS

- ■ ■ ■ Recorridos peatonales
- ▬▬▬▬ Recorridos de carruajes
- ▬▬▬▬ Criptoporticos y galerias de servicio

N ←





Villa Adriano, Tivoli  
Canopus

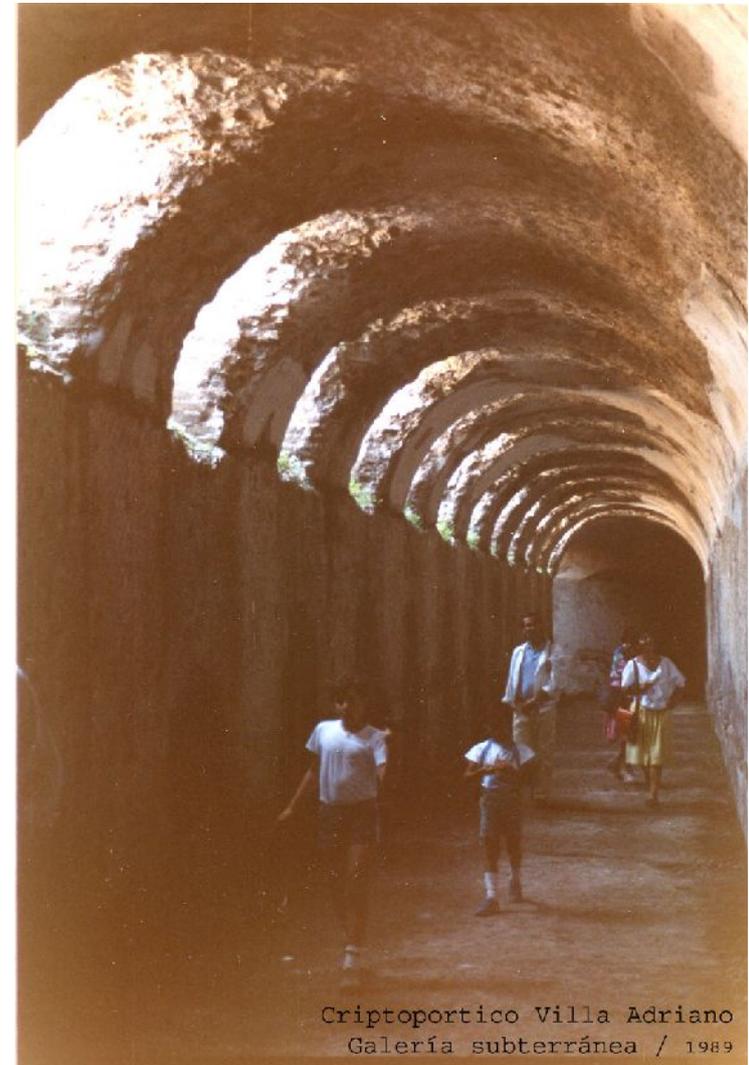




Villa Adriano, Tivoli, criptopórtico



Villa Adriano, Tivoli, criptoportico  
Arriba: peristilo  
Abajo: criptoportico (galería subterránea)



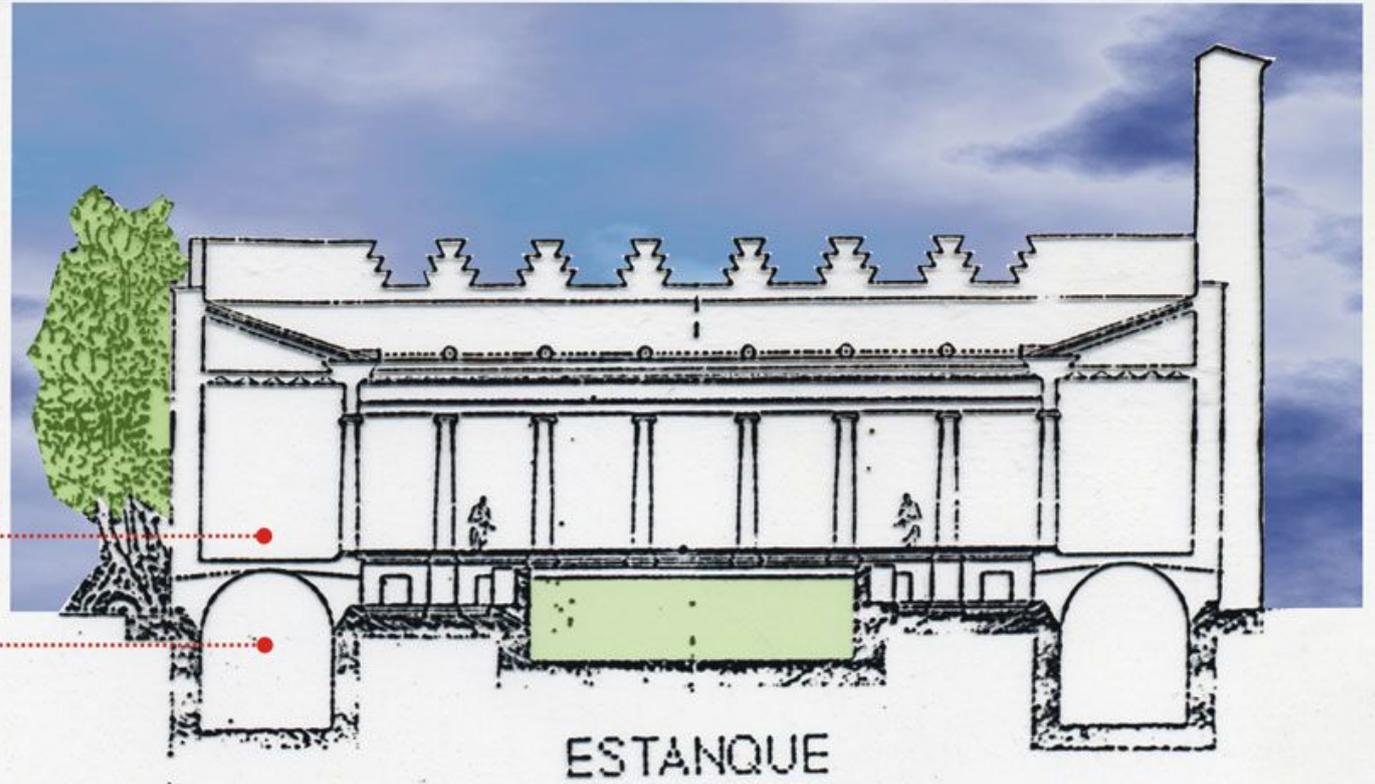
Criptoportico Villa Adriano  
Galería subterránea / 1989

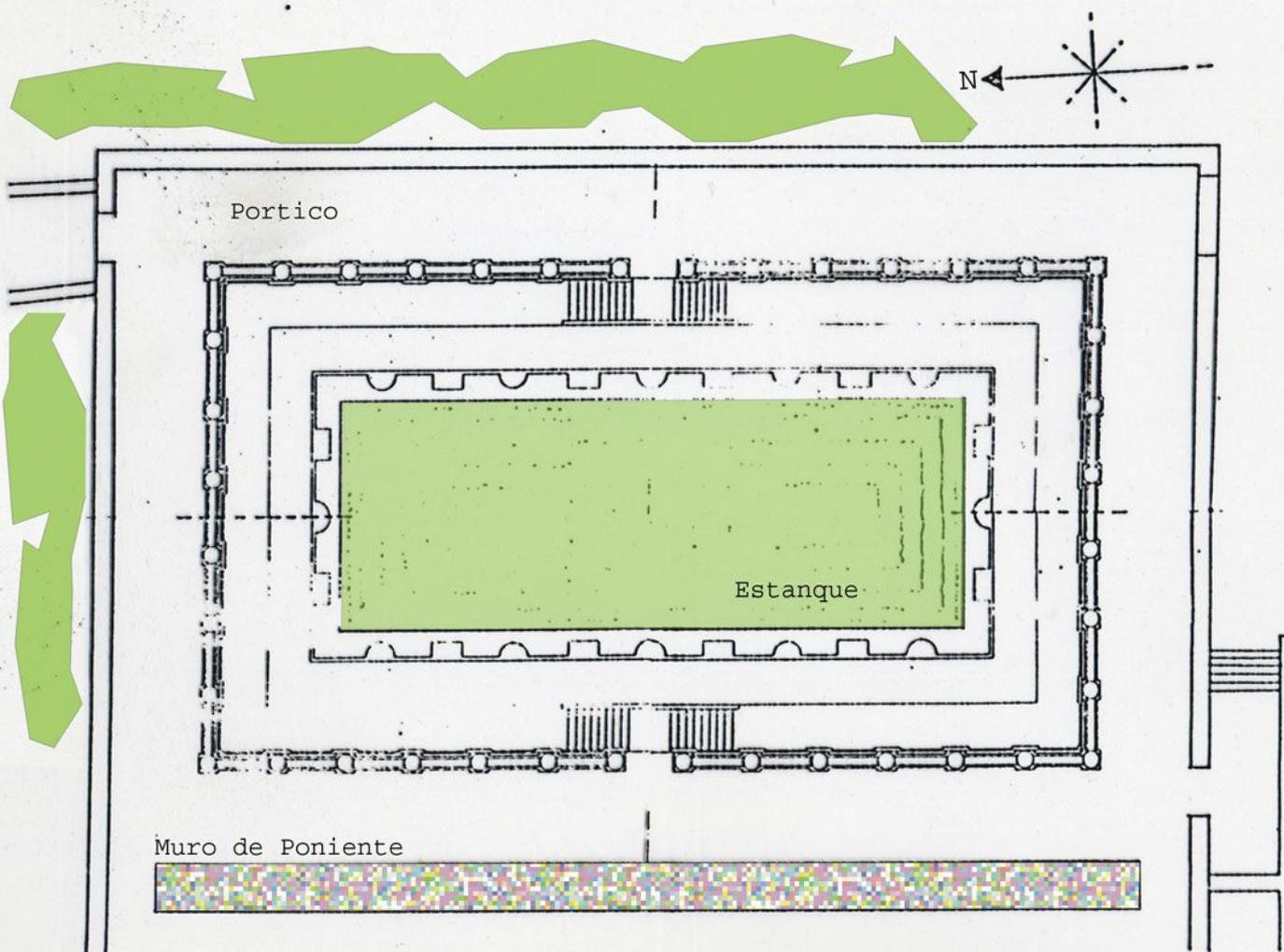
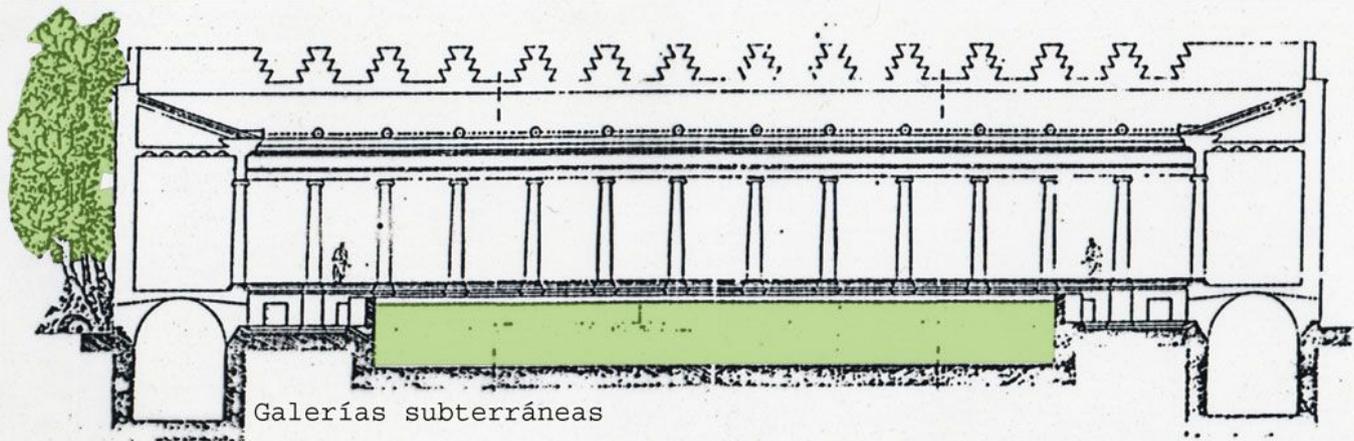
FIG 2

CRIPTOPORTICO DE LA  
VILLA ADRIANAE, TIVOLI

PORTICO

GALERIA SUBTERRANEA





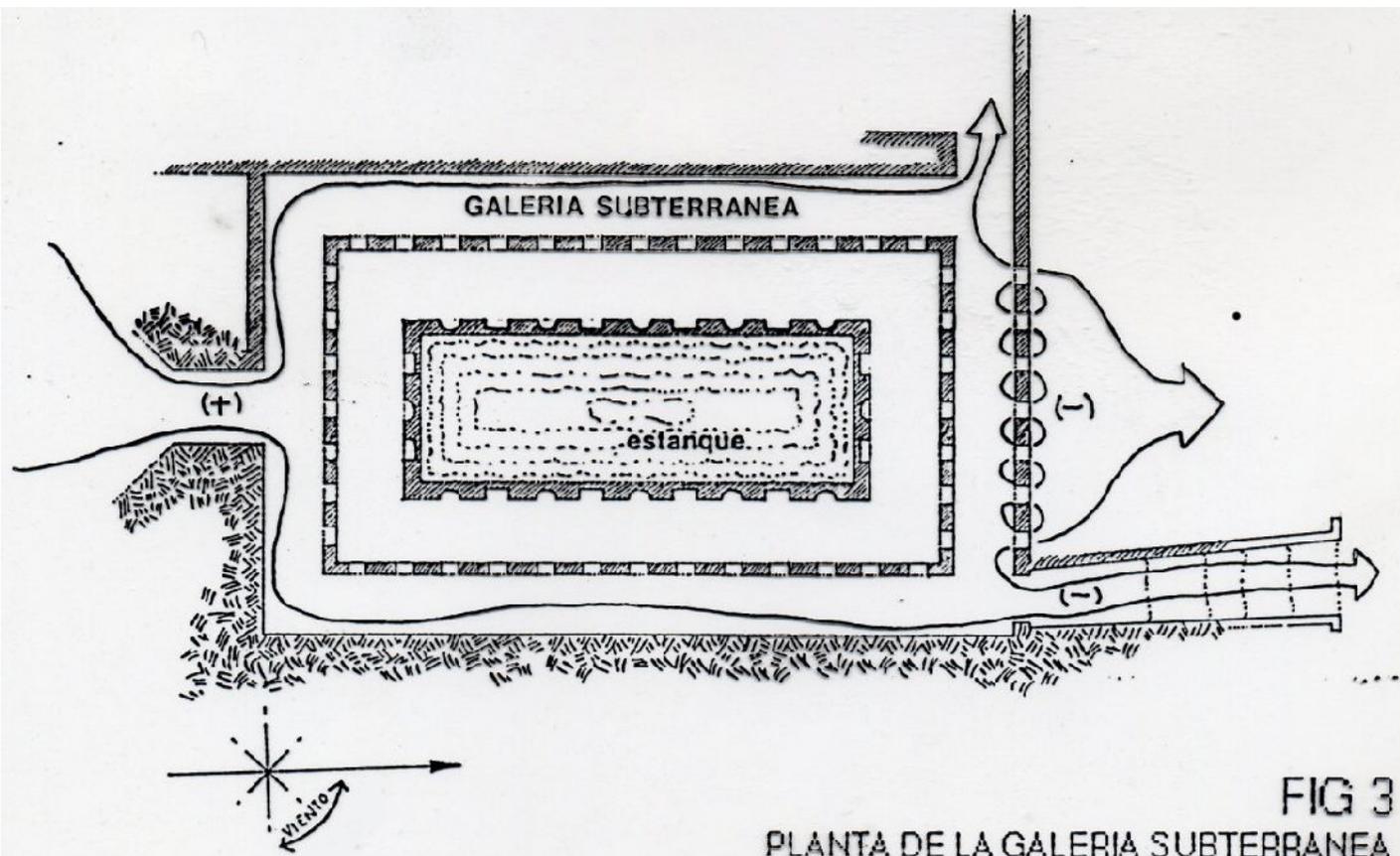


FIG 3  
 PLANTA DE LA GALERIA SUBTERRANEA  
 ENFRIAMIENTO CONVECTIVO



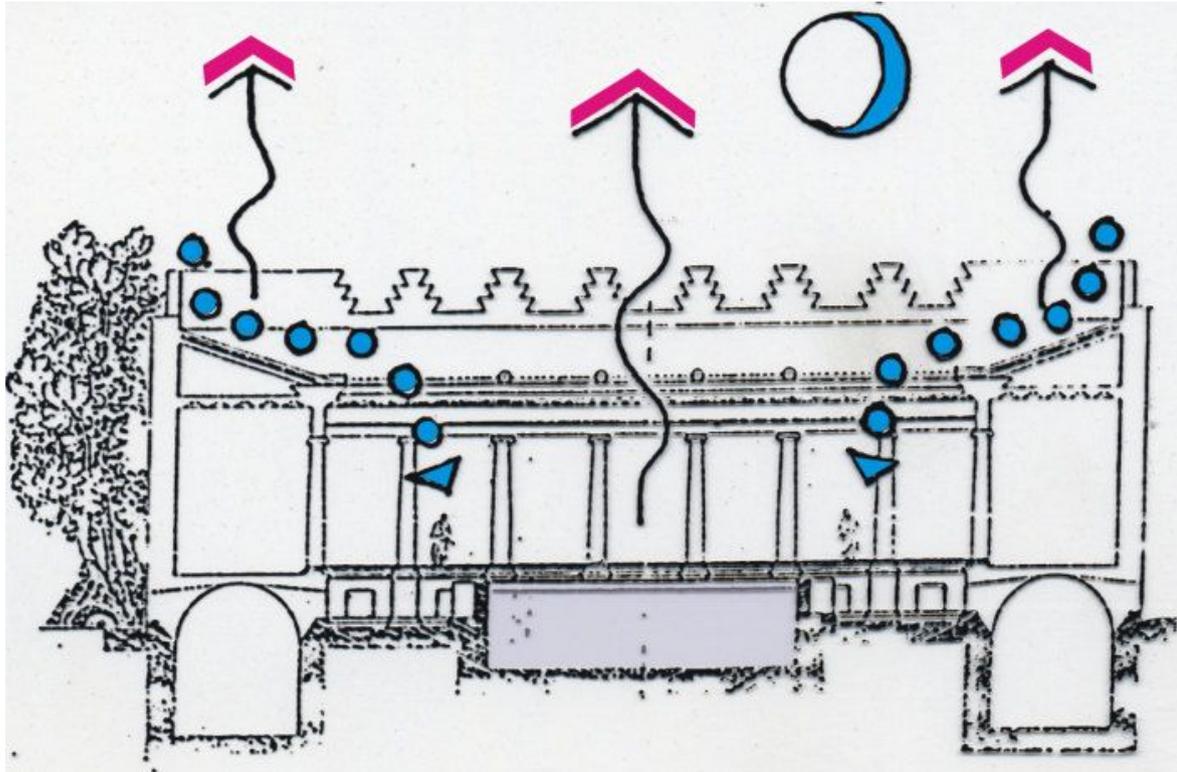


FIG 4  
ENFRIAMIENTO NOCTURNO POR  
RADIACION DE ONDA LARGA

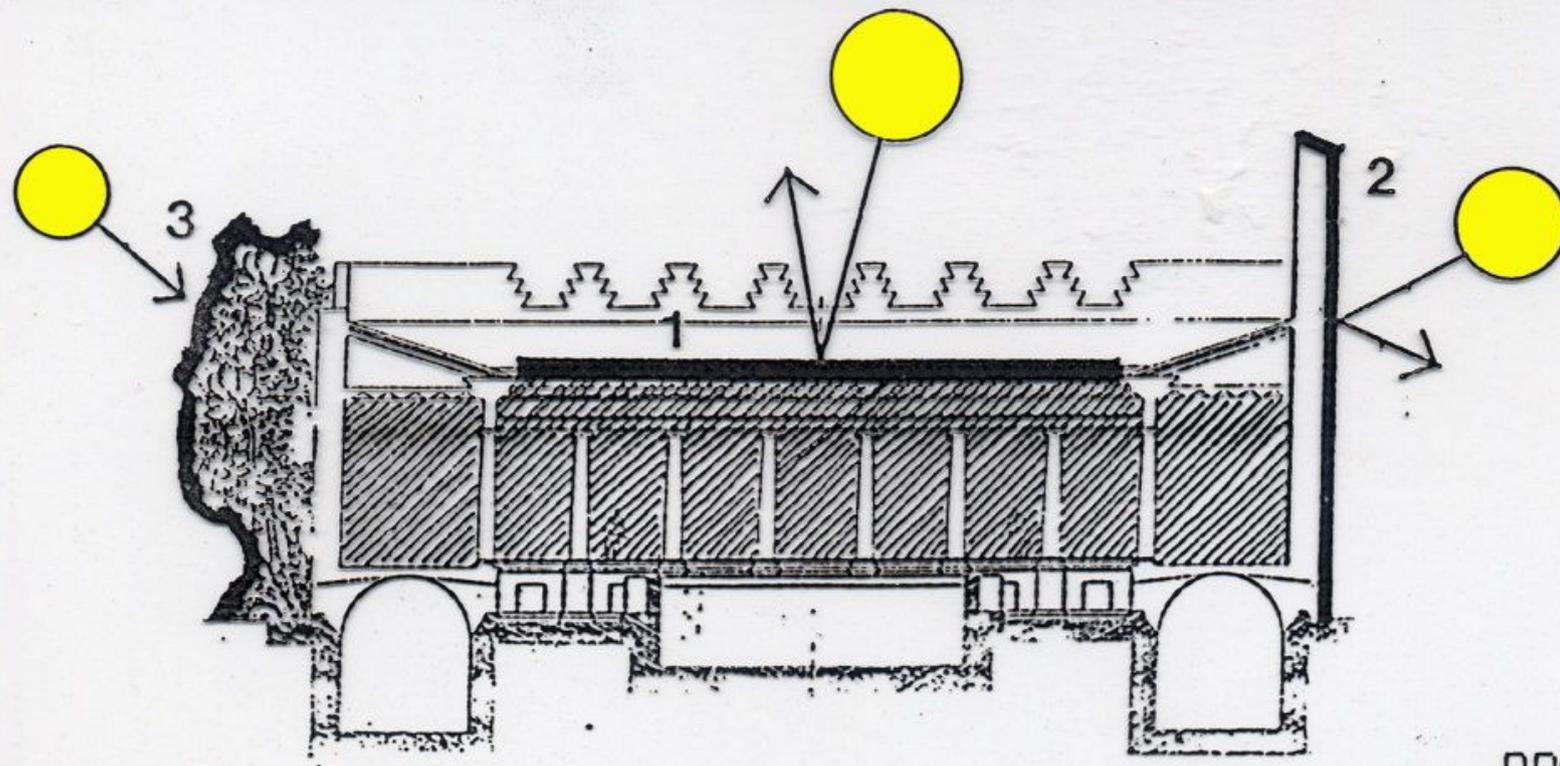


FIG 5  
PROTECCION SOLAR

DIA  
3 PROTECCION DE LA RADIACION SOLAR

1

Durante el día, una vela o toldo que estuvo recogida durante la noche se extiende cubriendo la totalidad del patio dejándolo completamente en sombra. La vela es de material textil de color blanco reflejando la radiación y con escasa masa térmica. El toldo vela la luz intensa del estío haciéndola más difusa y suave.

2

Hacia poniente el criptopórtico de Adriano presenta un muro muy elevado y grueso que protege todo el conjunto del sol de la tarde, al final del día en las horas más calurosas.

El perímetro del criptopórtico que no linda con edificación está rodeado de vegetación de gran porte que protege el cerramiento de incidencia directa de la radiación.

3

## 4 ESPACIOS DE ESTANCIA PRINCIPALES SEMIENTERRADOS

La peculiaridad y el interés principal del criptopórtico se encuentra en que presenta espacios de estancia, de descanso y paseo semienterrados para aprovecharse de las condiciones climáticas del habitat subterráneo en verano. El suelo entre 1.5 y 3 m tiene una temperatura estable durante todo el año alrededor de la media anual. Para el clima mediterráneo en estudio esta temperatura sería próxima a los 20° C, óptima pues para el confort en verano.

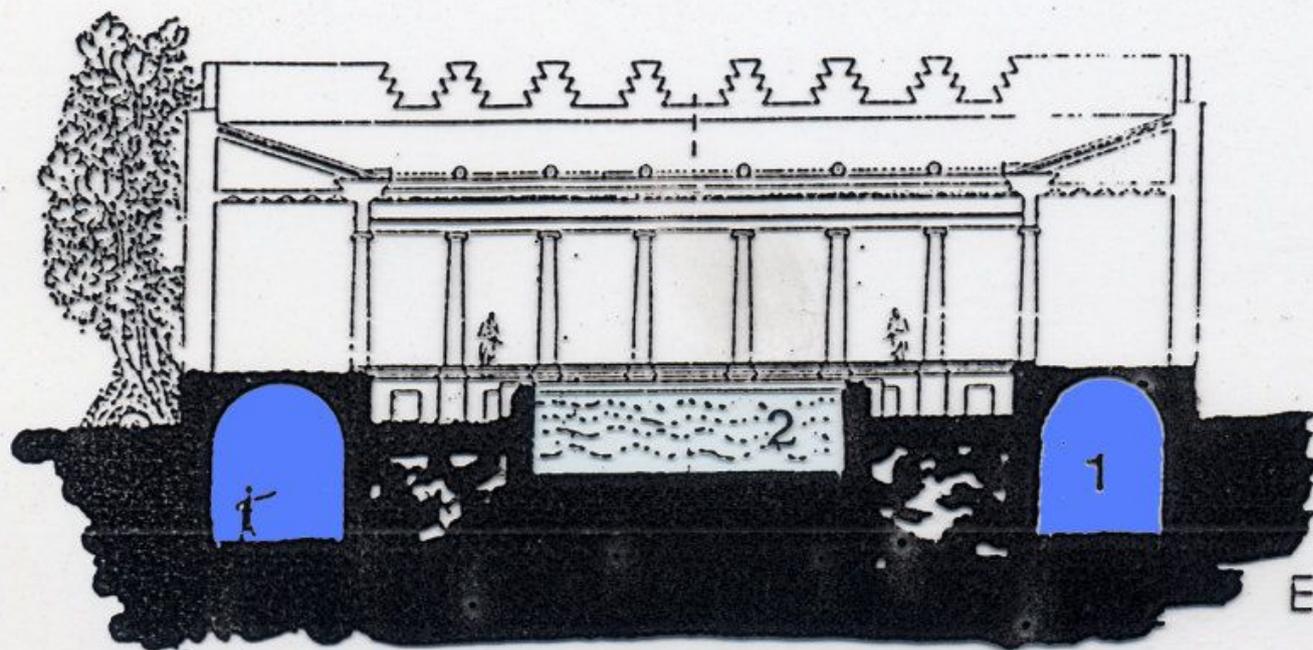


FIG 8  
ESPACIOS PRINCIPALES  
DE ESTANCIA  
SEMIENTERRADOS

## 5 ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO

El estanque en el centro del criptopórtico serviría para producir enfriamiento evaporativo. Una serie de surtidores permiten que existan grandes superficies de contacto aire-agua. El propio movimiento del agua de los surtidores induce la renovación de aire. La temperatura del aire que sale de los surtidores será próxima, sin alcanzar la temperatura húmeda del aire (wb<sub>t</sub>). Durante las horas más calurosas del día es cuando existe el mayor potencial para enfriamiento evaporativo porque es en estas horas cuando la diferencia entre la temperatura húmeda y la temperatura seca del ambiente (db<sub>t</sub> - wb<sub>t</sub>), que nos indica el potencial refrigerador, es mayor. En las horas punta del día el sistema evaporador podría proporcionar aire alrededor de 25° C para temperaturas secas ambiente próximas a los 40° C.

Durante el día el proceso tiene el rendimiento deseado realizándose en la sombra de forma que el agua toma el calor necesario para la evaporación del aire circundante y no del sol. El proceso también puede realizarse durante la noche, consiguiéndose entonces rendimientos energéticos comparativamente mejores, almacenándose el frío producido en el edificio para su posterior utilización diurna.

Inercia térmica del agua y efecto sobre la temperatura del suelo próximo a las galerías subterráneas.

El estanque aprovecha el efecto de las masas de agua suavizando las máximas y las mínimas con su inercia térmica. En segundo lugar la masa enfriada del agua produce un enfriamiento del suelo próximo a las galerías subterráneas.

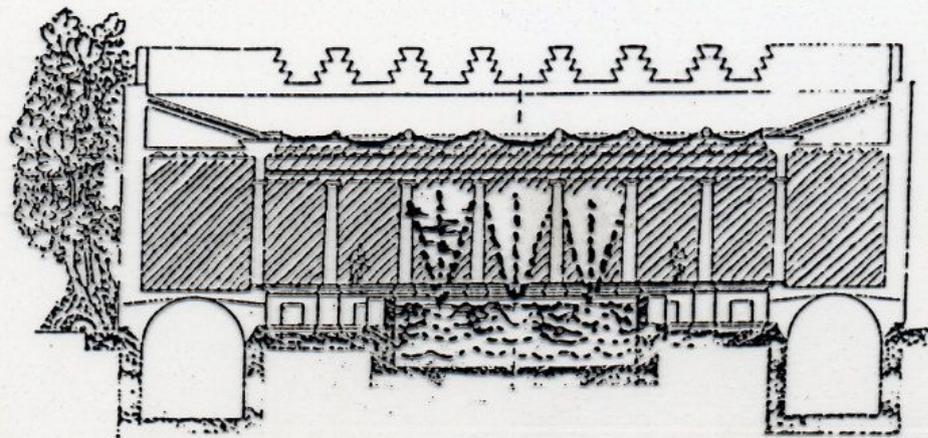


FIG 7

ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO

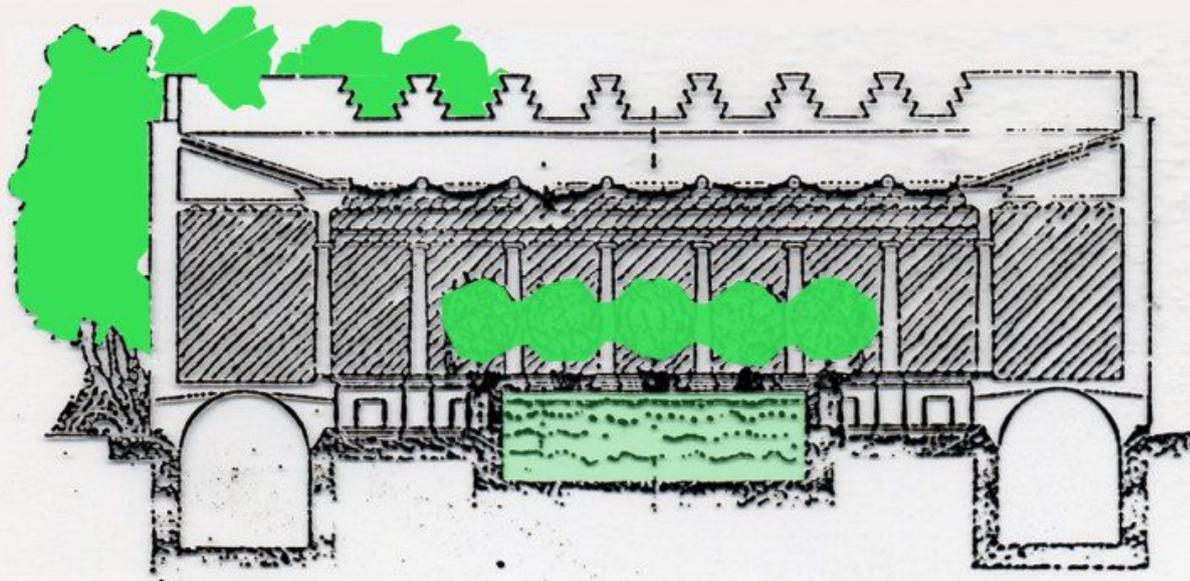


FIG. 8  
VEGETACION

## 6 VEGETACION

Elemento indispensable en el paraíso mediterráneo es la vegetación. Además de la vegetación exterior perimetral, en el criptopórtico se disponían interiormente pequeños árboles que hacían más densa y fresca la sombra de la vela en las zonas de tránsito y sobre las ventanas de las galerías subterráneas, que proporcionaban frescor gracias a la evapotranspiración y perfumaban los paseos con sus fragancias

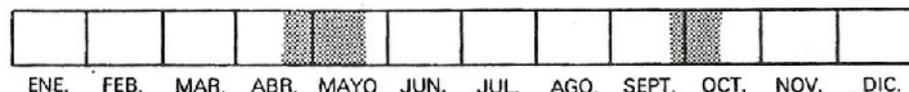
## **08. Integración estrategias clima templado**

**Caso estudio AIA recomendaciones clima cálido árido EUA (Arizona)**

AIA, *sf*, La Casa Pasiva, Editorial Blume

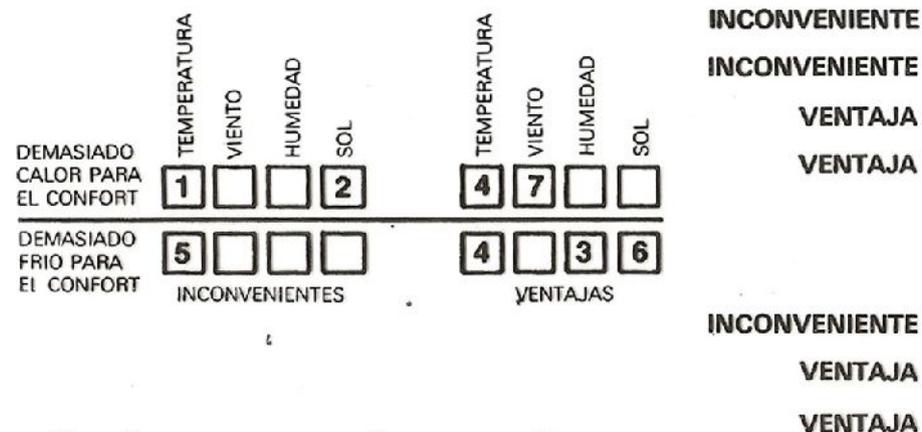
## ¿De dónde partimos?

LA CONDICION BASICA: TEMPERATURA Y HUMEDAD



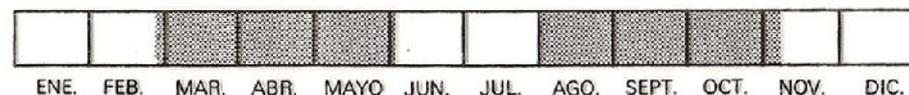
La condición climática básica es: demasiado calor para el confort junto con prolongados períodos frescos.

DEMASIADO CALOR PARA EL CONFORT EL 37 % DEL AÑO  
 DEMASIADO FRIO PARA EL CONFORT EL 48 % DEL AÑO  
 CONFORTABLE EL 15 % DEL AÑO



## ¿Qué conseguiremos?

DEMASIADO CALOR PARA EL CONFORT EL 18 % DEL AÑO  
 DEMASIADO FRIO PARA EL CONFORT EL 30 % DEL AÑO  
 CONFORTABLE EL 52 % DEL AÑO



Convenientemente diseñada, la casa pasiva puede incrementar al menos en un 37 % del período total anual su intervalo de confort natural, así como reducir de modo notable durante todo el año las cargas de calefacción y refrigeración.

## ¿Qué recomendamos?

Cuando diseñe para este clima predominantemente sobrecalentado:

1. Proteja su casa de las altas temperaturas del verano.
2. No deje entrar el sol en la casa.
3. En verano, recurra al enfriamiento por evaporación.
4. Reduzca el salto térmico del día a la noche.

Las siguientes recomendaciones son menos importantes y solamente deberían considerarse cuando el grado de precisión del diseño y posibilidad de ulterior control del rendimiento así lo permitan.

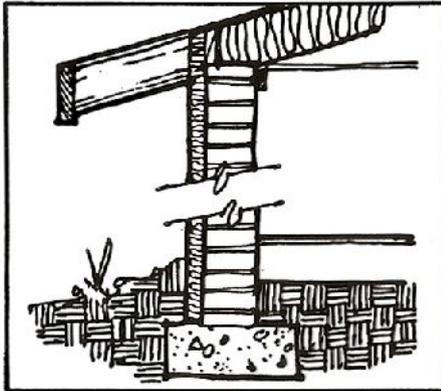
5. Proteja su casa de las bajas temperaturas del invierno.
6. Deje entrar el sol del invierno.
7. En primavera y otoño refrigere la casa por ventilación natural.

**Clima cálido árido**  
**[Arizona]**

# Prioridades de diseño para el Clima 11

Acuérdese de mantener el orden de sus prioridades.

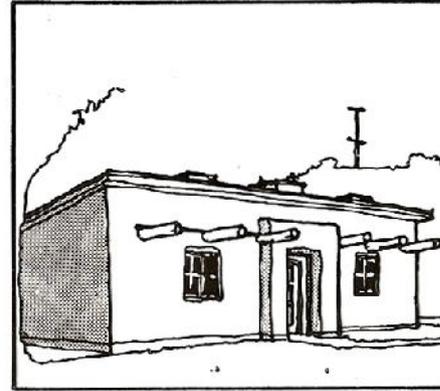
## 1. EN VERANO, PROTEJASE CONTRA LA GANANCIA TERMICA CUANDO HACE DEMASIADO CALOR PARA EL CONFORT



Aísele, tanto si construye con muros de madera como si éstos son de fábrica. El aislante debe ir sobre el lado exterior del cerramiento. El muro de ladrillo o adobe con paramento interior visto y aislado por fuera con espuma luego revestida constituye una solución de cerramiento eficaz y barata.

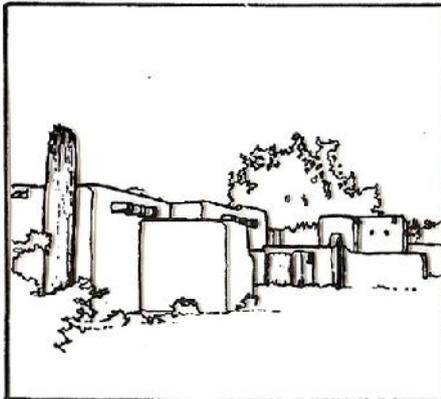


Proyecte su casa compacta, tanto para protegerla mejor del viento cuanto para facilitar su calentamiento pasivo.

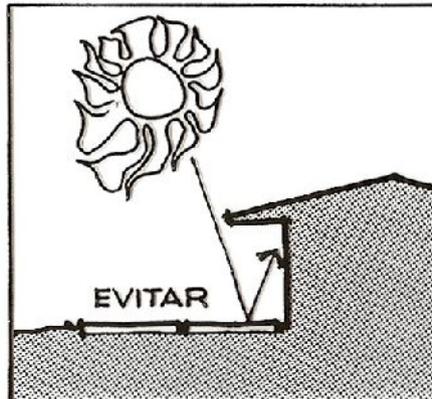


Utilice acristalamiento doble para sus huecos, aislándolos también mediante contraventanas o cortinajes. La ganancia de calor por las ventanas puede llegar a anular los efectos contrarios del aislamiento sobre los muros de la casa, procure, pues, diseñarlas pequeñas y en escaso número.

## 2. EN VERANO, MANTENGA FUERA EL SOL CUANDO HACE DEMASIADO CALOR PARA EL CONFORT



Comparta sus muros de cerramiento con los de otros edificios, a fin de reducir la cuantía de la superficie exterior expuesta a los elementos. Procure que la forma sea lo más simple posible.

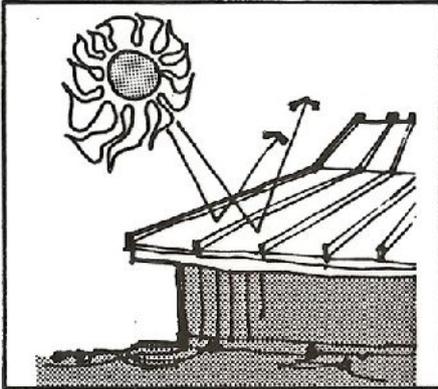


Guárdese de aquellas construcciones próximas y de los pavimentos claros que pueden reflejar el calor solar en su casa. Al contrario, las plantas son recomendables porque dan sombra y humedad.



Evite las grandes superficies acristaladas sobre las fachadas este y oeste, donde el sombreado resulta difícil.

## 2. (continuación)



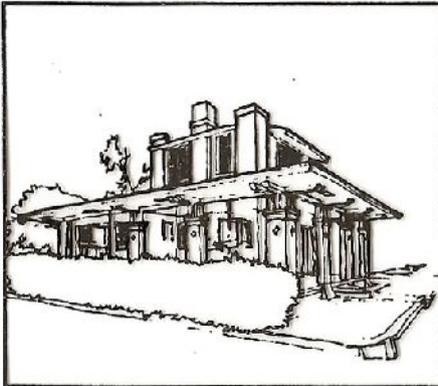
Utilice cubiertas y muros con acabados en tonos claros para reflejar hacia fuera del edificio el calor de la radiación solar.



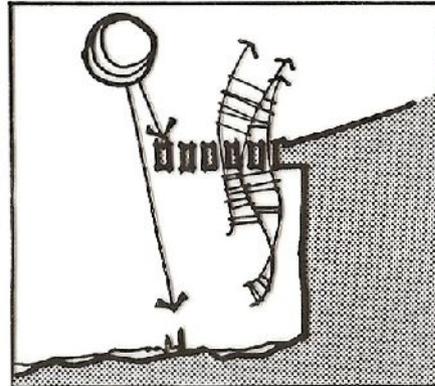
Utilice cubierta doble, con espacio intermedio abierto para una buena ventilación.



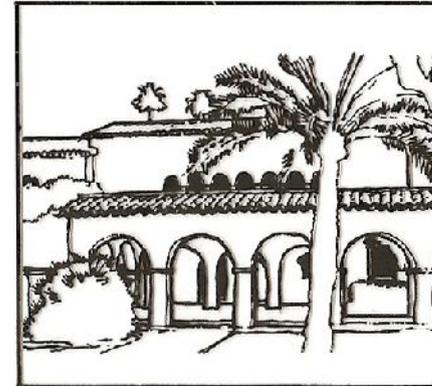
No abra jamás lucernarios sobre la cubierta, pues por ellos penetraría la radiación solar en verano. Estos huecos sólo son aceptables cuando se acompañen de elementos de sombra que garanticen su total protección del sol estival.



Sombree todas las fachadas y ventanas expuestas al sol mediante toldos, aleros prolongados y masas vegetales. Los huecos de las fachadas este y oeste deben protegerse con elementos verticales.

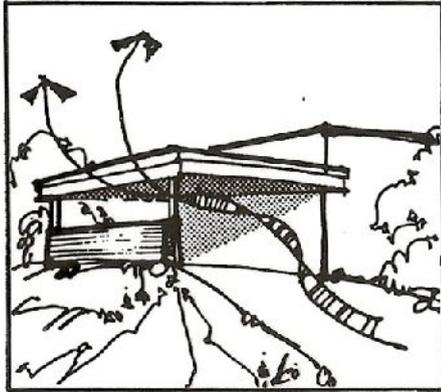


Aségurese de no embolsar el aire caliente bajo el saledizo de sus aleros; convenientemente provistos de rendijas o aberturas, estos elementos de sombra se ventilan por sí solos.



Proyecte espacios extramuros sombreados, preferentemente sobre el lado norte del edificio, donde habitar en condiciones de confort.

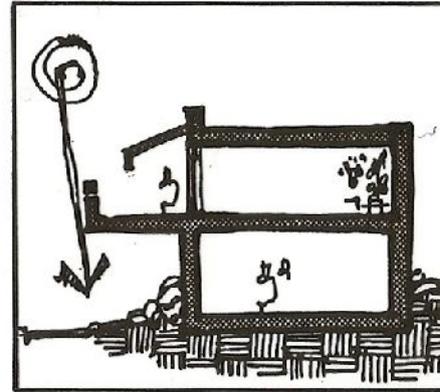
## 2. (continuación)



No proyecte un garaje cerrado, sino solamente cubierto, y sitúelo sobre la fachada oeste de la casa, para protegerla del intenso soleamiento que padece en verano.

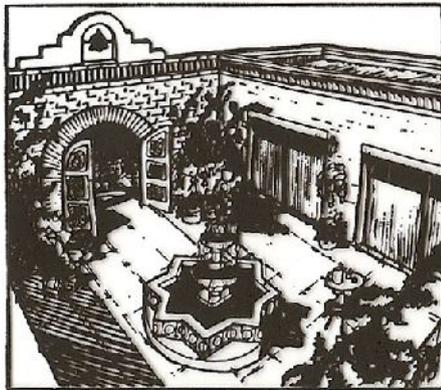


Construya porches sobre las fachadas soleadas de la casa, para darles sombra y, a la vez, crear más espacios habitables extramuros.

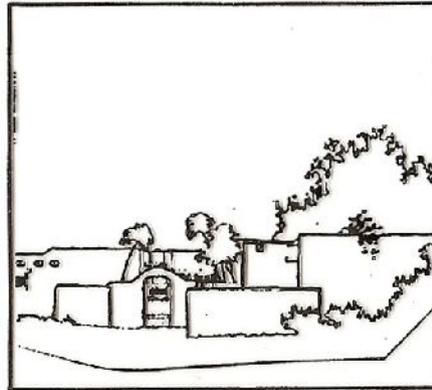


Utilice galerías y balcones, tanto por tratarse de elementos de sombra protectora de la parte baja de los muros cuanto por el valor de los espacios extramuros de habitación así creados.

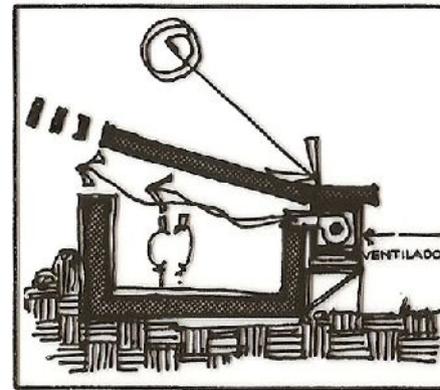
## 3. EN VERANO, RECURRA AL ENFRIAMIENTO POR EVAPORACION CUANDO HACE DEMASIADO CALOR PARA EL CONFORT



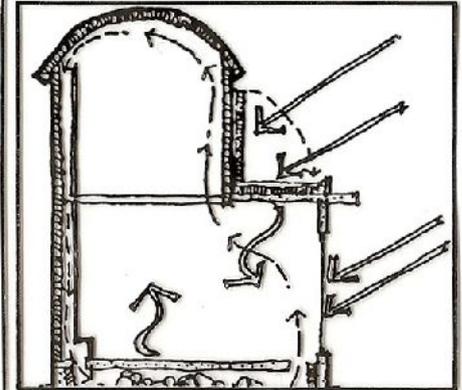
Sitúe fuentes de agua sobre el itinerario de la brisa hacia la casa.



Plante masas verdes dentro y fuera de la casa, para incrementar los niveles de humedad y, con ellos, el confort. Los patios y los jardines son lugares idóneos desde los que refrescar la casa.

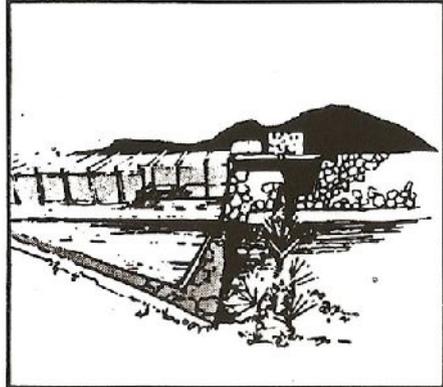


Utilice ventiladores de evaporación, en lugar de acondicionadores de aire, para proporcionar confort durante gran parte del período excesivamente caluroso. No olvide cubrir del sol el ventilador.

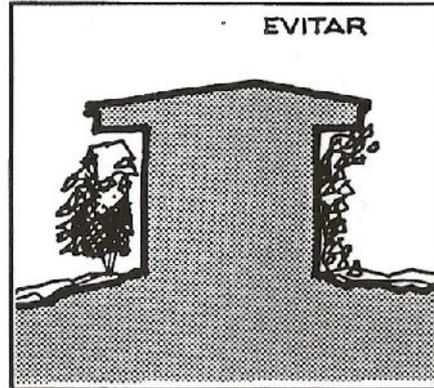


REFRIGERACION POR RADIACION NOCTURNA (Ver Apéndice)  
Instalando una masa de agua sobre la cubierta de la casa, favorecerá su enfriamiento.

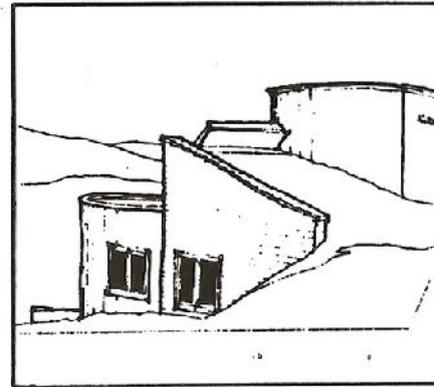
**4. ATENÚE EL SALTO TERMICO DEL DIA A LA NOCHE PARA REDUCIR LA DEMANDA DE REFRIGERACION CUANDO HACE DEMASIADO CALOR PARA EL CONFORT**



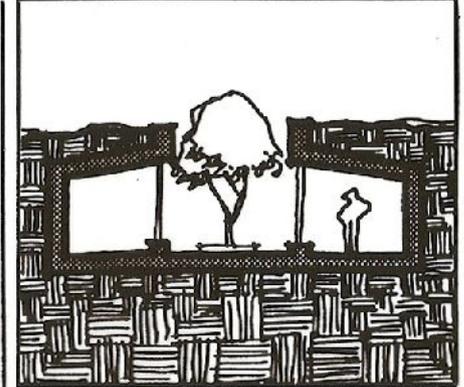
En el interior del edificio utilice materiales de construcción con mucha masa para atenuar los efectos de las elevadas temperaturas diurnas. El adobe posee una gran capacidad de acumulación del calor y la inercia térmica que le permite liberarlo después poco a poco.



EVITAR  
Separe de sus fachadas todo elemento importante de jardinería, para evitar la fijación en ellas del calor. Un seto espeso o una hiedra de gran porte sobre el cerramiento de su casa puede retener allí el calor, al impedir su radiación nocturna hacia fuera.

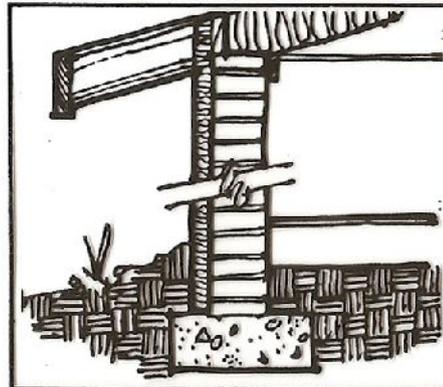


El ataludamiento de tierras sobre el edificio reduce la pérdida de calor a través de los cerramientos y disminuye la infiltración del aire exterior en la casa.

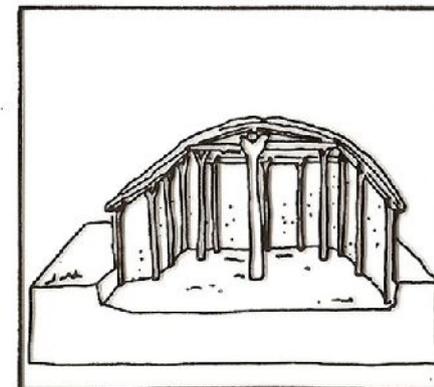


**BAJO TIERRA (Ver Apéndice)**  
Excave al menos parte de su casa, para beneficiarse de las temperaturas constantes y frescas de la tierra.

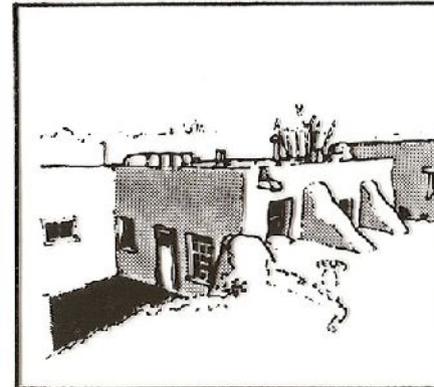
**5. EN INVIERNO, PROTEJA SU CASA DE LAS BAJAS TEMPERATURAS PARA REDUCIR LA DEMANDA DE CALEFACCION CUANDO HACE DEMASIADO FRIO PARA EL CONFORT**



Aíslate, tanto si construye con muros de madera como si lo hace de fábrica. El aislante debe ir sobre el lado exterior del cerramiento.



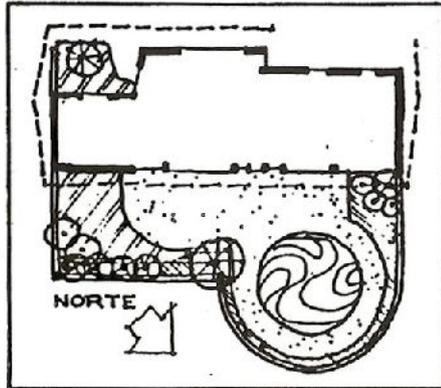
Selle el edificio para asegurar su estanqueidad y reducir la infiltración de aire. Algunas construcciones vernáculas de esta región climática iban completamente selladas con barro.



Selle el edificio para reducir la infiltración. Cierre sus huecos con doble acristalamiento protegido por cortinajes. Diseñe sus ventanas pequeñas y en escaso número.

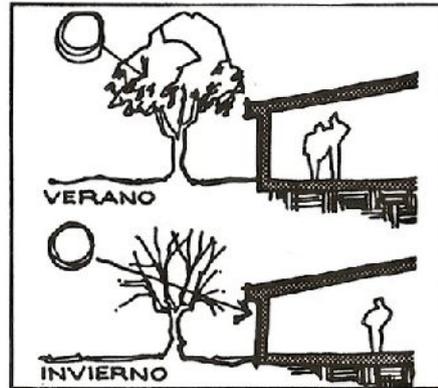
Las siguientes recomendaciones son menos importantes y solamente deberían considerarse cuando el grado de precisión del diseño y la posibilidad de ulterior control del rendimiento así lo permitan.

**6. DEJE ENTRAR EL SOL DEL INVIERNO PARA REDUCIR LA DEMANDA DE CALEFACCION CUANDO HACE DEMASIADO FRIO PARA EL CONFORT**

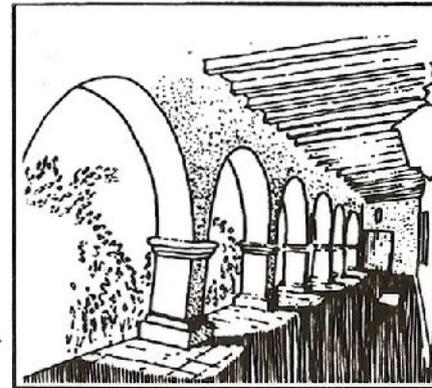


Abra ventanas al sur o al sudeste. Alargue la casa sobre el eje este-oeste, de manera que las fachadas mayores se orienten al norte y al sur.

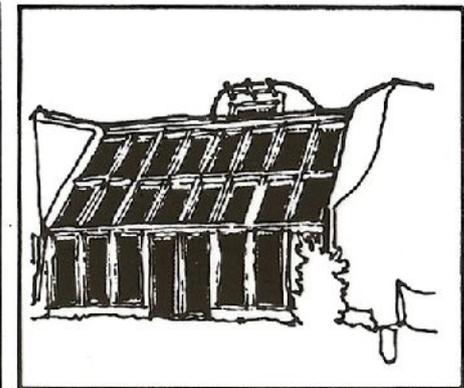
INV



Diseñe los aleros de su cubierta de tal modo que en invierno dejen pasar el sol y lo intercepten en verano. Plante árboles de hoja caduca para que el sol bajo del invierno pueda acceder a la casa a través de sus ramas desnudas.



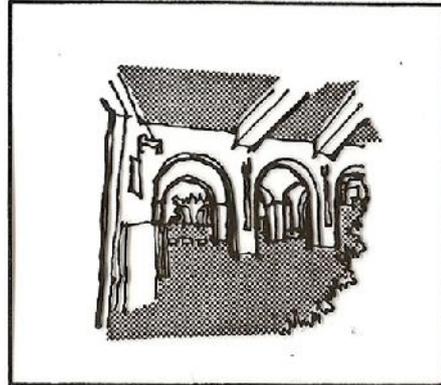
En el interior de la casa y al alcance de la radiación solar construya muros, chimeneas o solados de gran masa capaces de captar y acumular el calor diurno para su liberación diferida durante la noche.



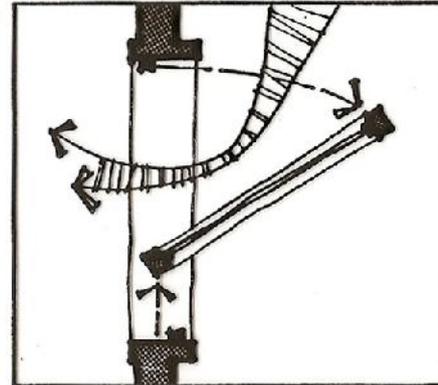
**CAJA SOLAR** (Ver Apéndice)

Aumente la capacidad acumuladora de calor de su invernadero o solarío mediante el incremento de la masa construida en su interior, para favorecer la calefacción solar diurna y nocturna.

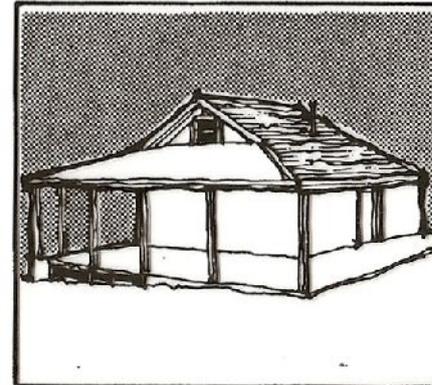
**7. EN PRIMAVERA Y OTOÑO, FAVOREZCA LA VENTILACION NATURAL COMO MODO DE REFRIGERACION DE SU CASA**



Proyecte el edificio en orden a favorecer la circulación del aire a su alrededor. Todas las decisiones de proyecto deberían considerar entre sus objetivos la captación de las brisas dominantes.



Para favorecer la circulación del aire durante la noche abra ventanas altas y ventanas bajas, todas ellas practicables y, preferiblemente, verticales, para evitar la formación de bolsas de aire caliente.

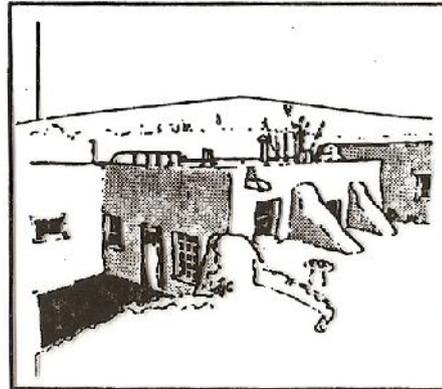


Ventile bien el desván de su casa, para evitar la formación en él de bolsas de aire caliente. La vivienda del grabado posee respiraderos de ventilación tanto en el desván como en el sótano.

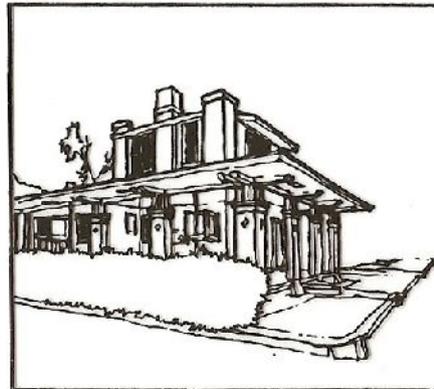
	TEMPERATURA	VIENTO	HUMEDAD	SOL
DEMASIADO CALOR PARA EL CONFORT	1			2
DEMASIADO FRIO PARA EL CONFORT	5			
	INCONVENIENTES			
	TEMPERATURA	VIENTO	HUMEDAD	SOL
	4	7	3	
	4			6
	VENTAJAS			

## Resumen

El diseño de la casa bien adaptada al clima de esta región debe responder ante todo a una demanda prioritaria de refrigeración, si bien las necesidades de calefacción merecen también cuidadosa atención. Afortunadamente, buena parte de las recomendaciones de diseño —tales como las referentes al aislamiento, sellado, empleo de materiales de gran masa y situación de las ventanas— aumentan la capacidad de conservación de la energía tanto para calefacción como para refrigeración.



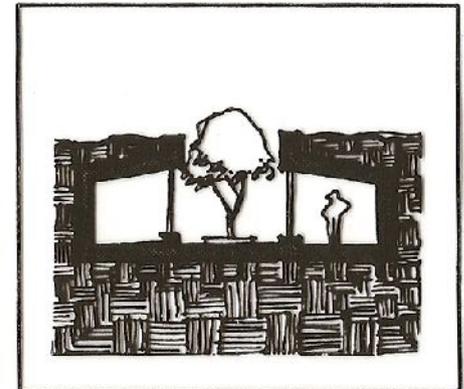
1 y 5. PROTEJA EL EDIFICIO CONTRA LOS EXTREMOS TERMICOS DEL EXTERIOR. Para mantener fuera las temperaturas extremas del invierno y del verano, los edificios deben ser de planta compacta, a más de estar completamente aislados y sellados con burlete en todas las juntas.



2. MANTENGA FUERA EL SOL DEL VERANO. Durante todo el período de calor, la totalidad de las ventanas deben estar bien resguardadas del soleamiento. El acabado en tonos claros de la cubierta y los muros exteriores contribuye también a reducir el impacto del sol sobre la casa.



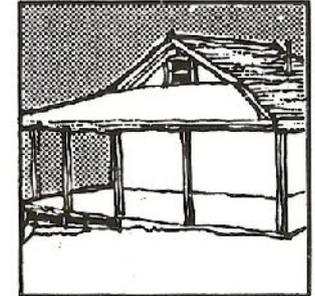
3. REFRIGERE POR EVAPORACION. Considere las diversas técnicas a su alcance para incorporar a la casa las ventajas de la refrigeración por evaporación. Entre éstas se cuenta la humectación del edificio mediante rociadores, láminas y fuentes de agua. En lugar de acondicionadores de aire, utilice sistemas mecánicos de evaporación.



4. CONSTRUYA CON MATERIALES DE GRAN MASA Y PARCIALMENTE AL MENOS BAJO TIERRA. Los materiales de gran masa y densidad elevada resultan muy eficaces para amortiguar (ralentizando y disminuyendo) los extremos térmicos registrados fuera de la casa en verano e invierno. La excavación del edificio en el terreno contribuye de modo notable a su aislamiento.



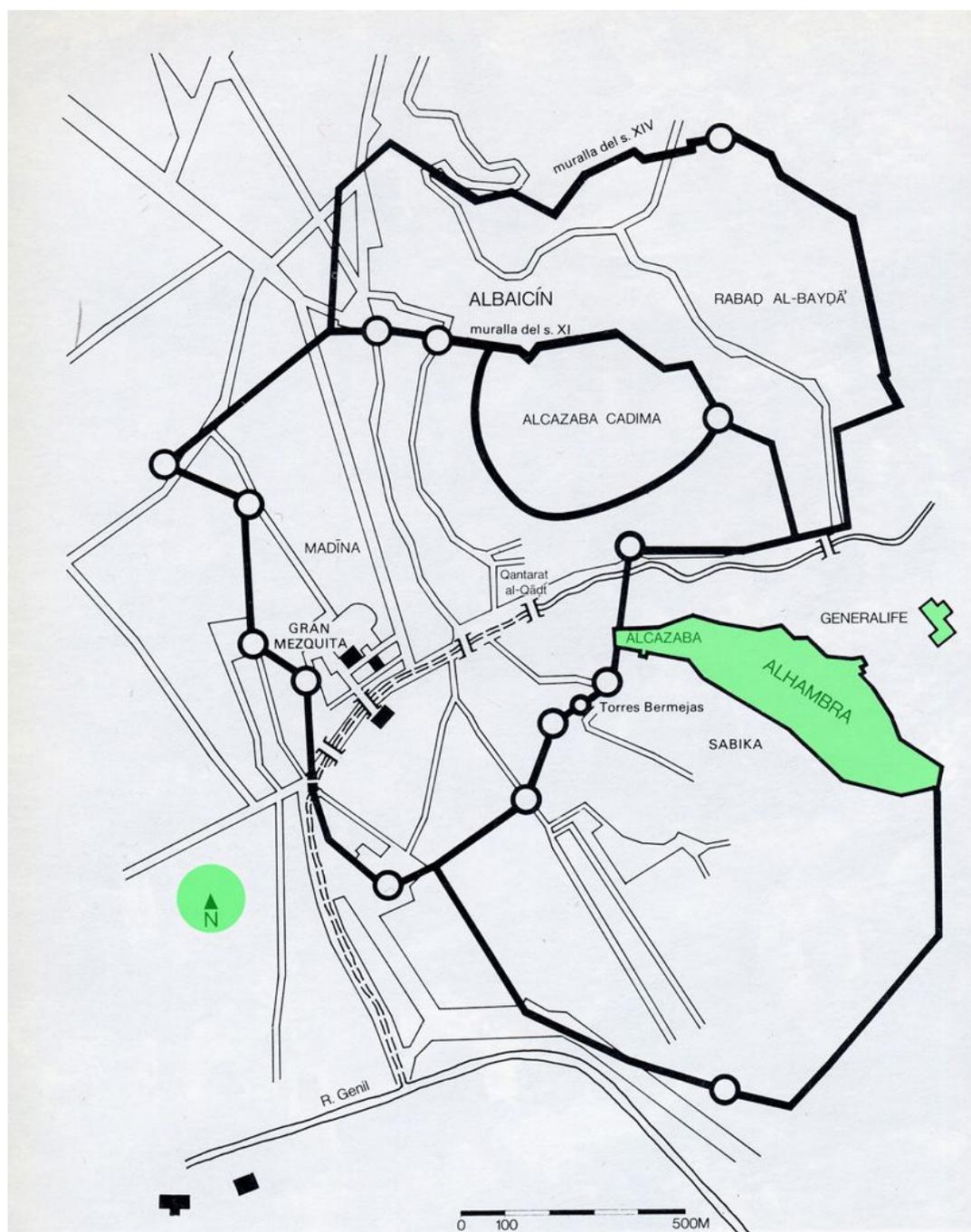
6. EN INVIERNO, DEJE ENTRAR EL SOL. Por la abundancia del soleamiento invernal, la radiación solar se constituye en principal fuente energética para la calefacción de la casa. El diseño de todos los huecos sobre la fachada sur responderá a esta necesidad de introducir el sol en el edificio. Al interior del mismo y donde mejor reciban el sol deben situarse elementos o partes de la construcción dotados de gran masa.



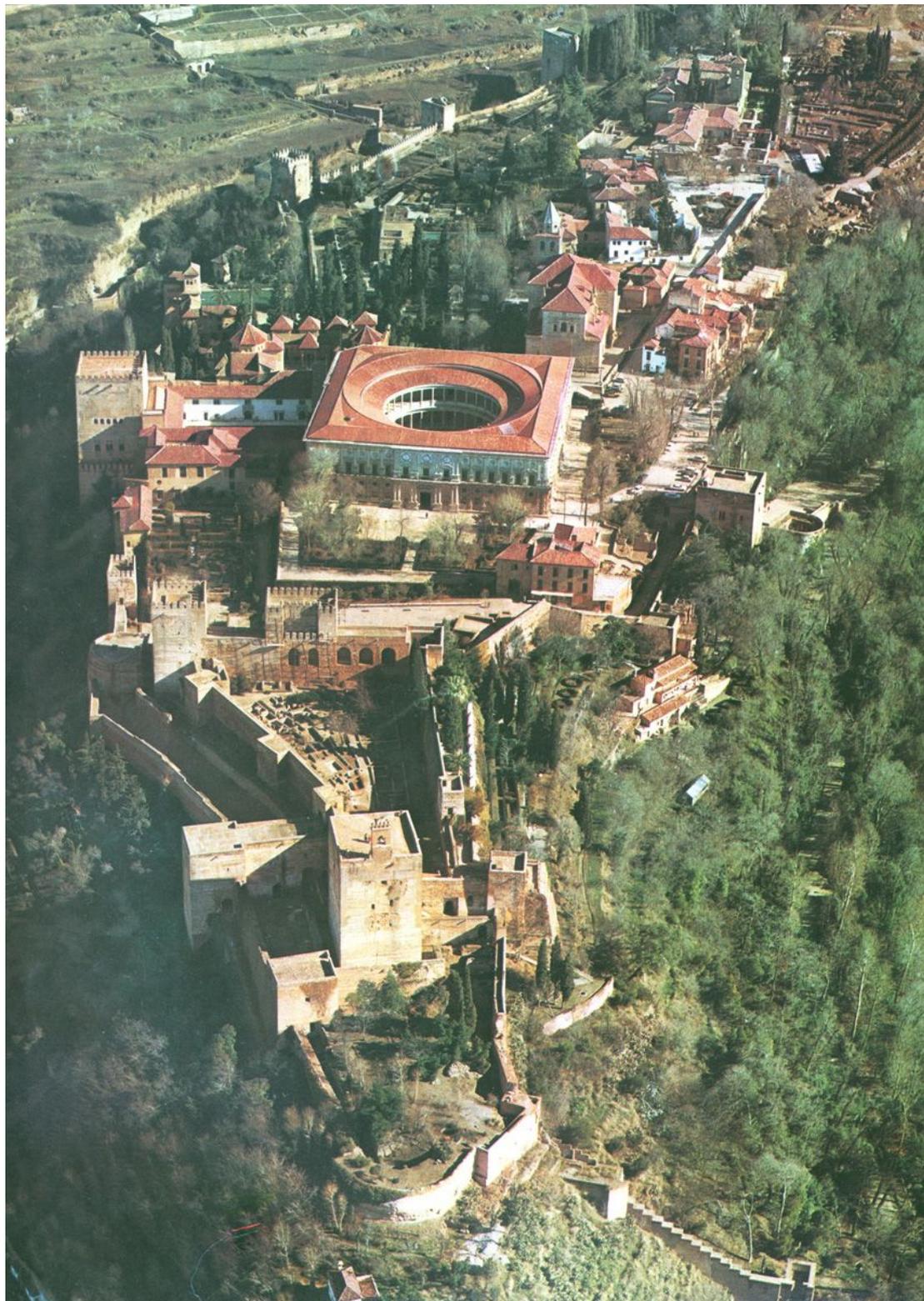
7. MANTENGA FRESCA LA CASA FAVORECIENDO SU VENTILACION NOCTURNA. Favorezca la ventilación nocturna como modo de eliminar de la casa el calor acumulado en ella de día. Ventile suficientemente el desván, para evitar el embolsamiento de aire caliente bajo la cubierta.

## **09. Caso de estudio: La Alhambra, Granada**

Estudio de Tod Willmert



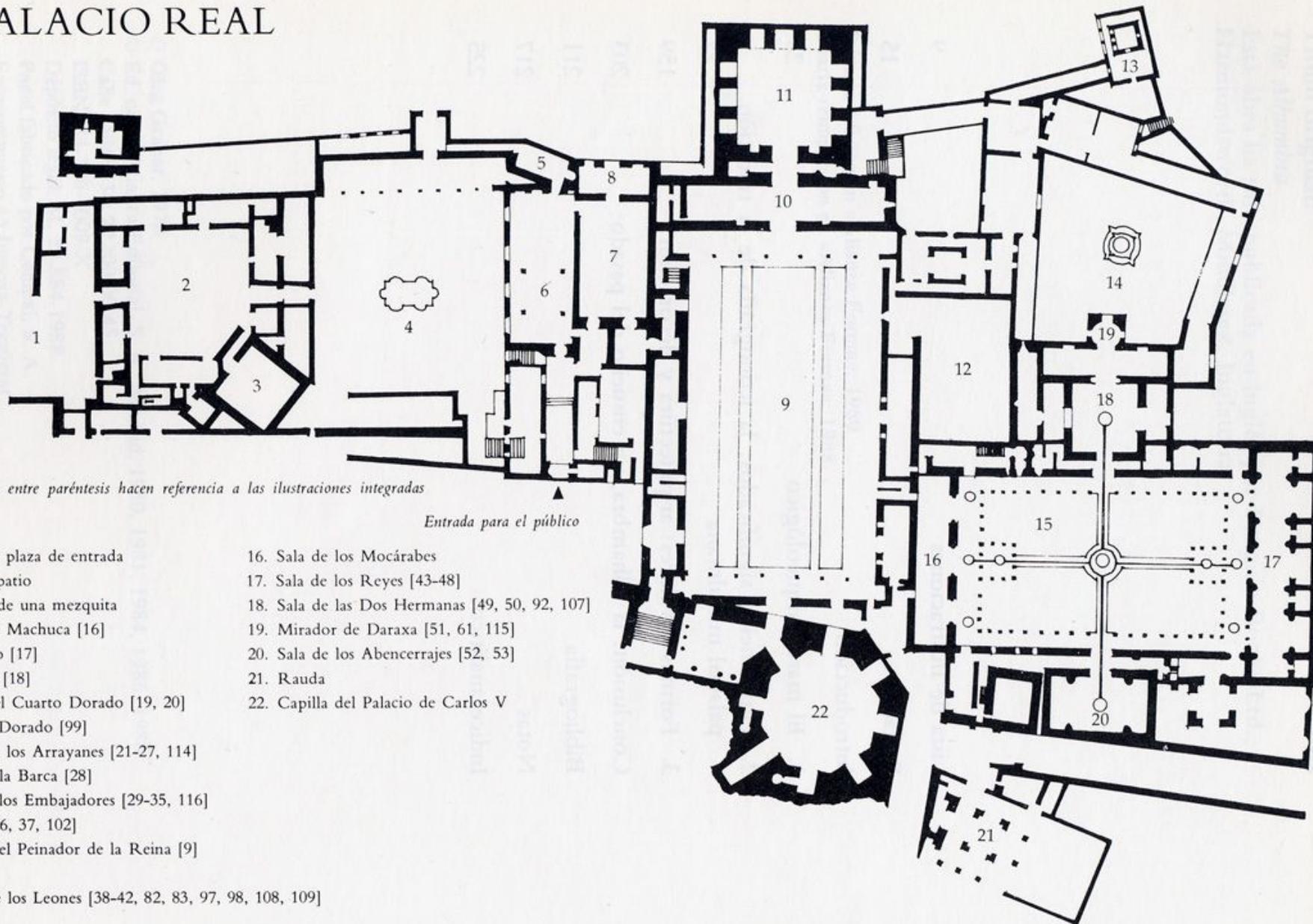
Procedencia: Prieto Moreno



Procedencia: Prieto Moreno



# EL PALACIO REAL



Procedencia: Oleg Grabar

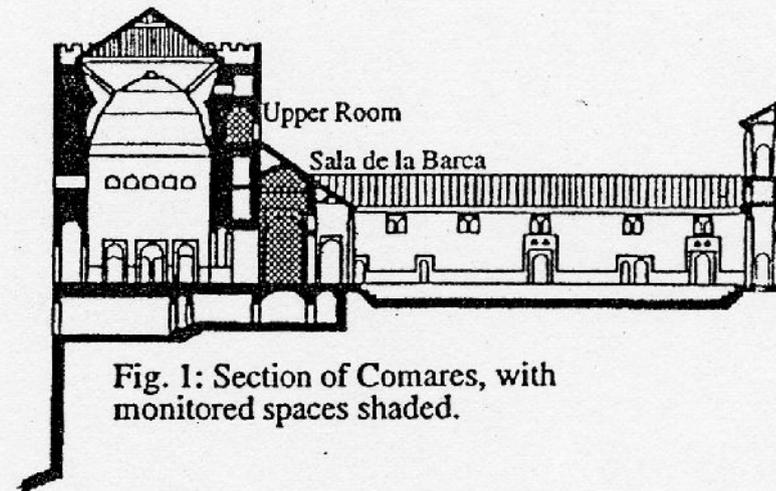
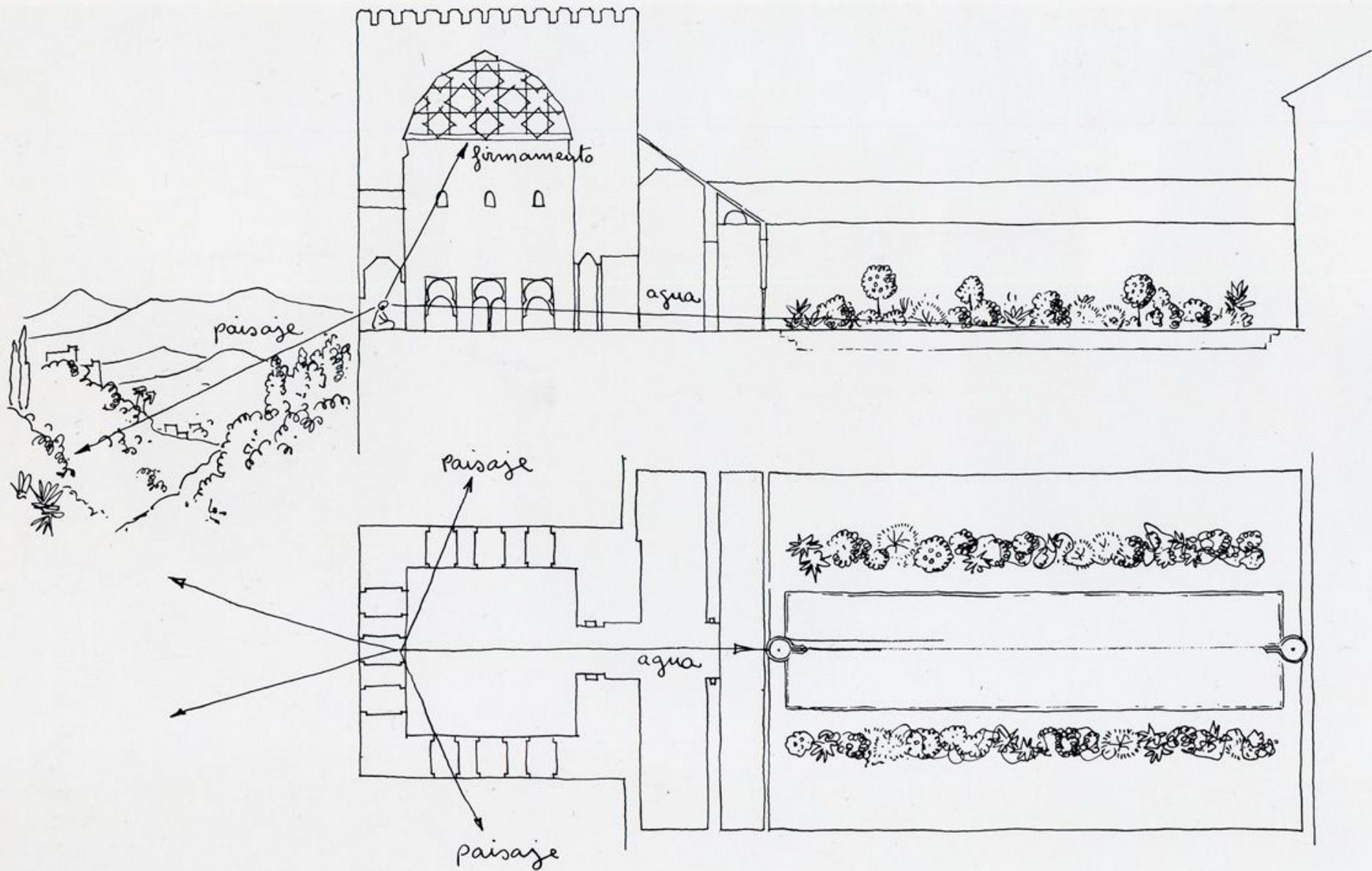


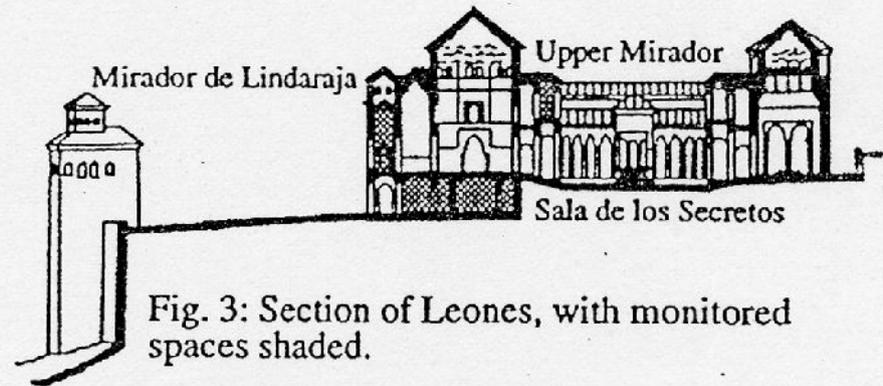
Fig. 1: Section of Comares, with monitored spaces shaded.

Procedencia:  
Pérez de Lama, T. Wilmert



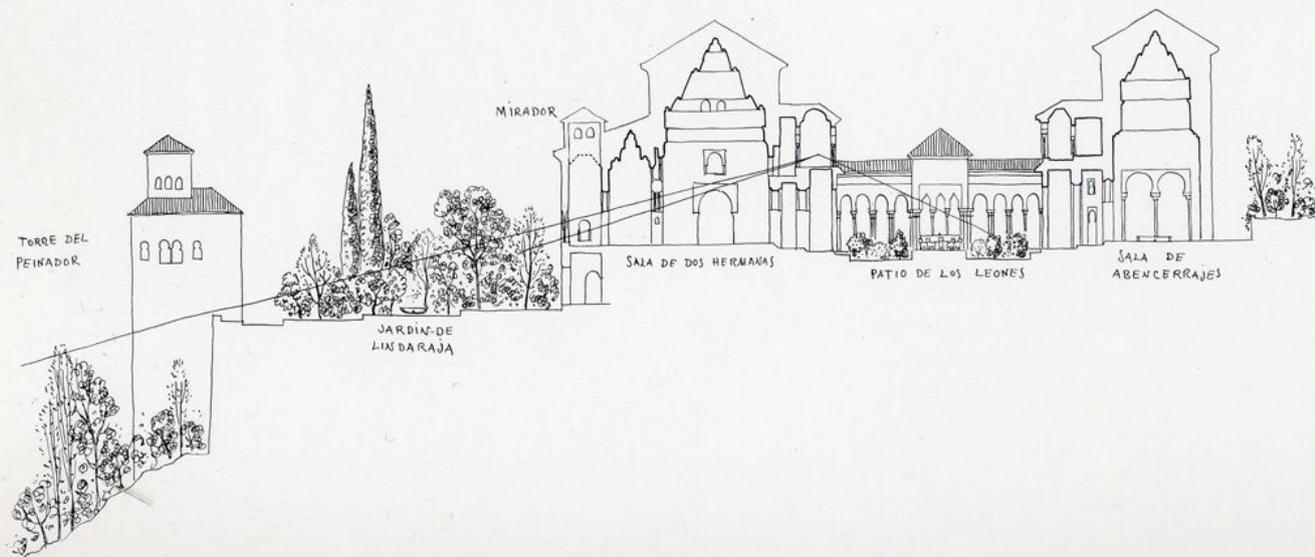
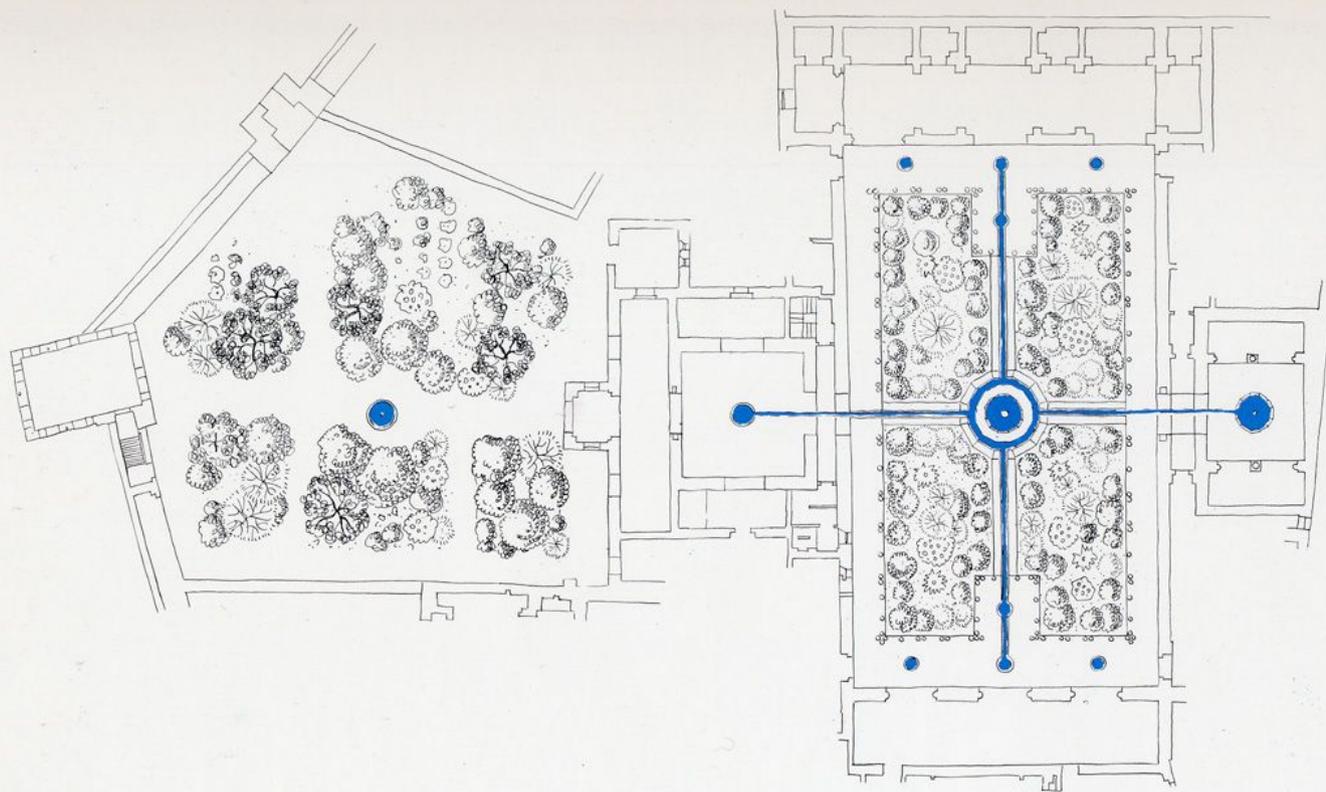
Planta y sección de la Torre de Comares y el Patio de los Arrayanes, donde puede apreciarse el sentido de incorporación de los elementos cósmicos a la arquitectura, manifiesto en el firmamento, que se simboliza sobre el Salón del Trono, el dominio del paisaje a través de los ajimeces y la visual sobre el eje de la alberca.

Procedencia: Prieto Moreno



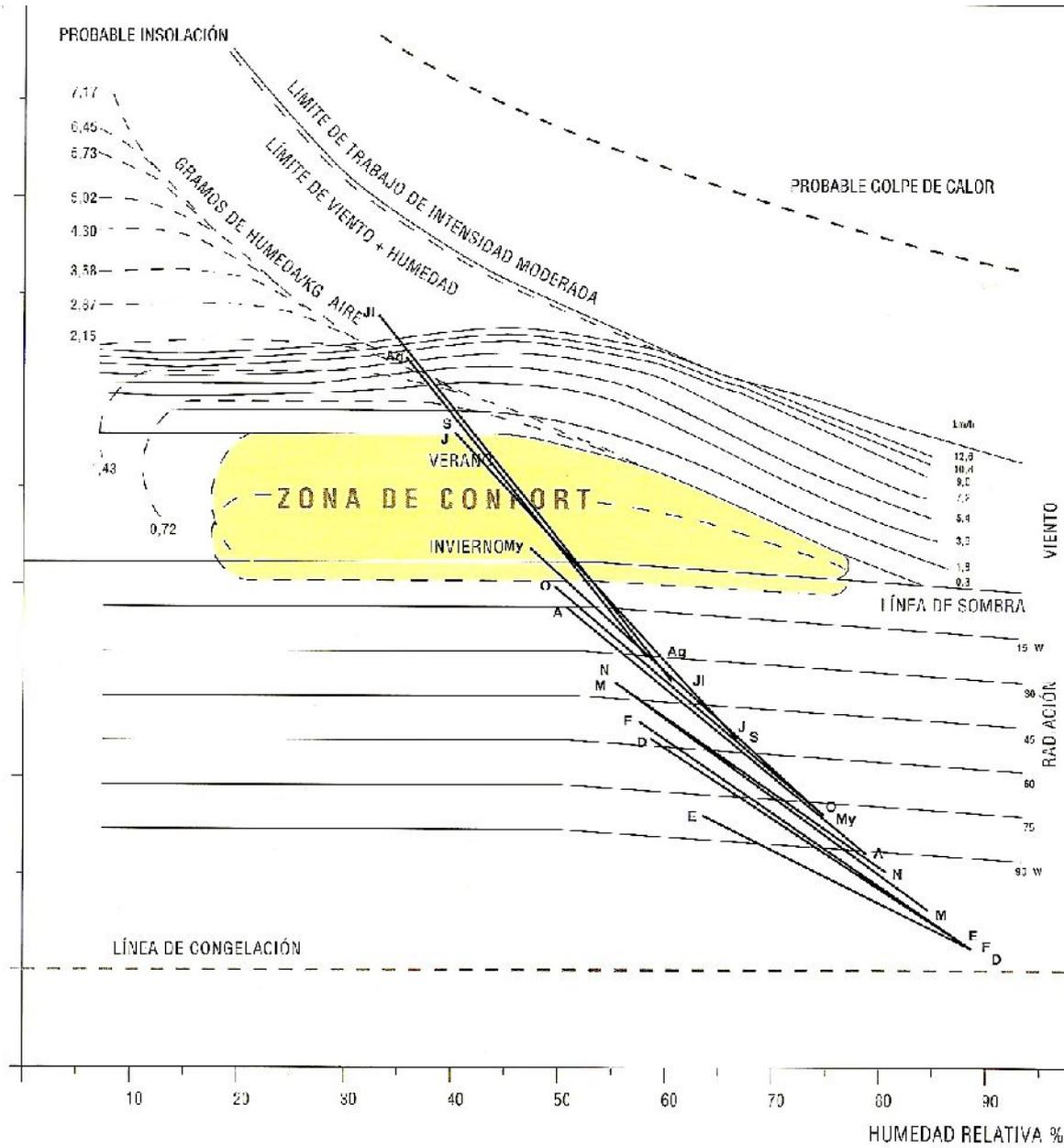
Procedencia: T. Wilmert





Planta y sección de la parte residencial del Palacio musulmán, según una reconstitución situada en época anterior al cierre del Patio de Lindaraja por los pabellones edificadas en tiempos de Carlos V.

# GRANADA



## GRANADA

### Diagrama bioclimático de Givoni

Desde mediados de noviembre a mediados de abril, para tener una sensación térmica agradable en el interior de las viviendas, se necesita aporte de energía, que en general puede obtenerse por medios solar-pasivos, aunque en los momentos más fríos, noches y días de helada o muy cubiertos será necesario el concurso de otros tipos de energía, bien solar-activa, bien convencional.

En abril, mayo, octubre y hasta mediados de noviembre el calor necesario para el confort puede obtenerse por medios solar-pasivos.

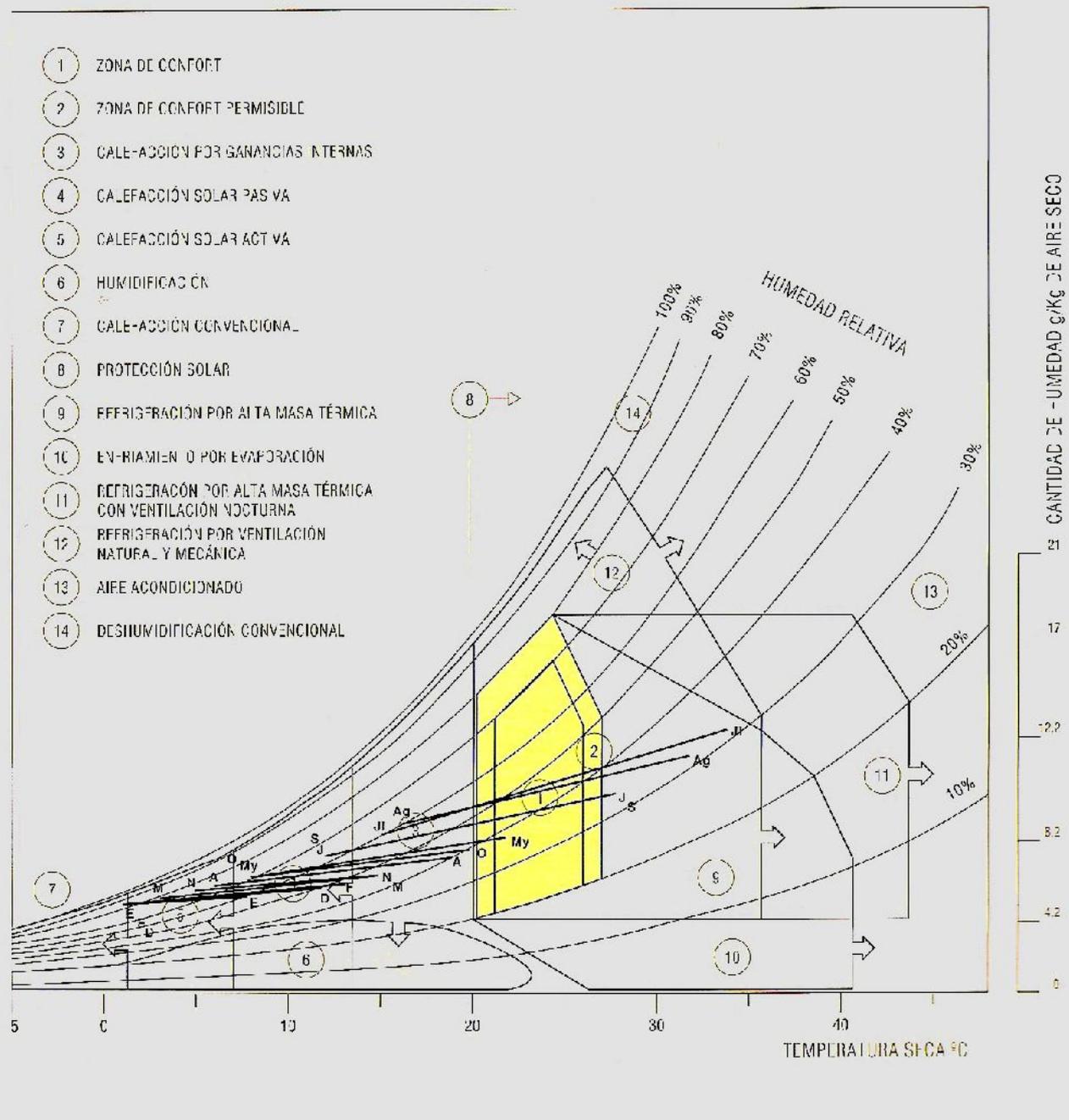
Dadas las grandes diferencias de temperaturas día-noche en junio y septiembre, el confort dentro de las edificaciones se obtiene por

la combinación de un buen diseño para el aprovechamiento solar pasivo y el uso de materiales de alta capacidad calorífica.

De mismo modo, para controlar los intercambios de calor dentro-fuera en julio y agosto es necesario el uso de materiales de gran capacidad calorífica que aumenten la inercia térmica de la edificación, con desfase de onda de unas 12 horas al menos, y aproximar la temperatura interior a la temperatura media diaria que en estos meses es del orden de los 24°C.

El diseño debe, a su vez, favorecer la ventilación o prever sistemas de ventilación mecánica.

La ventilación natural, que puede exigir velocidades de hasta 15 Km/h, hay que crearla con el diseño del edificio, ya que la zona sufre una frecuencia de calmas del 40% en verano, por lo que no basta con el aprovechamiento del régimen de vientos.



Arquitectura y clima en Andalucía. Manual de Diseño, 1996

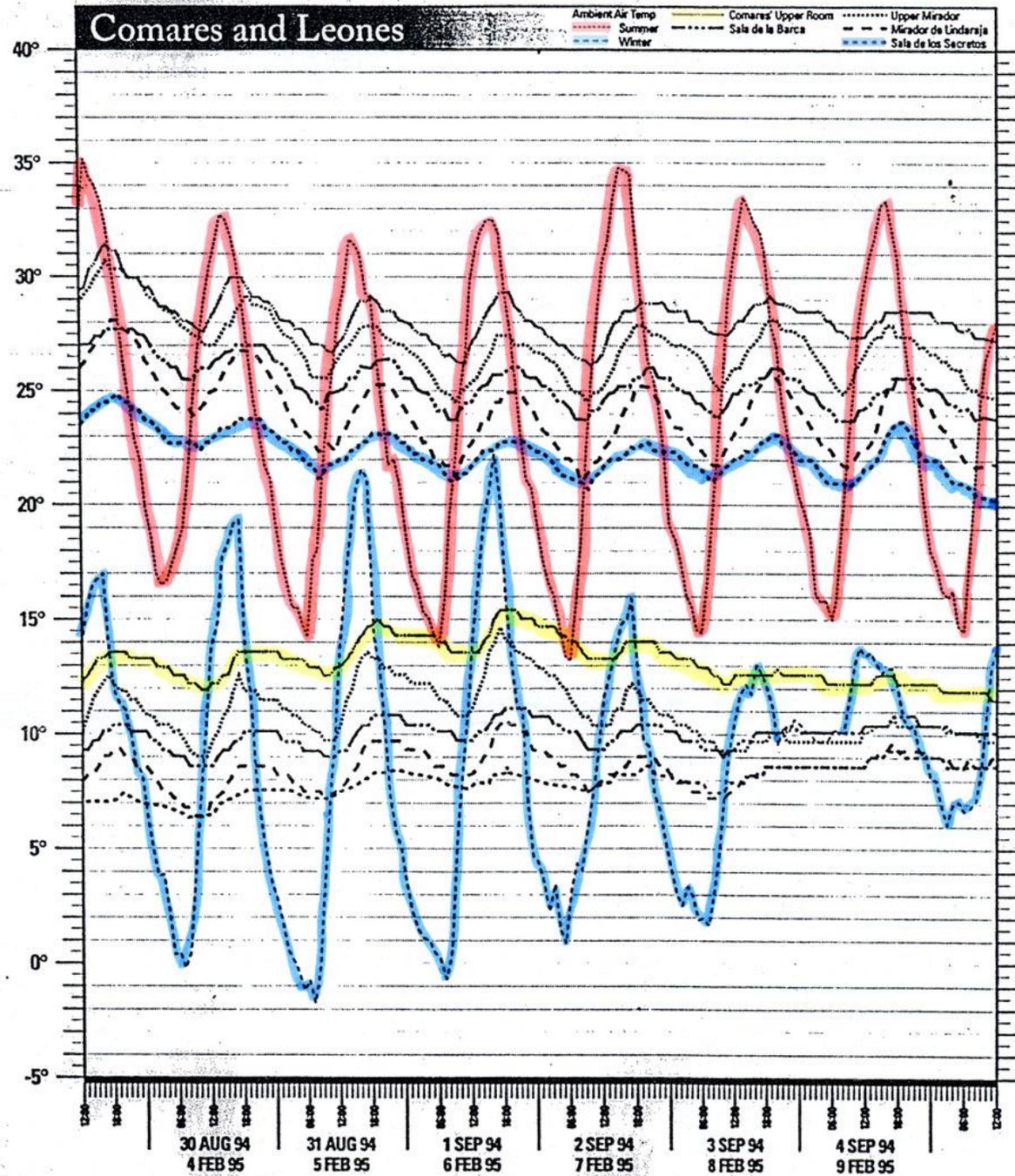


Fig. 2: Graph of summer and winter temperatures in Comares and Leones.

Procedencia: T. Wilmert

## **Bibliografía**

AAVV, 1996, Arquitectura y clima en Andalucía. Manual de Diseño, Junta de Andalucía, Consejería de Obras Públicas y Tansporte, Sevilla

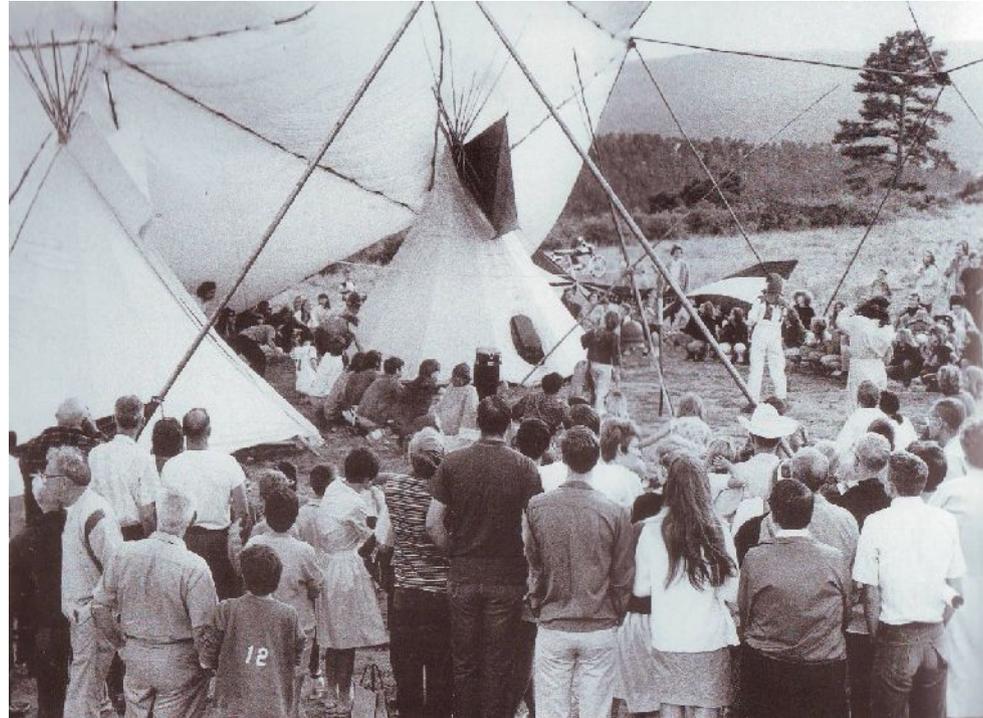
AIA, *sf*, La casa pasiva ... Editorial Blume, Barcelona

Fco. Javier Neila, 2004, Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible, Munilla-Lería, Madrid

Rafael Serra, 2002 (1999), Arquitectura y climas, Gustavo Gili, Barcelona

Donald Watson y Kenneth Labs, 1983, Climatic Design. Energy Efficent Building Principles and Practices, McGraw Hill, Nueva York

Tod Willmert, *sf*, The Alhambra's Passive Strategies, *manuscrito*, Sevilla



Hoag Farm, década 1960

**Arquitectura y Medio Ambiente curso 2008/2009 Grupos D y F**  
**Escuela Técnica Superior de Arquitectura**  
**Universidad de Sevilla**

*Clase 07 (para el grupo F)*

**Profesor: José Pérez de Lama**

**<http://htca.us.es/blogs/ama0809df>**

Licencia del documento: Creative Commons atribución distribuir-igual 3.0 

<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>

De las imágenes: sus autores