



INSTITUTO DE ARQUITECTURA TROPICAL
INSTITUTE FOR TROPICAL ARCHITECTURE

**RENDIMIENTO TERMICO DE EDIFICIOS
TRADICIONALES Y MODERNOS
EN KERALA, INDIA DEL SUR**

Vijaya lakshmi Akella M.E (Ingeniera Estructural)
Profesorado, Departamento de Arquitectura,
BMS Universidad de Ingeniería, Bangalore, INDIA.

**THERMAL PERFORMANCE OF TRADITIONAL AND
MODERN BUILDINGS IN KERALA, SOUTH INDIA**

Vijaya lakshmi Akella M.E (Structural engineering)
1Faculty, Department of Architecture,
BMS College of Engineering, Bangalore, INDIA.



Fundación Príncipe Claus para la
Cultura y el Desarrollo

FUNDACION PRINCE CLAUS PARA LA CULTURA Y EL DESARROLLO
PRINCE CLAUS FUND FOR CULTURE AND DEVELOPMENT

Palabras clave: rendimiento térmico, carga térmica, tabla bioclimática, técnicas pasivas.

Resumen:

El ambiente interno de las viviendas construidas y diseñadas tradicionalmente en India es considerado mejor que el de los edificios modernos. Este trabajo consiste en el monitoreo simultáneo de las condiciones térmicas externas e internas de dos tipos de edificios en un período de cinco meses.

Ambos edificios tienen la misma orientación, están ubicados en la misma localidad con casi el mismo micro-clima y son ventilados naturalmente.

El edificio tradicional con 150 años de antigüedad, tiene cubierta de teja, paredes protegidas de 50 cm de espesor de laterita y un cielo raso de 6m de alto. Una parte del edificio ha sido reservada para el estudio. Las habitaciones NR1, NR2, NR3 y NR4 mostrados en planta del edificio tradicional y RR1 y RR2 en el edificio moderno, han sido monitoreadas para estudiar el desempeño térmico.

El edificio moderno, construido hace 20 años, con cubierta plana de RCC, paredes de laterita de 30 cm y cielo raso de 3m de alto también fue monitoreado en la estación de verano.

El trabajo reportado trata la primera fase de un estudio que continúa. Esto comprende:

Monitorear los edificios y estudiar las condiciones de bienestar interno.

Cuantificar el efecto de técnicas pasivas simples. Las paredes del edificio tradicional han sido protegidas con mecanismos de sombra tales como aleros proyectados y corredores. Las cargas térmicas computadas fueron significativamente menores al ser comparadas al edificio moderno. Esto generó interés en cuantificar el efecto de proteger las paredes y la cubierta. Entonces para el edificio moderno las cargas térmicas son computadas nuevamente protegiendo las paredes y la cubierta. El análisis computarizado mostró la sensibilidad de las condiciones internas debido a estos cambios.

Key words: thermal performance, heat loads, bioclimatic chart, passive techniques

Summary:

Indoor climate of Traditionally Constructed and Designed houses in India is considered better than modern buildings. The current work relates to the simultaneous monitoring of outdoor and indoor thermal conditions of the two types of buildings over a period of five months.

Both the buildings are having same orientation and are located in the same locality with almost the same micro climate and are naturally ventilated.

The traditional building which is 150 years old has tiled roof, 50 cm thick sheltered laterite walls and a 6m high ceiling. A portion of the building has been taken up for study. The rooms NR1, NR2, NR3 and NR4 of the traditional building shown in plan have been monitored for heat performance and RR1 and RR2 in the modern building.

The Modern Building which is built recently 20 years old with RCC flat roof, 30cm laterite walls and 3 mts high ceiling was also monitored in the summer season.

The work reported here deals with the first phase of a continuing study. This comprises of study under the following heads:

- Monitoring the case study buildings and studying the indoor comfort conditions

- Quantifying the effect of simple passive techniques. The walls of the traditional building have been provided with shading devices such as projecting eaves and verandahs. The heat loads computed were found to be significantly less when compared to the modern building. This generated interest in quantifying the effect of sheltering the walls and roof. Hence for the modern building the heat loads are computed again by sheltering the walls and roof. The computer analysis shows the sensitivity of the internal conditions due to these changes.

1.0 Introducción

La mayoría de los edificios en India aún incorporan estrategias naturales de iluminación y ventilación.

La crisis energética hasta ahora no ha afectado a la India en cuanto a lo que el calentamiento y enfriamiento de edificios concierne, como lo ha hecho en los países desarrollados. Sin embargo, la crisis petrolera de los años setenta sí influyó a algunas instituciones gubernamentales y de investigación a buscar fuentes de energía y conservación alternativas. Consecuentemente, un gran número de edificios sensibles al clima y energéticamente eficientes han sido construidos.

Es esta necesidad lo que promovió la investigación enfocada a estudiar los edificios tradicionales para comprender las características que afectan considerablemente sus cargas térmicas.

1.1 Presente Estudio

El presente estudio consiste en la evaluación del rendimiento de un edificio vernáculo y uno moderno en Cochin, Kerala. Los edificios pertenecen a la zona climática Caliente-Húmeda. Están localizados en Chottanikkara, alrededor de 20km de Cochin en Kerala. Kerala se encuentra entre los 8 grados 18 minutos y los 12 grados 45 minutos Latitud Norte y entre 74 grados 62 minutos y 77 grados 24 minutos Longitud Oeste. Los edificios están localizados a 9°58' de latitud.

Es interesante estudiar esos elementos de un edificio vernáculo que contribuyen a un mejor rendimiento al ser comparado a un edificio moderno.

2.0 Area de Estudio: Una breve descripción del área de estudio ha sido dada para entender el desarrollo de la arquitectura tradicional en este Estado del sur de India.

2.1 Influencias en el Estilo Arquitectónico:

De acuerdo con Sir Bannister Fletcher, el estilo arquitectónico de la región es influenciado por factores geográficos, geológicos, climáticos, religiosos, sociales e históricos; sus influencias son pronunciadas en el caso de la arquitectura tradicional de Kerala.

2.2 Geográfico:

Kerala está geográficamente aislado del resto de India por los altos Ghats del Oeste. Tuvo contacto comercial con Fenicia, Arabia y China desde tiempos muy remotos a través de numerosos puertos en

1.0 Introduction

The majority of buildings in India still incorporate natural means of light and ventilation. The energy crisis did not affect India so far as the heating and cooling of buildings are concerned, as much as it did the developed countries. But the oil crisis of the seventies did influence some Governmental and research institutions to look for alternative sources of energy and conservation. Consequently a large number of climate responsive and energy efficient buildings have been built.

It is this need which promoted the research into studying the traditional buildings to understand the features which considerably affect the heat loads.

1.1 Present study

The present study involves in evaluating the performances of a Vernacular and a modern building at Cochin in Kerala. The buildings fall in the Warm-Humid climatic zone. The buildings are located at Chottanikkara, around 20km from Cochin in Kerala. Kerala lies between 8 degree 18 minute and 12-degree 45 minute North Latitude and between 74 degree 62 minute and 77 degree 24minute East longitude. The buildings are located at 9o 58'latitude.

It is interesting to study those elements of a vernacular building which contribute to a better performance when compared to a modern building.

2.0 Study Area: A brief description of the study area has been given to understand the development of traditional architecture in this state of south India.

2.1 Influences on Architectural Style:

According to Sir Bannister Fletcher, the architectural style of the region is influenced by geographical, geological, climatic, religious, social and historical factors; their influences are pronounced in the case of traditional Kerala architecture.

2.2 Geographical:

Kerala is geographically isolated from the rest of India by the high Western Ghats. It had trade contacts with Phoenicia, Arabia and China from a very ancient time through numerous ports on

la costa oeste. La influencia de este contacto se siente algunas veces en la región. Por ejemplo los característicos aleros volteados hacia arriba y los tapicheles de las estructuras del sur de Kerala se dice que son el resultado de la influencia formal China que tenía importantes enlaces comerciales con Quilon, el puerto más prominente del sur de Kerala antiguamente. Influencias de los daneses, portugueses, franceses e ingleses pueden apreciarse en edificaciones construidas en períodos posteriores. La provisión de aberturas columnadas y arqueadas, grandes ventanas y puertas esmaltadas, balaustradas en los corredores, grandes escaleras, estructuras con alturas incrementadas etc. son indicadores de estas influencias. Los rasgos de esta arquitectura colonial eran principalmente restringidos a las características visuales. Los principios de diseño de estos edificios permanecían conservadores. Esto muestra la modificación del estilo tradicional por un contacto cultural particular.

2.3 Geológico:

Kerala presenta dos rasgos geológicos característicos en las regiones habitables de tierras bajas y tierras medias.

1) Suelos blandos en los cuales la capacidad de carga es baja 2) Suelos duros de laterita en los cuales la capacidad de carga es alta. Esto ha dado cabida a dos tipos diferentes de soluciones para las edificaciones tradicionales. En las áreas de suelos blandos, la estructura era en marcos de construcción.

Para reducir la carga ejercida sobre el terreno, se utilizó madera para toda la estructura, tanto para los marcos como para los rellenos. Las estructuras eran de un solo nivel.

2.5 Clima:

La región de estudio yace en la franja subtropical.

Hay una larga y pesada estación monzónica que abarca desde junio hasta diciembre con un corte en setiembre – octubre. Ambos monzones, suroeste y noreste, golpean la región con gran fuerza. La precipitación promedio es de 3000 mm. La variación de temperatura, ambas diurna y anual, es muy baja (alrededor de 10° C máximo). La humedad es muy alta a través del año, normalmente sobre 80% y alcanza el nivel de saturación durante las lluvias. Las condiciones climáticas anteriores han necesitado cubiertas de alta inclinación con aleros anchos y bajos; estructuras largas y abiertas, con corredores abiertos alrededor. Cuando se requieren más espacios construidos, siempre es proveído con patios. La alteración de espacios abiertos y construidos con cubiertas de gran inclinación, anchos

the western seaboard. The influence of this contact is sometimes felt in the region. E.g. the characteristic upturned eaves and the gables of the southern Kerala structures are said to be the result of influence from China which had important trade links with Quilon, the most prominent port in Southern Kerala in ancient times. Influences of the Dutch, Portuguese, French and English can be seen in the buildings constructed in later period. The Provision of columned and arched openings, large glazed windows and doors, balustrades in the veranda, large staircases, increased height of structures etc. are indicative of these influences. The features of this colonial architecture were mainly restricted to the visual characteristics. The design principles of these buildings remained conservative. This shows the modification of traditional style by a particular cultural contact.

2.3 Geological:

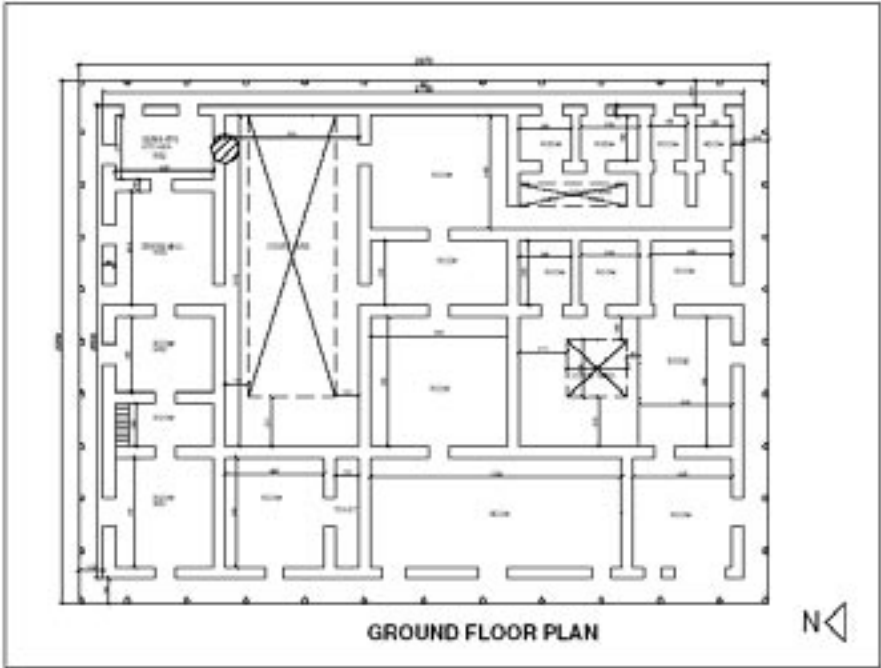
Kerala has two characteristic geological features in the habitable regions of lowland and midland.

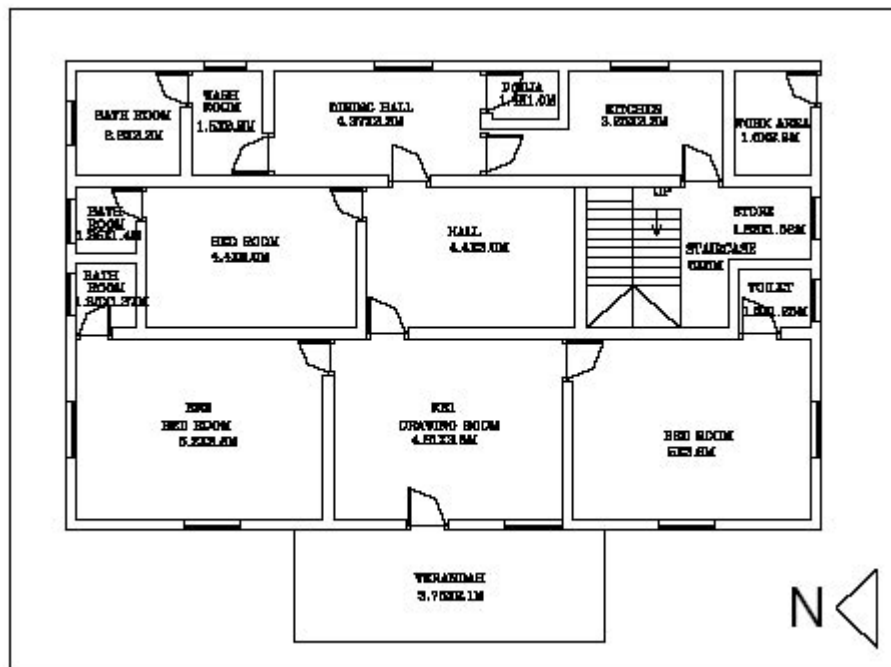
1) Loose soil of which bearing capacity is low and 2) Hard laterite ground where bearing capacity is high. This has given rise to two different structural solutions to traditional buildings. In areas where the soil was loose, the superstructure was of framed construction. Further, to reduce the load coming over the soil, timber was used for the entire super structure, for frames as well as for infilling. The structures were invariably single storied.

2.5 Climate: The study region lies in the subtropical belt. There is a long and heavy monsoon season stretching from June to December with a month's break in September – October. Both southwest and northeast monsoons strike the region with full force. Average rainfall is 3000 mm. The temperature variation, both diurnal and annual, is very low (around 10° C maximum). Humidity is very high throughout the year, normally over 80%, and reaching saturation point during the rains. The above climatic conditions have necessitated high pitched roof with wide overhangs and low eaves, and structures single bay wide with open verandas around. When more built spaces are required, it is always provided with courtyards. The alteration of open and built spaces with steep pitched roof, wide veranda, low eaves etc. have resulted in the unique

corredores, aleros bajos etc. han resultado en el architectural style of the region.
estilo arquitectónico único de la región.

3.0 Plantas y elevaciones frontales del edificio tradicional
Plan & front elevations of the traditional building
Elevación frontal del edificio tradicional - jardín central
Front elevation of the traditional building - central courtyard





Planta arquitectónica del edificio tradicional

Planta arquitectónica y elevación frontal del edificio moderno



3.1 Rasgos del edificio tradicional

El edificio tradicional tiene cubierta de teja con cielos rasos de 6 mts. de alto. Únicamente NR1 tiene un piso mezanine. Las paredes son construidas de laterita, un material disponible localmente, y son de 50 cm de espesor. El edificio tiene 3 patios.

3.1 Features of the traditional building:

The traditional building has tiled roof with 6 mts high ceiling. Only NR1 has a mezzanine floor. The walls are constructed of laterite a locally available material and are 50 cm thick. The building has 3 court yards.

3.2 Rasgos del edificio moderno:

La cubierta es de concreto reforzado de 0.15 m de espesor y el cielo está a 3 mts. de altura. Este edificio no tiene patios.

4.0 Análisis

Es importante comprender los rasgos de los edificios y el paisaje que son los elementos que influyen principalmente el bienestar térmico.

4.1 Envoltura del Edificio

4.1.1 Tipo de Cubierta: El edificio tradicional tiene cubierta de teja. La sección estudiada del edificio tiene la cumbrera en dirección este oeste y las pendientes de la cubierta hacia el norte y hacia el sur. La totalidad de la cubierta no queda expuesta al sol al mismo tiempo mientras que en el edificio moderno el techo plano queda expuesto al sol totalmente. El edificio moderno se calienta y guarda calor debido a su alta masa térmica en comparación al de cubierta de teja. La tendencia muestra que la temperatura interior en el edificio moderno es alta, extendiéndose inclusive hasta la medianoche. El edificio de cubierta de teja se enfría mucho más rápido resultando en mayor bienestar durante las noches.

4.1.2 Color y Textura de las paredes: En el edificio tradicional las paredes están pintadas azul claro y tienen textura áspera. En el edificio moderno las paredes son lisas y están pintadas rosa oscuro. Los colores claros reflejan la radiación mientras que los oscuros la absorben. La textura áspera logra auto-sombreado de las paredes. Esta es una de las razones para la temperatura baja de los edificios tradicionales.

4.1.3 Paisaje/Vegetación: Los alrededores tienen una densa vegetación con muchos árboles altos y plantaciones de caucho excepto en la fachada frontal en ambos casos. El área restante presenta vegetación de manera densa. El área total tiene una naturaleza similar de vegetación.

4.1.4 Masas de Agua: El complejo tiene varias masas de agua grandes. En este complejo existen cuatro lagos naturales, uno muy grande y los otros tres pequeños. La gran masa de agua está muy cercana a las habitaciones estudiadas en el edificio tradicional. Esta es una de las razones para la alta humedad presente en el edificio tradicional.

3.2 Features of the modern building:

The roof is of Reinforced cement concrete with 0.15m thick and the ceiling height is 3 mts. This building doesn't have courtyards.

4.0 Analysis

It is important to understand the features of the buildings and the landscape which mainly influence the thermal comfort.

4.1 Building Envelope

4.1.1 Type of roof: Traditional building has tiled roofing. The portion of the building studied has ridge line running east west and the roof slopes to the north and south. The whole Roof is not exposed to sun at the same time whereas in the modern building the flat roof is exposed to the sun throughout. The Modern building gets heated up and stores heat because of high thermal mass as compared to the tiled roof building. The trend shows that the inside temperature in the modern building is high extending even up to midnight. The Tiled roof-building cools down much faster resulting in higher comfort during nights.

4.1.2 Color and Texture of walls: In the traditional building the walls are painted light blue in color. The walls have rough texture. In the modern building the walls are smooth and painted dark pink. Light colors reflect radiation whereas dark colors absorb radiation. Rough texture causes self-shading of walls. This is one of the reasons for low temperature in traditional building.

4.1.3 Landscape/Vegetation: The surroundings have dense vegetation all around with lots of tall trees and rubber plantations except in the front façade in both the buildings. The remaining area is thickly vegetated. The entire area has similar nature of vegetation.

4.1.4 Water bodies: The compound has several large water bodies. In this compound there are four natural ponds, one very large and the other three small. The large water body is very near to the rooms studied in traditional building. This is one of the reasons for high humidity in traditional building.

4.1.5 Orientación: Ambos edificios están orientados Norte Sur. El eje largo de los edificios mira Norte Sur.

4.1.6 Aberturas: En el edificio tradicional el porcentaje de aberturas en la fachada oeste es de 11 y en la fachada norte es de 9.2. En el edificio moderno en la fachada oeste es de 14.2 por ciento y en la fachada norte es de 7.82 por ciento. El porcentaje de aberturas es más alto en el edificio moderno, por ende, la radiación también es mayor. La fenestración está completamente sombreada en el edificio tradicional con profundos aleros colgantes mientras que en el edificio moderno están sombreadas con viseras horizontales de 0.6m de ancho.

4.1.7 Forma de Planta: La ganancia o pérdida de calor depende de la razón de superficie volumen (s/v). Si la razón de superficie volumen es pequeña la ganancia de calor o pérdida del mismo es menor. Para el edificio tradicional la razón s/v es de 0.15 y para el edificio moderno es de 0.28. Comparado al edificio RCC la razón s/v es menor para el edificio tradicional, por ende, la ganancia o pérdida de calor es menor.

5.0 Recolección y análisis de datos

Durante el estudio, la temperatura y humedad fueron recopiladas utilizando termómetro e higrómetro simples. Fueron posicionados en el centro de todas las habitaciones comprendidas en el estudio. Las lecturas fueron recopiladas desde las 9 AM hasta las 5 AM en intervalos de 2 horas por un período de 5 meses (Diciembre a Abril). Las condiciones externas también fueron monitoreadas en el mismo intervalo. Los instrumentos exteriores fueron posicionados a 60.96 cm de la pared exterior para que estuviesen a la sombra de los aleros a toda hora del día.

El método adoptado para reducir la vasta cantidad de datos recopilados fue el de buscar la condición de tiempo exterior pico para el día y compararla con la temperatura y humedad internas en el mismo tiempo.

Las Tablas 1 y 2 muestran los datos de temperatura para los edificios tradicional y moderno durante el mes de abril. T_{externa} representa la temperatura exterior. En la tabla 1 T_1, T_2, T_3, T_4 representan las temperaturas internas en NR1, NR2, NR3 y NR4 respectivamente del edificio tradicional. En la tabla 2 T_1, T_2 representan las temperaturas internas en RR1 y RR2 del edificio moderno. ΔT representa la diferencia entre las temperaturas externas e internas en ambas tablas.

4.1.5 Orientation: Both buildings are oriented north south. The longer axis of the buildings faces north south.

4.1.6 Openings: In the traditional building the percentage of openings on the west facing side is 11 and on the North facing side is 9.2. In modern building on the West Side it is 14.2 percent and on the north side it is 7.82 percent. The percentage of openings is more in the modern building. So the radiation is also more in modern building. The fenestration is completely shaded in traditional building with deep overhanging eaves whereas in the modern building they are shaded with horizontal sunshades of 0.6m width.

4.1.7 Plan form: Heat gain or loss depends on the surface volume ratio(s/v). If the surface volume ratio is small heat gain or heat loss is less. For traditional building s/v ratio is 0.15 and for modern building it is 0.28. Compared to RCC building the s/v ratio is smaller for traditional building so the heat gain or loss is less.

5.0 Data collection and analysis of data

During the study temperature and humidity were recorded using simple thermometer and hygrometer. They were positioned in the center of all the rooms taken up for the study. The readings were recorded from 9 AM to 5 AM at 2 hours interval for a period of 5 months (December to April). The outside conditions were also monitored at the same interval. The outside instruments were positioned 2 feet from the external wall so that it was shaded at all times of the day by the projecting eaves.

The method adopted to reduce the vast quantity of data collected was to look for the peak day time condition outdoors and to compare this with the indoor temperatures and humidity levels at the same time.

Tables 1 and 2 show the temperature data for the traditional and the modern building during the month of April. T_{externa} represents the outside temperature. In table 1 T_1, T_2, T_3, T_4 , represent the indoor temperatures in NR1, NR2, NR3 and NR4 respectively of the traditional building. In table 2 T_1, T_2 represent the indoor temperatures in RR1 and RR2 of the modern building. ΔT represents the difference between outdoor and indoor tempera-

Tabla 1- Abril – edificio tradicional - Traditional building

Hora/ Time	T _{externa}	T1 NR1	_T DIFF	T 2 NR2	_T DIFF	T3 NR3	_T DIFF	T4 NR4	_T DIFF
9:00AM	32.4	29.3	3.1	28.9	3.5	29.2	3.2	29	3.4
11:00AM	33	29.7	3.3	29.5	3.5	30.4	2.6	30.6	2.4
1:00PM	37.1	31.3	5.8	30.9	6.2	32.4	4.7	31.8	5.3
3:00PM	36.2	31.7	4.5	31.3	4.9	32.3	3.9	32.3	3.9
5:00PM	32	31.5	0.5	31.8	0.2	31.5	0.5	31.4	0.6

Tabla 2 - Abril- edificio moderno - Modern building

Hora /Time	T _{externa}	T1 RR1	_T	T2 RR2	_T
9:00AM	32.4	29.3	3.1	29.5	2.9
11:00AM	33	31	2	31.4	1.6
1:00PM	37.1	33.7	3.4	34.8	2.3
3:00PM	36.2	33.5	2.7	33.3	2.9
5:00PM	32	32.9	-0.9	33.6	-1.6

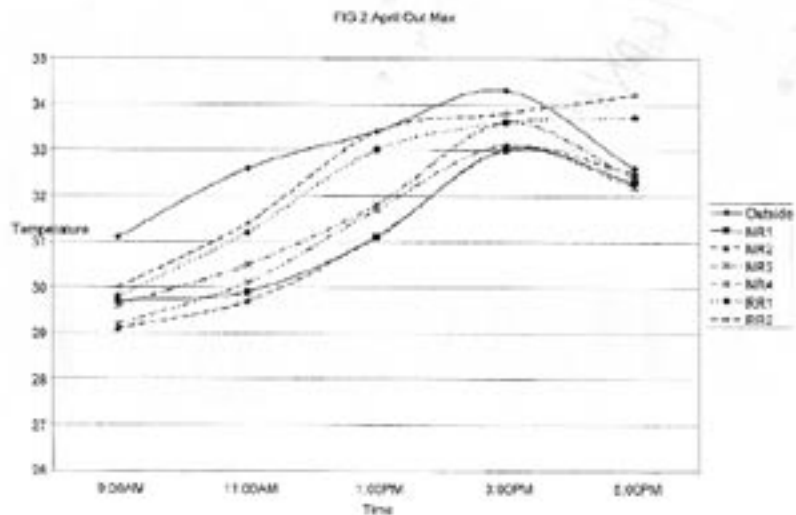
Tabla 3 - Desempeño térmico (de mejor a peor) - Verano

Rank order of best to worst thermal performance - Summer

Hora	Desempeño térmico (de mejor a peor)
9:00AM	NR2>NR3>NR4>NR1,RR1,>RR2
11:00AM	NR2>NR1>NR3>NR4>RR1>RR2
1:00PM	NR2>NR4>NR1>NR3>RR1>RR2
3:00PM	NR2>NR1>NR3>NR4>RR2>RR1
5:00PM	NR4>NR3,NR1,NR2,RR1>RR2

El gráfico 1 muestra la temperatura en todas las habitaciones durante el mes de abril.
Graph 1 shows the temperature in all the rooms during the month of april.

GRÁFICO 1



Como se puede observar en la tabla 1 el valor de ΔT varía entre 3 y 5 grados centígrados en el edificio tradicional, mientras que en el edificio moderno el valor ΔT varía entre 1 y 3 grados. El presente estudio se enfoca en el rendimiento térmico del edificio. La tabla 3 trata la clasificación basada en temperaturas de bulbo seco únicamente.

6.0 Cálculo de carga térmica:

Las cargas térmicas son calculadas basándose en la guía de aire acondicionado "Carrier". La transferencia térmica en edificios se da desde el envoltorio del edificio debido a la conducción (a través de paredes, cubierta y vidrios), radiación (a través de ventanas de vidrio) y ganancias térmicas internas debido a la gente, equipos.

6.1 Muestras de cálculos de cargas térmicas.

La tabla 4 muestra los cálculos de carga térmica para RR1. Se calculan las cargas térmicas debido a la conducción, radiación y ganancias térmicas internas. Cargas térmicas atribuidas a la ventilación no aplican ya que, este edificio está ventilado naturalmente. El valor U para paredes divisorias y para todas las paredes externas es calculado por separado. Los valores de radiación solar del 16 de abril a las 3 PM fueron tomadas de la guía de datos climáticos publicada por CBRI Rookie. Se asume que en todo momento hay 3 personas en la habitación y una lámpara encendida.

Las paredes del edificio tradicional están a la sombra a través del día porque los aleros proyectados cubren las paredes. Por ende la diferencia entre la temperatura externa e interna es dada equivalente como ΔT para el edificio tradicional. La temperatura efectiva también conocida como temperatura sol-air es tomada cuando las paredes son expuestas a radiación solar. Las paredes y cubierta del edificio moderno no están en sombra. Por ende, para RR1 y RR2 son tomadas temperaturas efectivas. Los valores son tomados del libro Refrigeración y Aire-acondicionado por CP Arora.

En RR1 solamente la pared oeste está expuesta al sol-air mientras que todas las demás paredes son divisorias. La cubierta también está expuesta al sol por lo tanto las temperaturas efectivas son tomadas tanto para la cubierta, como para la pared oeste.

ture in both the tables.

As can be seen in table 1 the value of T varies between 3 to 5 degrees centigrade in the traditional building whereas in the modern building the value of T varies between 1 to 3 degrees. The current study focuses on thermal performance of the building. Table 3 discusses the ranking based on dry bulb temperatures only.

6.0 Heat load calculations:

The heat loads are calculated based on "Carrier" air conditioners hand book. Heat transfer in buildings takes place from the building envelope due to conduction (through walls, roof and glass) radiation (through glass windows) and internal heat gains due to people, equipment.

6.1 Sample calculations of heat loads.

Table 4 shows the heat load calculations for RR1. The heat loads due to conduction, radiation and internal heat gains are calculated. Heat loads due to ventilation are not applicable as this building is naturally ventilated. The U value for partition walls and for all the external walls is calculated separately. The solar radiation values on April 16th at 3 PM were taken from hand book on climatic data published by CBRI Rookie. At any point of time it is assumed that there are 3 people in the room and one bulb is switched on.

The walls of the traditional building are under shade through out the day as the projecting eaves cover the walls. Hence the difference between outdoor and indoor temperature is taken equal as T for the traditional building. Effective temperature also known as sol-air temperature is taken when the walls are exposed to solar radiation. The walls and roof of the modern building are not shaded. Hence for RR1 and RR2 effective temperatures are taken. The values are taken from the book Refrigeration and Air-conditioning by CP Arora.

In RR1 only the west wall is exposed to sol air whereas all other walls are partition walls. The roof is also exposed to sun hence effective temperatures are taken for both roof and the west wall.

Tabla 4 - Cálculo de carga térmica para RR1 - Heat load calculation for RR1

1.conducción Conduction	Area A M2	valor U U value	_T Diferencia Temp. - Temp. Differences	Cargas térmicas A*U*_T Heat loads
Pared Norte - North wall	11.4	2.1	0.8	19.152
Pared Este - East wall	14.43	2.1	0.8	24.24
Pared Oeste - West wall	12.99	2.76	10.85	389
Pared Sur - South wall	11.4	2.10	0.8	19.152
Techo - Roof	18.28	3.35	25.65	451.5
Vidrios - Glass	1.44	5.67	0.8	6.53

2.Radiación	Area A	Radiación Solar I (W/sqm)		A*I
Pared Oeste West wall	1.44	470		676.8
3. Calor interno		Calor emitido		
No pers. No of people	3	160		480
Luces - Lights	1	60		60
Equipo - Equipment	Ventilation rate V			1300*V*_T
			CARGA TOTAL	3245 W

Tabla 5

Pieza Room	Volumen m2 Volume Sq/m	Carga térmica Watts - Heat load	Carga térmica Muros en sombra Heat load shaded walls	Carga térmica Muros y techos en sombra . Heat load roof & walls shaded
NR1	59.22	791		
NR2	100.62	1464		
NR3	137.59	1405		
NR4	86.58	1761		
RR1	54.72	3245	1548	561
RR2	59.28	3773	2337	692

6.2 Análisis

La tabla 5 muestra las cargas térmicas generadas en todas las habitaciones del edificio tradicional y del edificio moderno. Estas cargas térmicas son calculadas el 16 de abril a las 3 PM.

La tabla muestra el volumen de cada habitación y la carga térmica generada. NR1 tiene un nivel mezanine. Por lo tanto, la carga térmica es menor en NR1 si se compara con los otros aposentos sombreados en el techo. La carga térmica es dependiente del volumen del edificio.

La tabla 5 muestra que la carga térmica es mayor en RR1 y RR2. La transferencia térmica es mayor a través de las paredes y el techo. El elemento principal del edificio tradicional es la sombra de las paredes. Esto generó un especial interés en sombrear techos y paredes.

6.2 Analysis

Table 5 shows the heat loads generated in all the rooms of the traditional building and the modern building. These heat loads are calculated on April 16 at 3 PM.

The table shows the volume of each room and the heat load generated. NR1 has a mezzanine floor. Hence heat loads are less in NR1 when compared to all the other rooms as the roof is considered to be shaded. The heat loads are dependent on the volume of the building.

Table 5 shows that the heat loads are high in RR1 and RR2. The heat transfer is maximum through walls and roofs. The main features of the traditional building are that the walls are shaded. This generated interest to find out the effect of shading walls and roof.

Las cargas térmicas se calculan nuevamente asumiendo que en el edificio moderno las paredes y el techo están a la sombra. Esto reduce las cargas térmicas en un 40 a 50% sólo cuando las paredes están sombreadas y alrededor de un 80% cuando también el techo está sombreado.

Cuando el edificio moderno está sombreado, las cargas térmicas en RR1 y RR2 tienen casi el mismo valor que NR1 que tiene el mismo volumen.

7.0 Conclusiones:

El edificio tradicional tiene temperaturas internas bajas, comparadas con el edificio moderno. Se encontró que NR2 tiene la temperatura interna más baja durante la mayor parte del día y RR2 la máxima. La razón es que todas las paredes son sombreadas en el edificio tradicional. La porción estudiada del edificio tiene una cumbre de oeste a este y las inclinaciones (aguas) del techo al norte y sur. El techo en su totalidad nunca está expuesto al sol.

Es importante cuantificar el efecto de cada elemento del edificio para un mejor entendimiento de la transferencia térmica del edificio. Se intentó estudiar el efecto de la sombra en las paredes y en el techo. Este estudio sólo prueba que la mayor transferencia térmica ocurre a través de la piel del edificio. Se computó que la carga térmica se reduce en un 50% cuando sólo las paredes están en sombra y en un 80% cuando el techo también lo está.

Durante el estudio, se encontró que a pesar que las temperaturas son inferiores, el interior no es confortable porque la ventilación es pobre. Durante el estudio se comprobó que el anemómetro marcó velocidades menores a 1m/sec indicada por el reporte de la estación meteorológico local. Este estudio preliminar se enfocó en el desempeño térmico de los edificios. Sin embargo, se determinó en la carta bioclimática, que una velocidad del viento de 0,4 m/sec a 1 m/sec confiere bienestar en ambos edificios.

Se requiere un estudio exhaustivo para cuantificar el efecto de los patios. Técnicas computarizadas de fluidos dinámicos son necesarias para estudiar en detalle y entender el movimiento del fluido del aire y definir el tamaño óptimo de los patios.

Heat loads are calculated again by assuming the walls and roof to be shaded in the modern building. Due to this the heat loads are reduced by 40 to 50 % when only the walls are shaded and around 80 % when both the roof and walls are shaded.

When the modern building is shaded the heat loads in rooms RR1 and RR2 have almost the same heat load as NR1 which has the same volume.

7.0 Conclusions:

The traditional building has low indoor temperatures when compared to modern building. It was found that the NR2 has the lowest indoor temperature most of the day and RR2 the maximum temperature. The reason is that all the walls are shaded in the traditional building. The portion of the building studied has ridge line running east west and the roof slopes to the north and south. The whole Roof is not exposed to sun at the same time.

It is important to quantify the effect of each building element for a better understanding of heat transfer in buildings. An attempt was made to study the effect of shading of walls and roofs. This study conclusively proves that the major contribution to heat transfer is through building fabric. As computed the heat loads reduce by 50 % when only walls are shaded and around 80% when the roof also is shaded.

During the case study it was found that though temperatures are low the interiors are not comfortable as the ventilation is poor. During the study it was found that the Anemometer based velocities were found to be very less when compared to 1 m/sec provided by local weather station. This preliminary study is focused on the thermal performance of the buildings. However it was found from the bio climatic chart that a wind speed of 0.4 m/sec to 1 m/sec brings comfort level in both the buildings.

An extensive study is required to quantify the affect of court yards. Computational fluid dynamics techniques need to be studied in detail to understand the air flow movement to study the optimum size of the courtyard.

8.0 REFERENCIAS - REFERENCES

- [1] Sir Banister Fletcher (1980), History of Architecture
- [2] Dr: Ashalatha Thampuran (2001) Traditional Architectural forms of Malabar Coast, Vastuvidya Pratisthanam, Calicut.
- [3] Koenisberger, Ingersoll, Mayhew, Szokolay (1998) Manual of Tropical Housing and Building, Orient Longman Ltd, Chennai.
- [4] A.N. Young, A. Krishnan, Case study-Thermal performance of Traditional Houses in Northern India.
- [5] ANSI/ASHRAE STANDARD 55-1992 An American National standard-Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.
- [6] Richard J de Dear, Gail S Brager (2002) Thermal Comfort in naturally ventilated buildings. Revisions to ASHRAE Standard 55 Energy and Buildings Vol, 34 pp. 549-561.
- [7] Richard J de Dear, Gail S Brager (1998), Thermal Adaptation in the built environment a Literature review , Energy and Buildings Vol, 27 pp. 83-96.
- [8] Koen Steamers, (2003) Cities energy and comfort, a PLEA 2000 review Energy and Buildings Vol, 35 pp.1-2.
- [9] J K Nayak (2002) Manual on solar passive architecture.