

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY

CAMPUS MONTERREY

DIVISIÓN DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERÍA



EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE MATERIALES TÉRMICOS PARA VIVIENDAS

TESIS

PRESENTADA COMO REGISTRO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN
ESPECIALIDAD EN ADMINISTRACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN.

POR:

ARQ. ZAYRA MIRIAM AMADOR ORTIZ

MONTERREY, N.L.

DICIEMBRE 2009

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY

Campus Monterrey
División de Ingeniería
Programa de Graduados en Ingeniería

Los miembros del Comité recomendamos que el presente proyecto de tesis presentado por la Arq. Zayra Miriam Amador Ortiz sea aceptado como requisito parcial para obtener el grado académico de:

**Maestro en Ciencias en Ingeniería y Administración de la Construcción
Especialidad en Administración de la Construcción.**

Comité de tesis:

Francisco Yeomans Reyna, Ph. D
Asesor

Delma V. Almada Navarro, M.C.
Sinodal

Carlos Enrique Nungaray Pérez, M.C.
Sinodal

Francisco Carlos Matienzo Cruz, M.C.
Sinodal

Aprobado:

Sergio Gallegos Cázares, Ph.D.
Director del Programa de Posgrado de Ingeniería Civil

Monterrey, N. L., Diciembre de 2009

CONTENIDO

1.- INTRODUCCIÓN	08
2.-MARCO DE REFERENCIA	13
2.1- INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES GENERALES	14
2.2 - LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	16
2.3 – ANTECEDENTES GENERALES	17
2.4 - DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	18
2.5 – JUSTIFICACIÓN	19
2.6 – OBJETIVO GENERAL	21
2.7 – OBJETIVO ESPECIFICO	21
2.8 - ALCANCES Y LIMITACIONES	22
2.9 – HIPÓTESIS	24
2.10 – RESULTADOS ESPERADOS	25
2.11- METODOLOGÍA	25
3.-ASPECTOS GENERALES / MARCO TEÓRICO	27
3.1 - CONFORT TÉRMICO	28
3.1.1 – DATOS GENERALES	28
3.1.2 – NORMAS APLICADAS AL MEJORAMIENTO DEL CONFORT TÉRMICO	31
3.1.3 – EL PAPEL DEL CONFORT TÉRMICO EN LA CONSTRUCCIÓN	40
3.1.4 – ZONAS DE CONFORT	42
3.1.5 – MODELOS PARA LA EVALUACIÓN DEL CONFORT TÉRMICO	46
3.2 - COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE UNA VIVIENDA	49
3.3 - CAPACIDAD TÉRMICA DE UNA VIVIENDA	52
3.4 – TRANSMISIÓN DE CALOR	53
3.4.1 – CONDUCCIÓN	54
3.4.2 – CONDUCCIÓN A TRAVÉS DE UNA PARED SIMPLE	55
3.4.3 - CONDUCCIÓN A TRAVÉS DE UNA PARED COMPUESTA	56
3.4.4 – CONVECCIÓN	59
3.4.5 – CONVECCIÓN LIBRE O NATURAL	59
3.4.6 – CONVECCIÓN FORZADA	60
3.4.7 – RADIACIÓN	61
3.5 – CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	64
3.5.1 – DIMENSIONES FÍSICAS DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	64

3.5.2 – FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	65
3.5.3 – MÉTODO PARA DETERMINAR EL COEFICIENTE DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	66
3.5.4 – MÉTODO DE LA CAJA CALIENTE PROTEGIDA	67
3.5.5 – MÉTODO DE LA PLANCHA CALIENTE PROTEGIDA	67
3.5.6 - MÉTODO DE CALENTAMIENTO DE WILKES PARA MATERIALES AISLANTES A BAJA TEMPERATURA	68
3.6 - MATERIALES AISLANTES	68
3.6.1 – FUNCIÓN DEL AISLAMIENTO	68
3.6.2 – EL AISLAMIENTO DESDE EL PUNTO DE VISTA ECONÓMICO	70
3.6.3 – CONSUMO DE ENERGÍA	73
3.6.4 – TIPOS DE AISLAMIENTOS EN CUANTO A SU FUNCIÓN	78
3.6.5 – TIPOS DE AISLAMIENTOS TÉRMICOS	78
3.6.6 – CLASIFICACIÓN DE LO MATERIALES AISLANTES	84
3.6.7 – CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES AISLANTES	87
3.6.8 – AISLAMIENTOS PARA BAJAS TEMPERATURAS	90
3.6.9 - EL AISLAMIENTO Y EL PROBLEMA DE LA HUMEDAD	91
3.6.10 – TIPOS DE MATERIALES COMÚNMENTE USADOS A BAJAS TEMPERATURAS	92
3.6.11 – AISLAMIENTOS PARA ALTAS TEMPERATURAS	92
4.-DISEÑO DEL EXPERIMENTO	94
4.1 - FACTORES A EVALUAR	95
4.1.1 – INTRODUCCIÓN	95
4.1.2 – ESTRUCTURA DEL ANÁLISIS	96
4.2 – ANÁLISIS DE SITIO – MONTERREY	99
4.2.1 – SITUACIÓN GEOGRÁFICA	99
4.2.2 – CLIMA	99
4.2.3 – TEMPERATURA	100
4.2.4 – PRECIPITACIÓN	101
4.2.5 – VIENTOS DOMINANTES	102
4.2.6 – ANGULO DE ALTITUD Y AZIMUT	103
4.2.7 – DIAGRAMA DE RECORRIDO SOLAR	103
4.2.8 – RADIACIÓN SOLAR	108
4.2.9 – HUMEDAD RELATIVA	109
4.2.10 – EVAPORACIÓN	110
4.2.11 – TEMPERATURA RADIANTE	111

4.2.12 – CARTA BIOCLIMÁTICA	111
4.2.13 – LOTIFICACIÓN Y/O ORIENTACIÓN	115
4.3 – ANÁLISIS DE MEDICIÓN DE RADIACIÓN EN LOS COMPONENTES DE UNA VIVIENDA	116
4.4 - ANÁLISIS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	119
4.4.1 – PROPIEDADES DE ALGUNOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	119
4.4.2 – MATERIALES ALTERNOS PARA LA CONSTRUCCIÓN	122
4.4.3 – ANÁLISIS DE LOS MATERIALES PARA LA EVALUACIÓN EXPERIMENTAL	125
4.5 – ANÁLISIS DE LAS VIVIENDAS DE ESTUDIO	133
4.5.1 – CARACTERÍSTICAS DE LAS CASAS	133
4.5.2 – PROPIEDADES DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	138
4.5.3 - CARGA TÉRMICA	138
4.6 – CALCULO DE EQUIVALENCIAS GEOMÉTRICAS, Y DE LOS MATERIALES	140
4.7 – SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS GENÉRICAS CON MATERIALES TÉRMICOS	141
4.8 – INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN	149
4.9 – COLOCACIÓN DE LOS SENSORES EN LA VIVIENDA	152
5.-EVALUACIÓN EXPERIMENTAL	154
5.1 – INTRODUCCIÓN	155
5.2 – DESARROLLO DE LA EVALUACIÓN EXPERIMENTAL	155
6.-DISCUSIÓN DE RESULTADOS	162
6.1 – INTRODUCCIÓN	163
6.2 – SISTEMAS Y/O CARACTERÍSTICAS EVALUADAS	165
6.2.1- LOSA PLANA Y A DOS AGUAS TESTIGO	165
6.2.2 – LOSA PLANA Y A DOS AGUAS CON IMPERMEABILIZANTE ASFÁLTICO	189
6.2.3 – LOSA PLANA Y A DOS AGUAS CON IMPERMEABILIZANTE ELASTOMERICO	221
6.2.4 – LOSA PLANA Y A DOS AGUAS CON PLACAS DE POLIESTIRENO EXTRUIDO	245
6.2.5 – LOSA PLANA Y A DOS AGUAS CON ESPUMA DE POLIURETANO ESPREADO	269
6.3 - CALCULO DE LA CARGA TÉRMICA EN LAS VIVIENDAS	293
6.3.1 – BASES PARA EL CALCULO DE CARGA TÉRMICA	293
6.3.2 - CALCULO DE CARGA TÉRMICA MEDIANTE MANUAL CARRIER	293
6.3.3 – CALCULO DE CARGA TÉRMICA CON VALORES ARROJADOS POR SENSORES	304
6.3.4 – CALCULO DE CARGA TÉRMICA ASUMIENDO LA TEMPERATURA MÁS ELEVADA REGISTRADA EN LOS 6 MESES DE CALOR	305
6.3.5 – CALCULO DE CARGA TÉRMICA ASUMIENDO LAS TEMPERATURAS DIARIAS REGISTRADAS EN LOS 6 MESES DE CALOR	310
7.-TÉCNICA PARA LA EVALUACIÓN ECONÓMICA	314

7.1 – INTRODUCCIÓN	315
7.2 – EVALUACIÓN DEL CICLO DE VIDA	316
7.3 – ANÁLISIS INCREMENTAL	317
7.4 – MODELO DE COSTO ANUAL	317
7.5 – FORMULAS DE EVALUACIÓN ECONÓMICA	318
7.6 – FORMULAS PARA EL CÁLCULO DEL COSTO ANUAL IGNORANDO FACTORES EXTERNOS	319
7.7 – INFLACIÓN	319
7.8 – MONTO DE INVERSIÓN INICIAL	320
7.9 – COSTO ANUAL	322
7.10 – TIEMPO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN	325
8.-CONCLUSIONES Y RESULTADOS	327
9.-NOMENCLATURA	334
9.1 - TÉRMINOS, DEFINICIONES Y FORMULAS	334
9.2 - UNIDADES BÁSICAS	338
9.3 - UNIDADES DERIVADAS	338
9.4 - FACTORES DE CONVERSIÓN ENTRE SISTEMAS DE MEDIDA	339
10.-BIBLIOGRAFÍA	340

Capítulo 1

INTRODUCCIÓN

Capítulo 1 – Introducción

El objetivo fundamental de esta tesis es demostrar cómo se desarrolló y comportó la evaluación experimental, al implementar materiales térmicos a los prototipos de una vivienda común de interés social, con el fin de determinar cómo se puede mejorar el confort térmico de las viviendas ya existentes, mediante el uso de materiales térmicos y en una segunda estancia ver cómo se pueden mejorar estas condiciones mediante un buen diseño arquitectónico, el cual tome en cuenta los sistemas pasivos de enfriamiento y orientación del sol, entre otros. Con el fin de determinar los posibles lineamientos para una futura aplicación y diseño teórico de una vivienda unifamiliar que sea capaz de mejorar las condiciones de confort térmico además de proponer soluciones para mejorar las condiciones de las ya existentes.

Esta investigación se realiza con el fin de ser una herramienta de ayuda para la construcción de las viviendas y que en un futuro dichas investigaciones en el tema sean dispuestas con carácter de obligatoriedad para la construcción de las viviendas unifamiliares dentro del país, como ya se hace en otros de América latina.

Además de que en este trabajo se muestran los distintos materiales térmicos, métodos y especificaciones de los mismos, con el fin de evaluar cuáles son los más convenientes, para aplicar en las viviendas, existentes. A fin de generar un manual en el cual se muestre en dónde es mejor colocar dicho material y bajo qué condiciones.

La estructura básica a la que se refiere la investigación está conformada por cinco líneas de investigación, clima, geografía, materiales térmicos, ser humano e ingeniería térmica, las cuales están directamente ligadas para buscar un mejoramiento en el nivel de confort térmico y en ahorro de energía, para de esta manera ayudar a la conservación del planeta.

En primera instancia se plantea cómo se diseñó el experimento para ser evaluado. La información que se tiene como base de las líneas de investigación, es mediante la cual se determinaron las soluciones para mejorar el confort térmico,

mismas que fueron puestas a prueba y evaluadas numéricamente para determinar cómo se comporta cada uno de los materiales térmicos, al ya ser implementados en los prototipos de la vivienda de interés social.

En segunda instancia, la evaluación experimental demuestra y plantea cómo se generaron prototipos de dos tipos de viviendas en la cuales se analizaron los comportamientos internos a partir del monitoreo y análisis de variables en cuanto a climas y materiales térmicos.

Los resultados arrojados por la investigación a partir de la evaluación de lo planteado en el diseño es de suma importancia para en un futuro poder generar viviendas con mejores condiciones para sus habitantes, esto traerá beneficios económicos y físicos a los seres humanos además de que apoyamos en la conservación del planeta, no mal usando sus recursos naturales. En esta investigación se podrá ver cómo los cambios climáticos se manifiestan en el interior de la vivienda y cómo este impacto se puede mejorar al usar materiales aislantes y al aplicar un diseño adecuado en las viviendas.

Esta investigación está compuesta por 10 capítulos, distribuidos de la siguiente manera, en el capítulo 1, el presente, se resume de manera formal lo que se plantea en esta tesis. En el capítulo 9 se muestran una serie de tablas en donde se plantea la nomenclatura que se utilizará en el transcurso de la investigación, estas tablas están compuestas por la terminología, definición de cada uno de los términos, las unidades básicas en la que se maneja cada uno de los términos, así como las unidades derivadas, factores de conversión entre los distintos sistemas de medida y fórmulas para el cálculo de los diferentes términos a estudiar. En el capítulo 2 nos enfocamos al marco de referencia que es en donde se plantea más extensamente y en una manera formal lo que es el punto de estudio en esta investigación, considerando los antecedentes, la definición del problema, la justificación de mismo y sus alcances, así como la metodología que se desarrolló para llegar a las hipótesis y las conclusiones de éstas.

En el capítulo 3 se constituye el cuerpo esencial de la investigación ya que es el marco teórico de la misma, en esta parte se encuentran los fundamentos que nos ayudan a desarrollar las hipótesis que surgieron, y nos dan una respuesta de cómo se pueden solucionar las mismas. En el capítulo 5 se explica la evaluación experimental para lo que se desarrollaron prototipos 1:5 de dos tipos de casas, donde se midió como impactan los rayos de sol en lo que es el confort térmico en el interior de estas.

Posterior se estudiaron y analizaron los materiales térmicos así como los métodos alternos de construcción, en donde se demuestra cómo se llegó a la conclusión de evaluar físicamente en los prototipos, 3 de estos de materiales aislantes, dicha evaluación resulta del capítulo 4 donde se plantea y se demuestran las bases del diseño del experimentos, con el fin de poder evaluar qué método es el más factible tanto en características físicas como en aspectos económicos, por lo tanto en este capítulo se podrán encontrar tablas comparativas entre las características físicas, económicas y facilidad de uso de los materiales térmicos.

El capítulo 6, muestra las gráficas térmicas de la aplicación de los distintos materiales, así como diverso cálculos de ganancia de calor de cada uno de los prototipos, estos cálculos se presentan en escala real y a escala 1:5 (prototipos), contemplando diferentes variables en cuanto a las variaciones térmicas, con el fin de que se dé un debate y/o discusión de los resultados obtenidos en la evaluación, para poder determinar si las hipótesis, alcances y objetivos de esta investigación fueron satisfactorios o no.

El capítulo 7 reafirma más objetivamente la parte de la evaluación económica de la implementación de estos materiales térmicos, a las viviendas de interés social ya existentes, con el objetivo de ayudarnos a dimensionar el retorno de la inversión, es decir en cuánto tiempo se pagaría la inversión inicial, además de demostrarnos cómo podemos ahorrar energía, reflejándolo en el consumo anual.

Por último pero no menos importantes los capítulos 9 y 10, plantean la conclusión del estudio, lecciones aprendidas, anexos, tablas de referencia, bibliografías, glosarios, etc.

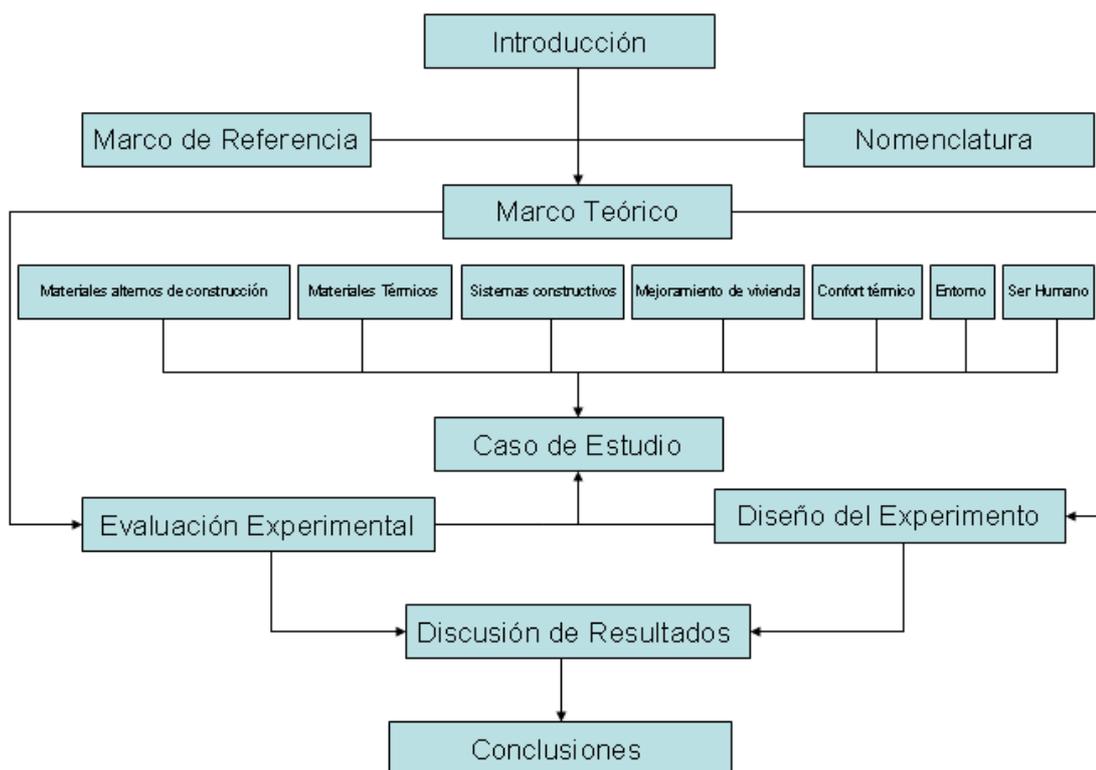


Diagrama 1 – Esquema de relación entre capítulos.

Capítulo 2

MARCO DE REFERENCIA

Capítulo 2 – Marco de Referencia

2.1 – Introducción y Antecedentes Generales

... Se puede mejorar la calidad de la vivienda aprovechando de una manera eficiente los medios naturales, así como haciendo uso de las aportaciones de la ciencia, tecnología y materiales térmicos...

Juan A González Arechiga, 1976

En la actualidad la humanidad tiene una fuerte necesidad de poseer un hogar digno lo cual lo ha llevado a experimentar y probar novedosas técnicas para la construcción de vivienda. Sin embargo, en México los diseñadores, constructores y los mismos ocupantes de las viviendas se oponen a experimentar con nuevos sistemas constructivos, limitándose a construir con los sistemas tradicionales, pero esto ya no es más factible ya que la demanda por una vivienda de bajo costo, alta calidad y un elevado confort térmico, hace necesaria la investigación e implementación de nuevos sistemas constructivos, que sean eficientes, económicos y productivos. Además de encontrar soluciones para mejorar las condiciones térmicas de las viviendas ya existentes.

Nuestra cultura hace algo difícil el intentar innovar en la construcción ya que las familias tienen la idea errónea de que sólo el método tradicional les puede brindar un patrimonio confiable y durable, ya que creen que si las paredes o los pisos suenan duros son sinónimos de durabilidad y rigidez, pero existen otros métodos innovadores que brindan aun más confiabilidad y durabilidad a bajo costo sin dejar de lado que como plus, traen un alto confort térmico, que en el método tradicional difícilmente podemos encontrar. Es por lo cual se propone que se mejore el confort al implementar materiales térmicos en las viviendas ya existentes y que en las futuras construcciones ya se tomen en cuenta lineamientos de confort térmico.

Desde que la humanidad ha ido evolucionado, ha buscado nuevas formas de vivir, por lo cual crea ambientes artificiales o espacios (microclimas) que le permiten protegerse de las inclemencias del Clima (vientos, presión atmosférica, humedad, temperatura, etc.), logrando así llevar a cabo sus actividades; consiguiendo de esta manera el bienestar tanto físico como espiritual, estos espacios los ha ido adaptando a sus necesidades tanto ambientales como económicas.

Como ejemplo podemos citar que en la antigüedad las construcciones eran hechas de piedra, después con el paso del tiempo fueron evolucionando y se fueron haciendo de otro tipo de materiales que van desde pajas, maderas, arcillas, pieles, piedras, etc. Aunque tenemos que tener muy en cuenta que no todos los sistemas que se han experimentado pueden ser útiles en todas las partes del mundo, ya que los modelos constructivos deben ser diseñados de acuerdo a las necesidades y condiciones ambientales en las cuales se desean implementar.

En México desde hace muchos años se construye de la misma manera y con el uso de los métodos tradicionales, quedándonos estancados en la innovación e implementación de sistemas más novedosos que ayuden a solucionar los problemas que se presentan en la actualidad al sólo contar en la construcción de viviendas de interés social con el método tradicional para la fabricación de éstas. Al usarse solamente este método, ya arcaico, se presentan grandes problemas ya que estas viviendas no cuentan con las condiciones mínimas de confort térmico y comodidad, limitando las casas a espacios muy pequeños e incómodos. Además, es difícil cualquier tipo de mantenimiento y reparación posterior, y se cuenta con pocas posibilidades de crecimiento progresivo

La problemática de la vivienda en México se ve afectada por muchos factores tanto económicos, sociales, políticos, culturales, entre otros, ya que en el país existe una fuerte demanda por una vivienda propia que cumpla con los estándares básicos de bienestar y confort, dicha problemática se ve reflejada en el incremento del consumo de energía para el acondicionamiento térmico de las vivienda, el cual tiene un impacto muy importante en la economía familiar, en particular en las regiones de clima cálido (seco y húmedo). Este impacto se extiende al sector energético, donde ese crecimiento presiona a nuevas inversiones y al uso de combustibles fósiles no renovables con su consecuente impacto ambiental.

Uno de los elementos más importantes que determinan los niveles de confort y de consumo energético en las viviendas es su envolvente. En México, la vivienda para personas de menores recursos económicos se construye en función del costo de construcción y no en función de los costos de operación. Existen evidencias que

indican que un número importante de estas nuevas construcciones tienen serios problemas de confort que se reflejan en consumos relativamente altos de consumo de energía. También existen evidencias que nuevos materiales y diseños pueden ser utilizados para mejorar el confort y reducir el consumo de energía, sin un impacto importante en el costo de construcción de la vivienda.

2.2 – Línea de Investigación

La importancia de esta propuesta sigue los lineamientos de la Misión 2015 del TEC que sostiene que: "La investigación que se realice debe contribuir al desarrollo sostenible de la comunidad con modelos y sistemas innovadores para mejorarla en lo educativo, social, económico y político". La investigación relacionada al área de Ingeniería Civil, se desarrolla en la División de Ingeniería, en el Departamento de Ingeniería Civil a través del programa de postgrado con la Maestría en Ciencias de la Ingeniería con especialización en Administración de la Construcción del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Monterrey, en colaboración con el Centro de Diseño y Construcción (CDC), donde existen diversos grupos de investigación, entre ellos la Cátedra de Vivienda al mando del Doctor Francisco Yeomans, el cual está asociado al desarrollo e innovación de programas y tecnologías de vivienda y consta de las siguientes líneas de Investigación:

- Materiales alternos de construcción.
- Materiales térmicos (aislamiento térmico)
- Sistemas constructivos usando materiales térmicos.
- Mejoramiento de la vivienda.
- Confort térmico
- Entorno (clima, geografía, ecosistema, posición geográfica)
- Ser humano

Esta propuesta incide principalmente en el área de confort térmico que tiene como finalidad y compromiso mejorar las condiciones térmicas en el interior de las mismas, para así optimizar el desarrollo social y físico de quienes las habitan. La investigación se plantea en dos etapas de estudio.

En la primera fase de la investigación nos enfocamos al análisis de la problemática y a la exploración de los materiales y sistemas constructivos que posteriormente ayudan a probar cómo se puede mejorar el confort térmico de las viviendas, en esta etapa también se estudiarán las condiciones geográficas y climáticas en la que se encuentran las viviendas de estudio. Los análisis y conclusiones de esta primera etapa nos llevan a la etapa de la evaluación experimental en donde ponemos a prueba los materiales (en prototipos a escala) y mediante sensores medimos las condiciones de confort. Para de esta manera poder decir cuales de las propuestas evaluadas fue la mejor y que es lo que se recomienda usar en las viviendas ya existentes, además de que se evaluará que tan factible es su implementación y el costo de las mismas. Esta investigación dará pauta a futuras propuestas y experimentaciones ya en escala real, con el fin de poder comparar los resultados y que sirva como una guía para la implementación a escala 1:1.

2.3 – Antecedentes Generales

Podemos argumentar que el concepto de confort térmico o la búsqueda del mismo es algo relativamente reciente, ya que en el pasado no se preocupaban en mejorar sus condiciones de vida si no en solamente sobrevivir, al contrario de lo que se vive en la actualidad en donde la humanidad se preocupa más por el bienestar de los suyos y en la optimización de recursos. Es en 1990 cuando Rybczynsky, le da un sentido más humanitario a la palabra confort identificándola como bienestar, pero es a partir del siglo XXI en donde el confort térmico toma más auge, debido a que los científicos corren una batalla con la búsqueda de nuevas formas y soluciones de optimizar los recursos y preservar el planeta. Otro de los puntos en donde se está haciendo mucho énfasis es en el ahorro de energéticos, esto se puede ver en campañas que se presentan por la CFE y organismos mundiales en donde enseñan y ayudan a optimizar los energéticos, la industria a llegado a desarrollar materiales y artefactos modernos que minimizan al máximo los usos de estos energéticos asimismo disminuyendo el daño al planeta.

La construcción se plantea como un factor clave en el desarrollo de regulaciones ambientales que ayudarán a resolver los problemas de la crisis energética, se puede ver que hace algunos años la mayoría de las investigaciones estaban más enfocadas al ahorro energético, pero en la actualidad hay que ver cómo podemos ayudar a ese ahorro mediante el uso de materiales térmicos en las viviendas, además mejoramos las condiciones térmicas de sus habitantes, y es mediante esta investigación que se relacionarán estos 3 puntos que es el ahorro de energéticos, el confort térmico y los materiales térmicos.

Podemos notar que en la actualidad ya hay programas y organismos que están invirtiendo en la implementación de modelos constructivos con materiales térmicos con el fin de economizar recursos y mejorar las condiciones de sus viviendas como por ejemplo “La Comisión Nacional de Vivienda que tiene ya 4 mil 997 viviendas en el país donde se implementa algún dispositivo que brinde un mejor confort térmico, de las cuales tres mil 565 son de tipo económico, mil 47 de interés social y el resto se dividen en los segmentos de interés medio y residencial. Este programa piloto se lleva a cabo desde 2004, para desarrollar experiencias de construcción en viviendas sustentables; tiene como fin buscar y generar conocimiento sobre las mejores técnicas de construcción y equipamiento de la vivienda, en el cual implementen un buen diseño bioclimático y uso eficiente de energía y agua. Estas viviendas prototipo están ubicadas en siete ciudades del país con clima extremo, que son Acapulco, Monterrey, Querétaro, Mexicali, Chihuahua, Hermosillo y Nuevo Laredo.

2.4 – Planteamiento del Problema

En la actualidad existe una gran demanda por una vivienda de alta calidad pero de bajo costo, la cual brinde a sus ocupantes un bienestar enfocado a los aspectos de iluminación, ventilación y confort térmico, sin olvidar la comodidad espacial, dándoles un espacio digno para vivir. El problema es que al tener que producir tantas casas en serie y con los métodos tradicionales no se toman en cuenta muchos de los aspectos básicos del diseño y orientación de las viviendas, generando así espacios difícilmente habitables. La falta de territorio para construir es

uno de los factores que impide que se puedan hacer más alejadas las casas entre sí, la solución a esto podría ser la implementación de materiales térmicos o de otros modelos constructivos que brinden más confort térmico a sus habitantes.

Las actuales viviendas mexicanas, tienen muchos problemas, pero se podría decir que el más importante reside en la poca adaptabilidad que tienen hacia el clima, y a los factores adversos que estos puedan causar en la sensación térmica de su interior, que se debe a una combinación inadecuada de los materiales o al uso de tecnologías obsoletas, lo que nos lleva a un alto consumo energético y de recursos naturales, ya que las construcciones no responden al medio ambiente y /o a las características del lugar, lo que genera que los usuarios terminen usando sistemas artificiales de confort térmico, como es la calefacción o los aires acondicionados.

El problema de la construcción de viviendas de interés social en México es el uso de los métodos y materiales obsoletos, además de que al generar casas en serie y para niveles económicos menos favorecidos se busca el generar una vivienda de bajo costo pero sin considerar los estándares tanto de confort térmico como físicos, dejando un amplio campo de investigación y de innovación en los métodos constructivos y en cómo mejorar las características de las viviendas ya existentes con el uso de materiales térmicos.

2.5 – Justificación

Al construir con el método tradicional, se eleva el costo de la construcción y es muy tardada, lo que eleva aun más el costo total de la vivienda, además de que al concluir las obras, éstas no son de muy buena calidad en muchos de los casos. También tenemos que lo que los constructores buscan es generar muchas casas iguales en pequeños espacios sin importarles el bienestar de quienes las van a habitar. Al implementar nuevos modelos constructivos en las viviendas, se puede generar un gran impacto social, económico y ambiental, además de que mejorarán las condiciones tanto de confort como de bienestar de sus habitantes. Si es imposible cambiar el método de construcción lo que se puede hacer es proporcionar soluciones que ayuden a mejorar las condiciones térmicas de las casas, como es la

implementación de materiales aislantes en las casas ya existentes y de un mejor diseño de las viviendas.

Aunque en la actualidad ya se están experimentando con muchos modelos alternos en la construcción como es el caso de Colombia donde se están construyendo casas con papel reciclado proveniente de las cajas de Tetra Brick, con las que se envasó leche, jugos, yogures y demás productos alimenticios, este modelo es generado a muy bajo costo pero no es muy confiable, aunque trae bastante confort térmico. Otro caso más solvente que podemos mencionar es la construcción con materiales reciclables que desde hace algunos años se están experimentando como la construcción con llantas rellenas de piedras y otros componentes que le den estabilidad. En algunas partes de la republica mexicana se ha vuelto a construir con adobe, llegando a la fabricación de ladrillos de adobe que mejoraron mucho el confort térmico de sus habitantes pero no el costo ni la rapidez en la construcción de las viviendas, pero estas no son muy buenas soluciones para el problema que se presenta en la actualidad en México en las casas de interés social ya que los modelos mencionados anteriormente no tienen mucha facilidad de uso y en algunos casos no son tan rápidos, ya que casi todos ellos son muy artesanales, lo que México necesita es un modelo constructivo de bajo costo y de fácil manejo que brinde mas estándares de confort y espacio a sus ocupantes.

Al tener un diseño adecuado que implemente un óptimo uso de los componentes ambientales, tomando en cuenta la montea solar, la rosa de vientos, la orientación, materiales aislantes y demás sistemas pasivos de enfriamiento, se minimiza significativamente el uso de la energía eléctrica. Al usar los sistemas pasivos de enfriamiento lo que se intenta es minimizar los costos, maximizando el beneficio de los recursos ambientales y minimizar la dependencia de los combustibles fósiles y equipos mecánicos, esto se llevará acabo mediante el análisis de algunos elementos particulares para cada tipo de vivienda y en la localidad que se estudia.

2.6 - Objetivo General:

Analizar y evaluar los resultados al aplicar en un prototipo de vivienda con el método tradicional de construcción la implementación de distintos materiales aislantes para así determinar qué material brinda mejores condiciones térmicas y de esta manera mejorar el confort térmico en las viviendas.

2.7 - Objetivos Específicos

Lo que se busca con este trabajo es demostrar que al usar materiales térmicos y nuevos métodos constructivos podemos lograr dar a sus habitantes un alto confort térmico y una vivienda digna, confiable y de buenos cimientos. Para lo cual se generaron prototipos de dos tipos de vivienda de interés social a escala que nos dejarán experimentar y medir las condiciones de confort en su interior, al aplicar los materiales aislantes en la construcción. Después de un análisis de los materiales térmicos se prueban 3 de estos (previamente fueron analizados y comparados los materiales térmicos con el fin de llegar a los 3 que tienen mejores condiciones tanto de resistencia térmica, conductividad y costo) en los prototipos determinando las condiciones de instalación de cada uno y el comportamiento de los mismos en conjunto con la vivienda. Después se analizaron el impacto económico contra el ahorro energético y en el confort.

Para complementar el alcance de la investigación y el marco teórico podemos enumerar los siguientes objetivos específicos.

- Revisar la literatura existente sobre los métodos constructivos.
- Revisar la literatura existente sobre las propiedades de los materiales térmicos.
- Revisar en el mercado los métodos de aplicación de los materiales y sistemas constructivos y el costo de los mismos.
- Revisar literatura de las normas existentes en otros países sobre el uso de materiales térmicos en la construcción de viviendas.

- Revisar proyectos o prototipos que organizaciones gubernamentales o no gubernamentales han generado sobre el tema.
- Revisar la literatura existente sobre la implementación de los sistemas pasivos de enfriamiento y el diseño y orientación de la vivienda.
- Revisar la literatura existente sobre el confort térmico y su óptimo funcionamiento al implementar los materiales y sistemas de enfriamiento necesarios.
- Analizar las propuestas y/o diseños escogidos para evaluar el confort
- La implementación y evaluación de los nuevos métodos constructivos en la fabricación en serie de las casa de interés social el México.
- Establecer los parámetros con los que se construirán los prototipos y los medios con los que se tomaran las mediciones de confort térmico en el interior.
- Aplicación de los materiales térmicos en el estudio de los prototipos.
- Determinar la factibilidad económica en la implementación de los materiales térmicos en las casas de interés social ya existentes así como la implementación en las nuevas construcciones.
- Generar una guía de implementación de los materiales térmicos, para las casas ya existentes.

2.8 – Alcance y Limitaciones

Esta investigación se realizará para las siguientes características:

- Se usarán las instalaciones del ITESM, principalmente los laboratorios de la cátedra de vivienda, la cual proporciona los recursos necesarios, para poder fabricar los prototipos y el equipo para tomar las mediciones necesarias para evaluar el confort térmico en distintos escenarios.
- La evaluación experimental se fundamenta en el uso de herramientas especializadas para la medición y en las pruebas físicas que se realizaron en uno de los prototipos a escala real y que se muestran en la tesis de MONITOREO DE VIVIENDA CON CRITERIOS DE

AHORRO DE ENERGIA EN EL NORTE DEL PAIS, PRESENTADA POR EL DR FRANCISCO YEOMANS Y M.C. JAVIER ESPINAL, la cual sirvió como base a la evaluación que se realizo en los prototipos a escala y en los cuales se aplicaron los materiales térmicos.

- Al generar los estudios a escala, los resultados que se obtienen no son 100 % verídicos, aunque se hayan escalado térmicamente y geoméricamente los materiales, es por lo cual esta investigación podría ser usada y puesta en práctica posteriormente a escala 1:1.
- El alcance se fundamentó principalmente en el estudio que se hizo de los materiales térmicos y la aplicación e impacto de estos a una vivienda ya existente, en donde el clima es muy cálido y las condiciones de diseño no son las óptimas.

2.9 – Hipótesis

Aspectos	Nº	Hipótesis	Variables Independientes	Variables Dependientes	Indicadores
General	H1	El evaluar los prototipos de las viviendas con materiales térmicos, desde un punto de vista experimental permitirá la ejecución de gráficas de desempeño con el monitoreo de las variables que afectan el confort térmico, para en un futuro poder establecer estándares de construcción, para optimizar el confort térmico en el interior.	Temperatura Interior	Perspectiva Experimental	C °
Materiales	H2	Al implementar materiales térmicos en las viviendas se verá afectada la temperatura en el interior de las mismas.	Resistencia	Confort	(m2.U)/W
	H3	Los materiales y/o sistemas constructivos con los que están fabricadas las viviendas, afectan el grado de confort de las mismas.	Grado de Confort	Materiales	C °
	H4	Se eleva el costo de una vivienda de interés social al implementar materiales térmicos.	Materiales	Costo	\$
	H5	El aprovechamiento de las condiciones térmicas de los materiales, minimizan el consumo de energía en el interior de la vivienda.	Consumo de Energía	Materiales Térmicos	\$
Diseño	H6	Al implementar sistemas pasivos de enfriamiento y otros criterios de diseño sustentable, mejora el grado de confort térmico.	Parámetros ambientales	Grado de Confort	C °
	H7	Se incrementan los beneficios tanto térmicos como de ahorro al mezclar los sistemas pasivos de enfriamiento, como los materiales térmicos.	Confort	Grado de Confort	C °
Clima	H8	Al analizar el comportamiento del ambiente en el interior de una de las casas, podemos analizarlo, e implementarlo en los estudios a escala de las viviendas, obteniendo los resultados equivalentes.	Análisis de Condiciones Ambientales	Comportamiento térmico al interior de las viviendas	Confort Térmico
	H9	Mediante estudio de confort, datos de la temperatura y condiciones ambientales de cada región, se podrán determinar las necesidades térmicas de las viviendas, para así evaluar las variables que afectan el grado de confort en el interior de las viviendas	Análisis Ambiental	Grado de Confort	C °

2.10 - Resultados Esperados:

Lo que se pretende y se espera con esta investigación es proporcionar información sobre los materiales aislantes en general, los métodos de aplicación y especificaciones de los mismos, con el fin de demostrar que al implementar un sistema constructivo innovador o un material térmico en una vivienda se pueden generar muchos beneficios como el ahorro de energéticos, así como mejorar las condiciones del interior de las mismas. Se espera obtener una comparativa entre los materiales con el fin de determinar cuál es la mejor opción, además de generar futuras especificaciones para reglamentación de la construcción de viviendas y manuales para la adaptación de las viviendas ya existentes. La idea es concientizar a la gente que se puede mejorar su condición de vida al implementar materiales térmicos, además de optimizar los recursos.

2.11 - Metodología:

Esta investigación tiene un enfoque mixto, ya que establece variables que se deben de medir tanto de manera cuantitativa como cualitativa. La primera parte de esta investigación se enfoca en una metodología cualitativa, en la cual se permite hacer una descripción de los parámetros que pueden afectar el grado de confort térmico al interior de las viviendas, así como las características relevantes del estudio, las cuales se estipularon en la estructura básica.

Se puede observar la relación de las variables en el diagrama 2, aplicadas al caso de estudio determinado para ambas evaluaciones, dando como resultado las conclusiones y propuestas que se generaron con el análisis previo.

El diseño que se emplea para esta investigación se desarrolla con el fin de determinar y obtener la información que se requiere para la misma, lo cual implicó seleccionar una investigación mixta para poder fundamentar esta tesis tanto teórica como prácticamente. La información analizada se desglosa en marco teórico, el cual muestra los temas principales de este estudio de una manera informativa y

teórica, que nos ayudarán a fundamentar la parte experimental del problema de estudio.

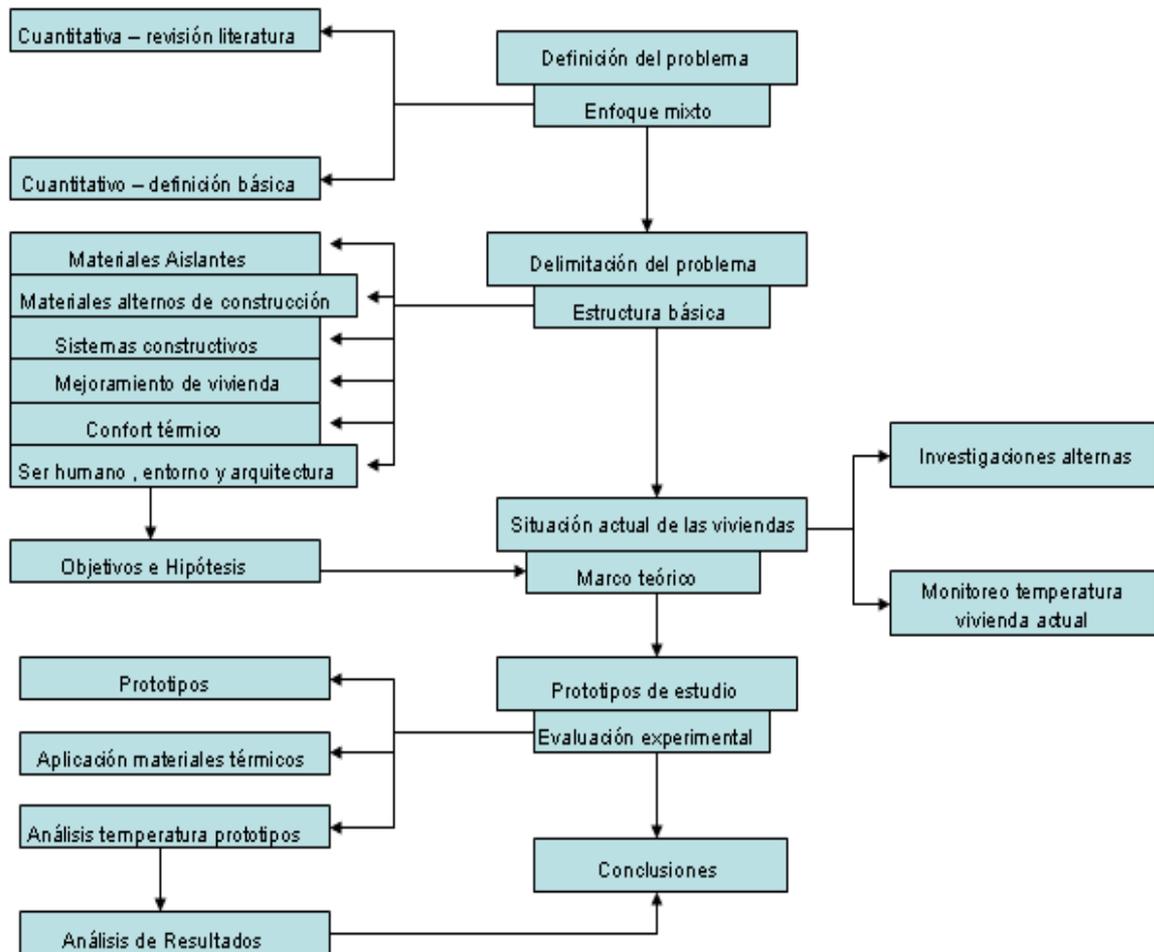


Diagrama 2 – Esquema Metodología General.

Capítulo 3

ASPECTOS GENERALES / MARCO TEÓRICO

Capítulo 3 – Aspectos Generales o Marco Teórico.

3.1 – Confort térmico.

3.1.1 – Datos Generales.



“...Un mundo de variables inciden en el bienestar interior de las viviendas como el aislamiento de la envolvente, la aplicación de innovadores materiales y soluciones constructivas, el fomento de la investigación, el cumplimiento de las normativas y el uso de buenas prácticas. Pasen y vean un completo análisis del confort térmico, pero por favor no olviden cerrar puertas y ventanas...”

(Claudia Ramírez, periodista revista Bit, Santiago, Chile, septiembre 2006)

El término se considera relativamente nuevo, pero aunque es muy reciente, éste se ha ido modificando a lo largo de la historia de la humanidad. El primer registro que se tiene surge hace más de 50 mil años cuando un primitivo (*Neandertal* o *Cromagnon*) se empezó a preocupar por el interior de su cueva la cual era muy fría, aquí es donde el hombre con su capacidad física y mental de esos años empieza a buscar formas de mejorar la temperatura en su interior dejando de lado el sólo preocuparse por sobrevivir, es aquí donde integran las pieles de animales para calentarse y mejorar la temperatura en el interior de sus cuevas. O como diría Olgary en 1998 “...el ser humano busca y encuentra defensas apropiadas para enfrentarse a los impactos ambientales...”.

El segundo registro que se tiene ya más formal sobre el confort se da en el siglo XIV, con la Casa Burguesa, aquí se puede notar como el ser humano intenta adaptar sus necesidades a una vivienda y con el medio que lo rodea, la idea de confort aun no está bien desarrollada en este siglo ya que su ideal de confort era tener su fuente de trabajo muy próximo a sus actividades de uso cotidiano, como comer, cocinar o descansar. Por lo cual en la casa antes mencionada se daba la mezcla de estas dos funciones, para poder lograr el ideal de confort que tenían.

En la edad media las cosas continúan igual ya que las personas medievales se preocupaban más por lo externo de las apariencias, dejando a un lado lo íntimo.

Además recordemos que las casas medievales aun eran lugares públicos y no privados, en donde el bienestar consistía en el confort que existía, no buscando mejorarlo. A finales de la edad media la conciencia individual se fue madurando y con ella el ideal de un habitat, en el cual ya buscaba lo íntimo, el desarrollo de lo individual, lo privado y lo familiar. En el siglo XVII con la llegada del vidrio la iluminación de las viviendas mejora y se hace notable un ahorro, al ya no tener que comprar velas o lámparas de aceite, y es aquí donde la distribución de las casas se empieza a parecer a lo que tenemos en la actualidad, dejando de mezclar las áreas de trabajo con las de descanso.

Con la llegada de la revolución industrial y el incremento demográfico, se rompió toda relación entre los habitantes y el espacio que estos habitaban, esto se debió a la fabricación en serie de las viviendas con la idea de albergar al mayor número de personas, próximos a sus sitios de trabajo, pero con menor recursos financieros; es entonces donde se presenta un rompimiento total del conocimiento logrado, en donde las viviendas empezaban a ser diseñadas de acuerdo al clima o a las necesidades sociales y culturales de quienes las habitaban. Después de este retroceso llegan las propuestas teóricas del movimiento moderno, en las que se puede notar que existe un desfase muy notable entre el conocimiento o lo que se proyecta en las teorías, a lo que se está viviendo en esa época, pero estas ideas modernas, abren las puertas para la entrada de una nueva corriente “el estilo internacional”, en donde la doctrina que se practicaba era llevar a cualquier parte del mundo un arquitectura mas homogénea y llena de fachadas de cristal, pero fueron las ciudades del mundo las que implementaron la doctrina del estilo internacional dejando de lado todos y cada uno de los aspectos básicos de confort térmico en el espacio de sus habitantes. Lo que trajo como consecuencia la arquitectura que conocemos actualmente y la raíz de muchos de los problemas que presentamos en cuanto al confort térmico al interior de las viviendas.

La consecuencia de este proceso fue un prototipo de vivienda de una planta con losa de concreto, muros de block de concreto o tabique y la varilla de acero asomada por la cubierta plan de la vivienda como preparación para una segunda

planta (a esto se le conoce actualmente como el método tradicional de construcción), este tipo de vivienda social se encuentran a lo largo de la república mexicana, en donde se imitan todas las características del estilo internacional. Es entonces donde podemos ver que a lo largo de la historia del ser humano la vivienda ha sufrido modificaciones que no siempre han sido para mejorar lo ya existente, como fue en el caso de las viviendas de interés social en donde podemos ver que se perdieron muchas de las características de confort térmico que se tenían en las viviendas vernáculas, las cuales eran construidas con materiales característicos de la región, además de elementos arquitectónicos establecidos de acuerdo a las costumbres y usos de cada cultura, que buscaban adaptarse a las condiciones del lugar.

Lo que no se puede ver en las viviendas actuales en donde se ofrece un clima interior estático (en algunas ocasiones mas desfavorable que el exterior) a lo largo de todo el año.

Como se viene enunciando previamente el término de confort térmico se viene desarrollando a lo largo de la historia, lo cual se puede ver en las construcciones tradicionales realizadas alrededor de todo el mundo, aunque en la actualidad la búsqueda de un confort térmico es algo que se encuentra ya muy considerado a la hora de diseñar o proyectar un nuevo espacio que habitar, por lo cual es tiempo de definir qué quiere decir la palabra confortable, dicha palabra tiene su origen en la raíz latina que es confortare, confortar o reforzar, significado que se utilizó durante varios años.

Siglo	Significado
XVI	El término adquirió el sentido de bienestar físico, en ocasiones el término se usaba con el significado de tolerable o suficiente.
XVIII	Fue Walter Scout (novelista), quien utilizó por primera vez el término con el sentido de confort térmico.
XIX	Se interpreto como la calidad y el comportamiento de los elementos en los que intervenía lo mecánico; luz, calor y ventilación.
XX	Las tecnologías domésticas, subrayan la eficiencia y la comodidad como idea de confort. En la actualidad el término es mas que nada visto como un punto de evaluación y análisis.
XXI	

3.1.2 – Normas aplicadas al mejoramiento del confort térmico.

En la evaluación de los parámetros del confort térmico, existen diferentes criterios de hacerlo, ciertos parámetros a seguir ya están estipulados en guías y normativas tanto nacionales como internacionales, cabe mencionar que algunas de estas normas internacionales en otros países son de uso obligatorio en el diseño y en la construcción de las edificaciones. El caso más importante en América latina, es el caso de Chile, en el cual el **MINVU** (Ministerio de Vivienda y Urbanismo), tiene muy bien documentado y regulado la construcción con materiales térmicos, este organismo tiene mucho camino ganado en la construcción en Chile ya que en la actualidad todas las casas que se construyen en esta región deben cumplir con los parámetros estipulados en la norma de construcción y se debe basar en el listado oficial de soluciones constructivas para el acondicionamiento térmico, dentro de este listado se pueden encontrar las resistencias térmicas de muchos materiales, así como las marcas que las fabrican y que están certificados en el MINVU, además de soluciones y manuales de cómo aislar una casa de acuerdo a la orientación y zona en la que se encuentra ubicada

Se podría decir que el gobierno mexicano está intentando implementar lo que ya existe en otros países, pero aun nos falta mucho por desarrollar, en la actualidad existen algunas normas en las cuales se implementa el uso de materiales térmicos; ya se tiene desarrollado el anteproyecto **NOM-020-ENER** en donde se implementa el diseño bioclimática y los materiales térmicos, con el fin de disminuir el consumo de energéticos y mejorar las condiciones de las viviendas.

Estudios de la **ANES** (asociación mexicana de energía solar), demuestran que el consumo de energía en las edificaciones se debe al uso de aire acondicionado y al desafío que se presenta en lograr la eficiencia energética de los mismos, por lo tanto se han generado ciertas normas que buscan mejorar la eficiencia energética mediante el uso de aislamientos térmicos, dichas normas se publican mediante el Diario Oficial, dichas normas son:

- NOM – 008 –ENER – 2001 – Eficiencia energética en edificaciones.

- NOM – 008 – SCFI – 1993 – Sistema general de unidades de medición.
- NOM – 0018 – ENER – 1997 - Aislantes térmicos para edificaciones (límites y métodos).
- NOM – 020 – ENER – Anteproyecto – Envoltente de edificios residenciales.
- NOM – C - 125 -1982 – Materiales termoaislantes, fibra mineral, espesor y densidad.
- NOM – C -126 – 1982 – Materiales termoaislantes en forma de bloques o placas, densidad y determinación.
- NOM – C – 181 – 1984 – Transmisión térmica en estado estacionario, medidor de flujo de calor.

Todas estas normas tienen por objetivo el optimizar el diseño desde el punto de vista del comportamiento térmico de la envolvente, obteniendo como beneficios, el ahorro de energía por la disminución de equipos de enfriamiento y un mejor confort de los habitantes. Estas normas son aplicables a todas las edificaciones nuevas y las ya existentes, estas normas existen tanto para edificaciones como para viviendas residenciales.

El anteproyecto NON-020-ENER, estipula muy claramente las definiciones de los términos utilizados para el análisis de confort, de las fórmulas con las que se puede calcular la carga térmica de una casa, además de un estudio práctico al instalar conceptos de diseño en un prototipo para ver cuanta energía se podría ahorrar al diseñar tomando en cuenta las condicionantes del medio en que se encuentra la vivienda.

El anteproyecto muestra tablas con el cálculo del flujo de calor a través de la envolvente en cada uno de los estados de la república Mexicana, con el fin de conocer los W/m^2K que recibe una edificación y las orientaciones más castigadas por el sol. Posteriormente se muestran dichas tablas con los valores de cada estado.

Aparte de las normas mexicanas, existen otras internacionales que también son usadas en México como el caso de la norma **ASHRAE**.

***ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers.** Esta asociación se crea en EUA, con el fin de mantener constantemente estándares y guías de diseño que provean aspectos en la selección, diseño, aplicación, ocupación, seguridad y criterios operacionales sobre sistemas de aire acondicionado (HVAC), dichas normas y tablas del ASHRAE, son muy utilizadas para determinar la cantidad (kg) de lámina que se utilizará en la instalación y diseño de ductos de aire acondicionado, así como los reglamentos y los estándares del uso de aislamiento tanto interior como exterior en dichos ductos, con el fin de evitar la “fuga de calor” en los ductos.

ASHRAE, estándar 62-2001 (Ventilation for acceptable indoor air quality) establece el cuidado para el diseño comercial, institucional y residencial de sistemas de ventilación que provee la calidad del aire interior, normalmente aceptado por los habitantes para minimizar los ambientes adversos del clima al interior de los edificios. Esta norma trata de clarificar los equipos de ventilación, equipos y sistemas que modifican el aire interior, identificando posibles soluciones para la reducción de costos con una determinada tecnología. (ASHRAE, 2001). Su homologa en México son las normas **AMERIC**.

***AMERIC – Asociación Mexicana de Empresas del Ramo de Instalaciones para la Construcción.** Esta asociación tiene normas para todo tipo de instalación como es la instalación eléctrica, refrigeración y climas, hidráulico, instalaciones especiales, entre otras. Lo que esta asociación intenta es regular el uso de las instalaciones además de proporcionar métodos para el diseño y cálculo de las mismas. Las normas publicadas por la AMERIC, se encuentran reflejadas en el diario oficial de la federación y son tomadas en el diseño y construcción tanto de edificaciones como de residencias.

*** Norma UNE-EN-ISO-7730/1996 – Ambientes térmicos moderados.** Estas normas internacionales determinan los índices PMV (Voto medio previsto), PPD (porcentaje de insatisfacción) y las especificaciones de las condiciones para el bienestar térmico además contiene el método P.O.Fanger (Castejón, 2004), que estima el grado de confort de los trabajadores mediante el cálculo de los índices

PMV y PPD, dichos índices se calculan en función de una serie de parámetros ambientales.

* **CARRIER - Manual de Aire Acondicionado.** Éste como su nombre lo dice, es básicamente un manual en donde se enseña y se ayuda a determinar el cálculo de la carga de enfriamiento y la selección del sistema a implementarse. El manual da instrucciones para cada fase del proceso del proyecto, mediante técnicas de diseño de sistemas que garantizan la calidad en sus aplicaciones y que reducen al mínimo el mantenimiento y las reparaciones subsiguientes. El manual contempla distintas condiciones climáticas y factores ya estudiados y aplicados previamente; todo esto se engloba en un formato que como resultado arroja la carga térmica (en Toneladas de Refrigeración) que debe ser considerada para el enfriamiento y/o calefacción del espacio analizado. El manual de Carrier calcula la carga térmica mediante 3 métodos:

1) Método de Función de Transferencia (TMF), el cual estima la carga de enfriamiento hora x hora mediante condiciones del espacio, mediante un flujo unidimensional.

2) Método cargas por Diferencial de Temperatura (CLTD) y Factores de carga de Enfriamiento (CLF), éste es el método que seguimos para hacer el cálculo de la ganancia de calor con los valores obtenidos en los sensores, colocados en los prototipos.

a) $CLF = Q = U \cdot A \cdot (CLTD)$, en donde (CLTD) es la media logarítmica de las temperaturas exterior e interior $[\Delta t_{\log}(t_{\text{ext}} - t_{\text{int}})]$.

3) Valor de temperatura diferencial total equivalente (TETD) y tiempo promedio (TA)

Hay que considerar que todos los manuales y normas antes mencionados, nos dan parámetros que se toman en cuenta para el cálculo del diseño, entre los que se encuentran las condiciones ambientales, el clima, la presión atmosférica, el calor latente, calor sensible, renovación de aire, estos valores y términos se ejemplifican el capítulo 7, denominado, Psicometría (propiedades térmicas del aire húmedo y el

efecto de la humedad atmosférica sobre los materiales y sobre el confort humano).
Contemplando las siguientes variables:

* Calor sensible (SHF) = SH/TH

* Calor del local (RSHF)

* Calor latente (LH)

* Calor Total (TH) = (SH+LH)

* Temperatura equivalente de la superficie

* Factor del bypass (BF), válvula que representa el % de aire que pasa a través de la batería sin sufrir afectaciones.

* Calor sensible efectivo (ESHF)

* Calor sensible del local (RSHF)

* Calor sensible total (GSHF)

* Volumen de aire =
$$\frac{ERSH}{0.29 (trm-tadp) (1-BF)}$$

* Ganancia efectiva (ERSH)

* Temperatura seca local (trm)

* Temperatura del punto de rocío del aparato (tadp)

* Balance térmico, refrigeración y humedad, este punto nos ayuda a determinar qué caudal de aire se necesitará, para la selección del tipo de aire acondicionado que se implementará.

A continuación se muestran las tablas (1 y 2) de referencia de la norma mexicana NON-020-ENER, así como la tabla de cálculo de diseño de Carrier, donde

se muestran las condicionantes y factores contemplados para llegar al cálculo de la carga térmica o tonelaje de enfriamiento y la selección del equipo.

1-6		PRIMERA PARTE. ESTIMACIÓN DE LA CARGA TÉRMICA							
REF. CAP.	REFERENCIA DE TABLAS				REF. CAP.	REFERENCIA DE TABLAS			
	CONCEPTO	ÁREA O SUPERFICIE	GANANCIA SOLAR O DIF. TEMP.	FACTOR		CALCULADO PARA	HORA LOCAL	CARGA MÁX.	HORA LOCAL
	GANANCIA SOLAR-CRISTAL					HORAS DE FUNCIONAMIENTO			
3	CRISTAL con acumulación	m ² x	Tablas 6, 7, 8, 9, 10, 11	x	2	CONDICIONES	BS	BH	% HR
4	CRISTAL sin acumulación	m ² x	Tablas 15	x		EXTERIORES	Tab. 1-3		T. R.
	CLARABOYA	m ² x	Tabla 15	x		INTERIOR	Tab. 4-5		GR/KG
	GANAN. SOLAR Y TRANS.-PAREDES Y TECHO					AIRE EXTERIOR			
	PARED	m ² x	Tabla 19	x	6	VENTILACIÓN	OSCILAN. PERS. x Tabla 45 m ³ /h PERS. = PUERTAS GIRATORIAS PUER. x Tabla 47 m ³ /h m ³ = PUERTAS ABIERTAS PUER. x Tabla 47 m ³ /h m ³ = EXTRACTOR Tablas 46-47 RENDIJAS m x Tabla 44 m ² /h m ² =		
	PARED	m ² x	19	x		INFILTRACIONES	m x Tabla 44 m ² /h m ² = m ² /h INFILTRACIÓN Tabla 42		
	TEJADO-SOL	m ² x	Tabla 20	x		SHFE			
	TEJADO-SOMBRA	m ² x	20	x		A. D. P. EFECTIVO SENS. LOCAL = SHFE EFECTIVO SENS. LOCAL = Tabla 66 o abaco psicrométrico ADP INDICADO = °C ADP SELECCIONADO = °C			
	GANAN. TRANS.-EXCEP. PAREDES Y TECHO					ADP			
	TOTAL CRISTAL	m ² x	Nota 1	x		CANTIDAD DE AIRE DESHUMIDIFICADO Δ t (1 - BF) x (°C)LOC. - ADP = °C EFEC. SENSIBLE LOCAL = °C Δ t 0,3 x °C Δ t = m ³ /h AD			
	TABIQUE	m ² x	Tablas 25, 26	x		SALIDA Δ t SENSIBLE LOCAL = °C (LOC - SALIDA AIRE) * 0,3 x m ³ /h TRATADOS			
	TECHO	m ² x	Notas 29, 30	x		CANTIDAD DE AIRE SUMINISTRADO SENSIBLE LOCAL = m ³ /h AS 0,3 x °C Δ t = m ³ /h AS			
	SUELO	m ² x	Nota 1	x		BIPASADO m ³ /h AS = m ³ /h AD = m ³ /h AB			
	INFILTRAC.	Nota 4	m ² /h x	Nota 1	x	CONDICIONES ENT. Y SALIDA DEL APARATO BSE T °C + m ³ /h AE m ³ /h ** x (T AE °C - T LOC °C) = T BSE °C BSS T ADP °C + BF x (T BSE °C - T ADP °C) = T BSS °C DEL GRÁFICO PSICROMÉTRICO: T BHE °C T BHS °C			
	CALOR INTERNO					NOTAS			
	PERSONAS	PERSONAS	x	Tab. 14, 48		1 Tomar la diferencia de temperatura seca (db) de proyecto 2 Tomar la diferencia de contenido de humedad de proyecto (g/kg) 3 Tomar el gasto de aire exterior necesario para la ventilación. Sin embargo, si hay que compensar infiltraciones importantes, determinar el gasto de aire exterior según Tabla 42 4 Si no es necesario compensar las infiltraciones y si el gasto necesario para la ventilación es menor que el de infiltración, se tomará la diferencia entre los dos gastos.			
	POTENCIAS	CV o KW	x	Tab. 53		* SI ESTE Δ t ES DEMASIADO ALTO, DETERMINEN LOS m ³ /h SUMINISTRADOS POR LA DIFERENCIA DESEADA, POR LA FORMA DE LA CANTIDAD DE AIRE IMPULSADO. ** CUANDO SE BIPASE UNA MEZCLA DE AIRE EXTERIOR Y RETORNADO USAR m ³ /h SUMINISTRADO. CUANDO SE BIPASE SÓLO AIRE DE RETORNO, USAR m ³ /h DESHUMIDIFICADO.			
	LUCES	WATTS	x	0,86 x Tab. 12, 14, 49					
	APLICACIONES, ETC.		x	Corr. Tabs. 50, 52					
	GANANCIAS ADICIONALES	Tablas 54-57	x						
	ALMACENAJE	m ³ x	Variación de temp. de Tabla 14	x					
	SUB-TOTAL								
	SUB-TOTAL								
	FACTOR DE SEGURIDAD %								
	CALOR SENSIBLE LOCAL								
	GANANCIA CALOR CONDUC. IMP. % + Y FUGAS	Tabla 3	PERDIDA POR ESCAP % + CV	VENTILADOR Tabla 59					
	AIRE EXTERIOR	Nota 3	m ³ /h x	Nota 1	°C x	BF x	0,3		
	CALOR SENSIBLE EFECTIVO DEL LOCAL								
	CALOR LATENTE								
	INFILTRACIÓN	Nota 4	m ³ /h x	Nota 2					
	PERSONAS	PERSONAS	x	Tablas 14, 48					
	VAPOR	KG/h	x	600					
	APLICACIONES, ETC.		x	Tablas 50-52					
	GANANCIAS ADICIONALES		x	Tabla 58					
	DIFUSIÓN VAPOR	m ² x	Nota 2	GR/KG x	Tab. 40				
	SUB-TOTAL								
	FACTOR DE SEGURIDAD %								
	CALOR LATENTE LOCAL								
	PÉRDIDA FILTRACIÓN CONDUC. IMPUL. %								
	AIRE EXTERIOR	Nota 3	m ³ /h x	Nota 2	GR/KG x	BF x	0,72		
	CALOR LATENTE EFECTIVO DEL LOCAL								
	CALOR TOTAL EFECTIVO DEL LOCAL								
	CALOR AIRE EXTERIOR								
	SENSIBLE	Nota 3	m ³ /h x	Nota 1	°C x	(1 - BF) x	0,3		
	LATENTE	Nota 3	m ³ /h x	Nota 1	GR/KG x	(1 - BF) x	0,72		
	GANANCIA CALOR COND. RET. % + C. V. % + PER. TUBO %	Curvas 3	GANANCIA POR FUGAS BOMBA DESHU. Y COND. RET. % + C. V. % + PER. TUBO %	Tabla 50	SUB-TOTAL				
	GRAN CALOR TOTAL								

FIG. 1. Estimación de la carga de refrigeración

Tabla 1 – Cálculo de la estimación de la carga de refrigeración.

APÉNDICES NORMATIVOS

A. Tablas

Tabla 1. Valores para Cálculo del Flujo de Calor a Través de la Envolvente

ESTADO	Ciudad	K de referencia (W/mK)		CONDUCCIÓN										RADIACIÓN											
				OPACA					TRANSPARENTE					TRANSPARENTE											
		Hasta tres niveles y Conjunto horizontal con muros compartidos	Mas de tres niveles		T _{exterior}	Superficie interior	Techo	Temperatura equivalente promedio t _e (°C)				Techo y alero	Ventanas				Factor de ganancia solar promedio g _s (W/m ²)								
			Techo	Muro				Muro masivo		Muro ligero			Techo y alero												
Techo y muro	Techo	Muro	N	E	S	O	N	E	S	O	Techo y alero	N	E	S	O										
AGUASCALIENTES	Aguascalientes	0.900	0.900	2.200	24	25	37	24	27	25	25	30	33	32	32	22	23	24	24	24	274	91	137	118	146
BAJA CALIF. SUR	La Paz	0.454	0.454	0.722	25	31	45	31	34	32	33	36	40	38	39	26	27	28	29	29	322	70	159	131	164
	Cabo S. Lucas	0.470	0.470	0.798	25	30	44	30	34	32	32	36	39	38	39	25	27	28	28	28	322	70	159	131	164
BAJA CALIFORNIA	Ensenada	1.000	1.000	2.200	24	25	35	22	25	24	23	28	31	30	30	29	22	22	22	23	322	70	159	131	164
	México	0.354	0.354	0.621	25	34	50	36	40	37	38	41	45	43	45	29	30	32	32	32	322	70	159	131	164
	Tijuana	0.800	0.800	2.200	23	25	37	24	27	25	25	30	33	32	32	22	23	24	24	24	322	70	159	131	164
CAMPECHE	Campeche	0.424	0.424	0.640	25	31	45	31	35	33	33	36	40	38	40	26	27	29	29	29	284	95	152	119	133
	Cd. Carmen.	0.415	0.415	0.601	25	31	46	32	35	33	33	37	41	39	40	26	28	29	29	29	284	95	152	119	133
COAHUILA	Monclova	0.451	0.451	0.666	25	31	45	31	34	32	33	36	40	38	39	26	27	28	29	29	322	70	159	131	164
	Piedras Negras	0.438	0.438	0.598	25	31	46	32	35	33	33	37	41	39	40	26	28	29	29	29	322	70	159	131	164
	Saltito	0.890	0.890	2.200	25	27	38	25	28	26	26	30	34	33	33	22	24	24	24	25	322	70	159	131	164
	Torreón	0.482	0.482	0.792	25	30	43	30	33	31	31	35	39	37	38	25	27	28	28	28	322	70	159	131	164
COLIMA	Colima	0.524	0.524	1.020	25	29	42	28	32	30	30	34	38	36	37	24	26	27	27	27	274	91	137	118	146
	Manzanillo	0.436	0.436	0.691	25	31	45	31	34	32	33	36	40	38	40	26	27	28	29	29	274	91	137	118	146
CHIAPAS	Amaga	0.422	0.422	0.629	25	31	46	32	35	33	33	37	41	39	40	26	28	29	29	29	272	102	140	114	134
	Comitán	0.894	0.894	2.200	23	25	35	22	24	24	23	28	31	30	30	20	22	22	22	23	272	102	140	114	134
	San Cristóbal	1.155	1.155	2.200	23	22	31	19	20	20	20	25	27	27	26	18	20	20	20	20	272	102	140	114	134
	Tapachula	0.468	0.468	0.867	25	30	44	30	33	31	32	35	39	37	38	25	27	28	28	28	272	102	140	114	134
	Tuxtla Gutiérrez	0.516	0.516	1.033	25	29	42	29	32	30	30	34	38	36	37	24	26	27	27	27	272	102	140	114	134
CHIHUAHUA	Casas Grandes	0.782	0.782	1.724	25	28	40	27	30	28	28	32	36	34	35	23	25	25	26	26	322	70	159	131	164
	Chihuahua	0.820	0.820	1.362	25	28	41	27	30	29	29	33	36	35	36	24	25	26	26	26	322	70	159	131	164
	Cd. Juárez	0.606	0.606	1.153	25	29	41	28	31	29	29	33	37	35	36	24	25	26	27	27	322	70	159	131	164
	H. del Paraiso	0.890	0.890	2.200	25	27	39	26	28	27	27	31	34	33	34	23	24	25	25	25	322	70	159	131	164
D. F.	México (A)	1.008	1.008	2.200	23	23	33	20	22	22	21	26	29	28	28	19	21	21	21	21	272	102	140	114	134
DURANGO	Durango	0.900	0.900	2.200	24	26	37	24	27	25	25	30	33	32	32	22	23	24	24	24	322	70	159	131	164
	Lerdo	0.499	0.499	0.848	25	30	43	29	33	31	31	35	39	37	38	25	26	27	28	28	322	70	159	131	164
GUANAJUATO	Guanajuato	0.749	0.749	2.200	24	25	36	23	25	24	24	29	32	31	31	21	22	23	23	23	274	91	137	118	146
	León (B)	0.768	0.768	2.200	25	27	38	25	28	26	26	31	34	33	33	22	24	24	24	25	274	91	137	118	146
GUERRERO	Acapulco	0.420	0.420	0.621	25	31	45	31	35	33	33	36	41	39	40	26	28	29	29	29	274	91	137	118	146
	Chilpancingo	0.743	0.743	2.200	25	27	38	25	28	27	26	31	34	33	33	22	24	24	25	25	274	91	137	118	146
	Zihuatanejo	0.506	0.506	0.944	25	29	42	29	32	30	30	34	38	36	37	25	26	27	27	27	274	91	137	118	146
HIDALGO	Pachuca	1.254	1.254	2.200	22	22	31	19	20	20	20	25	27	27	26	18	20	20	20	20	272	102	140	114	134
	Tulancingo	1.100	1.100	2.200	23	23	32	19	21	21	20	25	28	27	27	18	20	20	20	21	272	102	140	114	134

Anteproyecto de NOM-020-ENER Eficiencia energética en edificaciones.- Envoltura de edificios residenciales
REV: 04/11/09

Tabla 1. Valores para Cálculo del Flujo de Calor a Través de la Envoltente (continuación)

ESTADO	Ciudad	K de referencia (W/m²K)		CONDUCCIÓN										RADIACIÓN												
				OPACA					TRANSPARENTE					TRANSPARENTE												
		Hasta tres niveles y Conjunto horizontal con muros compartidos		Mas de tres niveles		T interior	Superficie interior	Techo	Muro masivo				Muro ligero				Teguluz y domo	Ventanas				Factor de ganancia solar promedio FG (W/m²)				
									Techo y muro		Techo	Muro	N	E	S	O		N	E	S	O					
JALISCO	Guanajuato (c)	0.791	0.791	2.200	25	26	38	25	27	26	26	30	34	32	33	22	23	24	24	24	274	91	137	118	146	
	Huejuclar	0.798	0.798	2.200	24	26	38	25	27	26	26	30	34	32	33	22	23	24	24	24	274	91	137	118	146	
	Lagos de Mor.	0.920	0.920	2.200	23	26	37	24	26	25	25	29	33	32	32	21	23	23	24	24	274	91	137	118	146	
	Ocotlán	0.823	0.823	2.200	25	27	38	25	28	26	26	30	34	33	33	22	24	24	24	25	274	91	137	118	146	
	Puerto Vallarta	0.424	0.424	0.639	25	31	45	31	35	33	33	37	41	39	40	26	28	29	29	29	274	91	137	118	146	
MÉXICO	Chapingo, Texc.	0.997	0.997	2.200	23	23	32	20	22	22	21	26	29	28	28	19	21	21	21	21	274	91	137	118	146	
	Toluca	1.620	1.620	2.200	22	21	29	17	18	18	18	23	25	25	24	17	18	18	19	19	274	91	137	118	146	
MICHOACÁN	Morelia	0.872	0.872	2.200	24	25	35	23	25	24	24	28	31	30	30	21	22	23	23	23	274	91	137	118	146	
	Lázaro Cárden.	0.438	0.438	0.700	25	31	46	32	35	33	33	37	41	39	40	26	28	29	29	29	274	91	137	118	146	
	Uruapan	0.957	0.957	2.200	24	25	35	23	25	24	24	28	31	30	30	21	22	23	23	23	274	91	137	118	146	
MORELOS	Cuernavaca	0.721	0.721	2.200	25	27	39	26	28	27	27	31	34	33	34	22	24	25	25	25	274	91	137	118	146	
	Cuautla	0.559	0.559	1.368	25	29	41	28	31	29	29	33	37	35	36	24	25	26	26	27	274	91	137	118	146	
NAYARIT	Tepic	0.800	0.800	2.200	24	27	39	26	29	27	27	31	35	34	34	23	24	25	25	25	274	91	137	118	146	
NUEVO LEÓN	Monterrey (d)	0.480	0.480	0.768	25	30	44	30	33	31	32	35	39	37	38	25	27	28	28	28	274	91	137	118	146	
OAXACA	Oaxaca	0.855	0.855	2.200	24	26	38	25	27	26	26	30	34	33	33	22	23	24	24	24	272	102	140	114	134	
	Salina Cruz	0.411	0.411	0.586	25	31	46	32	36	33	34	37	41	39	41	26	28	29	29	29	272	102	140	114	134	
PUEBLA	Puebla	0.889	0.889	2.200	24	24	34	21	23	23	22	27	30	29	29	20	21	22	22	22	272	102	140	114	134	
	Atlixco	0.861	0.861	2.200	23	25	35	23	25	24	24	28	31	30	30	21	22	23	23	23	272	102	140	114	134	
	Tehuacán	0.754	0.754	2.200	24	25	35	23	25	24	24	28	31	31	31	21	22	23	23	23	272	102	140	114	134	
QUERÉTARO	Querétaro	0.873	0.873	2.200	24	26	37	24	27	26	25	30	33	32	32	22	23	24	24	24	274	91	137	118	146	
	San Juan del Río.	0.829	0.829	2.200	24	24	34	22	24	23	23	27	30	29	29	20	21	22	22	22	274	91	137	118	146	
QUINTANA ROO	Cozumel	0.466	0.466	0.763	25	30	44	30	33	31	32	35	39	37	38	25	27	28	28	28	284	95	152	119	133	
	Chetumal	0.438	0.438	0.679	25	31	45	31	34	32	32	36	40	38	39	26	27	28	29	29	284	95	152	119	133	
	Canón	0.439	0.439	0.587	25	31	46	32	35	33	34	37	41	39	40	26	28	29	29	29	284	95	152	119	133	
	Playa Carmen	0.423	0.423	0.623	25	31	45	31	35	33	33	36	41	39	40	26	28	29	29	29	284	95	152	119	133	
SAN LUIS POTOSÍ	Río Verde	0.599	0.599	1.503	25	28	41	27	30	29	29	33	36	35	35	24	25	26	26	26	274	91	137	118	146	
	San Luis Potosí	0.830	0.83	2.200	25	24	34	22	24	23	23	27	30	30	30	20	22	22	22	22	274	91	137	118	146	
	Cd. Valles	0.417	0.417	0.611	25	31	45	32	35	33	33	37	41	39	40	26	28	29	29	29	274	91	137	118	146	
	Matlahuala	0.930	0.93	1.500	25	27	39	25	28	27	27	31	34	33	34	22	24	25	25	25	274	91	137	118	146	
SINALOA	Cuicacán	0.409	0.409	0.579	25	31	46	32	36	33	34	37	41	39	41	27	28	29	29	29	322	70	159	131	164	
	Mazatlán	0.449	0.449	0.720	25	31	45	31	34	32	33	36	40	38	39	26	27	28	29	29	322	70	159	131	164	
	Guasave	0.425	0.425	0.563	25	32	47	33	36	34	34	38	42	40	41	27	28	30	30	30	322	70	159	131	164	
	Los Mochis	0.434	0.434	0.651	25	32	47	33	36	34	34	38	42	40	41	27	28	30	30	30	322	70	159	131	164	

Tabla 1. Valores para Cálculo del Flujo de Calor a Través de la Envolvente (continuación)

ESTADO	Ciudad	K de referencia (W/m ² K)		CONDUCCIÓN												RADIACIÓN									
				OPACA						TRANSPARENTE						TRANSPARENTE									
		Hasta tres niveles y Conjunto horizontal con muros compartidos		Mas de tres niveles		Temperatura equivalente promedio te (°C)												Factor de ganancia solar promedio FG (W/m ²)							
						T interior	Superficie inferior	Techo	Muro masivo				Muro ligero				Treguluz y domo					Ventanas			
Techo y muro	Techo	Muro				N	E	S	O	N	E	S	O		N	E	S	O	Treguluz y domo	N	E	S	O		
SONORA	Guaymas	0.392	0.392	0.521	25	32	47	33	37	34	35	38	42	40	42	27	29	30	30	30	322	70	159	131	164
	Hermosillo	0.367	0.367	0.427	25	33	48	34	38	35	36	39	43	41	43	28	29	30	31	31	322	70	159	131	164
	Obrejón	0.437	0.437	0.634	25	31	45	31	35	33	33	37	41	39	40	26	28	29	29	29	322	70	159	131	164
	Navojoa	0.427	0.427	0.467	25	31	45	31	35	33	33	37	41	39	40	26	28	29	29	29	322	70	159	131	164
	Nogales	0.732	0.732	1.557	25	28	40	27	30	28	28	32	36	35	35	23	25	26	26	26	322	70	159	131	164
TABASCO	Villahermosa	0.495	0.495	0.540	25	32	46	32	36	34	34	38	42	40	41	27	28	29	30	30	272	102	140	114	134
	Comalcalco	0.437	0.437	0.617	25	31	46	32	35	33	33	37	41	39	40	26	28	29	29	29	272	102	140	114	134
TAMAULIPAS	Cd. Victoria	0.467	0.467	0.631	25	31	45	31	35	33	33	36	40	38	40	26	27	29	29	29	272	102	140	114	134
	Tampico	0.455	0.455	0.715	25	30	44	30	34	32	32	36	40	38	39	26	27	28	28	28	272	102	140	114	134
	Matamoros	0.511	0.511	1.223	25	31	45	31	34	32	32	36	40	38	39	26	27	28	29	29	272	102	140	114	134
	Reynosa	0.486	0.486	0.583	25	31	46	32	35	33	34	37	41	39	40	26	28	29	29	29	272	102	140	114	134
TLAXCALA	Nuevo Laredo	0.423	0.423	0.546	25	32	46	32	36	34	34	37	42	40	41	27	28	29	30	30	272	102	140	114	134
	Tlaxcala	1.100	1.100	2.200	23	24	33	21	23	22	22	27	29	29	28	20	21	21	21	22	272	102	140	114	134
VERACRUZ	Coatzacoalcos	0.439	0.439	0.677	25	31	45	31	34	32	32	36	40	38	39	26	27	28	29	29	272	102	140	114	134
	Córdoba	0.875	0.875	2.200	24	27	38	25	28	27	27	31	34	33	33	22	24	24	25	25	272	102	140	114	134
	Jalapa	0.840	0.840	2.200	23	25	36	23	25	24	24	29	32	31	31	21	22	23	23	23	272	102	140	114	134
	Orizaba	0.884	0.884	2.200	24	26	37	24	26	25	25	29	33	32	32	21	23	23	24	24	272	102	140	114	134
	Tuxpan	0.481	0.481	0.792	25	30	43	30	33	31	31	35	39	37	38	25	27	28	28	28	272	102	140	114	134
	Poza Rica	0.448	0.448	0.642	25	31	45	31	35	32	33	36	40	38	40	26	27	29	29	29	272	102	140	114	134
	Veracruz	0.445	0.445	0.687	25	31	44	31	34	32	32	36	40	38	39	26	27	28	28	29	272	102	140	114	134
	YUCATÁN	Mérida	0.443	0.443	0.704	25	31	44	31	34	32	32	36	40	38	39	26	27	28	28	29	284	95	152	119
ZACATECAS	Progreso	0.458	0.458	0.741	25	30	44	30	34	31	32	35	39	38	39	25	27	28	28	28	284	95	152	119	133
	Valladolid	0.474	0.474	0.815	25	30	43	30	33	31	31	35	39	37	38	25	27	28	28	28	284	95	152	119	133
	Fresnillo	0.973	0.973	2.200	23	24	34	21	23	23	22	27	30	29	29	20	21	22	22	22	274	91	137	118	146
Zacatecas	1.194	1.194	2.200	22	24	34	21	23	23	22	27	30	29	29	20	21	22	22	22	274	91	137	118	146	

- (a) Utilizar los mismos valores para los municipios conurbados del Estado de México que forman la zona metropolitana.
 (b) Utilizar los mismos valores para las ciudades de Celaya, Irapuato, Salamanca y Silao.
 (c) Utilizar los mismos valores para los municipios de Tlaquepaque, Tonalá y Zapopan.
 (d) Utilizar los mismos valores para los municipios de Apodaca, Garza García, Guadalupe, San Nicolás de los Garza y Santa Catarina.

Tabla 2 – Cálculo de Flujo de Calor NOM, 020, ENER

3.1.3 –El papel del confort térmico en la construcción.

La definición de confort parece simple, se podría decir que es aquello que produce un bienestar o una comodidad, sin embargo si ya hablamos de confort térmico el panorama se complica, ya que no solo las altas o bajas temperaturas determinan el bienestar de los habitantes de una vivienda, una interesante variedad de factores confluyen para originar este fenómeno. Y en esto, la construcción tiene mucho que decir y aportar. En la construcción en donde se encuentran los desafíos mas grandes, ya que es en la práctica donde se cumplen ciertos estándares, como el incorporar materiales térmicos en las viviendas ya existentes y cumplir con los estándares y exigencias en los muros, pisos y ventanas de las nuevas construcciones, con esto se fomenta el desarrollo de nuevas soluciones y la adaptación de otras tecnologías y creación de innovaciones en la construcción con el fin de buscar mejorar el confort térmico de quienes habitan dichas viviendas.

Se dice que en la construcción una de las herramientas que ayuda a regir las temperaturas, es el aislamiento de la estructura, como un elemento eficiente de bajo costo, el cual permite generar condiciones adecuadas y protege la migración de las altas temperaturas, en ocasiones se a llegado a confundir confort térmico con eficiencia energética en el ramo de la construcción, pero son dos cosas sumamente diferentes, ya que por medio de un sofisticado sistema de calefacción o ventilación se puede conseguir una vivienda confortable, pero muy poco eficiente en el uso de energía, pero en la construcción lo que importa es el encontrar un equilibrio y obtener confort térmico con costos mínimos y es entonces donde resulta conveniente hablar de eficiencia energética.

Dentro de la lista de factores que generan el confort térmico hay aspectos que escapan al control de proyectistas y constructores. Estos aspectos son sumamente subjetivos con la sensación térmica, ya que son influenciados por aspecto psicológicos que produce la decoración o el color de una habitación, distinta si es claro u oscuro y el abrigo o cantidad de ropa de los habitantes. Pero en cambio hay otra amplia gama de ítems que si le corresponden a la construcción. Aunque no todo recae sobre la construcción, mas que nada la clave esta en diseñar y construir

teniendo en mente la elaboración de sistemas integrales, donde el enfoque teórico deba apuntar hacia aspectos prácticos como la cantidad y calidad de la luz recibida en una casa.

Actualmente las construcciones que ya implementan materiales térmicos en las viviendas cumplen con algunas condiciones:

- Incorporan materiales térmicos ya regulados.
- Implementan soluciones constructivas, ya evaluadas y relacionadas con el diseño y diseño bioclimático.
- Implementan materiales aislantes con el fin de disminuir los consumos energéticos.
- Implementan la innovación en métodos y materiales constructivos.
- Implementar los materiales térmicos, tomando en cuenta los factores de la ventilación, si no se puede llegar generar problemas de salud y pésimas condiciones de temperatura en el interior, por lo cual no hay que aislar de manera unilateral.

En México existen aun muchos detalles en lo que es la construcción, y más en la construcción con materiales térmicos, o en la incorporación de nuevos métodos constructivos. Se puede decir que sin normas no hay cambio, ese es el principal problema de la construcción en este país, ya que no existen normas reguladoras de la misma, y si es que existen no hay dependencias que se encarguen de verificar que dichas normas se estén cumpliendo. En México es un país desarrollado que cuenta con muy altas tecnologías, como por ejemplo en casi todas las casas de nivel medio se cuenta con red a Internet, televisión con cable o por antena, pero no contamos con las condiciones de confort para vivir, y en muchas de las situaciones ni con las condiciones básicas para habitar los espacios.

En la actualidad muchos países están innovando en los modelos y sistemas constructivos así como en el uso de materiales térmicos, dichos materiales y métodos se mencionaran en el Capítulo 5.7 – en donde se habla de los métodos y materiales usados en otras partes del mundo.

3.1.4 – Zonas de Confort

Zona de Confort: serie de condiciones en que se produce el bienestar térmico, difiriendo de las personas, dependiendo de su vestimenta, situación geográfica, edad, sexo, etc. Se llama “Zona de confort” al intervalo de condiciones dentro de las cuales un alto porcentaje de la población se siente cómoda.

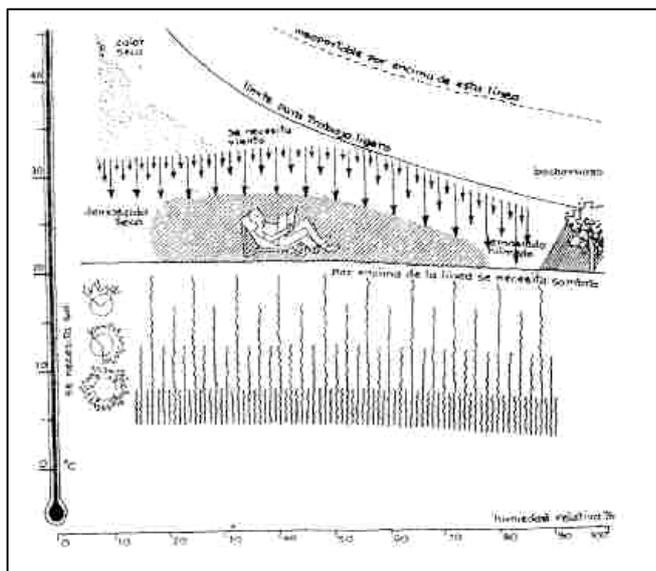


Imagen 1 - Grafica de zonas de confort

El confort térmico se basa en que exista un equilibrio entre las ganancias y las pérdidas térmicas del cuerpo. El edificio habitacional debe brindar las condiciones de confort adecuadas para el desarrollo de la actividad correspondiente.

Pero el pionero en la definición y clasificación de las zonas de confort fue los hermanos Olgay en 1963, en sus estudios de los hermanos Olgay define en 1998 que la zona de confort se encuentra entre 21.1°C y los 27.5°C aproximadamente y entre 30% y 65% de humedad relativa que puede ser ampliada por zonas con baja y alta humedad, también tiene una variación para el invierno, da una relación para corregir la grafica con respecto a latitudes menores de 40°C .

Los estudios de las zonas de confort arrojaron una grafica a la cual se le conoce como carta bioclimática en la cual se grafica y se define la zona de confort, así como las variables que la afectan y los mecanismos correctores. Para esta carta

se señalan los valores medios de temperatura, humedad relativa, temperatura radiante, w de radiación y velocidad del viento que estaría dentro o fuera de la zona. Para poder trabajar con ella se deben introducir los valores medios de los parámetros climáticos de cada mes del año y unir con líneas para ver en que parte de la grafica se encuentran.

Esta gráfica es aplicable directamente solo para habitantes de la zona templada, o en latitudes cercanas a los 1000 m, para un interior de casa con vestimenta normal y con actividad sedentaria. Dicha grafica ha sido un método muy controversial entre los expertos en el tema como Lacomba en 1991, donde menciona que existen diversos criterios y argumentos a la viabilidad y certeza del método de los hermanos Olgay, argumentando que hay campos de oportunidad ya que las graficas se enfocan mas a medir el rendimiento del trabajo y no el confort térmico, además de que argumenta que dicha grafica debería considerar la humedad absoluta no la relativa y el argumento mas fuerte es que las graficas solo toman en cuenta la radiación térmica y dejan de lado la inercia térmica del edificio y la variación de las temperaturas exteriores.

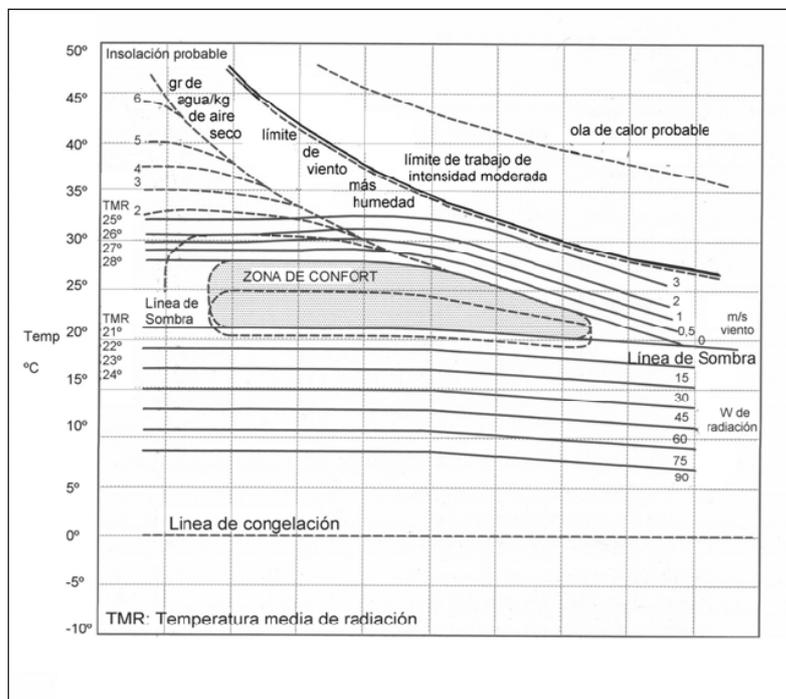


Imagen 2 - Gráfica Bioclimática de los Hermanos Olgay

En si este método dio la pauta para la realización de diversos estudios donde se profundizo respecto al bienestar térmico, tal es el caso del método de Giovanni o el diagrama bioclimático de Izard (1980), en este caso nos basaremos en la grafica de los hermanos Olgyay con la afirmación de que se tara meramente de una referencia respecto al grado de variabilidad térmica del espacio interior en estudio y no así como medida de desempeño para el desarrollo de propuestas de diseño bioclimático, por lo que la factibilidad del uso de esta herramienta es factible como medida de correlación ente las variables climáticas observadas tomando en cuenta la temperatura y la humedad. Muy relacionado a las zonas de confort esta el índice psicométrico de Givoni, creado en 1998 el cual nos dice que es posible determinar los rangos climáticos en los cuales el ser humano puede manifestar una sensación térmica confortable. El método de Givonu, permite valuar las condiciones térmicas de un lugar o de un espacio en función a los diferentes parámetros ambientales (TA, HR, V, Tr). Sin embargo este método es cuestionado debido a que no se toma en cuenta los factores individuales del ser humano.

En este modelo se estudia tanto las zonas de confort en invierno y en verano en función del análisis higrotérmico, como efecto del movimiento del aire, radiación, inercia térmica o refrigeración evaporativa, como se representa en la imagen a continuación.

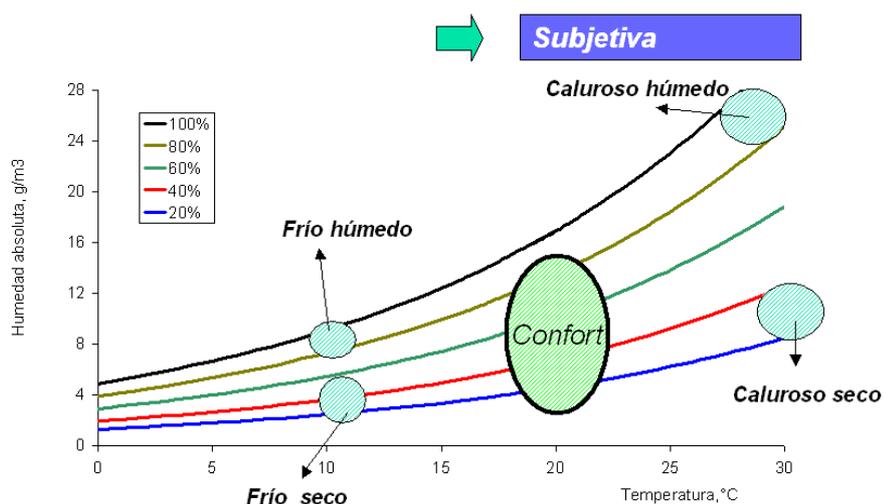
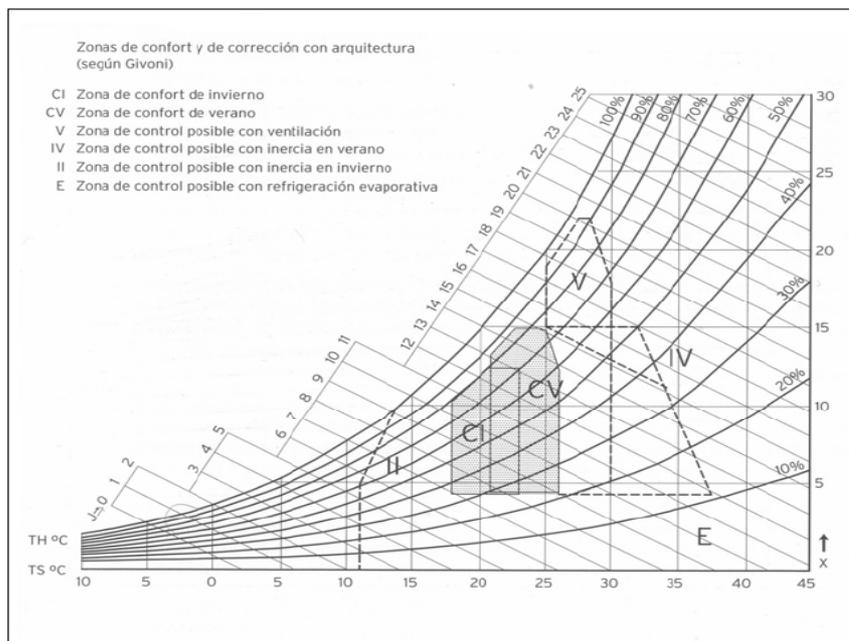


Imagen 3 – Análisis Higrotérmico.



Graf.3. Ábaco psicométrico de Givoni, donde además de la zona de confort se observan las zonas que pueden corregirse con la aplicación de determinados principios térmicos. Fuente: Serra y Coch, 1995, p.88.

Imagen 4 – Gráfica del índice psicométrico de Givoni

Definida por Givoni (1998), la fórmula general para determinar la zona de confort:

$$S = [(M - W) \pm C \pm R] \cdot (1/re)$$

Símbolo	Definición
S	Grado de sudación requerido, en equivalente kcal/h.
M	Metabolismo kcal/h
W	Energía metabólica transformada en trabajo mecánico kcal/h.
C	Intercambio de calor por convección kcal/h.
R	Intercambio de calor por radiación kcal/h.
re	Rendimiento evaporativo del sudor. Sin dimensión.

Se puede decir que el objetivo de este método es determinar el ahorro energético durante la época cálida o fría del año, la cual depende del clima exterior, de la inercia térmica del edificio, de la forma y dimensión de vanos y de la protección que se les de durante la noche para evitar pérdidas nocturnas. Esto implica que en

cuanto mas apropiado sean los diseños propuestos estos menos será la carga energética para calentar o enfriar los espacios (Lacomba, 1991).

3.1.5 – Modelos para la evaluación del confort térmico.

Lo importante de tener algún modelo para la evaluación del confort, nació como consecuencia de la aparición de las técnicas de acondicionamiento de aire, cuyo fin era lograr que las personas se sintieran confortables y precisaran de los métodos para evaluar en qué medida se alcanzaban sus objetivos; el más conocido de los índices de evaluación de confort fue la “temperatura efectiva”, desarrollado por Yaglou (1995). Después de este índice de evaluación, aparecieron muchos otros , pero la mayoría de ellos no engloban variables que en un ambiente industrial son de gran importancia, como la presencia de calor radiante. Es entonces en 2003 donde Chávez (Sierra y Coch) mencionan 3 tipos de modelos para la evaluación del confort, estos son:

- Los modelos teóricos
- Los modelos empíricos
- Los modelos adaptativos

Los modelos teóricos, se pueden destacar por su importancia debido a su trayectoria y desarrollo realizando en diversas investigaciones. Fue en 1970 en la obra “ Thermal Confort” de P.O Fanger (Castejón,2003) donde se presento un avance importante al incluir en el método de valoración propuesto, la totalidad de los factores que influyen en los intercambios térmicos hombre- medio ambiente y que contribuyen a la sensación de confort, estos factores son:

- Nivel de actividad (Met)
- Características del vestido (Clo)
- Temperatura seca
- Humedad relativa
- Temperatura radiante media
- Velocidad del aire.

En cambio los estudios de Fanger demuestran que los valores de la temperatura de la piel y de la cantidad de sudor secretado en las situaciones confortables dependen del nivel de actividad a través de relaciones lineales, la temperatura de la pie es linealmente decreciente con el consumo metabólico, mientras la cantidad de sudor evaporado crece linealmente con la actividad, siempre en el supuesto de encontrarnos en una situación confortable. Lo antes mencionado se encuentra representado en la ecuación del balance térmico, la cual Fanger llamo la “ecuación de confort”, en dicha ecuación se establece la relación que debe de existir entre las 3 siguientes variables.

- Características del vestido: aislamiento y área total del mismo
- Características del tipo de trabajo: carga térmica metabólica y velocidad del aire.
- Características del ambiente: temperatura seca, temperatura radiante media, presión parcial del vapor de agua en el aire y velocidad del aire.

El aire en este caso entra como componente por la velocidad efectiva del mismo respecto del cuerpo, considerando el efecto cuando se está quieto y la velocidad debida al movimiento del cuerpo relativo al aire tranquilo.

La ecuación PMV, solo se aplica a humanos expuestos a un largo periodo en condiciones constantes y con una tasa metabólica constante. En donde la conservación de la energía conduce a la ecuación de balance térmico:

$$H - Ed - E_{sw} - E_{re} - L = R + C$$

Símbolo	Definición
H	Producción interna de calor.
Ed	Pérdidas de calor por la difusión de vapor de agua por la piel.
E _{sw}	Pérdidas de calor debidas a la sudoración
E _{re}	Pérdidas de calor latente debidas a la respiración.
L	Pérdidas de calor por respiración seca.
R	Perdidas de calor por radiación de la superficie del cuerpo vestido.
C	Pérdidas de calor por convección de la superficie del cuerpo vestido.

La ecuación se extiende al sustituir cada componente con una función derivada de la física básica. Todas las funciones tienen valores mensurables con excepción de la temperatura superficial de la vestimenta y el coeficiente de transferencia de calor por convección los cuales están en función uno del otro. Para poder resolver la ecuación, se debe de poner un valor inicial de temperatura de la ropa en estimado, en donde el coeficiente de transferencia de calor por convección es calculado, una nueva temperatura de la ropa calculada. Así por interacción hasta que ambos coincidan con el grado de satisfacción.

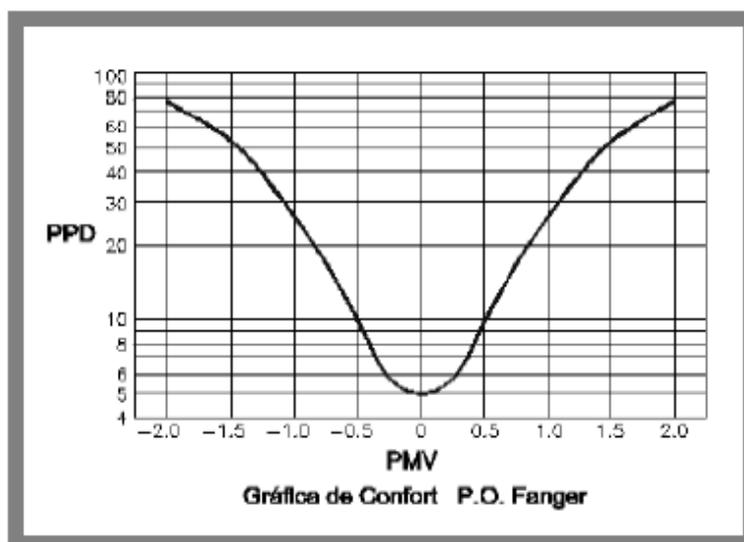


Imagen 5 - Grafica de confort PMV y PPD

El PMV representa el “Voto Medio Previsto”, este modelo de sensación térmica se establece en una escala de siete variables. La mayor limitación del modelo es la restricción explícita de la temperatura de la piel y la pérdida de calor por evaporación en valores para confort y sensación “neutral” en un nivel dado de actividad.

Símbolo
Muy caliente
Caliente
Ligeramente caliente
Neutro
Ligeramente frío
Frío
Muy frío

Imagen 6 - Escala de PMV

Como **modelos empíricos**, son más que nada aplicados para el diseño de edificios y/o ingeniería ambiental, en donde puede ser medido el grado de discomfort debido al movimiento del aire. Los valores obtenidos son medidos usando una función lineal que se deriva del modelo teórico de Fanger.

En los modelos adaptativos encontramos los que incluyen de cierta manera la variación en el clima exterior para determinar las preferencias térmicas en el interior.

Por lo contrario los índices de confort térmico teórico y adaptativo fueron establecidos por medio de estudios en cámaras controladas en individuos con determinadas características. Así que se establecieron con estos valores óptimos que han sido asumidos para aplicarlos de forma general.

3.2 – Comportamiento térmico de una vivienda.

Una vivienda como sistema está expuesta a cargas térmicas en sus diferentes partes. En una vivienda de interés social, en áreas de clima fuerte, durante el verano y sin aislamiento térmico en techo, puede llegar a tener una carga térmica de máxima radiación del orden de 57,500 B.T.U/hora = 16,862.17 W, distribuidos en la siguiente forma (de acuerdo a pruebas generadas en otros estudios).

Carga térmica a la hora de máxima Radiación Solar.			
	U Coeficiente de transferencia de calor	Carga - Flujo térmico	%
Paredes	2.77 w/m ² .K	2.93 kilo watts	17
Puertas y Ventanas	6.11	1.61 kilo watts	9
Pisos		0.71 kilo watts	4
Techos	3.88	12.30 kilo watts	70
		16.84 kilo watts	100 %

Imagen 7 – Carga térmica emitida por la radiación solar.

De lo indicado en la tabla antes mostrada, se ve la enorme importancia que representa la carga térmica que recibe la casa por el techo. Por lo cual al asilar el puro techo tenemos una ganancia de un 70%.

Los valores que se están evaluando en la tabla son bajo las condiciones de que es una vivienda que se encuentra en la ciudad de Monterrey en el día más caluroso del verano.

Existen 3 formas de transferencia de calor, que recibe una casa, las cuales se abordan mas a detalle en el capítulo 3.4 – transmisión o transferencia de calor, pero a continuación se muestra un pequeño resumen.

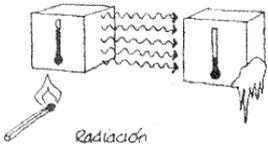
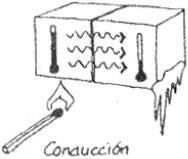
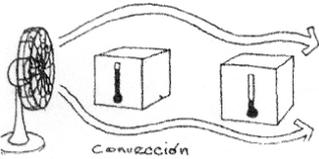
Formas de transferencia de calor.		
 <p>Radiación</p>	<p>RADIACIÓN: es el desplazamiento de energía en forma de radiaciones, es decir de ondas electromagnéticas. Se habla de radiación en el caso de un cuerpo que emite hacia otro cuerpo.</p>	<p>Transmitida por el sol.</p>
 <p>Conducción</p>	<p>CONDUCCIÓN: es también el desplazamiento de energía en forma de ondas, pero en el interior de un mismo material.</p>	<p>Por los materiales, con la que esta echa la casa.</p>
 <p>Convección</p>	<p>CONVECCIÓN: es el movimiento de un fluido líquido o gaseoso, debido a la gravedad y al calentamiento diferencial de este fluido, por ejemplo. Por contacto con un material de temperatura distinta.</p>	<p>Transmitida por los vientos.</p>

Tabla 3 - Formas de transmisión o transferencia de calor

A continuación se muestran los fenómenos que pueden afectar la transferencia de calor a la envolvente de una casa.

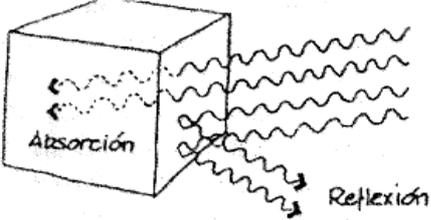
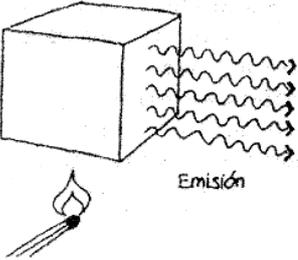
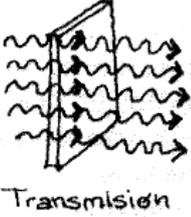
Fenómenos en relación a la transferencia de la energía calorífica en las envolventes.	
<p>REFLEXIÓN: es la porción de radiación que rebota del material, sin cambiar la temperatura de este. La parte de la radiación reflejada, lo hace en la misma longitud de onda que la radiación incidente.</p>	
<p>ABSORCIÓN: es la porción de radiación que penetrará en el material y hará subir su temperatura.</p>	
<p>EMISIÓN: es la reirradiación de la energía absorbida. Funciona en el sentido inverso a la absorción y numéricamente son iguales, pues se reirradia lo que se absorbe.</p>	
<p>TRANSMISIÓN: es el paso de la radiación de cierta longitud de onda a través de los cuerpos transparentes. Es nula en los cuerpos opacos.</p>	

Tabla 4 - Transferencia de energía a la envolvente de una casa.

En el caso del calentamiento diario de una casa, aparecen las tres formas de transmisión de calor, siendo la mayor importancia en el techo de la misma radiación,

o sea, el techo recibe una energía radiante del sol, misma que constituye una fuente energética, que pasa a transmitir calor a los espacios interiores por mecanismo de conducción de calor y de la superficie interior por convección y conducción al espacio habitado.

Con la energía radiada por el sol siendo tan elevada, lo que más nos interesa y preocupa es el exterior del techo, en donde se refleja la emisividad solar, la cual se ve afectada por el calor de la superficie. Las superficies exteriores de los techos pueden llegar a temperaturas muy elevadas, las cuales producen calor y lo transmiten hacia el interior de la vivienda, a lo que conocemos como conductividad térmica.

Por otra parte, como la losa tiene una cierta capacitancia térmica, la cual almacena calor, lo que significa que aun después de verse expuesto el techo a la máxima radiación, la losa se mantiene caliente y sostiene altas temperaturas del espacio interior, la cual tardara retendrá cierto porcentaje de calor.

3.3 - Capacidad térmica de una vivienda.

Lo que se intenta probar y/o demostrar en este punto es la capacidad térmica que tienen los distintos componentes de una casa, y ver como estos se ven afectados por los materiales que los componen. Estudios previos nos demuestran que no se tendrá el mismo comportamiento en una losa de concreto con impermeabilizante asfáltico, que con impermeabilizante reflectante (o también conocido como elastomerito), así mismo, no se comporta igual una losa aislada a una no aislada.

La capacidad térmica de una casa depende de todos los materiales de sus componentes, en este caso las losas de techo, la de entrepiso y la de piso, así como ventanas, puertas y muros. En el Capítulo 6 experimental se muestran los resultados obtenidos al experimentar con distintos materiales y componentes de la vivienda, con el fin de poder determinar cuál es la mejor solución para implementar en las viviendas ya existentes.

3.4 – Transmisión de calor.

La transmisión de calor es un fenómeno que consiste en la transferencia de energía térmica, y la fuente puede ser la combustión de combustibles, fisión de materiales, pérdidas tales como fricción y caída de presión, encontrados en la transmisión o las transformaciones de otros tipos de energía.

El estudio de la transmisión de calor es concerniente a los mecanismos por medio de los cuales, es transferida la energía en forma de calor de un sistema a otro, o entre las paredes de un sistema en el cual el equilibrio no se ha llevado a cabo, la razón a la cual se efectúa dicha transmisión y la aplicación de las leyes de la termodinámica para predecir la dirección del flujo de calor.

Los procesos fundamentales de la transmisión de la energía calorífica son: conducción, convección, radiación, una u otra, o una combinación de estos procesos, intervienen en toda la variedad de fases de la transmisión de calor, como la evaporación y la condensación son formas o combinaciones especiales de conducción y convección.

Los 3 procesos anteriores mencionados, dependen de una **diferencia de temperaturas** y se establece que el calor es transmitido del sistema o cuerpo de **mayor temperatura al de menor temperatura**. En la transmisión de calor por conducción, debe hacerse una distinción entre el flujo de calor estable y el inestable. La conducción se lleva a cabo en el régimen estable cuando el gradiente de temperatura en cualquier punto del cuerpo permanece constante con respecto al tiempo. Cuando hay un cambio parcial de temperatura en el sistema o cuerpo, con respecto al tiempo, ocurre un cambio en el flujo de calor y se dice que el flujo es inestable y que es función del tiempo.

En el proceso de transmisión de calor por convección, debe distinguirse también entre convección libre y convección forzada; cuando el movimiento del fluido es el resultado de un fenómeno físico natural, particularmente la expansión debido al

calentamiento, el proceso es referido a convección libre o natural; cuando el movimiento del fluido es mantenido mecánicamente, se hace referencia a convección forzada.

3.4.1- Conducción

La transmisión de calor por conducción puede ser definida como “la transmisión de energía debido a una diferencia de temperatura entre las partes del sistema o entre dos sistemas en contacto, sin un desplazamiento apreciable de las partículas del sistema o sistemas” La dirección de la transmisión de calor, debe ser de la región de mayor temperatura, que es llamada fuente, a la región de temperatura mas baja.

Conducción a través de un sólido homogéneo simple, esta se lleva acabo en un régimen estable, cuando el gradiente de temperatura en un punto dado en el material permanece constante con respecto al tiempo. La ley cuantitativa de la conducción de calor fue formulada por Fourier, el cual decía considerando un diferencial de área en un plano que corta al cuerpo en dirección normal a la transmisión de calor, para que el flujo de calor se lleve acabo a través de este plano, es necesario que exista de acuerdo a la segunda ley de la termodinámica, un gradiente de temperatura en el plano; por lo tanto la cantidad de calor que pasa a través del elemento de área, en un intervalo de tiempo, esta dada por la siguiente ecuación:

$$\frac{dQ}{d\theta} = -K dA \frac{dt}{dx}$$

dQ = cantidad de calor

$d\theta$ = intervalo de tiempo

K = conductividad térmica del material

dA = área de la sección transversal, la cual es perpendicular al flujo de calor

dt/dx = es el cambio de temperatura t con respecto a la longitud de la trayectoria x

$dQ/d\theta$ = es la cantidad de calor que fluye en un diferencial de tiempo dQ

El símbolo $-$ se usa debido a que el calor fluye siempre del punto de mayor al de menor temperatura. Por lo tanto si dx es considerado positivo en la dirección del

flujo de calor, la diferencia de temperatura dt , debe ser considerada negativa. Existen algunas limitaciones importantes para el uso de la ecuación, ya que la transmisión de calor es considerada únicamente en la dirección, x , y todo el calor suministrado a la sustancia en un intervalo de tiempo dado, deja a la sustancia en el mismo intervalo de tiempo.

El coeficiente de conductividad térmica para una sustancia dada, depende del estado de la misma (sólido, líquido o gas), y es una propiedad física.

3.4.2- Conducción a través de una pared simple.

Si el flujo de calor se lleva a cabo en régimen estable, el calor transmitido a través de cuerpos planos puede calcularse por la ecuación

$$\frac{dQ}{d\theta} = -K dA \frac{dt}{dx}$$

Integrando dicha ecuación siendo q constante, si el cuerpo es plano A es constante y considerando que K varía linealmente con la temperatura, se tiene:

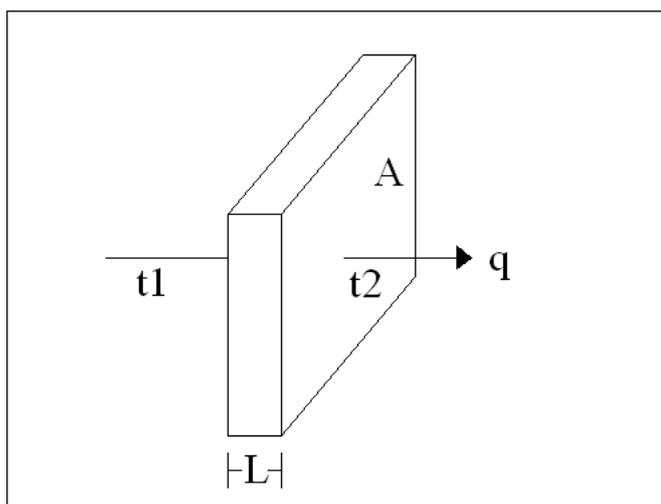


Imagen 8 - Pared Simple

$$\frac{dQ}{d\theta} = -K dA \frac{dt}{dx}$$

$$q = -K dA \frac{dt}{dx}$$

$$\frac{qL}{dA} = -K_m (t_2 - t_1)$$

$$q = K_m \frac{dA}{L} \Delta t$$

Donde:

q = calor transmitido

K_m = conductividad térmica del material, a una temperatura promedio de t_1 y t_2 .

dA = sección transversal del área del cuerpo, considerando normal a la dirección de flujo de calor.

3.4.3- Conducción a través de una pared compuesta.

El flujo de calor a través de una pared plana compuesta de dos o más materiales, teniendo estos diferentes conductividades, puede ser determinado una vez conocidos tanto el espesor de cada capa, con la conductividad de las mismas y además la temperatura exterior.

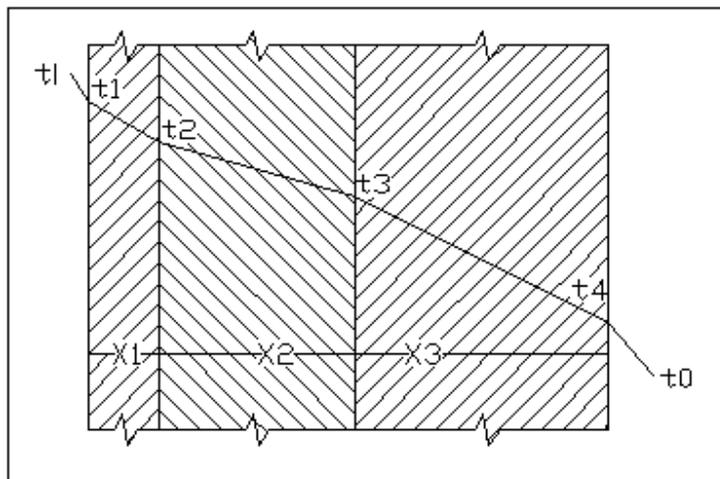


Imagen 9 - Pared Compuesta

Como el área es constante y suponiendo que la conductividad no varía con la temperatura, y dentro del régimen estable, el calor que pasa por cada una de las secciones puede ser determinado aplicando la ecuación

$$q = K_m \frac{dA}{L} \Delta t$$

El flujo de calor a través de una sección cualquiera es:

$$q = K \frac{dA}{x} \Delta t$$

Asumiendo que las caídas de temperatura a través de las tres capas son:

Δt_1 , Δt_2 , Δt_3 , entonces: $\Delta t = \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3$.

Resolviendo la ecuación

$$q = K \frac{dA}{x} \Delta t$$

$$\Delta t_1 = q_1 \frac{x_1}{K_1 \cdot dA}$$

$$\Delta t_2 = q_2 \frac{x_2}{K_2 \cdot dA}$$

$$\Delta t_3 = q_3 \frac{x_3}{K_3 \cdot dA}$$

Sumando estas diferencias de temperatura, y considerando que el flujo de calor es el mismo para cada una de las secciones, se tiene que:

$$\Delta t = q_1 \frac{x_1}{K_1 \cdot dA} + q_2 \frac{x_2}{K_2 \cdot dA} + q_3 \frac{x_3}{K_3 \cdot dA}$$

Entonces la cantidad de calor que pase a través de toda la pared es determinada por la ecuación:

$$q = \frac{t}{q_1 \frac{x_1}{K_1 \cdot dA} + q_2 \frac{x_2}{K_2 \cdot dA} + q_3 \frac{x_3}{K_3 \cdot dA}}$$

Introduciendo el concepto de resistencia, que esta dada por la relación:

$$R = x / K \cdot dA$$

Entonces

$$q = \frac{t}{q_1 \frac{x_1}{K_1 \cdot dA} + q_2 \frac{x_2}{K_2 \cdot dA} + q_3 \frac{x_3}{K_3 \cdot dA}}$$

queda:

$$q = \frac{\Delta t}{R_1 + R_2 + R_3}$$

La ecuación correspondiente para resistencia total, y considerando los coeficientes de películas del lado caliente y del lado frío, será la siguiente:

$$R = \frac{x_1}{K_1 \cdot dA} + \frac{x_2}{K_2 \cdot dA} + \frac{x_3}{K_3 \cdot dA} + \frac{x_4}{K_4 \cdot dA} + \frac{x_5}{K_5 \cdot dA}$$

Donde:

x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 = espesores de las películas calientes, paredes 1, 2 y 3 y película fría.

K_1, K_2, K_3, K_4, K_5 = conductividades.

dA = área constante.

Partiendo del punto visto, de que no es práctico determinar el espesor de la película, se hace la siguiente consideración.

$$h = K / x$$

Donde **h** es el coeficiente de película.

Entonces la ecuación

$$R = \frac{x_1}{K_1 \cdot dA} + \frac{x_2}{K_2 \cdot dA} + \frac{x_3}{K_3 \cdot dA} + \frac{x_4}{K_4 \cdot dA} + \frac{x_5}{K_5 \cdot dA}$$

se puede

expresar de la siguiente forma:

$$R = \frac{1}{h_1 \cdot dA} + \frac{x_2}{K_2 \cdot dA} + \frac{x_3}{K_3 \cdot dA} + \frac{x_4}{K_4 \cdot dA} + \frac{1}{h_2 \cdot dA}$$

y la cantidad total de calor se dará por la ecuación:

$$q = \frac{\Delta T \cdot dA}{1/h_1 + x_2/K_2 + x_3/K_3 + x_4/K_4 + 1/h_2}$$

3.4.4 - Convección.

Es la transformación de calor dentro de un fluido de un punto a otro, por la mezcla de una parte con otra debido al movimiento del mismo, o entre un fluido y otro por la mezcla de ellos, o entre fluidos y un sólido debido al movimiento entre ellos. Para la transmisión de calor por convección natural o por convección forzada se emplea la siguiente ecuación:

$$q = h \cdot A \cdot \theta$$

Donde:

q = flujo de calor por convección.

h = coeficiente de película

A = área de transmisión de calor

θ = diferencia de temperatura ente la superficie del sólido y fluido.

3.4.5 - Convección libre o natural.

Cuando el movimiento de un fluido o fluidos es originado solamente por la diferencia en densidad, resultante de la diferencia en temperatura dentro del fluido o fluidos, donde los coeficientes de las películas en la transmisión de calor natural están expresados en términos de tres grupos de variables.

$$Nu = \phi(NGr) \lambda (NPr)$$

Donde \emptyset es una función del número de *Grashof* y λ es una función del número de *Prandtl*.

Nu = Número de *Nusselt* = $h.L/K$

NGr = Número de *Grashof* = $g.\beta.\Theta L^3 Q^2/\mu^2$ conocido también por modulo de *Grashof*, o modulo de convección libre.

NPr = Número de *Prandtl* = $c.\mu/K$

Entonces se puede escribir la siguiente ecuación, para la determinación del coeficiente de película.

$$hL/K = c(g.\beta.\Theta L^3 Q^2/\mu K)^d$$

3.4.6 - Convección forzada.

Cuando el fluido se hace circular mecánicamente sobre la superficie de transmisión de calor. El valor del coeficiente de película es gobernado por la velocidad y propiedad física del fluido, y por la dimensión, forma y naturaleza de la superficie. Los resultados obtenidos para los coeficientes de película en transmisión de calor por convección forzada, se expresan también en términos de tres grupos de variables adicionales.

$$Nu = \emptyset (Re) \lambda(Pr)$$

Donde \emptyset es una función del número de *REYNOLDS*, y una función del número de *PRANDTL*.

Nu = Número de *Nusselt* = hD/K

Re = Número de Reynolds = DvQ/μ

PR = Número de Prandtl = $cp.\mu/K$

3.4.7 - Radiación

Es el fenómeno por medio el cual, el calor transferido de un cuerpo a alta temperatura a otro con menor temperatura, separados una distancia y sin calentar el medio a través del cual se efectuara dicha transferencia. La radiación de calor puede llevarse a cabo en el vacío, a través de algunos gases y de algunos líquidos. La determinación de la cantidad de calor por radiación, puede ser determinada de acuerdo a la ley de *Stefan – Boltzmann*, que se expresa en la siguiente forma:

$$Q = C (T_1^4 - T_0^4)$$

Donde:

Q = Cantidad de calor

C = Constante

T = temperatura absoluta

Si se tiene un cuerpo a una temperatura absoluta T_0 y rodeado por un cuerpo más caliente a una temperatura absoluta T_1 , la cantidad de calor transferida será.

$$Q = CA (T_1^4 - T_0^4)$$

Para el calculo de la radiación solar disponible en cualquier superficie de un edificio esta es función a tres variables.

- Radiación natural directa
- Radiación difusa proveniente del cielo
- Radiación solar que reflejan las superficies circundantes.

Lo anterior se expresa bajo la formula:

$$I_t = I_D + I_d + I_r$$

Donde:

I_t = Radiación total (W/m²).

I_D = Radiación solar directa.

Obtenida de la formula:

$$I_D = I_{DN} * \text{Cos } \Phi.$$

Donde:

I_{DN} = Irradiación natural directa. (W/m²)

Φ = Ángulo de incidencia entre los rayos solares y la línea normal.

El ángulo puede ser calculado de la siguiente manera:

$$\text{Cos } \Phi = \text{Cos } \beta * \text{Cos } \rho * \text{Sen } \omega + \text{Sen } \beta * \text{Cos } \omega$$

Donde:

β = Altitud

ρ = Azimut de superficie solar, es el ángulo existente entre el azimut y la línea normal de la superficie sobre la cual se desea saber la radiación.

ω = Ángulo de inclinación de la superficie con respecto a la horizontal.

Cuando la superficie es horizontal $\omega = 0$, entonces:

$$\text{Cos } \Phi = \text{Sen } \beta$$

Cuando la superficie es vertical $\omega = 90$, entonces:

$$\text{Cos } \Phi = \text{Cos } \beta * \text{Cos } \rho$$

La radiación difusa (I_d) proveniente del cielo (W/m²) de puede calcular por la formula:

$$I_d = C * IDN * F_{ss}$$

Donde:

C= Factor de radiación difusa.

Factores de radiación difusa (ASHRAE, 2000)											
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0.058	0.06	0.071	0.097	0.121	0.134	0.136	0.122	0.091	0.073	0.063	0.057

IDN = Irradiación normal directa (W/m²).

F_{ss} = Factor del ángulo entre la superficie y el cielo

Para superficies horizontal es 1.0

Para superficies verticales es 0.5

Para otras superficies F_{ss} = (1.0 + Cos ω)/2

I_r = La radiación solar que reflejan las superficies circundantes (w/m²)

$$I_r = I_{tH} * Q_g * F_{sg}$$

Donde:

I_{tH} = Radiación directa y difusa en una superficie horizontal.

$$I_{tH} = IDN (C + \text{Sen } \beta)$$

Donde:

IDN = Irradiación natural directa

C = factor de radiación difusa

β = Altitud

Q_g = Reflectancia de la superficie horizontal circundante.

La reflectancia de la superficie esta en función del ángulo de incidencia de los rayos, algunas reflectancias promedio de superficies son: (Ley Guing)

Concreto nuevo = 0.31

Césped = 0.25

En la sección de análisis del sitio se presentan las tablas relevantes a la radiación en la ciudad de Monterrey

3.5 - Conductividad térmica.

La conductividad térmica de un material homogéneo es la razón de flujo de calos, bajo condiciones estables, a través de un área unitaria, por un gradiente de temperatura unitario en la dirección perpendicular al área. Acudiendo a la ley básica de conducción de color, la cual fue originada por Biot, pero generalmente es llamada ecuación de Fourier, debido a que fue este quien la utilizo como ecuación fundamental en su analítica de calor, la cual se expresa:

$$q = K \frac{A}{x} \Delta t$$

El factor de propiedad K es esta relación representa una propiedad física de la sustancia a través de la cual se conduce el calor y se denomina conductividad calorífica o conductividad térmica.

3.5.1 - Dimensiones físicas de la conductividad térmica.

Al introducir una cantidad física, se requiere primeramente sus dimensiones físicas, expresadas en términos de un sistema consistente de unidad. La manera mas sencilla de determinar las dimensiones físicas de una cantidad de una ecuación, donde las dimensiones de las demás cantidades son conocidas, es considerar como unitaria la magnitud numérica de cada una de las cantidades, de tal manera que solo se conserva el producto de sus unidades.

Partiendo de la ecuación:

$$q = K \frac{A}{x} \Delta t$$

3.5.2 -Factores que influyen sobre la conductividad térmica.

Los valores de K para una determinada sustancia dependen de la temperatura y presión, de la composición química y del estado físico y textura. La conductividad térmica prácticamente de todos los materiales, depende de la temperatura de ellos. Para algunos materiales la conductividad térmica aumenta la temperatura, pero para otros la conductividad decrece. La relación entre la conductividad y la temperatura puede ser expresada por una ecuación lineal.

$$K = a \pm bt$$

Esta variación es aproximadamente lineal entre un rango considerable de temperatura para la mayor parte de los materiales; entonces si se representa gráficamente la conductividad térmica versus la temperatura se obtendrá una línea recta:

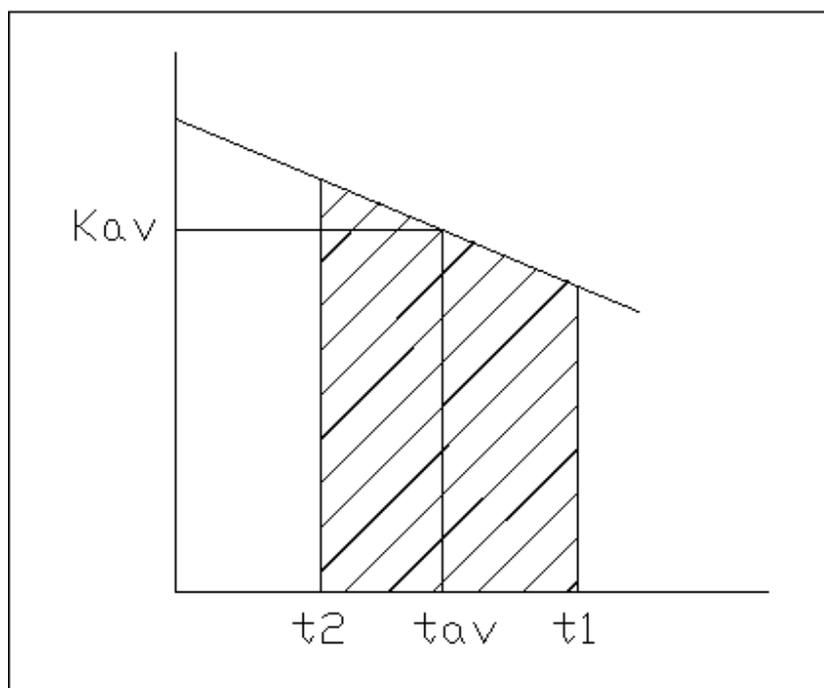


Imagen 10 - Variación de la conductividad térmica con la temperatura.

Considerando dicha variación lineal con la temperatura el flujo de calor en una pared de A de área, L de espesor y con temperatura de superficie t_1 y t_2 será:

$$q = \frac{A}{L} \left\{ a (t_1 - t_2) + \frac{1}{2} (t_1^2 - t_2^2) \right\}$$

La conductividad crece cuando aumenta la temperatura, aunque en la práctica se considera que la conductividad térmica de los materiales no es afectada por cambios de presión; a presiones más altas la conductividad térmica aumenta y muy bajas presiones la conductividad térmica decrece.

3.5.3 -Método para determinar el coeficiente de conductividad térmica.

El método a utilizar para la determinación del coeficiente de conductividad térmica depende de algunos factores tales como:

- La conductividad del material. El valor K para buenos conductores no se determinan de la misma manera que para buenos aislantes.
- Rango de temperatura. Para muy bajas temperaturas (300° F a 0° F), temperaturas medias (70° F a 1000° F) y altas temperaturas (1000° F a 2500° F), el equipo usado es diferente.
- Naturaleza física del material. Para aislamientos, recubrimientos, se usan diferentes equipos para efectuar las pruebas.

El termino conductividad térmica debe aplicarse solamente a materiales homogéneos en los cuales la transmisión de calor es por conducción. La mayoría de los aislamientos son sólidos porosos; el calor es transferido a través de un espacio de aire por radiación, conducción y/o convección. Sin el poro es pequeño y no esta unido a otros, el calor es transferido por conducción a través del material por conducción o convección radiación. Si la caída de temperatura a través del poro es pequeña y si existe un gran numero de poros distribuidos uniformemente en todo el material, entonces el proceso de transmisión de calor puede considerarse como conducción y el valor de K obtenido representa adecuadamente su conductividad

relativa. Si la convección o radiación tiene un efecto mas marcado en la transmisión de calor de un material aislante, al coeficiente de conductividad térmica debe llamársele ***K aparente*** y debe establecerse las condiciones bajo las cuales se determino tales como:

- Espesor
- Orientación
- Diferencia de temperatura
- Emisividad de la superficie

La transmisión de calor a traves de los materiales aislantes es afectada por algunos factores tales como:

- Densidad de material
- Estructura del material
- Gradiente de temperatura
- Temperatura media
- Humedad en el material

Para medir la conductividad térmica es necesario que el espacio este seco, de esta manera se esta midiendo el valor real, aunque en la practica siempre se presenta algo de humedad y se permiten ciertas tolerancias para el valor de ***K***.

3.5.4 - Método de la caja caliente protegida.

Este método tiene por objetivo la determinación de la conductancia y transmisión térmica de piezas planas. El método se emplea para mediciones en materiales no- homogéneos que son representativas de construcciones como paredes, techos y pisos, esta prueba esta limitada.

3.5.5 - Método de la plancha caliente protegida.

Este método se aplica para determinar el coeficiente de conductividad térmica de materiales aislantes homogéneos en forma de placas planas. Las muestras utilizadas para esta prueba debe de ser pesada ya que el material se seca, hasta

que se elimina toda la húmedas, si el material es afectado químicamente a una temperatura mayor de 215° F, entonces deberá ser secado en horno secador a 120°F .

3.5.6 - Método de calorímetro de Wilkes para materiales aislantes a bajas temperaturas.

Este método se utiliza para la determinación del factor de conductividad térmica de materiales aislantes y de otro tipo a baja temperaturas.

3.6 - Materiales Aislantes

3.6.1 - Función del Aislamiento

El aislamiento térmico puede definirse como un material o combinación de materiales teniendo una resistencia relativamente alta al flujo de calor por la unidad de espesor, y usando principalmente para retardar la pérdida o ganancia de calor de una manera efectiva bajo condiciones ordinarias. Cualquier material con un coeficiente de conductividad térmica bajo puede ser utilizado como aislamiento, siempre y cuando resista la temperatura a que será usado; sin embargo un buen material aislante debe tener otras propiedades, en algunos casos el material debe de tener buena resistencia estructural para auto soportarse, posiblemente se desee que tenga suficiente resistencia para trabajo áspero y vibraciones.

Para algunos otras aplicaciones se requieren poco peso, que el material sea incoloro y a prueba de insectos. En realidad hay una serie muy grande de propiedades que deben tener los materiales y considerando dichas propiedades, la selección del tipo de material que será usado y su espesor depende además de costo, la facilidad de aplicación y, el costo del ahorro de calor o de la refrigeración que el aislamiento proporcionará.

El calor puede transmitirse a través del aislamiento por conducción, convección o radiación, o cualquier combinación de estas tres formas. Siempre que existe una diferencia de temperatura entre ambos lados del aislamiento existirá el

flujo de calor de lado mayor al de menor temperatura, por lo tanto puede decirse que no hay un material aislante al 100% efectivo, que evite dicha transferencia de calor.

Es conveniente mencionar que la mayoría de los materiales térmicos, tienen muy buenas propiedades acústicas y sirven para retardar y absorber el sonido. Existen además otras razones por las cuales son utilizados los materiales aislantes, generalmente son las siguientes (se enlistan todas las aplicaciones no solamente las arquitectónicas):

- Ahorro de combustible y conservación de energía. El uso de aislamiento evita casi totalmente las pérdidas o ganancias de calor, proporcionando grandes ahorros por concepto de combustibles, por lo tanto aquí se muestra objetivamente la importancia del uso de materiales aislantes.
- Control de procesos. Muchos procesos industriales requieren que la temperatura se mantenga dentro de ciertos límites. Como ejemplo se tiene el almacenamiento de productos refrigerados y en el campo alta temperatura como secadores y otros equipos requieren de una temperatura uniforme; también se tiene el caso de los fluidos o gases que deben transportarse de un lugar a otro, sin que sufran pérdidas de temperatura, ya que se afectan tanto su manejo como su naturaleza.
- Protección del personal contra quemaduras. Son utilizados cuando en tuberías y equipos sin aislarse se tienen temperaturas que puedan dañar a la gente.
- Producir mejores condiciones de operación para las personas que tengan que trabajar alrededor de hornos y otros equipos de calentamiento.
- Protección contra incendios. La aplicación de materiales aislantes en tuberías, equipos y muros que estén expuestos a quemarse, se evita por la incombustibilidad del aislamiento que se causen daños de importancia.

- En los ductos de aire acondicionado que hacen que el ruido que las manejadoras producen disminuya además de que se disminuyen las perdidas de temperatura hasta el punto final.
- En las casas ayuda a mejorar el confort térmico de sus habitantes, además de que aislar paredes y techos que son las principales fuentes de perdida de calor. Haciendo que disminuyan los gastos de energía al ya no tener que calentar o enfriar la casa cuando el clima lo pida, ya que el clima interior de la casa será mejor al del exterior.

Existen otras razones por las cuales los materiales aislantes son usados, tales como protección contra la corrosión, conservar el calor o frío, evitar que el calor o frío salga de donde este, conservación del calor para evitar condensación, prevención de goteo de tuberías, comodidad de personal, etc.

3.6.2 - El aislamiento desde el punto de vista económico.

El aspecto económico del uso de materiales aislantes, incluye varios factores que deben considerarse, estos son variables para cada uno y debe conocerse su importancia para tomar una decisión adecuada. Los factores que se consideran son los siguientes:

- a) **Selección adecuada del material aislante.** Cada vez que sea necesario utilizar materiales aislantes se requiere del proceso de selección, atendiendo a las características que debe tener el material. Desde luego cada material aislante tiene características y propiedades individuales, por lo tanto la selección más adecuada es aquella en la cual se logre reunir un mayor número de características requeridas, considerando el costo total menor. Primeramente deben de considerarse las propiedades térmicas, en seguida las propiedades físicas y algunas consideraciones especiales.

Los puntos a considerar dentro de las propiedades térmicas son:

- Temperatura exterior
- Limite máximo y mínimo de temperatura

- Costo del calor ganado o perdido
- Monto de inversión inicial
- Forma y limitantes de aplicación
- Conductividad térmica, emisividad o reflexividad del material
- Peligro de incendio

Es muy importante conocer las propiedades físicas de los materiales bajo consideraciones, dichas propiedades son las siguientes:

- Durabilidad adecuada de los materiales para las condiciones requeridas.
- Adaptabilidad de los materiales a las superficies donde serán aplicados.

b) **Determinación del espesor óptimo y el número de capas.** La determinación del espesor se hace de acuerdo a un estudio económico, considerando el costo aplicado en un trabajo de aislamiento y el costo del calor o potencial que se perdería por no usarlo. La máxima economía se alcanza cuando se tiene el menor costo por año de vida. Por lo tanto se establece que es el costo por año y no el costo inicial el que determina la economía.

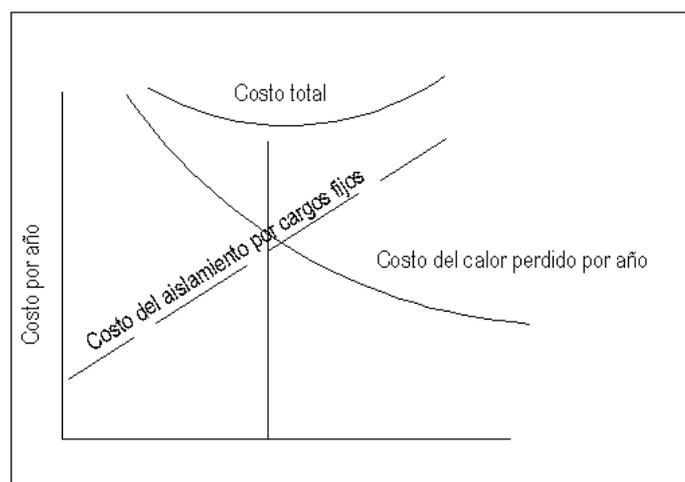


Imagen 11 - Espesor del material.

Con referencia a la figura se muestra el descenso de las pérdidas de calor por año, a medida que se incrementa el espesor del aislamiento, pero el costo del aislamiento por año, que es el costo inicial multiplicado por el porcentaje de cargo fijo, aumenta a medida que el espesor del aislamiento incrementa. Es obvio que el espesor más económico, es aquel en que la suma de estos dos costos es mínima.

Sin embargo para simplificar el trabajo, el fabricante proporciona tablas de pérdida de calor para varios espesores de aislamientos y temperaturas de superficie, para diferenciar condiciones de superficies calientes y diferencias de temperaturas.

Espesores de aislamientos en bajas temperatura: en bajas temperaturas el factor determinante es la selección del espesor del material, es la eliminación de la condensación superficial, en vez del calor ganado por el sistema. En este rango de temperaturas, la superficie exterior del aislamiento se encuentra bajo la temperatura atmosférica, esto quiere decir, que siempre existe la posibilidad de condensación y esta ocurre bajo ciertas condiciones de humedad relativa y temperatura ambiente. En estos casos el fabricante proporciona también tablas de espesores óptimos, para diferentes condiciones de humedad relativa y temperatura superficial, además información de la cantidad de calor ganado. Es muy importante utilizar en bajas temperaturas espesor suficiente, para tener una resistencia térmica tal que la superficie exterior, para casi cualquier condición.

- c) **Escoger el método de aplicación.** Las siguientes especificaciones proporcionan una idea de las aplicaciones de los materiales y los métodos usados, en el trabajo del aislamiento existen algunos puntos que necesitan especial atención; algunas de las especificaciones para la aplicación y correcto uso de los materiales son los siguientes:
- Tipo de material. (todo material necesario para la instalación).

- Espesor del aislamiento para varias condiciones de temperatura.
- Métodos de seguridad.
- Aislamiento en juntas, uniones, remates, etc.
- Acabado después del aislamiento para protegerlo tanto en interior como en exterior.

Para el caso de aislamiento de alta temperatura es recomendable, aparte de lo anteriormente dicho, observar las siguientes recomendaciones: La superficie a aislar deberá estar completamente limpia y seca antes de colocar el aislamiento; y posteriormente cubrir el la vista visible del aislamiento, como una pintura impermeable como acabado final.

En la instalación en exteriores, el aislamiento deberá protegerse con un recubrimiento rígido y un impermeabilizante de buena calidad.

3.6.3 - Consumo de energía.

Existe una relación muy marcada entre la búsqueda del confort térmico y el consumo de energía. Ya que si la casa se encuentra mal aislada los habitantes recurren a métodos artificiales de enfriamiento, con el fin de mejorar su confort en el interior del mismo, esto se da en el verano, pero en el invierno se da el mismo caso pero aquí buscando el calentar los espacio, mediante la calefacción. Muchos estudios actuales, demuestra que existe un fuerte consumo de energía al querer enfriar o calentar un edificio, se puede concluir que el 50% de la energía que los seres humanos consumimos, se debe aun mal diseño y mal uso de los materiales, ya que estos no brindan las condiciones optimas para habitar los espacios y es así que se tienen que recurrir a los métodos artificiales de calentamiento y enfriamiento de los mismos. Uno de los estudios sobre el fenómeno del consumo de energía divide el consumo global en tres sectores esenciales: Transporte, industria y construcción. (Behing, 2002).

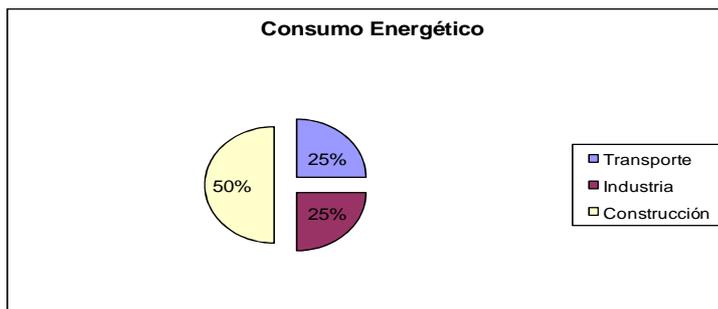


Imagen 12 - Consumo Energético

Con el desarrollo de la humanidad y el cambio constante de las necesidades de los humano la demanda en el consumo de energéticos a aumentado de una manera considerable. En el interior de las viviendas el consumo energético mayor se da debido al acondicionamiento de los espacios: a continuación se muestra en % el consumo de algunos aparatos de uso cotidiano en una casa y el porcentaje que gastan de energía, en la tabla posterior se muestra según la CFE cuantos Watts consumen ciertos aparatos domésticos ente ellos los climas y calefacciones.

Aparato	%
Aire Acondicionado y Calefacción	45%
Lavaplatos	2%
TV, DVD, Video Juegos	11%
Calentamiento de Agua	2%
Lavadora y Secadora	10%
Iluminación	2%
Refrigeración	7%
Computadora	6%
Otros	15%

Imagen 13 - Consumo energético en la vivienda

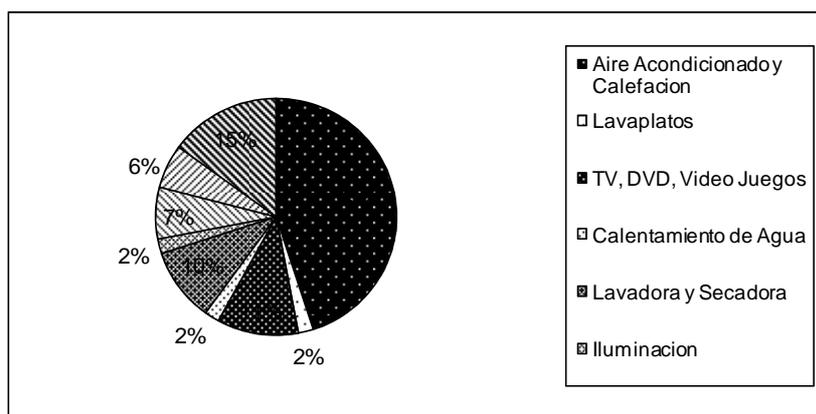


Imagen 14 - Representación grafica del consumo de energía en el hogar

Aparato	Potencia (Promedio) Vatios	Tiempo de uso al día (Períodos Típicos)	Tiempo de uso al mes Horas	Consumo mensual Kilovatios-hora (Vatios/1000) x Hora
Calentador de aire	1500	4 hrs/día	120	180
Aire lavado (cooler) mediano	400	12 hrs.diarias	360	144
Aire lavado (cooler) grande	600	12 hrs.diarias	360	216
Aparato dividido (minisplit) 1 ton.	1160	8 hrs.diarias	240	278
Aparato dividido (minisplit) 1.5 ton.	1680	8 hrs.diarias	240	403
Aparato dividido (minisplit) 2 ton.	2280	8 hrs.diarias	240	547
Aparato de ventana 1 ton. nuevo	1200	8 hrs.diarias	240	288
Aparato de ventana 1 ton. Antiquo	1850	10 hrs.diarias	300	555
Aparato de ventana 1.5 ton. Nuevo	1800	8 hrs.diarias	240	432
Aparato de ventana 1.5 ton. Antiquo	2250	10 hrs.diarias	300	675
Aparato de ventana 2 ton. nuevo	2450	8 hrs.diarias	240	588
Aparato de ventana 2 ton. Antiquo	3200	10 hrs.diarias	300	960
Refrigeración central 3 ton. nuevo	3350	8 hrs.diarias	240	804
Refrigeración central 3 ton. Antiquo	4450	10 hrs.diarias	300	1335
Refrigeración central 4 ton. nuevo	4250	8 hrs.diarias	240	1020
Refrigeración central 4 ton. Antiquo	6500	10 hrs.diarias	300	1950
Refrigeración central 5 ton. nuevo	5250	8 hrs.diarias	240	1260
Refrigeración central 5 ton. Antiquo	7900	10 hrs.diarias	300	2370

Imagen 15 - Consumo de los sistemas artificiales

Los procesos tecnológicos en la actualidad hacen que el consumo energético se vea en un creciente aumento, aunque en los últimos años se ha progresado en buscar las formas de mejorar y optimizar el consumo energético. La revolución e innovaciones en la tecnología, fue un contraproducente es lo que se refiere a la integración de los edificios con las condiciones naturales, ya que dichas innovaciones dieron pie a que las edificaciones logaran los estándares de

temperatura requeridos, sin ser relevante el clima exterior, lo que trajo un alto nivel de confort a los ocupantes de los espacios, pero a un muy alto costo por el consumo energético.

Existen muchos esfuerzos de diferentes instituciones o investigadores en ver como se puede mejorar estas condiciones en las edificaciones sin hacer un gran uso de los sistemas artificiales, con el fin de disminuir el consumo energético y dan algunas recomendaciones de cómo lograr esto, uno de ellos es Behling (2002). Planteo una serie de objetivos con los cuales pretende eficientizar el consumo energético en las edificaciones, y da 5 recomendaciones básicas que se deben de tener en cuenta cuando se diseña y/o proyecta un espacio que será habitado.

- El espacio debe de disponer con medidas propias contra condiciones exteriores hostiles y poder conseguir una condición de confort que reduzca al mínimo la necesidad de los sistemas artificiales, tanto de calentamiento como de enfriamiento.
- El espacio no debe de privar al usuario de influencias exteriores y naturales.
- Se debe de tomar en cuenta la iluminación y ventilación natural
- Los espacios deben de tener la capacidad técnica de adsorber y almacenar energía de las fuentes naturales según las necesidades de sus habitantes.
- Los espacios deben de estar proyectados de tal manera que su integración con el entorno.

En México la construcción mantiene un papel preponderante en la influencia de las condiciones ambientales, y en el consumo de energía, en México el consumo energético en las viviendas representa un 25% del total del consumo en México, solo le gana el consumo del sector industrial que es de un 58% (AMMAC, 2004).

Diversos organismos especializados en el ahorro de energía como CONAE, ANES, la secretaria de energía entre otros, trabajan conjuntamente para establecer

critérios que pueden ser incorporados en la construcción de vivienda en vías de establecer normas y regulaciones que permitan lograr el balance entre confort y consumo de energía.

Según estimaciones de la SENER, la demanda de electricidad crecerá a un ritmo mayor que el de la economía

Evolución y prospectiva de la demanda de energía eléctrica en México.

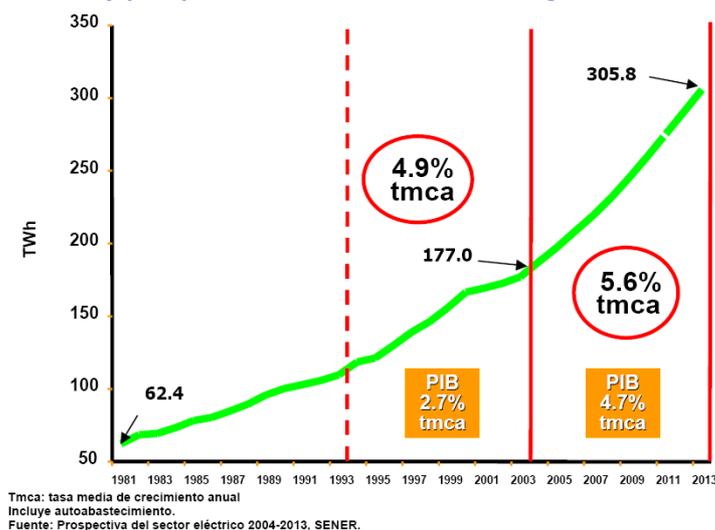


Imagen 16 – Demanda de electricidad

El organismo SENER, presenta en el congreso de ahorro de energía las tendencias del consumo de energéticos para lo que es el norte de país, además de las reservas que se tienen de estos energéticos, demostrándonos que dentro de algunos años nos encontraremos en serios problemas energéticos. Por lo cual intentan concienciar a la gente en formas de ahorrar energía, como el uso de focos ahorradores, materiales térmicos en las casas, optimizar recursos, no dejar aparatos conectados cuando no sean necesarios, entre otros.

El objetivo de demostrar estas graficas y tablas de consumo es ver la demanda de energéticos y como podemos ahorrar mucho en las casas, construyendo de manera correcta y contemplando todas las variantes ambientales. En México como en otras partes del mundo existen diversas organizaciones que están implementando la conciencia en la gente y tienen varias ramas de

investigación con el fin de optimizar los energéticos, dentro de estas organizaciones gubernamentales y no gubernamentales se encuentran:

- EAE – expo ahorro de energía
- CFE - comisión federal de electricidad
- CONAVI – comisión nacional de vivienda
- CONAE – comisión nacional para el ahorro de engría
- AEAE – Asociación de empresas para ahorro de energía en las edificaciones
- INFONAVIT

3.6.4 - Tipos de aislamientos, en cuanto su función.

Los Materiales Aislantes se usan en la construcción para la protección de la obra arquitectónica, de sus envolventes; logrando así, disminuir los peligros de incendio. Los efectos del calor y del frío, los ruidos inevitables y evitar la humedad. Con ello se busca lograr el confort humano.

Debemos recordar que todos los materiales presentan algún comportamiento específico ante el calor, el agua, el fuego ó el ruido.

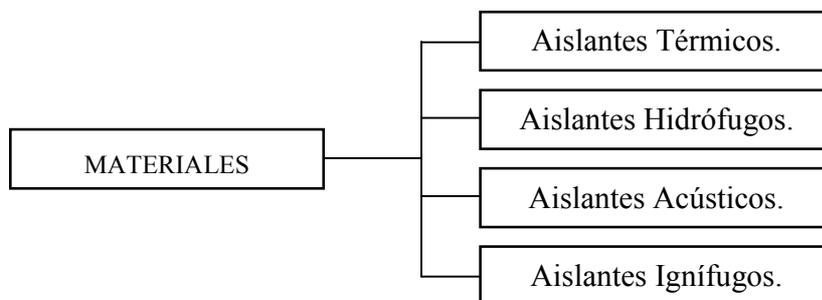


Diagrama 3 – Tipos de materiales aislantes

3.6.5 - Tipos de aislamientos térmicos.

Es aquel material que tiene la propiedad de impedir la transmisión del calor y que se caracteriza por su Resistividad Térmica. Su poder radica en su baja densidad,

por tener celdillas con aire seco. Si dichas celdillas entran en contacto con el agua o la humedad, pierden su propiedad aislante, ya que en ese caso pasan a ser más pesados, densos y conductores.

FUNCIONES	CARACTERÍSTICAS	EJEMPLOS
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Economizar energía ▪ Reducir la pérdida en las envolventes. ▪ Mejorar el confort térmico. ▪ Aumentar la resistencia térmica en las envolventes. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Porosos (celdas con aire o algún gas seco encapsulado en su interior, en estado inerte o quieto). ▪ Posee baja capacidad de conductividad. ▪ Alta Reflectividad. ▪ Impermeable al vapor de agua. ▪ Materiales blancos y brillantes. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Corcho aglomerado. ▪ Espuma de Poliuretano. ▪ Poliestireno expandido. ▪ Lana de vidrio. ▪ Vermiculita. ▪ Arcilla expandida. ▪ Piedra pomes o escoria de lava volcánica. ▪ Fibras vegetales de madera, de eucalipto, aglomerado, fibras de caña, de paja, de amianto, etc.

Corcho aglomerado:

Tejido vegetal formado por la agrupación de células muertas dispuestas muy regularmente y próximas entre sí con escasos espacios intercelulares.

Propiedades:

- Su densidad varía entre amplios límites, desde la más baja de 80 Kg. / m³ hasta los 300 Kg. / m³ o más, según su empleo.
- Resistencia al fuego altamente estimable.
- Químicamente inerte.
- Imputrescible y resistente a insectos o roedores, así como a microorganismos.

- Amortiguador de ruidos y vibraciones.

Aplicaciones: su excelente resistencia mecánica a la compresión en relación con el aislante térmico, posibilita su utilización en lugares con cargas de compresión como forjados, pavimentos y terrazas de edificios, así como el aislamiento de tuberías y conducciones.

Espuma de poliuretano rígido:

Material sintético de muy baja conductividad térmica. Esto es importante ya que permite mayor aislamiento con menor espesor de materiales. Ejemplo: tenemos el techo de un recinto al que queremos aislar para mantener una temperatura interior algunos grados centígrados menos que el exterior. Si utilizamos la Espuma Rígida de Poliuretano, el espesor aislante es por ejemplo, 1''. En cambio utilizamos Lana de Vidrio, necesitamos 2'' de espesor. Si usáramos Poliestireno expandido, el espesor sería de 1,6 ''.

Esto es importante desde el punto de vista del costo del aislamiento aplicado. Los materiales que intervienen en la obtención de la espuma son más caros que otros aislantes, pero los espesores necesarios son mucho menores y el proceso de aplicación es rígido y seguro en cuanto a los resultados finales.

Propiedades: liviano, rígido, estable. Resistente a productos químicos para aislaciones entre $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $110\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Aplicación: "in situ", fácil de cortar y modelar, no constituye alimentos para gusanos e insectos, resistente a hongos, resistente al vapor de agua.

Poliestireno expandido:

Material aislante sintético, derivado del benceno; que proviene de la dilatación de la hulla o del petróleo.

Propiedades:

- Su densidad varía entre los 10 y 30 Kg./ m³.
- Material combustible.

- Resistencia a los hongos, bacterias, parásitos pero no así ante los insectos y roedores.
- Resistencia química: se disuelve en contacto con ácidos anhídridos, gasolina, base de benceno, hidrocarburos clorados, cetonas y aceites minerales.
- Imputrescibles.
- Ámbito de empleo entre temperatura de -150°C a 900°C .
- Coeficiente de conductividad: de 0,026 a 0,032 Kg./ m.h. $^{\circ}\text{C}$.

Aplicación: por su versatilidad y característica resistente, es un material que se puede utilizar tanto en cerramientos verticales y cubiertas planas e inclinadas como en soleras y pavimentos.

Forma de comercialización: partículas sueltas pre-expandidas, en forma de bloques, placas de poco espesor, rollos y medias cañas para la aislación de cañerías.

Lana de vidrio:

Constituida por numerosas pequeñas celdas de aire que disminuye el pasaje del calor. Esta característica confiere a la Lana de Vidrio, coeficientes de conductividad térmica bajos, que combinados con espesores adecuados ofrece elevada resistencia térmica, es decir, la dificulta al intercambio de vapor de la resistencia, mejor será la aislación.

Propiedades:

- Excelente coeficiente de conductividad térmica, que oscila de 0,028 a 0,036 Kcal./m.h. $^{\circ}\text{C}$, según tipos.
- Químicamente inertes. No corrosivos en contacto con los metales. Inatacables por agentes químicos (excepto al ácido fluorhídrico y bases concentradas).

- Imputrescible e inodoros.
- Livianos.
- De difícil manipulación y corte.
- No constituye un medio adecuado para el desarrollo y proliferación de insectos y microorganismos.
- No giroscópicos.
- Su débil calor específico permite “puesta en régimen”, rápidas en instalaciones intermitentes.
- Es incombustible (sin revestimiento) y no desprende gases tóxicos ni irritantes.

Aplicación: las mantas de lana de vidrio se colocan sobre superficies horizontales o inclinadas sin cargas, solapando unas con otras mediante la lengüeta de que van provistas, perfectamente al tope. En las uniones transversales se realizará un solape de 6 cm.; sellando la junta de forma continua mediante fijaciones o cintas adhesivas de materiales no transmisores.

Los paneles se colocaran a tope, sellando las juntas con materiales, para la formación de falsos techos aislantes.

La colocación de la borra vaquerizada de lana de vidrio se realiza por inyección. Es ideal, tanto para obras nuevas como para refacciones o reciclados. Su uso también está indicado para cajas de ascensores y escaleras.

Aumenta el aislamiento térmico y acústico de muros exteriores y tabiques interiores, separadores de lugares fríos, mejorando notablemente el nivel de confort.

Vermiculita:

Material liviano, incombustible e imputrescible, fabricado mediante la exposición a alta temperatura de un mineral de la familia de las micas.

Especificaciones técnicas:

- -Presentación: bolsas de 50 dm³ (20 bolsas por m³)
- -Peso específico: 140 a 200 Kg./m³.
- -Coeficiente de conductividad térmica: =0.035 a 0.04 Cal m /m².h °C
- -Forma de aplicación: es sumamente sencillo ya que no difiere en mucho de las mezclas comunes con arena.

Preparación de la mezcla:

- 1- Deben mezclarse en seco, vermiculita y cemento en las proporciones que correspondan, cuidando que los materiales lleguen a formar un conjunto homogéneo.
- 2- Debe agregarse el agua hasta lograr la consistencia de una mezcla para revoque grueso.
- 3- En una de las últimas partes de agua debe agregarse vermiculita en dosis correspondiente, diluida en un balde de agua para su distribución más homogénea.

Colocación: el mortero se vuelca sobre la loza y se dan los niveles con el sistema más adecuado. Se empareja con regla, sin apisonar, e incluso puede terminarse con fratas.

Luego de realizarse esta aplicación se debe proceder a la impermeabilización.

Está formado por estructuras de poliestireno expandido, que forma una estructura cerrada y sin ninguna comunicación entre los huecos.

Aplicación: por su versatilidad y características resistentes es un material que se puede aplicar en paredes y tabiques, suelos, techos, y cubiertas.

Arcilla expandida:

Obtenida a partir de una arcilla natural y se consiguen pequeñas piedras. Se utiliza como agregado en morteros y hormigones, para mejorar su capacidad aislante en contra pisos y cubiertas, piezas de cerramiento de hormigón, etc.

Fibra vegetal:

Son paneles rígidos de virutas de madera aglomerada con cemento o magnesia calcinada, que mantienen las propiedades elásticas naturales de la fibra de madera.

Propiedades:

- Su densidad varía entre 300 y 600 Kg./ m³.
- Resistencia al fuego: apreciable como material ignífugo.
- Imputrescible.
- No atacable por parásitos animales o vegetales.
- Por su tratamiento, reacción neutra contra metales y hormigón, así como con todos los colorantes y elementos de construcción.
- Resistente a la humedad y ala intemperie.
- Excelente absorción acústica.
- Buena adherencia del revoque.
- Durabilidad ilimitada.
- Coeficiente de conductividad: de 0.07 a 0.08 Kcal./ m.h.°C

Aplicaciones: aislamiento interior de muros, sobre soleras en contacto con el terreno conformado con espuma de poliestireno en cubiertas inclinadas y con plafones en falsos techos.

3.6.6 - Clasificación de los materiales aislantes.

Los materiales aislantes generalmente son clasificados de acuerdo a su rango de temperatura en que serán usados tales como:

Aislamientos para baja temperatura los utilizados a temperaturas menores que 100°C.

En algunas referencias se encuentra que es mejor clasificarlos de acuerdo a su estructura física, tales como: relleno suelto, placas rígidas, colchonetas, bloques de material fibroso y ladrillos de aislantes. Tomando como base los rangos de temperaturas mencionados anteriormente y la clasificación de acuerdo a su estructura física, se puede hacer el siguiente arreglo que permite conocer la manera de clasificar los materiales aislantes mas comúnmente usados:

Aislamientos para refrigeración

1. Relleno suelto:
 - Sílice gelatinosa
 - Corcho granulado
 - Corteza de madera roja desgarrada
 - Kapoc
2. Colchonetas:
 - Fieltro de pelo
 - Fieltro de lana de roca
 - Fieltro de lana de vidrio
3. Placas rígidas:
 - Placas prensadas de corcho granulado
 - Placas rígidas de lana de vidrio
 - Placas rígidas de fibra de caña de azúcar
 - Vidrio espumoso
 - Placas de poliestireno
 - Placas de polipropileno
 - Placas de poliuretano

Aislamientos para viviendas

1. Relleno suelto:
 - Lana de roca
 - Lana de escoria

- Lana de fibra de vidrio
 - Lana mineral
 - Vermiculita
 - Corteza de madera roja desgarrada
 - Papel
 - Yeso de estucar triturado (revoque de yeso triturado)
2. Colchoneta:
- Lana de roca
 - Lana de escoria
 - Lana de fibra de vidrio
 - Lana mineral
 - Algodón
 - Fibra de madera
3. Bloques de materiales fibrosos:
- Lana de roca
 - Lana de escoria
 - Lana mineral
 - Lana de fibra de vidrio
4. Placas rígidas:
- Placas rígidas de madera
 - Placas rígidas de fibra de caña de azúcar
 - Placa rígida de corcho

Temperatura moderada (100° C – 538° C)

1. Relleno suelto:
- Tierra diatomácea
 - Fibra de asbesto
 - Sílice gelatinosa
2. Colchonetas:
- Lana de roca

- Lana de escoria
 - Lana de fibra de vidrio
 - Fibra de asbesto
 - Lana de caolín
3. Bloques:
- 85% magnesio
 - Tierra diatomácea y asbesto
 - Papel corrugado de asbesto
 - Bloque de lana mineral
 - Filtros de Esponja

Alta temperatura (mayor a 538° C)

- Tierra diatomácea
- Lana mineral
- Ladrilla aislante
- Ladrillo aislante triturado
- Lana de caolín.

Los aislamientos de baja temperatura son utilizados para prevenir el congelamiento o condensación y para aislar tuberías de afuera fría y equipos de refrigeración, en algunos climas muy extremos también para aislar las casas en las áreas de mayor pérdidas. El problema de evitar o reducir la humedad de la superficie fría y de la superficie exterior del aislamiento es de suma importancia en el diseño de materiales aislantes para baja temperatura; estos materiales son fabricados para tener una baja conductividad y una estructura durable bajo condiciones donde se presente la humedad.

Los materiales aislantes utilizados en la construcción, tienen como objetivo principal evitar las pérdidas de calor a través de paredes, techos, etc, durante el invierno y la penetración de calor durante verano.

Aislamientos para calentamiento y procesos de trabajo: En este campo se encuentran temperaturas relativamente bajas ($65.5^{\circ}\text{C} - 148^{\circ}\text{C}$) y el papel corrugado de asbesto es muy usado, tiene la ventaja de una baja conductividad térmica y además un bajo costo; este material no es adecuado para temperaturas elevadas debido a que se descompone el aglutinante.

El aislamiento de alta temperatura; son comúnmente usados la tierra diatomácea y de asbesto, la primera por ser muy buen aislamiento y ser resistente a la temperatura, resistente y durable. El asbesto es un mineral silicio (silicato mineral) que tiene una estructura fibrosa y es resistente al fuego. En algunas ocasiones la tierra diatomácea se mezcla con asbesto para lograr un aislamiento efectivo.

3.6.7 - Características de los materiales aislantes

Las propiedades físicas de los aislamientos son de gran importancia y para los aislamientos usados en alta temperatura serán los siguientes:

- a) Durabilidad adecuada.
- b) Adaptabilidad del material
- c) Expansión y contracción de los materiales
- d) Efecto de choque térmico
- e) Posibilidad de soportar carga, vibraciones, abrasión o daños causados
- f) Límite alto de temperatura de los materiales
- g) Rigidez o flexibilidad
- h) Apariencia, peso y facilidad de manejo
- i) No debe desintegrarse a la temperatura que se usará.

Las propiedades químicas son de importancia en ciertos procesos especializados, o en sistemas de distribución bajo tierra, dichas propiedades pueden enlistarse de la siguiente manera:

- a) No debe ser susceptible a la corrosión.

- b) El material no debe auto-encenderse, en presencia de sustancias químicas.
- c) No debe reaccionar con compuestos químicos
- d) Resistencia al efecto galvánico.

Las características y propiedades para aislantes utilizados a bajas temperaturas son las siguientes:

- a) debe de tener alta eficiencia aislante
- b) Debe de tener una resistencia natural a la humedad
- c) No debe ser absorbente o deteriorarse cuando se moja
- d) No debe ser susceptible a podrirse, picarse o a que se origine moho.
- e) Debe tener baja capilaridad
- f) Debe ser ligero en peso
- g) Debe ser incombustible o al menos retardador del fuego
- h) Debe ser dimensionalmente estable
- i) Debe de tener una resistencia estructural adecuada
- j) Debe de estar libre de olor, cuando este seco y cuando este mojado
- k) No debe de permitir el desarrollo de insectos y bacterias
- l) Debe proveer una superficie tal que permita un acabado adecuado
- m) Resistencia al choque térmico originado por cambio de temperatura
- n) Resistencia a la vibración o al abuso externo
- o) Debe ser suficientemente comprensible, para absorber los esfuerzos de compresión donde existe una contracción debido a las bajas temperaturas

Tanto los materiales aislantes para bajo o alta temperatura deberán tener un bajo coeficiente de transmisión de calor.

3.6.8 - Aislamiento a bajas temperaturas

El aislamiento en campo de baja temperatura se aplica los mismos principios que en altas temperaturas, solo que sus aplicaciones son distintas, ya que se presentan problemas especiales. En altas temperaturas el calor que se escapa a través del aislamiento, se le llama pérdida de calor en bajas temperaturas, el calor que pasa hacia dentro a través del aislamiento se llama ganancia de calor.

Por supuesto que es más costoso tratar con la ganancia de calor que con la pérdida del mismo, ya que es más difícil extraer calor que suministrarlo. Como ejemplo se tiene que cualquier falla para mantener una baja temperatura necesaria, como en el caso de refrigeración de alimentos, puede reflejarse en una pérdida parcial o total en los alimentos almacenados. Este caso no se ve tan marcado en la construcción ya que si ocurre una pérdida no llega a tener tantas consecuencias como en otras áreas.

3.6.9 - El aislamiento y el problema de la humedad

Otra dificultad que se presenta en el aislamiento a baja temperatura es tan importante como la anterior y es mucho más difícil de evitar. El aire siempre contiene humedad y cuando este aire húmedo es enfriado suficientemente, el contenido de vapor de agua se condensa y se deposita dentro del material aislante; esta agua en el mejor de los casos, destruye la eficiencia térmica del aislamiento; o puede congelarse y probablemente destruir el material y esto acarrea graves consecuencias.

Los materiales de construcción ordinarios no evitan el flujo de la humedad en la dirección del gradiente de temperatura; dicho flujo varía de acuerdo con la presión de vapor, presión del aire y el fenómeno chimenea.

La presión de vapor se origina por la diferencia de temperatura entre el interior y exterior de un sistema aislado; el aire del lado caliente del material contiene más

humedad que el aire del lado frío y esta diferencia entre el contenido húmedo origina una fuerza que tiende a equilibrar las condiciones de temperatura y contenido de humedad, por lo tanto el flujo de calor y humedad se efectúa a través del material, el aire que choca contra la pared incrementa la infiltración natural debido a la diferencia de presión, dicho incremento depende de la velocidad del aire.

El efecto de chimenea se debe a la diferencia de presión del aire caliente conteniendo humedad, se forzara este a pasar a través de la pared y a alcanzar el interior refrigerado hay una caída de temperatura y se condensa depositándose en el piso.

Cuando se tiene una pared determinada, aunque esta este aislada y su el espacio interior se mantiene a baja temperatura; si la humedad se presenta en el fenómeno de condensación, esto se llevaría a cabo al alcanzarse el punto de rocío, que es aquella temperatura critica a la cual el vapor húmedo se condensa. El punto de rocío variara dependiendo de la diferencia de temperatura y de la cantidad de humedad. Generalmente esta temperatura se alcanza en algunos puntos dentro de la capa del aislamiento, aunque la condensación ocurre en la primera superficie resistente al vapor, más fría que la temperatura del punto de rocío. Cuando el material es absorbente y retiene agua, éste pierde rápidamente su efectividad aislante, si la temperatura dentro del aislamiento está bajo el punto de congelación, se forma hielo, teniendo como consecuencia la destrucción del material y el posible pandeo de la pared y piso. Esta infiltración puede detenerse utilizando una barrera de vapor adecuada, en el lado caliente del material que permita el paso de una cantidad menor de un gramo de vapor de agua por pie cuadrado por hora o por una diferencia de precisión de una pulgada de mercurio. La unidad empleada se denomina PERM. En la práctica en el aislamiento a baja temperatura se requiere una cantidad bastante menor de 1 PERM, para mayor efectividad de la barrera de vapor.

Mientras mas baja sea la temperatura se requiere mayor efectividad en la barrera de vapor, es naturalmente a prueba de agua o en su caso deberá usarse por separado una cubierta a prueba de agua.

Cuando se realizan trabajos de aislamiento a baja temperatura, debe considerarse siempre la presencia de humedad, consecuentemente se logra una mayor eficiencia si no se permite el paso de humedad, o si al menos se hace permanecer al aislamiento y si se diseña y construye con barrera de vapor efectiva, (la calidad de una barrera de vapor es tan importante como la misma calidad del aislamiento). Es obvio que es la selección de materiales aislantes para bajas temperaturas no se considera en primer plano sus propiedades térmicas pero si su comportamiento con respecto a la humedad.

3.6.10 - Tipos de materiales comúnmente usados a baja temperatura.

En el aislamiento a baja temperatura los tipos de materiales más comúnmente usados son dos, el primero del tipo rígido o placa, a continuación se mencionan algunos: Corcho natural, placa de fibra de vidrios recubiertos con asfalto, etc. El segundo tipo incluye materiales ligeros en peso, flexibles, como ejemplo se puede citar placas de fibra de vidrio con una resina como aglutinante.

3.6 .11 - Aislamiento en alta temperatura

Dentro de estos materiales encontramos 3 clasificaciones, la primera es por su composición. Tipo fibroso: estos aislantes consisten en materiales fibrosos, fieltros en forma de hojas, colchonetas flexibles, bloques, placas rígidas, o, formas moldeadas con diferentes grados de rigidez, y, materiales esponjosos sueltos, que pueden ser vaciados.

Tipo moldeado o preformado: estos materiales son comúnmente usados para aislamientos en forma de bloques, o en forma de ladrillos para reforzar.

Clasificación por su forma:

- Todos los tipos preformados, fibrosos, celulares, y material químico usado para aislar.
- Hojas, bloques y placas, este grupo incluye: colchonetas, ladrillos, papel de asbesto en forma de fieltro o preformados.
- Cementos, acabados y rellenos.

Clasificación por los límites de temperatura, esta clasificación es más definida que las demás, cualquier clasificación debe ser flexible, ya que no existe una división bien marcada.

En el trabajo del aislamiento a altas temperaturas, tan importante como la elección del material, es la aplicación del mismo, esto se explica fácilmente, ya que si se tiene un material de buena calidad y este ha sido mal instalado, su comportamiento dejará mucho que desear, por el contrario, es posible que un material ordinario, bien aplicado proporcione un magnifico rendimiento. Sin embargo, lo más razonable es seguir las especificaciones del fabricante.

Capítulo 4

**DISEÑO DEL
EXPERIMENTO**

Capítulo 4 – Diseño del Experimento.

4.1 – Factores a Evaluar.

4.1.1 – Introducción.

El diseño del experimento que se llevó a cabo para esta investigación, constó en la selección y evaluación de los materiales térmicos a usar en laboratorio, los cuales resultaron del análisis de una amplia gama de materiales térmicos que se pueden usar en la construcción.

Además de ellos se evaluó qué técnica o modelo constructivo se podría utilizar para mejorar las condiciones térmicas de las viviendas en México, con lo que se pudo concluir durante la investigación que por el momento lo más conveniente era buscar la manera de mejorar las condiciones de las viviendas ya existentes, para así después poder vender la idea y los beneficios que trae el incorporar materiales térmicos a las mismas, para futuramente poder construir con métodos más modernos, si bien a un costo más elevado, pero con un tiempo de construcción menor y grandes ahorros económicos en el transcurso de vida de la vivienda (costo de operación), lo que al final de cuentas estaría pagando el monto inicial de la inversión.

En la evaluación se comprueba mediante el análisis de la información recabada, (hablamos de las mediciones obtenidas de diversas casas o las gráficas presentadas de la radiación en Monterrey, además de datos proporcionados por diversas instituciones relacionadas con la vivienda), qué parte de la vivienda debe ser protegida de la radiación solar, así como las orientaciones de las cuales debemos tener más cuidado en el momento de proponer la implementación de un material térmico o mismo un sistema y/o diseño pasivo.

Como ya se mencionó anteriormente aquí se presentará una serie de métodos constructivos y materiales térmicos (aplicación y propiedades), con el fin de seleccionar los mejores y ponerlos bajo análisis en la parte experimental.

Esta evaluación también engloba el análisis previo que se hizo de las viviendas seleccionadas a escala 1:1 con el fin de generar las bases necesarias para la generación de los prototipos, escalas, fabricación, modelos de medición, fuentes de calor, entre otros.

4.1.2 – Estructura básica del análisis

La estructura básica de esta investigación se plantea en dos puntos clave, los materiales térmicos y su instalación, esto implica donde se colocaran, si es en techos, pisos, muros interiores y/o exteriores, sin embargo los resultados y modificaciones sobre el desempeño de estas variables se verán afectando directamente el grado de confort de los prototipos. Al describir la estructura con la que se llevo acabo esta evaluación para definir el diseño del experimento, será posible observar la relación entre los elementos de la misma, con el fin de llegar a las bases de la evaluación experimental.

Las **variables ambientales**, en este caso no se medirá directamente en los prototipos ya que estos se estarán trabajando en una escala diferente a la real, por lo tanto dichas variables ambientales fueron obtenidas de diversas instituciones gubernamentales y no gubernamentales, tales como la bases SIMA, the weather channel, que nos proporcionaron las temperaturas, la radiación, nubosidad, vientos y humedad, para la zona de Monterrey. De todas estas variables sólo nos enfocaremos en la radiación y temperatura para el estudio en los modelos a escala, despreciando las menos significativas (en cuanto al estudio de confort, son despreciadas ya que al tratarse de casas ya existentes estas variables no pueden ser alteradas), siendo la temperatura y la radiación las que nos arrojar datos más relevantes en la investigación.

Con los valores obtenidos tanto de radiación como de temperatura en el año en curso 2009 así mismo la más alta registrada y los estudios previos del comportamiento térmico de una casa, se analizan las fachadas más castigadas de la misma, de acuerdo a la latitud y altitud en la que ésta se encuentra, con el fin de

poder definir que áreas y qué tipo de protección necesita cada una de ellas, (en esta parte podrían integrar el diseño pasivo, pero para fines de la investigación nos limitamos a las propuestas con materiales térmicos).

Una vez conocidas las fachadas castigadas de una casa ubicada en Monterrey, se investigaron y analizaron las **propiedades de diversos materiales** de construcción con el fin de conocer su **resistencia térmica**. Las propiedades de estos materiales de construcción las proporcionan los mismos fabricantes o en el mejor de los casos algunas de las normas mencionadas en el marco teórico.

Al tener el conocimiento de las propiedades de los materiales de construcción se analizaron 3 de los más usados en cuanto a la implementación térmica, siendo estos 3 unos de los más fáciles de conseguir e instalar en las fachadas castigadas de las viviendas. Los 3 materiales a evaluar físicamente son:

- Placas de Poliestireno Extruido
- La Espuma de Poliuretano
- Fibra de Vidrio

Posteriormente se hizo la evaluación de las propiedades de los materiales que componen las dos casas en estudio (hablamos de la monitorizada en Mexicali y la Tecnovivienda), para de esta manera obtener las **equivalencias de los materiales** a escala. Las viviendas del estudio se escalaron 1:5, donde un metro de la medida real, es equivalente a 0.20 m a escala. Debe considerarse que dichas casas sólo se escalaron geoméricamente, para de esta manera no alterar la estructura y propiedades térmicas de los materiales que las componen. *“... La conductividad térmica y el calor específico son propiedades que no dependen de la dimensión geométrica del material, únicamente del tipo de material. Por lo tanto, a la hora de realizar un modelo a escala, únicamente hay que tener en cuenta el escalamiento de los materiales geoméricamente, lo cual es muy sencillo y viene implícito en las expresiones de la resistencia térmica de paredes planas (simples o compuestas) y de cilindros (monocapa o multicapas).....”* Dr. Roberto Cabello López, Ingeniero mecánico constructor, especialista en máquinas y motores térmicos, de la universidad Jaime I, Castellón, España.

Se calculó la **resistencia térmica** de cada uno de los materiales que componen la vivienda a escala real, con el fin de posteriormente con un mortero pobre 2 a 1 (es decir 2 porciones de arena por 1 porción de cemento), encontrar un espesor “X” de este mortero que nos dé la misma resistencia térmica de la casa real. En el caso de la Tecnovivienda se escaló solo geométricamente ya que ésta se compone en su totalidad de ferro cemento (malla electro soldada y mortero), se considera que el ferro cemento posee ya ciertas cualidades térmicas.

Mediante el análisis de la radiación y temperatura obtenidas, se buscó una fuente de calor que nos brindara a escala las mismas radiación y/o temperatura a escala real, con el fin de poder evaluar qué material es el que mejor se comporta y poder evaluar su factibilidad económica en su implementación.

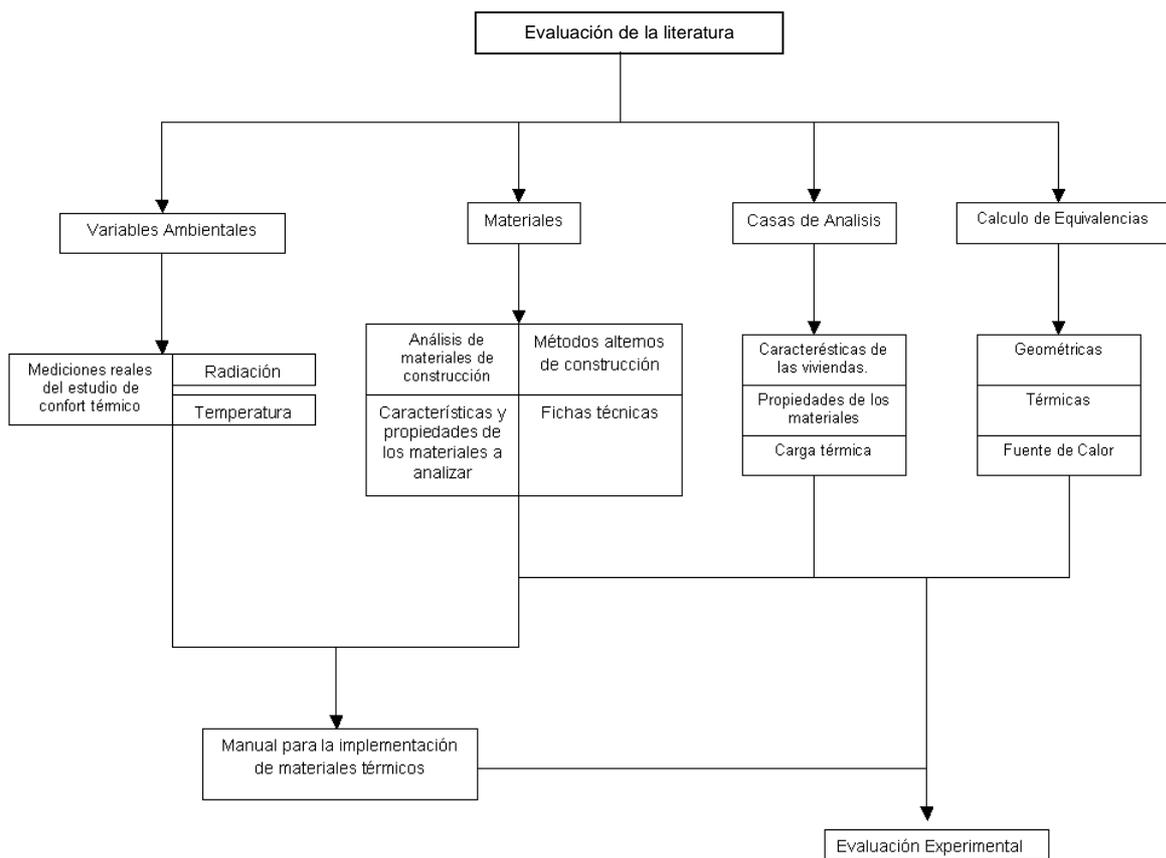


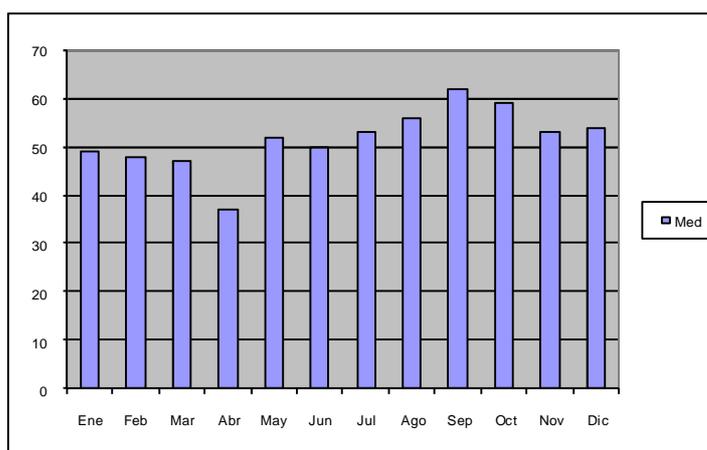
Diagrama 4- Estructura del análisis.

4.2 - Análisis del sitio

4.2.1 - Situación Geográfica

El estudio se propone para el municipio de Monterrey, el cual representa el 1.2% de la superficie del estado de Nuevo León, colinda al norte con los municipios de General Escobedo, San Nicolás de los Garzas y Guadalupe, al este con los municipios de Juárez, Cadereyta, Jiménez y Santiago, al sur con el municipio de Santa Catarina y al oeste con los municipios de San Pedro Garza García y General Escobedo.

El municipio de Monterrey se encuentra geográficamente en las coordenadas: Al norte 25°48', al sur 25°29', al oeste 100°10' y al este 100°25' con una altitud de 540 msnm.



4.2.2 - Clima.

El tipo de clima general de la zona es un clima cálido seco (fuente: CGSNEGI – carta de climas). Este tipo de clima se caracteriza por tener altas temperaturas durante el día, y bajas por las noches. Además de presentar un asociamiento intenso en donde la precipitación y la nubosidad es escasa en ocasiones. Por lo cual predomina la radiación solar directa. En estas zonas con clima cálido seco, se

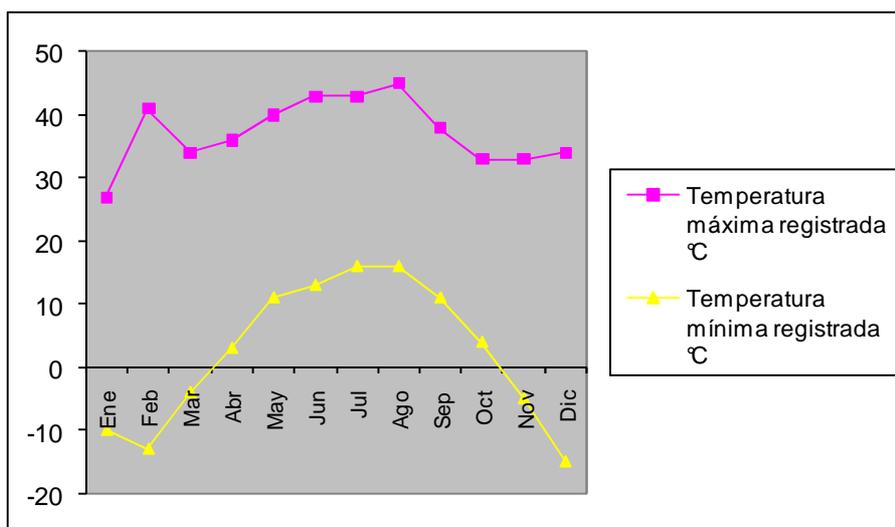
presentan fuertes vientos con polvo, este tipo de clima se encuentra en las zonas áridas o con muy poca vegetación.

4.2.3- Temperatura.

La temperatura media anual que presenta el estado de Monterrey, se encuentra en los 43°C y en el invierno desciende a -15°C. En la grafica a continuación se muestra una comparativa de las variantes de temperatura máxima y mínima que se presentaron durante el año 2008, en casa una de las estaciones.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura máxima registrada °C	27	41	34	36	40	43	43	45	38	33	33	34	43
Temperatura diaria máxima °C	17	18	23	28	29	33	35	35	29	24	21	18	27
Temperatura diaria mínima °C	6	8	11	16	19	22	23	22	20	15	11	7	15
Temperatura mínima registrada °C	-10	-13	-4	3	11	13	16	16	11	4	-5	-15	-15

Tabla 5 - Temperatura anual del estado de Monterrey



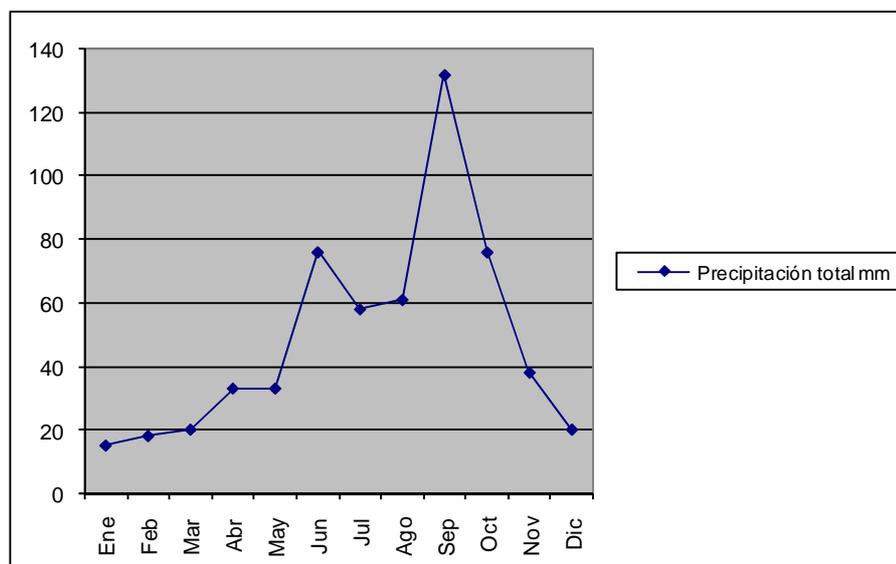
Grafica 1 - Temperaturas máximas y mínimas en el 2008 en Monterrey

Por medio de la grafica podemos ver que en los meses de Junio, Julio y Agosto es donde se presentan las temperaturas mas altas, siendo agosto donde se llego a los 45° C, en contraste con los meses de Noviembre y Diciembre que se presentaron las mas bajas, siendo en Diciembre el mes donde llegamos a -15° C. (fuente – Wikipedia)

4.2.4 - Precipitación.

El territorio mexicano se ubica en su mayor parte en la franja mundial de los desiertos, por lo que dos terceras partes de su área presentan precipitaciones anuales con valores relativamente bajos, en donde se encuentra la zona norte. De acuerdo a la clasificación nacional para el AMM, el rango de precipitación va de 500 mm a 700 mm anuales, por lo que podemos ver en Monterrey en el 2008 se presento una precipitación anual de 580 mm anuales, y las mas altas se presentan en los meses de Junio a Agosto. (fuente – Wikipedia)

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Precipitación total mm	15	18	20	33	33	76	58	61	132	76	38	20	580



Grafica 2 - Precipitación anual en Monterrey

4.2.5 - Vientos Dominantes.

Los datos de los vientos en Monterrey varían de acuerdo a la zona específica por efecto de los principios del movimiento del aire, en Monterrey, existe una amplia variedad topográfica, ya que cada sitio presenta un microclima específico y si bien las características principales de los vientos de cada zona, se pueden medir desde los centros de monitoreo, los cuales se alteran por efectos mecánicos al enfrentarse a las barreras topográficas y urbanas del sitio.

Orientación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Norte	5.6	6.2	3.2	2.4	4.1	0.8	0	2.4	3.3	9.1	7.6	8.9
Noreste	11.3	24.1	9.7	9.2	23.4	3.5	2.8	4.1	12.5	5.7	12.7	11.3
Este	53.1	42.8	67.5	80.3	70.1	94.7	96.3	90.2	72.4	65.7	38.8	40.2
Sureste	8.8	7.1	7.3	3.3	0.8	0	0.8	0.8	7.5	8.97	12.7	10.4
Sur	6.4	0.9	3.2	0	0.8	0	0	1.6	0.8	2.4	1.6	8.8
Suroeste	9.7	7.1	3.2	0	0.8	0	0	0	1.6	4.1	5	9.6
Oeste	2.4	6.2	4.3	2.5	0	0.8	0	0.8	3.3	0.8	5.1	5.6
Noroeste	2.4	5.3	1.6	1.6	0	0	0	0	3.3	3.2	0.8	4.8

Tabla 6 - Monitoreo mensual de vientos base la pastora, en m/seg.

La tabla muestra la frecuencia mensual de vientos de las diferentes direcciones, recolectadas por los centros de monitoreo SIMA (sistema integral de monitoreo ambiental, en el 2007).

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Media	E.2.8	E.2.7	E.3.0	E.2.7	E.2.5	E.2.4	E.2.6	E.2.5	E.3.0	E.1.8	E.1.8	E.1.8

Tabla 7 - Media mensual de vientos en m/seg

En los datos registrados por los diferentes centros de monitoreo, los vientos predominantes de las diferentes estaciones, provienen del este (NE, E, SE), dependiendo de su situación, en Monterrey, los vientos más fuertes son los de Este y Noreste, en los meses de invierno. Estos datos son de suma importancia a la hora

de diseñar y/o proyectar una vivienda, ya que las ventanas deben de estar orientadas, conforme lo antes mencionado, para conseguir una buena ventilación.

4.2.6 - Angulo de altitud y azimut

En la siguiente tabla se muestran los ángulos de asoleamiento en la ciudad de Monterrey, calculados conforme métodos propuestos por la ASHRAE y análisis de control del asoleamiento, del IPN.

Calculo de los ángulos de incidencia Solar															
Altitud $\beta = \arcsen(\cos H \cos L \cos D + \sen L \sen D)$															
Azimut $P = \arccos \{(\cos L \sen D - \sen L \cos D \cos H) / \cos \beta\}$															
Hora Solar		Ene/Nov		Feb/Oct		Mar/Sep		Abr/Agos		May/Jul		Jun		Dic	
AM	PM	B	a	b	a	b	A	b	a	b	a	b	a	b	a
6	6	0	108	0	100	0	90	5	79	9	71	10	69	0	111
7	5	4	114	9	106	13	97	19	85	22	77	23	74	2	118
8	4	16	122	21	114	27	104	32	91	35	82	36	79	14	125
9	3	27	132	33	124	40	114	46	99	49	87	49	83	24	135
10	2	36	144	44	137	51	127	59	110	62	94	63	88	33	144
11	1	42	161	51	156	60	148	71	131	75	107	76	96	39	162
12		45	180	54	180	64	180	77	180	85	180	88	180	41	180

Tabla 8 -Cálculo de los ángulos de incidencia solar en Monterrey

4.2.7 - Diagrama de recorrido solar.

El uso del diagrama de recorrido solar, es una herramienta grafica útil que ayuda a determinar las horas en los días del año en las cuales tendremos disponibilidad de los rayos solares en un sitio en particular, como se muestra en la tabla de cálculo de los ángulos de incidencia solar. En el diagrama del recorrido solar se podrá ver que:

- Las líneas elípticas representan los meses del año.
- Las líneas que atraviesan las líneas elípticas, representan las horas del día.
- Las líneas radiales del centro indican el azimut.
- Las líneas concéntricas representan la altitud.

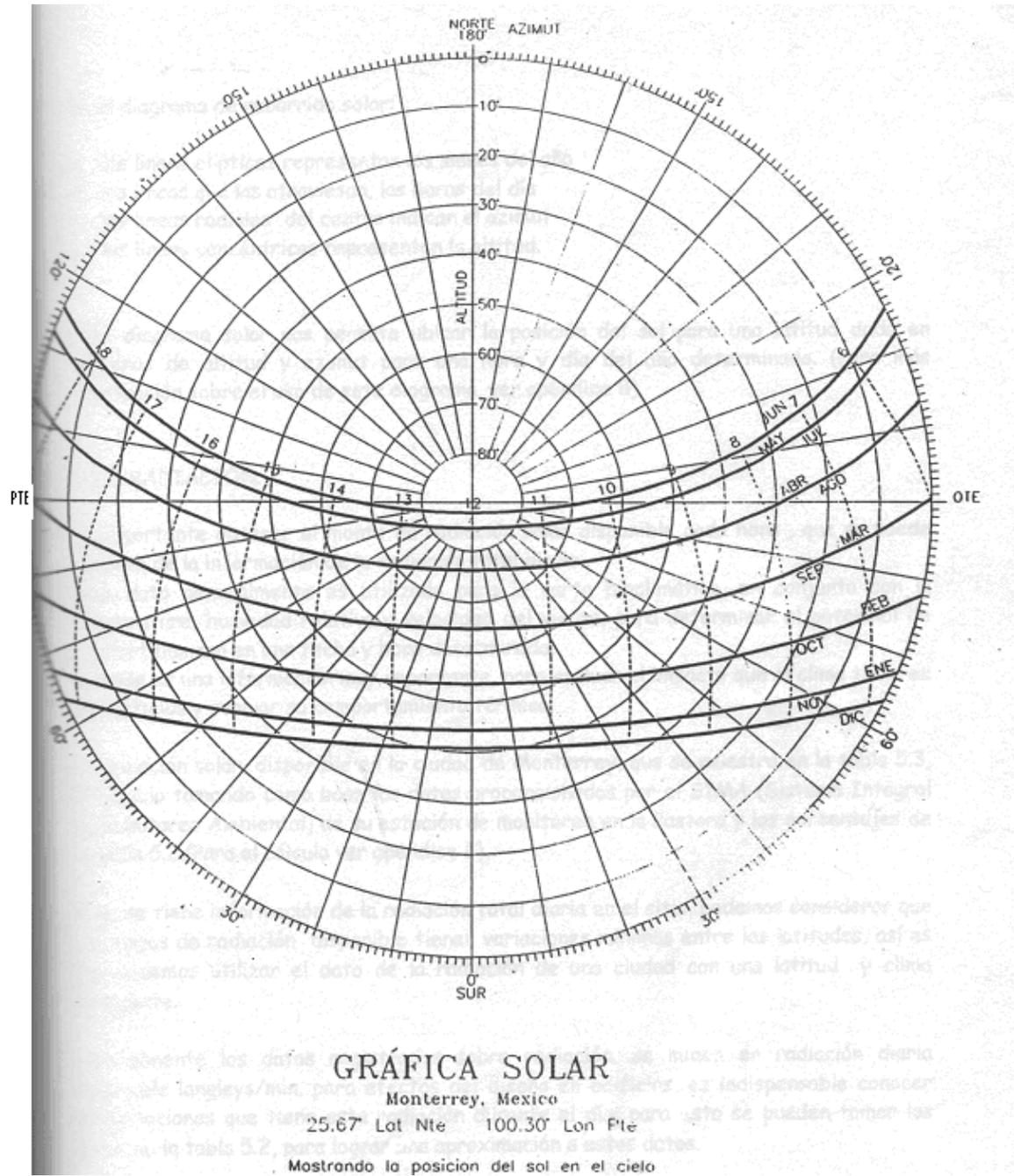


Imagen 18 – Gráfica solar para Monterrey

4.2.8 - Radiación solar.

Es importante conocer el monto de radiación solar disponible cada hora, que se puede obtener de la información de la radiación total diaria. Los valores de la radiación diaria, son utilizados para la carta bioclimática, que en conjunto con la temperatura, humedad relativa y velocidad de los vientos, para obtener el potencial de confort en una fecha y hora determinada.

La radiación solar, que la ciudad de Monterrey, es monitoreada por la estación SIMA (sistema integral de monitoreo ambiental), ubicada en la pastora, los datos proporcionados se presentan en la siguiente tabla para el año del 2008.

Radiación solar sobre una superficie horizontal W/m2													
Mes/ Hora	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
Ene	0	4	21	95	240	384	498	384	240	95	21	4	0
Feb	0	7	28	124	310	487	625	487	310	124	28	7	0
Mar	0	2	157	333	493	699	777	699	493	333	157	26	0
Abr	11	78	231	452	703	869	986	896	703	352	231	78	11
May	18	97	272	457	721	994	1095	994	721	457	272	97	18
Jun	50	212	375	614	828	981	1099	981	828	614	375	212	50
Jul	51	221	401	647	880	1047	1174	1047	880	647	401	221	51
Ago	14	58	251	487	754	960	1055	960	754	487	251	58	14
Sep	6	114	289	517	738	902	1014	902	738	517	289	114	6
Oct	0	21	79	254	422	545	647	545	422	254	79	21	0
Nov	0	4	41	124	273	351	462	351	273	124	41	4	0
Dic	0	3	17	88	231	325	423	325	231	88	17	3	0

Radiación solar sobre una superficie vertical W/m2													
Mes/ Hora	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
Ene	0	31	62	186	372	527	651	527	372	186	62	31	0
Feb	0	34	68	205	411	582	719	582	411	205	68	34	0
Mar	0	115	346	519	634	807	865	807	634	519	346	115	58
Abr	58	184	368	553	737	860	921	860	737	553	368	184	61
May	61	196	392	523	719	915	980	915	719	523	392	196	65
Jun	65	404	519	691	808	889	970	889	808	691	519	404	162
Jul	162	432	566	727	864	951	1037	951	864	727	566	432	173
Ago	173	128	385	578	770	899	963	899	770	578	385	128	64
Sep	64	183	366	549	732	854	915	854	732	549	366	183	61
Oct	61	92	183	412	550	641	733	641	550	412	183	92	0
Nov	0	30	120	240	420	480	600	480	420	240	120	30	0
Dic	0	30	59	189	385	474	593	474	385	189	59	30	0

Radiación solar el norte W/m2													
Mes/ Hora	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
Ene	0	3	5	20	49	76	99	76	49	20	5	3	0
Feb	0	2	7	26	62	96	122	96	62	26	7	2	0
Mar	2	9	41	77	109	150	165	150	109	77	41	9	2
Abr	17	36	55	99	149	185	203	185	149	99	55	36	17
May	28	69	111	121	158	214	234	214	158	121	111	69	28
Jun	76	162	173	199	203	217	241	217	203	199	173	162	76
Jul	75	155	164	175	200	233	259	233	200	175	164	155	75
Ago	18	27	63	113	168	209	228	209	168	113	63	27	18
Sep	3	17	49	89	135	170	187	170	135	89	49	17	3
Oct	0	6	20	56	88	110	130	110	88	56	20	6	0
Nov	0	3	11	28	57	71	93	71	57	28	11	3	0
Dic	0	1	5	19	48	66	85	66	48	19	5	1	0

Radiación solar el sur W/m2													
Mes/ Hora	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
Ene	0	16	37	132	295	450	561	450	295	132	37	16	0
Feb	0	11	33	122	280	428	546	428	280	122	33	11	0
Mar	2	23	114	238	350	489	546	489	350	238	114	23	2
Abr	5	21	59	160	282	366	406	366	282	160	59	21	5
May	7	28	68	105	180	287	322	287	180	105	68	28	7
Jun	19	61	95	144	187	430	241	430	187	144	95	61	19
Jul	20	64	102	153	226	309	352	309	226	153	102	64	20
Ago	6	17	67	177	307	389	440	398	307	177	67	17	6
Sep	3	69	168	314	463	569	643	569	463	314	168	69	3
Oct	0	31	90	250	380	475	562	475	380	250	90	31	0
Nov	0	15	72	172	334	412	519	412	334	172	72	15	0
Dic	0	15	38	142	310	417	530	417	310	142	38	15	0

Radiación solar el este W/m2													
Mes/ Hora	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
Ene	0	31	55	143	220	197	99	76	49	20	5	3	0
Feb	0	34	65	167	263	247	122	96	62	26	7	2	0
Mar	60	121	339	440	426	360	165	150	109	77	41	9	2
Abr	65	194	368	481	503	400	203	185	149	99	55	21	5
May	67	204	386	450	496	443	234	214	158	105	68	28	7
Jun	168	417	505	593	551	430	241	217	187	144	95	61	19
Jul	181	453	560	633	606	471	259	233	200	153	102	64	20
Ago	69	137	390	512	538	434	228	209	168	113	63	14	6
Sep	176	436	536	598	567	417	187	170	135	89	49	14	3
Oct	0	93	176	340	358	277	130	110	88	56	20	6	0
Nov	0	30	108	186	250	181	92	71	57	28	11	3	0
Dic	0	27	52	142	237	180	85	66	48	19	5	1	0

Radiación solar el oeste W/m2													
Mes/ Hora	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
Ene	0	3	5	20	49	76	99	197	220	143	55	31	0
Feb	0	2	7	26	62	96	122	247	263	167	65	34	0
Mar	2	9	41	77	109	150	165	360	426	440	339	121	60
Abr	5	21	55	99	149	185	203	400	503	481	368	194	65
May	7	28	68	105	158	214	234	443	496	450	386	204	67
Jun	19	61	95	144	187	217	241	430	551	593	505	417	168
Jul	20	64	102	153	200	233	259	471	606	633	560	453	181
Ago	6	17	63	113	168	209	228	434	538	512	390	137	69
Sep	3	17	49	89	135	170	187	417	567	598	536	436	176
Oct	0	6	20	56	88	110	130	277	358	340	176	93	0
Nov	0	3	11	28	57	71	93	181	250	186	108	30	0
Dic	0	1	5	19	48	66	85	180	237	142	52	27	0

Radiación solar el noreste W/m2													
Mes/ Hora	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
Ene	0	14	19	29	49	76	99	76	49	20	5	3	0
Feb	0	18	29	59	62	96	122	96	62	26	7	2	0
Mar	43	78	200	217	166	336	165	150	109	77	41	9	2
Abr	56	153	272	326	311	202	203	185	149	99	55	21	5
May	65	183	323	361	381	324	234	214	158	105	68	28	7
Jun	165	388	443	503	454	350	241	217	187	144	95	61	19
Jul	174	405	470	509	468	347	259	233	200	153	102	64	20
Ago	59	109	290	350	337	227	228	209	168	113	63	17	6
Sep	126	276	309	285	213	389	187	170	135	59	49	17	3
Oct	0	50	80	122	88	110	130	110	88	56	20	6	0
Nov	0	14	37	40	57	71	93	71	57	28	11	3	0
Dic	0	10	15	19	48	66	85	66	48	19	5	1	0

Radiación solar el noroeste W/m2													
Mes/ Hora	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
Ene	0	3	5	20	49	76	99	76	49	29	19	14	0
Feb	0	2	7	26	62	96	122	96	62	59	29	18	0
Mar	2	9	41	77	109	150	165	336	166	217	200	78	43
Abr	5	21	55	99	149	185	203	202	311	326	272	153	56
May	7	28	68	105	158	214	234	324	381	361	323	183	65
Jun	19	61	95	144	187	217	241	350	454	503	443	388	165
Jul	20	64	102	153	200	233	259	347	468	509	470	405	174
Ago	6	17	63	113	168	209	228	227	337	350	290	109	59
Sep	3	17	49	89	135	170	187	389	213	285	309	276	126
Oct	0	6	20	56	88	110	130	110	88	122	80	50	0
Nov	0	3	11	28	57	71	93	71	57	40	37	14	0
Dic	0	1	5	19	48	66	85	66	48	19	15	10	0

Radiación solar el sureste W/m2													
Mes/ Hora	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
Ene	0	32	63	186	343	424	431	255	101	20	5	3	0
Feb	0	31	66	194	358	439	424	230	74	26	7	2	0
Mar	43	98	304	451	502	545	433	239	109	77	41	9	2
Abr	39	133	279	409	495	460	350	185	149	99	55	21	5
May	35	124	260	335	410	424	293	214	158	105	68	28	7
Jun	84	243	329	420	437	386	260	217	187	144	95	61	19
Jul	94	276	379	473	502	452	321	233	200	153	102	64	20
Ago	42	95	298	437	530	497	382	209	168	113	63	17	6
Sep	126	350	479	612	671	636	508	275	135	89	49	17	3
Oct	0	85	179	394	486	488	438	257	105	56	20	6	0
Nov	0	31	124	242	389	388	399	234	116	28	11	3	0
Dic	0	30	62	191	368	392	399	232	98	19	5	1	0

Radiación solar el suroeste W/m2													
Mes/ Hora	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
Ene	0	3	5	20	101	255	431	424	343	186	63	32	0
Feb	0	2	7	26	74	230	424	439	358	194	66	31	0
Mar	2	9	41	77	109	239	433	545	502	451	304	98	43
Abr	5	21	55	99	149	185	350	460	495	409	279	133	39
May	7	28	68	105	158	214	293	424	410	335	260	124	35
Jun	19	61	95	144	187	217	260	386	437	420	329	243	84
Jul	20	64	102	153	200	233	321	452	502	473	379	276	94
Ago	6	17	63	113	168	209	282	497	530	437	298	95	42
Sep	3	17	49	89	135	275	508	636	671	612	479	350	126
Oct	0	6	20	56	105	257	438	488	484	394	179	85	0
Nov	0	3	11	28	116	234	399	388	389	242	124	31	0
Dic	0	1	5	19	98	232	399	393	368	191	62	30	0

Tabla 9 – Radiación solar en Mty

Las tablas presentadas anteriormente se proporcionan por los radares SIMA instalados en puntos estratégicos en la ciudad de Monterrey, estos valores nos son de suma importancia ya que así podemos calcular que paredes y que orientaciones son las mas castigadas por los rayos de sol y de esta manera podremos saber donde es recomendable aislar y con que intensidad.

Se debe de tomar en cuenta que la radiación total tiene variaciones mínimas entre latitudes. Generalmente los datos registrados sobre la radiación, se miden en radiación diaria disponible en langleys/min, para efectos de diseño, es indispensable conocer la variación que tiene esta radiación durante el día, para esto se presenta la tabla proporcionada por sun, wind and light.

Porcentaje de radiación total diaria disponible en una superficie horizontal cada hora			
Hora	Ene	Mar y Sep	Junio
6am / 6pm	0	0	1 - 2%
7am / 5pm	0	1 - 3%	4 - 5%
8am / 4pm	0 - 4%	5 - 6%	6 - 7%
9am / 3pm	6 - 9%	8 - 9%	8 - 9%
10am / 2pm	13 - 14%	11 - 12%	10 - 11%
11am / 1pm	15 - 19%	13 - 15%	11 - 12%
12 mediodía	16 - 21%	14 - 15%	11 - 12%

Tabla 10 - Porcentaje diario de radiación.

4.2.8-Humedad relativa.

La humedad relativa (hr) es otro de los parámetros importantes, para determinar el grado de confort en un espacio, ya que afecta directamente al ser humano, como se sabe la humedad es la cantidad de vapor de agua en gramos que existe en un kilogramo de aire con relación a la máxima cantidad de vapor que puede haber a una determinada temperatura, por lo que si su valor es elevado durante un día de calor, puede afectar la sensación térmica del espacio, ya que impide que las personas pierdan calor por evaporación de agua, generando incomodidad ya que empiezan a sudar. Por lo contrario si es muy bajo existe deshidratación. La humedad influye directamente en la transferencia de calor por convección de la piel hacia el aire, ya que a mayor contenido de agua en el aire el calor específico de la mezcla aumenta por tener un mayor calor específico el agua. Lo que hace que el flujo de calor del cuerpo hacia el aire aumente en el caso de que la temperatura del último sea inferior al de su piel.

Datos de Humedad Relativa %												
Comisión: C.N.A						Observatorio: Nuevo León						
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Max	67	64	62	61	67	67	64	65	71	71	71	72
Min	84	75	75	79	86	77	71	75	77	85	85	87
Med	49	48	47	37	52	50	53	56	62	59	53	54

Tabla 11 – Humedad Relativa Mty

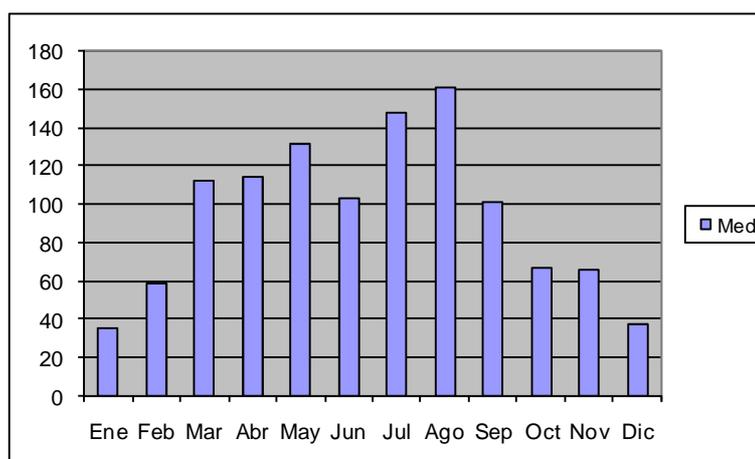
El mes de septiembre es el que presenta más % de humedad, esto debería ser utilizado junto con los datos de temperatura y vientos, para el diseño de las viviendas y la orientación de las mismas.

4.2.10- Evaporación.

La evaluación de estos factores y parámetros, en la investigación proveen información de gran relevancia, ya que sus características inciden directamente sobre el comportamiento interior del ambiente en la vivienda. Dichos valores se usaran para simular a escala en donde se evaluara el confort de la vivienda después de la instalación de los materiales térmicos, en donde se evaluara como se comporta la vivienda con materiales térmicos, con las mismas condiciones térmicas. Los valores y parámetros antes mencionados fueron proporcionados por diversos organismos nacionales, con el fin de ser lo mas acertado posible a las condiciones actuales de la región.

Datos de evaporación mensual en mm												
Comisión: C.N.A						Observatorio: Nuevo León						
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Max	122	133	192	235	267	262	304	264	194	156	128	117
Min	81	95	153	172	195	197	228	215	144	107	87	67
Med	35	59	112	114	131	103	148	161	101	67	66	37

Tabla 12 – Evaporación mensual Mty



Grafica 3 - Evaporación Anual en Monterrey

4.2.11-Temperatura radiante.

La temperatura radiante (T_r) es definida como la temperatura media irradiada por las superficies envolventes de un espacio a su interior. Es uno de los parámetros menos frecuentes a considerar en cuanto al confort térmico, sin embargo influye directamente en la temperatura de la sensación térmica del ser humano. La variedad de fuentes radiantes de calor, es muy amplia, pero la más directa y principal es la del sol, otras fuentes son las paredes, los pisos los cuales son considerados fuentes indirectas, ya que el calor que irradian lo han recibido antes de otra fuente que por lo general es el sol.

La importancia de este fenómeno es evidente y no siempre positiva, por ejemplo en invierno un espacio puede tener una temperatura del aire de 23°C que es aparentemente confortable, pero si las paredes de la habitación tienen una temperatura baja debido a que tienen nula o poca exposición a la radiación solar o su orientación es tal que tiende a perder calor debido a la exposición a los vientos fríos, será el cuerpo del ser humano el que irradie calor hacia estas, provocando la sensación de incomodidad por el frío.

Entre el usuario del espacio habitable y las superficies de esta se lleva a cabo un intercambio de calor por radiación cuya dirección e intensidad del flujo, depende del grado de temperatura entre el ser humano y las superficies del entorno así como cual de estas temperaturas es la más elevada.

4.2.12 Carta bioclimática.

Como ya se mostró y menciono previamente la grafica de los hermanos Olgay, su grafica engloba varios parámetros, que ayudan a determinar cual el punto exacto de confort en determinadas condiciones ambientales. De acuerdo a esta representación, en donde se muestran los trazos de la humedad relativa y la temperatura, se puede determinar si las condiciones ambientales resultantes son

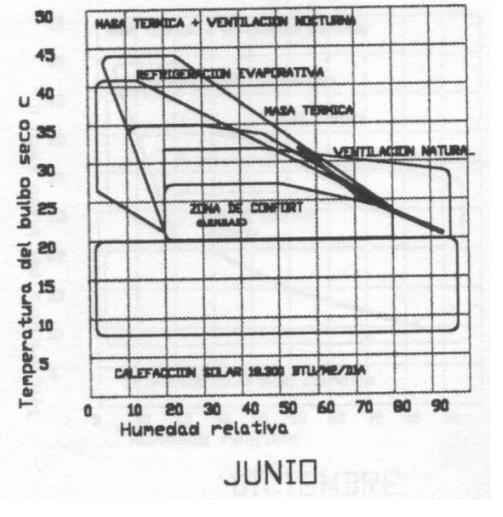
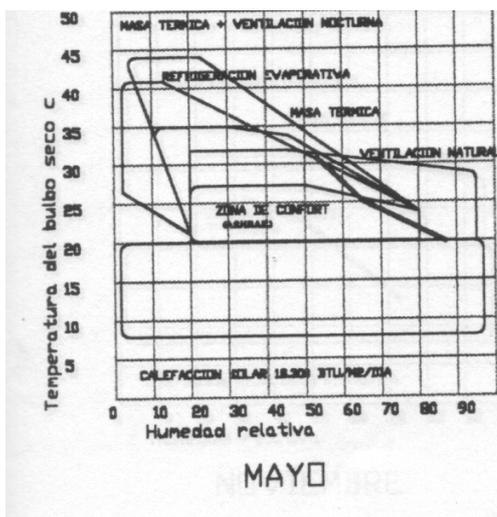
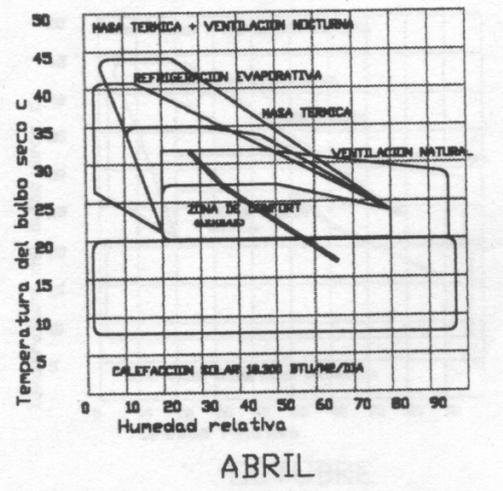
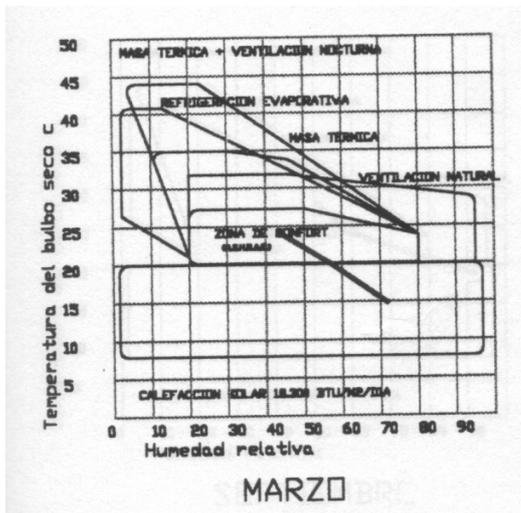
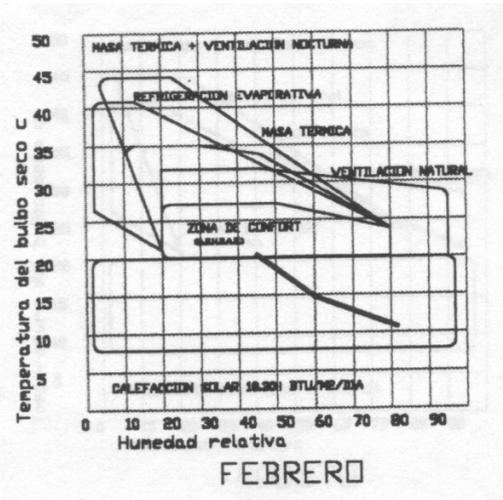
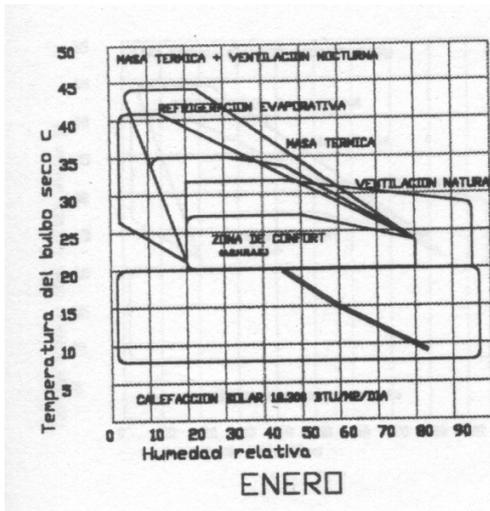
confortables (dentro de la zona de confort), muy caliente (arriba de la zona de confort) o demasiado frías (debajo de la zona de confort).

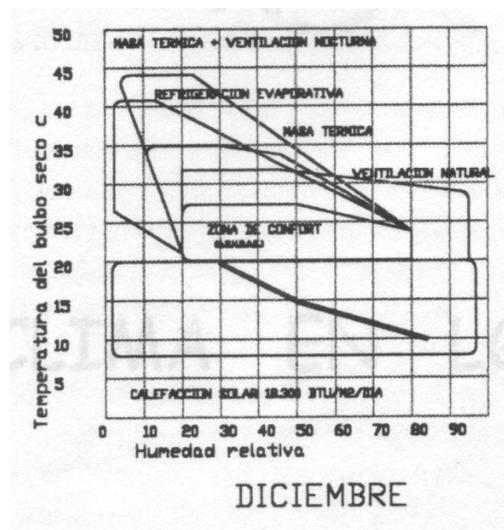
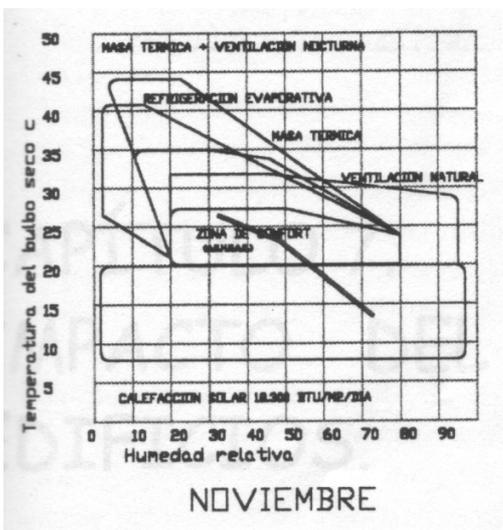
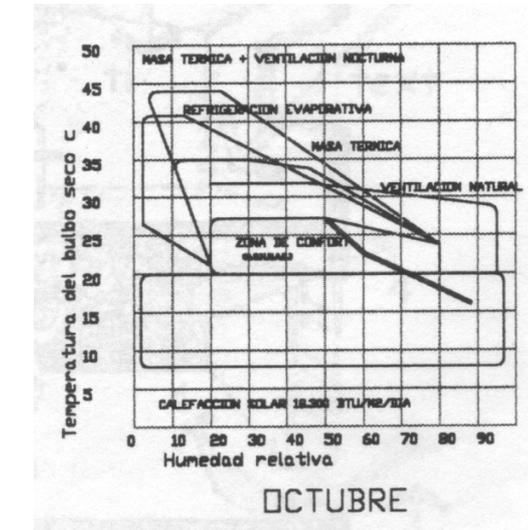
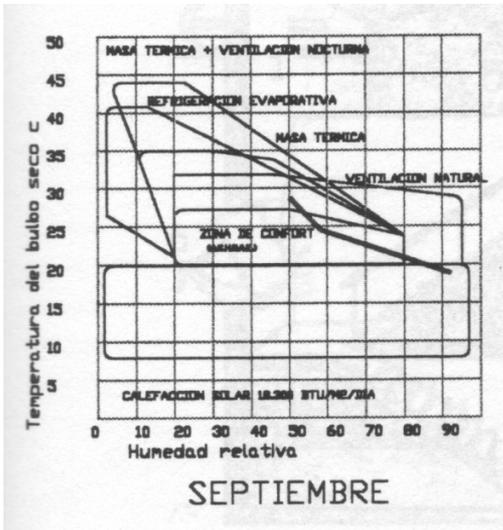
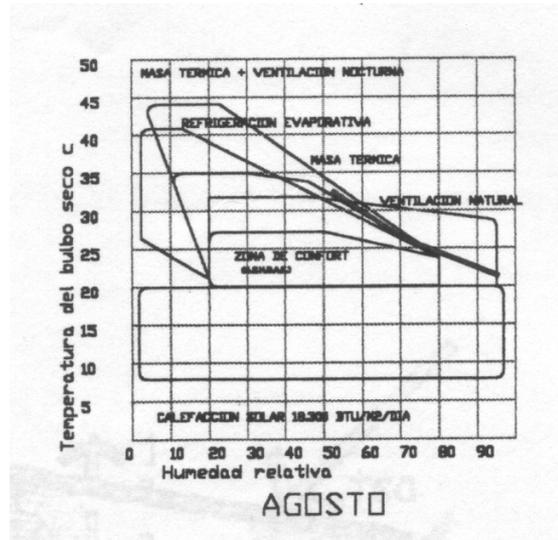
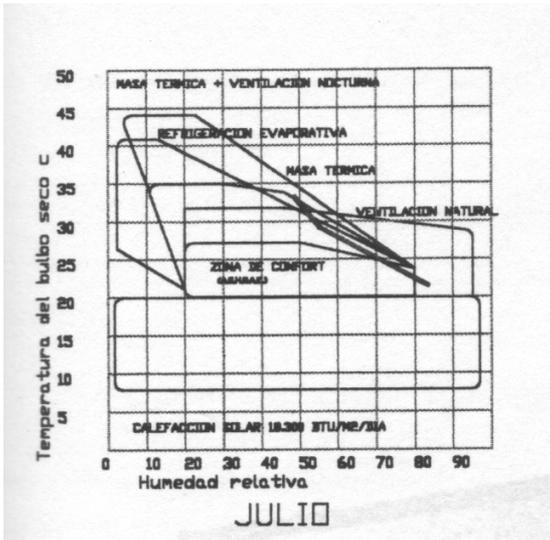
Es importante comprender que estos registros representan condiciones del exterior, en una construcción esto cambia ya que se generan un microclima interno, gracias a las características térmicas de los materiales, además de sus rangos de infiltraciones controladas. Este efecto se da mas en las edificaciones ya que estos generan una gran cantidad de calor interno y por esto son menos afectados por el clima que las viviendas. (G.Z.Brown).

A continuación se mostraran las cartas bioclimáticas para Monterrey en los diferentes meses, estas nos muestran algunos tipos de consideraciones que se deben de tomar en cuanto al diseño y protección de la vivienda. **(Cuando hablamos de diseño también englobamos el análisis de la colocación adecuada de los materiales térmicos como la elección de los mismos).**

Mes	Consideraciones en el diseño
Ene	Requiere calefacción solar todo el mes, por lo cual debe permitirse el acceso de la radiación solar
Feb	La mayor parte del mes requiere calefacción solar, por lo cual debe permitirse el acceso de la radiación solar.
Mar	Parte del mes requiere de calefacción solar y el resto del mes se encuentra dentro de la zona de confort.
Abr	La mayor parte del mes se encuentra dentro de la zona de confort
May	Con algunos días agradables, dentro de la zona de confort y el resto con requerimientos de ventilación natural.
Jun	Requiere de ventilación natural para poder lograr las condiciones de confort.
Jul	Requiere de mucha ventilación natural, además de aislamiento tanto en techos como en paredes, buscando una masa térmica.
Ago	Ventilación natural y masa térmica, para lograr llegar a un grado de confort.
Sep	Parte del mes dentro de la zona de confort y la otra parte requiere de ventilación natural.
Oct	Se encuentra prácticamente en la zona de confort
Nov	Requiere de acceso a la radiación solar.
Dic	Mayor entrada de radiación solar.

Tabla 13 - Carta bioclimática mensual de Monterrey





4.2.13 Lotificación y/o orientación.

La vivienda se debe de orientar de acuerdo a las condiciones climáticas del sitio, tomando de cada una de esas condiciones lo más favorable y lo que mas le conviene a la misma con el fin de mantener un confort térmico óptimo en el interior de la misma. La casa debe de tener más exposición sobre el eje Oeste - Este o Noreste – Sureste, y brindar mas espacio libre al Sur o Sureste. Consideraciones que se toman al orientar la casa en estos ejes:

- Se disminuyen las paredes al Oeste, evitando la alta radiación que se recibe en el verán, en donde se perciben las mas altas temperaturas y los ángulos de radiación solar se encuentran mas perpendiculares a la superficie.
- Por lo cual si la vivienda tiene paredes al Oeste estas deben de tener aislamiento térmico, para así protegerse de los rayos solares.
- El techo recibe todo el año y todas las horas del día radiación directa, por lo cual es el techo el primero que debería tener materiales térmicos.
- Permitir el acceso de los rayos solares en el invierno, cuando estos se encuentran en altitudes bajas y mas perpendiculares sobre la superficie, para evitar que se pierda calor por las ventanas es recomendable el uso de las ventabas de doble vidrio con una cámara de aire entre ellas, que impiden que se pierda calor pero permiten que entren la adición solar.
- Permitir el acceso de los vientos dominantes del Este y Noreste.
- Evitar áreas grandes orientadas al Oeste, así como promover sombras en esta orientación ya que en durante la mañana por aquí penetra la radiación solar.
- La orientación Este y Oeste permite disminuir las áreas de la radiación dólár no deseadas, pero limita el acceso de los vientos dominantes.
- La orientación Noreste y Suroeste, tienen un buen comportamiento frente a la radiación solar, y nos permite un mayor acceso a los vientos predominantes.



Imagen 19 – Orientación

4.3 – Análisis de medición de radiación en los componentes de una vivienda.

Muchos estudios sobre el comportamiento térmico o las fichas técnicas de los materiales demuestran en que porcentaje de radiación se ven afectadas los componentes de una vivienda. La mayoría de ellos concuerdan que la mayor ganancia de calor en la vivienda se debe a la radiación solar, siendo alrededor del 70% del total, la cual incluye elementos translucidos que ganan entre el 15 y 20% dependiendo de la orientación, seguida por la ganancias internas que llegan a representar hasta el 20% del total, y solo de un 8 a 12% por conducción y convección.

Dichos estudios demuestran que es en la época de verano donde se tienen los porcentajes mas elevados de radiación en los componentes de las viviendas.

Componente	Porcentaje
Techos	60%
Norte	6%
Sur	1%
Oriente	7%
Poniente	8%
Otras	18%

Tabla 14 - Ganancias típicas en verano para Monterrey

Se puede considerar que las ganancias internas dependen de las actividades, uso de equipos y costumbres de los moradores, las cuales están consideradas como



Imagen 19 – Orientación

4.3 – Análisis de medición de radiación en los componentes de una vivienda.

Muchos estudios sobre el comportamiento térmico o las fichas técnicas de los materiales demuestran en que porcentaje de radiación se ven afectadas los componentes de una vivienda. La mayoría de ellos concuerdan que la mayor ganancia de calor en la vivienda se debe a la radiación solar, siendo alrededor del 70% del total, la cual incluye elementos translucidos que ganan entre el 15 y 20% dependiendo de la orientación, seguida por la ganancias internas que llegan a representar hasta el 20% del total, y solo de un 8 a 12% por conducción y convección.

Dichos estudios demuestran que es en la época de verano donde se tienen los porcentajes mas elevados de radiación en los componentes de las viviendas.

Componente	Porcentaje
Techos	60%
Norte	6%
Sur	1%
Oriente	7%
Poniente	8%
Otras	18%

Tabla 14 - Ganancias típicas en verano para Monterrey

Se puede considerar que las ganancias internas dependen de las actividades, uso de equipos y costumbres de los moradores, las cuales están consideradas como

otras en la tabla anterior, así mismo los porcentajes mostrados es el total de ganancia por radiación.

La principal fuente de ganancia es por el **techo**, por lo cual, si a este se le da un tratamiento adecuado, mejorara considerablemente la comodidad dentro de la vivienda, aun y cuando no cuente con acondicionamiento de aire y si lo tiene, el consumo energético será considerablemente menor.

Las **ventanas** es otra de las principales fuentes de ganancia de calor, por lo cual, su ubicación, orientación, tamaño, diseño y protección debe seleccionarse cuidadosamente, así como, el tipo de vidrio tratando de reducir al mínimo posible las ganancias por radiación y conducción. Las puertas también deben ser ubicadas en muros que reciban baja radiación solar para evitar la ganancia de calor, la cual es mayor que por un muro.

Para tener una mejor sensibilidad de lo que se pretende probar en la parte experimental, se mencionara un ejemplo de parámetros que se determinan para hacer un análisis térmico de la vivienda, por lo cual para este ejemplo se considera una emitanancia de 0.6 (recordemos emitanancia como la capacidad de un material en producir calor en forma de energía radiante). (Confort en la vivienda. Pedraza)

Techo				Muros			
Emitancia	0.6			Emitancia	0.6		
Material	Espesor	Conductividad	Resistencia	Material	Espesor	Conductividad	Resistencia
Impermeabilizante	0.005	0.430	0.0116	Aplanado Exterior	0.020	0.630	0.0317
Lechada	0.010	0.872	0.0115	Block de Concreto	0.150	1.430	0.1049
Aislamiento térmico	0.050	0.120	0.4167	Aislamiento Térmico	0.000	0.120	0.0000
Loza	0.100	1.800	0.0556	Aplanado Interior (yeso)	0.020	0.372	0.0538
Aplanado Interior	0.020	0.460	0.0435	Conductancia Int	1.000	8.130	0.1230
Conductancia Int	1.000	6.630	0.1508	Conductancia Ext	1.000	19.100	0.0524
Conductancia Ext	1.000	19.100	0.0524	Resistencia Total			0.3658
Resistencia Total			0.7420				

Ventana				Puerta			
Factor de Ganancia	0.84			Emitancia	0.6		
Material	Espesor	Conductividad	Resistencia	Material	Espesor	Conductividad	Resistencia
Vidrio Sencillo	0.004	0.930	0.0043	Triplay	0.050	0.140	0.3571
Conductancia Int	1.000	8.130	0.1230	Conductancia Int	1.000	8.130	0.1230
Conductancia Ext	1.000	19.100	0.0524	Conductancia Ext	1.000	19.100	0.0524
Resistencia Total			0.1797	Resistencia Total			0.5325

Tabla 15 – Resistencia térmica de una vivienda

En estas ultimas dos tablas se puede constatar que la principal ganancia de calor en la vivienda es debida a la radiación solar directa, seguidas por las ganancias internas, después por las de conducción y por ultimo por las de infiltración.

Conviene agregar la siguiente tabla que muestra el porcentaje de ganancia por cada por cada concepto para cada una de las fachadas de la casa y por el techo, considerando que no hay sombras sobre la casa.

Se debe de considerar el color de los techos ya que los colores negros u oscuros guardan más el calor, en cambio los colores claros y blancos repelen un poco la radiación solar.

	Área Expuesta m2					Coeficientes de Transmisión U				
	Losa	Norte	Sur	Oriente	Poniente	Losa	Norte	Sur	Oriente	Poniente
Material	44.50	10.40	12.06	20.16	18.27	1.3477	2.7340	2.7340	2.7340	2.7340
Ventanas		2.58	2.34	0.00	0.00		5.5661	5.5661	5.5661	5.5661
Puertas		1.68	0.00	0.00	1.89		1.8779	1.8779	1.8779	1.8779
	44.50	14.66	14.40	20.16	20.16					

Tabla 16 -Dimensiones y coeficientes de transmisión por orientación

	Ganancia Total de Calor					
	Radiación	Conducción	Infiltración	Internas	Total	%
Losa	16113.08	629.73			16742.81	32.34%
Norte	0.00	482.47			482.47	0.93%
Sur	7170.53	482.97			7653.50	14.78%
Oriente	4378.41	578.74			4957.15	9.58%
Poniente	4173.55	561.75			4735.30	9.15%
Total	31835.57	2735.66	3920.00	9960.00	48451.23	100.00%
%	65.71%	5.65%	8.09%	20.56%	100.00%	

Tabla 17 - Ganancia total de calor

	Ganancia Máxima de Calor					
	Radiación	Conducción	Infiltración	Internas	Total	%
Losa	1609.22	161.93			1771.15	27.61%
Norte	0.00	124.06			124.06	1.93%
Sur	1043.69	124.19			1167.88	18.21%
Oriente	1005.15	148.82			1153.97	17.99%
Poniente	977.26	144.45			1121.71	17.49%
Total	4635.32	703.45	245.00	830.00	6413.77	100.00%
%	72.27%	10.97%	3.82%	12.94%	100.00%	

Tabla 18 - Ganancia máxima de calor

	Ganancia Total de Calor				
	Radiación	Conducción	Infiltración	Internas	Total
Losa	50.61%	23.02%			34.56%
Norte	0.00%	17.64%			1.00%
Sur	22.52%	17.65%			15.80%
Oriente	13.75%	21.16%			10.23%
Poniente	13.11%	20.53%			9.77%
Total	100.00%	100.00%	0.00%	0.00%	71.35%

Tabla19 - Ganancia total de calor

4.4 – Análisis de materiales de contracción.

En esta sección se presentan las propiedades térmicas de los materiales más utilizados en la construcción. Se presenta su densidad y conductividad térmica. Estos datos los proporcionan las fichas técnicas de los materiales. Existen muchos materiales que por su composición original ya son considerados materiales térmicos.

4.4.1 – Propiedades de los materiales de construcción.

N	MATERIAL	DENSIDAD Kg/M ³	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (K) W/mK
1	Acero y fierro	7800	52.300
2	Adobe	0.012	0,024
3	Aluminio	2700	204.000
4	Arena seca, limpia	1700	0.407
5	Asbesto cemento	1799	0.796
6	Asfalto bituminoso impermeabilizante	1050	0.174
7	Azulejos y mosaicos	0	1.047
8	Baldosas cerámicas	0	1.750
9 - a	Block de concreto	3359	0.905
9 - b	Block de concreto de 20 cm de espesor con perlita	1700	0.650
9 - c	Block de concreto de 20 cm de espesor con vermiculita	1700	0.700
9 - d	Block de concreto de 20 cm de espesor, 2 o 3 huecos	1700	0.400
10 - a	Bloque de adobe al exterior	0	0.930
10 - b	Bloque de adobe al interior	0	0.582
11	Bloque de concreto celular curado c/autoclave	450	0.120
12 - a	Bloque de tepetate o arenisca calcárea al exterior	0	1.047
12 - b	Bloque de tepetate o arenisca calcárea al interior	0	0.930
13	Cartón corrugado impregnado de asfalto	0	0.823

	Ganancia Total de Calor				
	Radiación	Conducción	Infiltración	Internas	Total
Losa	50.61%	23.02%			34.56%
Norte	0.00%	17.64%			1.00%
Sur	22.52%	17.65%			15.80%
Oriente	13.75%	21.16%			10.23%
Poniente	13.11%	20.53%			9.77%
Total	100.00%	100.00%	0.00%	0.00%	71.35%

Tabla19 - Ganancia total de calor

4.4 – Análisis de materiales de contracción.

En esta sección se presentan las propiedades térmicas de los materiales más utilizados en la construcción. Se presenta su densidad y conductividad térmica. Estos datos los proporcionan las fichas técnicas de los materiales. Existen muchos materiales que por su composición original ya son considerados materiales térmicos.

4.4.1 – Propiedades de los materiales de construcción.

N	MATERIAL	DENSIDAD Kg/M ³	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (K) W/mK
1	Acero y hierro	7800	52.300
2	Adobe	0.012	0,024
3	Aluminio	2700	204.000
4	Arena seca, limpia	1700	0.407
5	Asbesto cemento	1799	0.796
6	Asfalto bituminoso impermeabilizante	1050	0.174
7	Azulejos y mosaicos	0	1.047
8	Baldosas cerámicas	0	1.750
9 - a	Block de concreto	3359	0.905
9 - b	Block de concreto de 20 cm de espesor con perlita	1700	0.650
9 - c	Block de concreto de 20 cm de espesor con vermiculita	1700	0.700
9 - d	Block de concreto de 20 cm de espesor, 2 o 3 huecos	1700	0.400
10 - a	Bloque de adobe al exterior	0	0.930
10 - b	Bloque de adobe al interior	0	0.582
11	Bloque de concreto celular curado c/autoclave	450	0.120
12 - a	Bloque de tepetate o arenisca calcárea al exterior	0	1.047
12 - b	Bloque de tepetate o arenisca calcárea al interior	0	0.930
13	Cartón corrugado impregnado de asfalto	0	0.823

14	Cemento crest 100%	1420	0.896
15	Cobre	8900	372.200
16 - a	Concreto armado	2300	1.740
16 - b	Concreto ligero al exterior	1250	0.698
16 - c	Concreto ligero al interior	1250	0.582
16 - d	Concreto simple al exterior	2200	1.280
17 - a	Espuma de poliuretano	25	0.027
17 - b	Espuma de poliuretano	30	0.026
17 - c	Espuma de poliuretano	40	0.025
17 - d	Espuma de poliuretano	45	0.025
17 - e	Espuma de poliuretano	60	0.025
17 - f	Espuma de poliuretano	70	0.027
18 - a	Fibro – cemento	920	0.220
18 - b	Fibro – cemento	1000	0.230
18 - c	Fibro – cemento	1135	0.230
19	Filtro de papel permeable	0	0.000
20 - a	Hormigón armado	2400	1.630
20 - b	Hormigón con áridos ligeros	1000	0.330
20 - c	Hormigón con áridos ligeros	1400	0.550
21 - a	Hormigón liviano a base de poliestireno expandido	260	0.088
21 - b	Hormigón liviano a base de poliestireno expandido	320	0.105
21 - c	Hormigón liviano a base de poliestireno expandido	430	0.134
21 - d	Hormigón liviano a base de poliestireno expandido	640	0.214
21 - e	Hormigón liviano a base de poliestireno expandido	840	0.269
21 - f	Hormigón liviano a base de poliestireno expandido	1100	0.387
22 - a	Ladrillo macizo hecho a máquina	1000	0.460
22 - b	Ladrillo macizo hecho a máquina	1200	0.520
22 - c	Ladrillo macizo hecho a máquina	1400	0.600
22 - d	Ladrillo macizo hecho a máquina	1800	0.790
22 - e	Ladrillo macizo hecho a máquina	2000	1.000
23	Ladrillo hecho a mano	0	0.500
24	Ladrillo de milpa	0	1.218
25	Ladrillo exterior	0	0.872
26	Ladrillo exterior con recubr.imperm por fuera	0	0.768
27	Ladrillo Lamosa	1934	0.883
28	Lamina galvanizada	0	200.323
29 - a	Lana mineral, colchoneta	40	0.042
29 - b	Lana mineral, colchoneta	50	0.041
29 - c	Lana mineral, colchoneta	70	0.038
29 - d	Lana mineral, colchoneta	90	0.037
29 - e	Lana mineral, colchoneta	110	0.040
29 - f	Lana mineral, colchoneta	120	0.042
30 - a	Lana de vidrio	10	0.044
30 - b	Lana de vidrio	11	0.042
30 - c	Lana de vidrio	12	0.041
30 - d	Lana de vidrio	13	0.040
31 - a	Madera álamo	380	0.091
31 - b	Madera alerce	560	0.134
31 - c	Madera blanda	610	0.130

31 - d	Madera de cedro	505	0.130
31 - e	Madera ciogue	670	0.145
31 - f	Madera lingue	640	0.136
31 - g	Madera de fresno	674	0.164
31 - h	Madera de pino	410	0.104
31 - i	Madera de raulí	580	0.121
31 - j	Madera de roble	800	0.157
31 - k	Madera viruta aglutinada, (pamacón)	700	0.163
32	Membrana asfáltica impermeabilizante	1127	0.170
33 - a	Tableros de madera aglomerado de partículas	400	0.095
33 - b	Tableros de madera aglomerado de partículas	420	0.094
33 - c	Tableros de madera aglomerado de partículas	460	0.098
33 - d	Tableros de madera aglomerado de partículas	560	0.102
33 - e	Tableros de madera aglomerado de partículas	600	0.103
33 - f	Tableros de madera aglomerado de partículas	620	0.105
33 - g	Tableros de madera aglomerado de partículas	650	0.106
33 - h	Tableros de madera aglomerado de fibras	850	0.230
33 - i	Tableros de madera aglomerado de fibras	930	0.260
33 - j	Tableros de madera aglomerado de fibras	1030	0.280
34 - a	Mármol	2500	2.000
34 - b	Mármol	2850	3.500
35 - a	Mortero cemento	2000	1.400
35 - b	Mortero cemento arena	2000	0.630
35 - c	Mortero con arcilla expandida	700	0.250
35 - d	Mortero con vermiculita	500	0.180
35 - e	Mortero de aplanado	1949	1.000
35 - f	Mortero de cal al exterior	0	0.872
35 - g	Mortero de cal al interior	0	0.698
36 - a	Piedra caliza	2180	1.400
36 - b	Piedra de arenisca	2000	1.300
36 - c	Piedra de granito, basalto	2600	2.500
36 - d	Piedra de mármol	2500	2.000
36 - e	Piedra de pizarra	2700	2.000
37 - a	Placa de concreto	1800	0.582
37 - b	Placa de fibracel	1000	0.128
38 - a	Placas de poliestireno	10	0.043
38 - b	Placas de poliestireno	15	0.041
38 - c	Placas de poliestireno	20	0.038
38 - d	Placas de poliestireno	30	0.036
39 - a	Tabique de barro extruido	2050	1.282
39 - b	Tabique ligero al exterior	1600	0.814
39 - c	Tabique ligero con recub.imperm.por fuera	1600	0.698
39 - d	Tabique rojo recocido común	2000	0.872
40	Tablero de asbesto cemento	1932	0.557
41	Teja	0	0.000
42	Terrados secos en azoteas	0	0.582
43	Tezontle	0	0.186
44	Tierra, arena o grava expuesta a la lluvia	0	2.326
45 - a	Vidrio sencillo	2200	0.930

45 - b	Vidrio plano	2500	1.200
46 - a	Yeso	800	0.372
46 - d	Yeso cerámico	1100	0.684
47 - a	Yeso cartón	650	0.240
47 - b	Yeso cartón	700	0.260
47 - c	Yeso cartón	870	0.310

4.4.2 – Materiales alternos para la construcción.

“ ... los materiales no son tan distintos a los que tenemos en los países latinoamericanos, están el poliestireno, poliuretano y los paneles, lo distinto e interesante son las soluciones técnicas de los sistemas constructivos...” Loeser Enrique, artículo central de la revista BIT, Chile 2006.

A continuación se mostraran algunas soluciones constructivas ya experimentadas en otros países, las cuales podrían ser usadas en México, ya que aportan muchos beneficios tanto económicos, constructivos y térmicos. En primer término destaca un **aislante térmico para muro y cielo elaborado en base a papel reciclado**. Se trata de un producto de bajo costo de producción cuya materia prima es el papel reciclado, este se proyecta como si fuera shotcrete, también está la modalidad en rollo para cubrir diferentes superficies. www.thermocell.com. En la misma línea otra industria desarrollo un sistema 80 % constituido de papel de diario reciclado. El fabricante explica que la celulosa actúa como concha protectora reduciendo la transmisión de calor y sonido. La celulosa, que presenta una textura suave, es soplada. www.cellulose.com.



Imagen 20 - Papel reciclado – celulosa soplada

El **aluminio** representa otro material importante en el aislamiento y confort térmico. Una compañía canadiense desarrollo el papel de aluminio el cual pertenece a la familia de los diseños reflectivos y el cual permite una gran variedad de aplicaciones.

El material provee protección en la transferencia de calor radiante, que se produce cuando un objeto es temperado por el aire alrededor de éste. El fabricante asegura que al instalar correctamente el papel de aluminio se reduce dramáticamente el total del calor del recubrimiento, reflejando alrededor del 97% del calor que recibe una vivienda en verano y conservando la temperatura en invierno. Así, la aplicación para muros resuelve la ganancia y pérdida de calor y la condensación, según el fabricante. Además, forma parte de un sistema constructivo que está provisto de burbujas de polietileno que reducen el riesgo de condensación. www.rfoil.com.

Como una innovación podemos encontrar el **aislante de dos componentes** consistente en una fibra de celulosa retardante al fuego tratada en seco combinada con un adhesivo especial. Este producto se aplica en forma de spray sobre cualquier superficie rígida (madera, metal, vidrio, hormigón, ladrillo, y espuma de poliuretano, entre otros). La conductividad térmica del producto, 0,041 W/m °C.

Entre los hormigones se está trabajando en el desarrollo de productos con aislamiento por el exterior de las estructuras, por el interior y al centro de los muros. Entre las alternativas que se destaca el **ladrillo liviano de poliestireno expandido que se rellena de hormigón**, para la fabricación en sitio del, el cual permanecerá en la estructura. El procedimiento consiste en armar hilera tras hilera hasta completar la altura de una planta, el montaje es simple, las caras inferior y posterior del ladrillo están constituidas por encastrados macho y hembra que permiten el ensamble. Además destacan la rapidez de ejecución “para una vivienda de 100 m², dos operarios realizan el armado de todos los muros en un día”.

El material es apto para la construcción de viviendas en planta baja, alta y sótanos, con una aislación térmica de $U= 0,25 \text{ Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ ($0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$) para el ladrillo de 25 cm de espesor y $K= 0,37 \text{ Kcal/m}^2\text{H}^\circ\text{C}$ ($0,4 \text{ 3 W/m}^2\text{K}$), para el ladrillo de 12, 5 cm de espesor. www.exacta.cl.



Imagen 21 – Sistemas constructivos.

Otro desarrollo es el bloque **estructural de hormigón celular** auto clavado, que se obtiene a través de la mezcla dosificada de arena de sílice, cemento y cal, más agua y un agente expansor. El material cubre los requerimientos para utilizarse en muros estructurales o tabiques divisorios, según su espesor. La construcción con bloques es simple, ya que utiliza los sistemas tradicionales de albañilería armada y confinada. La estructura del bloque proporciona aislamiento térmico debido a la baja conductividad térmica del bloque. Un bloque de 15 cm sin estuco proporciona un U de $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$. www.xella.cl.

En cuanto a los **paneles** se proponen soluciones orientadas a mejorar técnicamente muros y pisos. Como es el caso del sistema constructivo con cavidad, formada por un bastidor de madera y/o metálico estructural, amoldable en su diseño a la necesidad de casa proyecto. Este se conforma por materiales de planchas fibrocementos Duraboard de 4 hasta 10 mm de espesor (lado exterior), lanas de vidrio Aislaglass y/o de escoria de cobre Aislán (en la cavidad), más planchas de yeso cartón (lado interior) la que consigue valores térmicos. Para muros se plantean dos alternativas de revestimiento, resultante de la combinación de una plancha de yeso cartón mas lana de vidrio y/o poliestireno expandido de diversos espesores que se constituye en una solución constructiva de pegado directo o indirecto sobre el muro,

aumentando el rendimiento térmico de muros de hormigón, albañilería y bloques de hormigos.



Imagen 22 – Sistemas constructivos

En piso esta la solución constructiva con **panellosa**, usualmente instalado sobre el pavimento, que al producir un corte elástico, proporciona un beneficio adicional al térmico, además de un mayor aislamiento acústico en la vivienda. www.volcan.cl

Existen muchas alternativas y métodos no convencionales de construcción que se están probando y desarrollando en otros países, como es el uso de maderas, metales, espumas rígidas moldajes permanentes de PVC y otros elementos. En su mayoría admiten diversos revestimientos que proveen aislamiento térmico y acústico.

4.4.3 – Análisis de los materiales para la evaluación experimental

1) Poliestireno Extruido - es un aislamiento térmico de espuma rígida de en paneles manufacturados los cuales tiene una superficie lisa y una estructura de celdas cerradas con paredes que se interconectadas unas con otras sin dejar vacíos. Esto le permite tener altos valores de resistencia térmica y una resistencia superior al flujo de humedad, que lo hace un producto ideal para aislar losas de concreto y muros. El producto se fabrica en diferentes resistencias a la compresión para satisfacer todas las necesidades del constructor: 25 lb/in², 40 lb/in² y 60 lb/in². Se recomienda un espesor de 2" para losas y 1" para muros.

Aplicaciones



Debido a sus excelentes propiedades, es utilizado para una gran diversidad de aplicaciones; se adapta a todos los sistemas constructivos de muros, techos y pisos. Es compatible: Con sistemas de construcción tradicional de muros de block o ladrillo, muros de concreto y muros de bastidores metálicos o de madera.

El poliestireno extruido presenta alta resistencia a la humedad y vapor, gracias a su estructura de celdas cerradas que no permite espacios por donde se filtre el agua. Además de que es lavable y puede pintarse.

ESPESOR	VALOR-R ft ² h °F / Btu (m ² K/W) @ 75°F (24°C) TEMPERATURA MEDIA
1" (2.5cm)	5.0 (0.88)
1½" (3.8cm)	7.5 (1.32)
2" (5.1cm)	10.0 (1.76)
2½" (6.4cm)	12.5 (2.20)
3" (7.6cm)	15.0 (2.64)
3½" (8.9cm)	17.5 (3.08)
4" (10.2cm)	20.0 (3.52)

Borde Recto

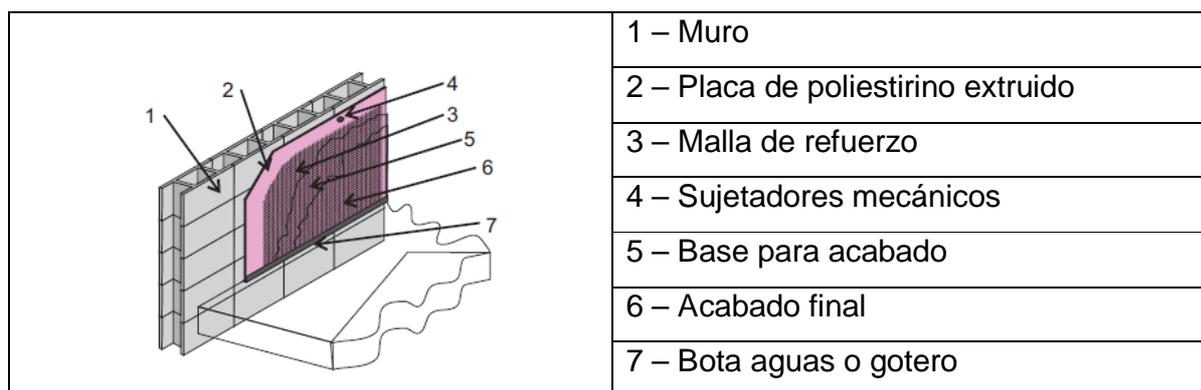


Traslapado



Las placas de poliestireno extruido se pueden presentar con bordes rectos o traslapados, en espesores que van desde 1 "a 4", tomando en cuenta que mientras más espesor presente, mayor resistencia térmica presentara.

Instalación en muros:



Se recomienda fijar la placa de poliestireno extruido con un adhesivo para construcción a base de agua, utilizar clavos o tornillos.

Posteriormente, agregar una capa de mortero y reforzar con una malla metálica o con un panel de yeso- cartón. También se le puede dar un acabado texturizado.

Cuando se instala en interiores se recomienda cubrirlo con mortero o yeso – cartón de ½” de espesor antes de aplicar el acabado final.

Instalación con sistemas de impermeabilización:

	1 – Membrana aplicada con fuego o impermeabilizante a base solvente.
	2 – Barrera de fuego
	3 – Sujetador mecánico
	4 – Placa de poliestireno extruido
	5 – Cubierta metálica o de concreto

Se recomienda fija la placa de poliestireno extruido al techo con un adhesivo, para así posteriormente pueden colocar una membrana o impermeabilizante. Si la membrana se instala a base de calor, debe colocarse sobre la placa una barrera de fuego. Si el impermeabilizante está hecho a base de solventes, también es necesario proteger el aislamiento. Este producto puede utilizarse en techos nuevos y reparaciones

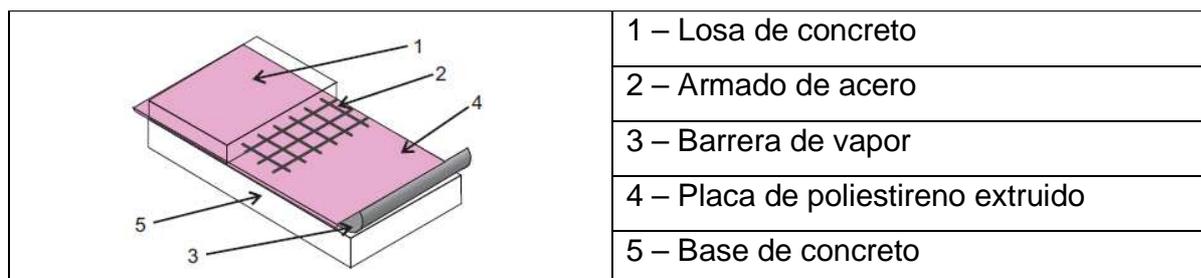
Instalación en losa de concreto:

	1– Losa de concreto
	2 – Armado de acero
	3 – Barrera de vapor
	4 – Placa de poliestireno extruido
	5 – Cama de grava niveladora

Colocar la placa de poliestireno extruido con la resistencia térmica y la compresión apropiada sobre el firme de concreto o sobre la cama nivelada de grava.

Es conveniente colocar una barrera de vapor entre el firme y el aislamiento y asegurar que no existan separaciones entre éstas y los muros o cimientos. Posteriormente colocar el concreto.

Instalación en losa de concreto:



Nivelar la losa, instalar las placas de poliestireno extruido, de forma que se eviten los puentes térmicos, posteriormente se debe de instalar una malla metálica para reforzar el empastado, para poder aplicar el empastado cemento – arena con un espesor mínimo de 3 cms, cuando el empastado este seco aplicar un impermeabilizante.

Nota: También se usa en la construcción como material térmico el poliestireno expandido en paneles y su aplicación y propiedades térmicas son muy similares a las del poliestireno extruido.

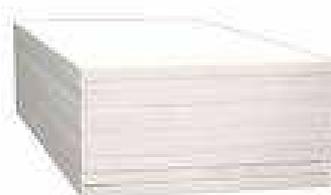


Imagen 23 – Poliestireno extruido

2) Lana de Vidrio o Fibra de Vidrio

La lana de vidrio es un producto que se fabrica fundiendo arenas con alto contenido de sílice, más otros insumos, a altas temperaturas. El resultado final es un producto fibroso de óptimas propiedades de aislación térmica y acondicionamiento acústico. Al estar constituido por miles de diminutas celdas de aire estanco, la lana de

vidrio presenta una alta resistencia al paso de flujos calóricos, es decir, posee un alto Coeficiente de Resistencia Térmica.



Imagen 24 - Lana de vidrio

La lana de vidrio posee una alta compresión, por lo cual se facilita y economiza su transporte además de que ayudan a mantener la continuidad en la instalación, evitando los puentes térmicos. Se encuentra en placas o en rollos. La lana de vidrio se utiliza como aislante térmico y absorbente acústico de techos, muros y pisos en aplicaciones constructivas residenciales, comerciales, industriales y de servicios, tanto para obras nuevas como para remodelaciones y ampliaciones.

Temperaturas				Espesores recomendables		Temperatura aprox. de superficie	
C°		F°		Cm	In	C°	F°
de	hasta	de	hasta				
-18	37	0	99	5.1	2	25	77
38	92	100	199	5.1	2	31	88
93	148	200	299	7.6	3	34	93
149	204	400	499	7.6	3	40	104

Estos son los espesores recomendados por los proveedores de acuerdo a las temperaturas que los materiales resisten.

Materiales	Espesor		Conductividad Térmica		Factor R
	Cm	In	Ckal m/m ² hr C°	BTU in/ft ² F°	
Aislamiento para mampostería y tablaroca	5.1	2"	0.0368	0.297	6
	7.6	3"			10
	8.9	3 ½"	0.044	0.355	11
	10.16	4"	0.041	0.331	13
	15.24	6"	0.040	0.322	19

Formas de aplicación tanto para losas como para muros, como cualquier otro material térmico que se va a aplicar en exterior debe de limpiarse muy bien la superficie de aplicación para que el material se adhiera adecuadamente a la superficie.

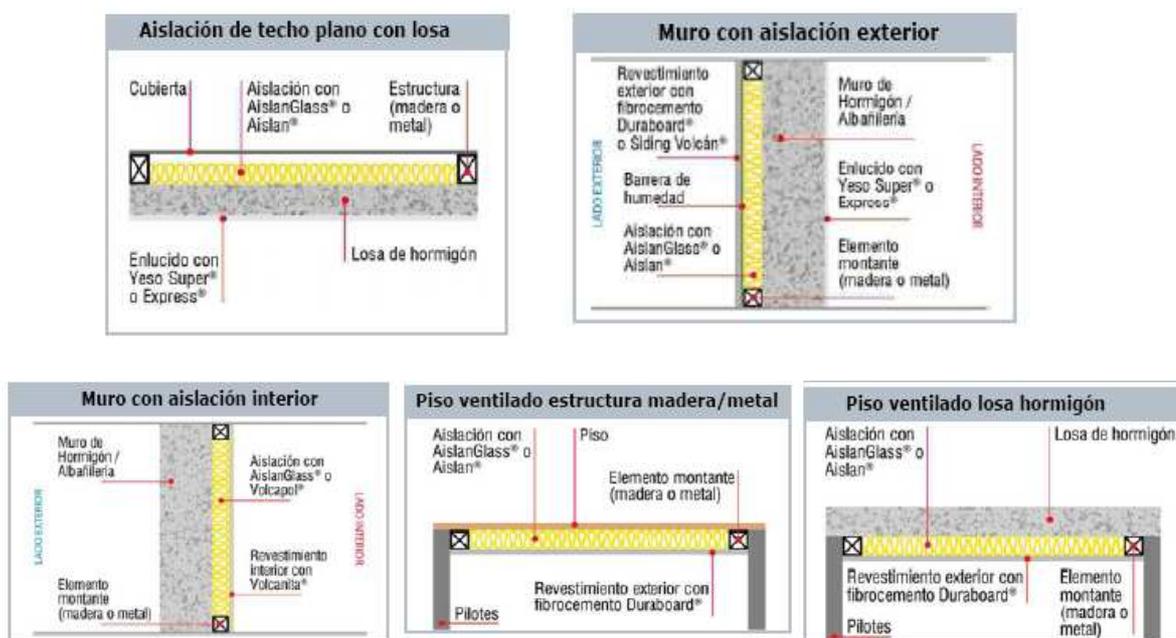


Imagen 25 – Aplicación lana de vidrio

La lana o fibra de vidrio es más usada en materiales compuestos de construcción, como entre sistemas compuestos de madera y metal o madera y tablaroca, aunque también puede ser usada como componente exterior en una vivienda pero debe de ser recubierta con un componente de fibrocemento.

3) Poliuretano esparado o rígido o espuma de poliuretano

Es un material aislante formado por dos componentes: polioli e isocianato, que se procesan mediante equipos especiales. Una vez realizada la mezcla se proyecta pulverizando a alta presión sobre la superficie a tratar. La espuma rígida así obtenida, está formada por celdillas cerradas en un 98% a las que debe su alta eficacia como aislante térmico e hidrófugo.

Se puede aplicar sobre o bajo el techo, cualquiera sea el material del mismo (madera, losa, chapa, etc.). También se puede aplicar en las paredes. En los casos en que la construcción tenga pared doble, recomendamos aislar con espuma rígida de poliuretano entre ellas ya que de esta forma no existen problemas de humedad en el futuro al actuar el poliuretano como barrera, además de mantener la temperatura interior ignorando la exterior

El proceso de aplicación de la espuma de poliuretano por aspersión es uno de los más simples y completos en el mercado de aislamiento debido a su auto adherencia a todo tipo de superficies, las cuales solo deben estar limpias y secas y a una temperatura no inferior a 10 °C.

Esta auto adherencia y el hecho de que el polímero se forma en el momento y en el sitio de la aplicación hace que se pueda aplicar sobre todo tipo de formas (planas, esféricas, curvas, etc. tanto por el lado exterior como por el interior).

Una vez aplicada la espuma, se reducen considerablemente los fenómenos de expansión y de contracción de las superficies por cambios en la temperatura ambiente y la humedad reduciendo considerablemente las cargas por estos conceptos y aumentando la resistencia de los materiales de construcción.

La inercia química del polímero de poliuretano una vez formado, hace que sea el aislante ideal ya que no solo es el aislante de mas baja conductividad térmica sino que además es inerte a la acción de casi cualquier compuesto químico, tanto en la fase líquida como en la fase vapor. Adicionalmente al carecer de valor nutricional, no es comestible y por lo tanto no está sujeto a la acción de roedores y plagas.

La espuma rígida de poliuretano aplicada por aspersión puede ser empleada para aislamiento térmico en construcción dentro del rango de temperatura entre -50 °C y + 100 °C. Los principales campos de aplicación de la espuma rígida de poliuretano son los siguientes: Aislamiento térmico de superficies en la construcción;

suelos, paredes, techos, perfiles de acero, interior o exterior. Aislamiento térmico e impermeabilización de cubiertas.

En aplicaciones donde la **espuma rígida de poliuretano** vaya a estar **expuesta** directamente a la intemperie, se debe proteger superficialmente frente a la acción de los rayos UV con un recubrimiento adecuado. En las aplicaciones con poliuretano existe una supresión de puentes térmicos ya que el aislamiento no presenta juntas ni fisuras.



Imagen 26- Espuma de poliuretano

Se limpia muy bien la base donde se va a colocar el poliuretano, posteriormente se espera el material a una distancia recomendable y se reglea plomea el material con el fin de conservar el mismo espesor de 2 “en la superficie, después de aplicar la capa de poliuretano se recomienda coloca un impermeabilizante acrílico, elastomerito, en emulsión acuosa de aplicación en frío. Elaborado con resina acrílico – estirenada, comercialmente conocida como thermotek, el cual ya contiene ciertas propiedades térmicas.



Según datos de estudios de materiales se genera una comparativa entre algunos de los materiales. Dicho estudio nos presenta los espesores que se necesitan de cada material para poder llegar a las mismas condiciones de capacitancia térmica.

En esta comparativa se demuestra que el poliuretano es el que nos brinda el mejor comportamiento térmico, esto

mismo se puede comprobar en la tabla de conductividad térmica, donde se demuestra nuevamente que el material muestra los valores más bajos.

4.5 – Análisis de las viviendas.

Las viviendas se seleccionaron con el fin de que una nos sirva de base para mejorar las condiciones térmicas de la tecnovivienda, para así determinar cómo mejoraría el confort de las personas que la habitarían, además de demostrar que al implementar materiales térmicos en las viviendas, podemos obtener muchos beneficios de ahorro. Se tiene presente que el implementar estas mejoras en las viviendas elevaría su costo de inversión inicial, pero este podrá ser recuperado a lo largo del ciclo de vida de la vivienda. Retorno de la inversión a través de la reducción del costo de operación.

Para esta evaluación se tomaron dos casas antes evaluadas una de ellas ubicada en Mexicali, de la cual se tienen las gráficas reales de temperatura, humedad, energía, vientos y radiación de la zona. Estos datos se obtuvieron colocando sensores en el interior y exterior de la vivienda en un periodo que fue del primero de junio del 2006 al 31 de mayo del 2007, en donde las variables de temperatura fueron registradas cada 30 min. y las variables de humedad cada 4 minutos, dichos intervalos de tiempo corresponden a la máxima capacidad de almacenaje de los sensores.

El segundo prototipo surge de la propuesta creada por la cátedra de vivienda que es la Tecnovivienda, puesta en práctica en Chiapas. La cual se no se ha medido térmicamente, pero contiene materiales muy confortables. Este diseño surge con la necesidad de crear una vivienda digna, con un bajo costo y facilidad en la construcción, ya que se considera una autoconstrucción.

4.5.1 – Características de las casas

La primera vivienda en estudio, se considera como vivienda de interés social, la cual cuenta con un solo nivel y de acuerdo con el Instituto Nacional de

mismo se puede comprobar en la tabla de conductividad térmica, donde se demuestra nuevamente que el material muestra los valores más bajos.

4.5 – Análisis de las viviendas.

Las viviendas se seleccionaron con el fin de que una nos sirva de base para mejorar las condiciones térmicas de la tecnovivienda, para así determinar cómo mejoraría el confort de las personas que la habitarían, además de demostrar que al implementar materiales térmicos en las viviendas, podemos obtener muchos beneficios de ahorro. Se tiene presente que el implementar estas mejoras en las viviendas elevaría su costo de inversión inicial, pero este podrá ser recuperado a lo largo del ciclo de vida de la vivienda. Retorno de la inversión a través de la reducción del costo de operación.

Para esta evaluación se tomaron dos casas antes evaluadas una de ellas ubicada en Mexicali, de la cual se tienen las gráficas reales de temperatura, humedad, energía, vientos y radiación de la zona. Estos datos se obtuvieron colocando sensores en el interior y exterior de la vivienda en un periodo que fue del primero de junio del 2006 al 31 de mayo del 2007, en donde las variables de temperatura fueron registradas cada 30 min. y las variables de humedad cada 4 minutos, dichos intervalos de tiempo corresponden a la máxima capacidad de almacenaje de los sensores.

El segundo prototipo surge de la propuesta creada por la cátedra de vivienda que es la Tecnovivienda, puesto en práctica en Chiapas. La cual se no se ha medido térmicamente, pero contiene materiales muy confortables. Este diseño surge con la necesidad de crear una vivienda digna, con un bajo costo y facilidad en la construcción, ya que se considera una autoconstrucción.

4.5.1 – Características de las casas

La primera vivienda en estudio, se considerada como vivienda de interés social, la cual cuenta con un solo nivel y de acuerdo con el Instituto Nacional de

Estadística Geografía e Informática es referenciada como casa independiente de uno a dos cuartos dormitorios.

La vivienda esta desplantada en un terreno de 120 m2. La vivienda consta de **38.36 m2** de construcción con **6.0 m de frente por 6.5 m de profundidad**, con una altura de **2.20 metros**.



Imagen 27 - Planta arquitectónica

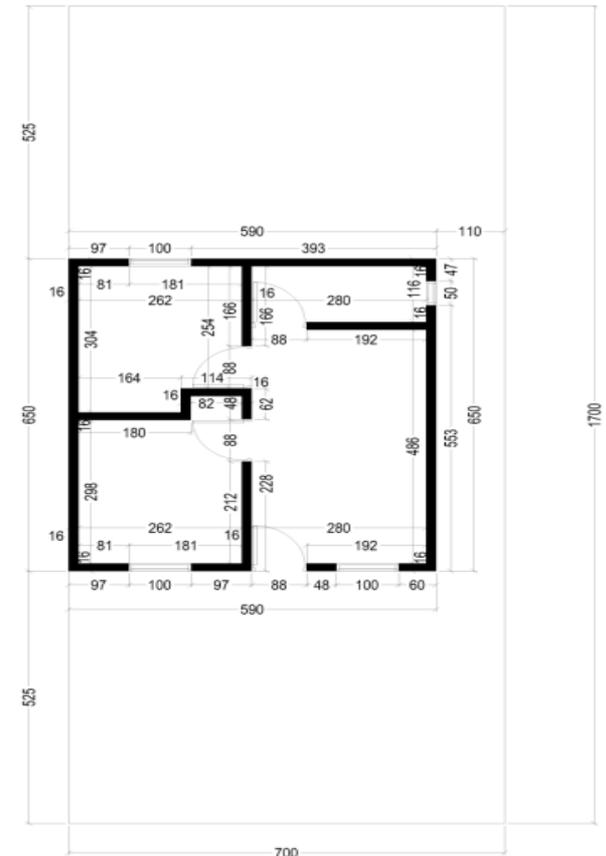


Imagen 28 - Desplante de muros

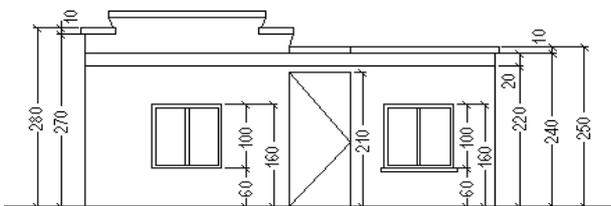


Imagen 29 – Fachada principal

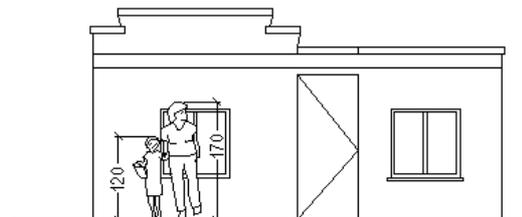


Imagen 30 – Fachada posterior

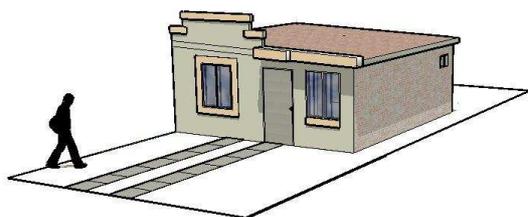


Imagen 31 - Isometría

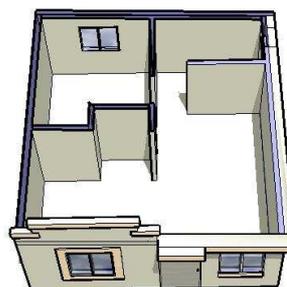


Imagen 32 - Vista aérea

A continuación se enlistan los materiales que componen la vivienda

Concepto	Descripción
1. Losa-cubierta	
Sistema.....	Vigueta-bovedilla
Vigueta.....	Concreto
Espesor de la capa de compresión de concreto.....	4 cm
Bovedilla.....	Poliestireno expandido
Espesor del aislante.....	12 cm
2. Muro	
Block.....	común de concreto
Dimensiones.....	12 x 20 x 40 cms
3. Impermeabilización	
Sistema	Cartón mineralizado
4. Ventana	
Material.....	Vidrio transparente
Dimensiones.....	1.0 x 1.0 m
5. Acabados	
Losa interior.....	Yeso
Muro lateral interior.....	mortero
Muro lateral exterior	Aparente [sin acabado]
Muro-fachada.....	mortero

La segunda vivienda es la tecnovivienda, la cual costa de un sistema de auto construcción de **34.92 m²** de construcción con una altura libre de **2.41 m**, la vivienda esta conformada por un cascaron reforzado por una serie de mallas electro soldadas, las cuales se ensamblan y anclan a un firme de concreto de 10 cm, posteriormente las mallas electro soldadas son cubiertas por una capa de mortero estructural, y después del secado, se coloca el yeso, pintura, impermeabilizante, entre otros. La tecnovivienda en una autoconstrucción de bajo costo, pero de muy alta calidad, la cual se construye en 7 días y esta diseñada contra sismos y vientos. La tecnovivienda fue diseñada para soportar condiciones extremas de sismos y vientos, aunque también fue diseñada para soportar altas temperaturas ya que presenta techos a dos aguas, para tener menos exposición a la radiación solar, y cuenta en su mayor parte con una planta arquitectónica libre, lo que permite que circule más fácilmente el aire en su interior.

- **Muros y techo** (interiores y exteriores), compuesto de un cascaron de malla electro soldada 68-88 armada a varillas y mortero ligero estructural.
- **Acabados** sellador protexa tanto en interior y exterior, después pintura.
- **Techo** malla plafonera, impermeabilizante y pintura.
- **Firme** de concreto premezclado de 0.10 m de espesor, montado sobre polietileno negro, cal 600 en arena de contacto con terrecería.

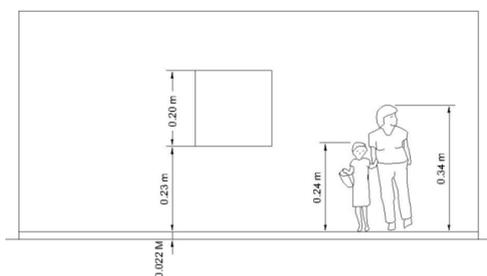


Imagen 33 – Fachada posterior

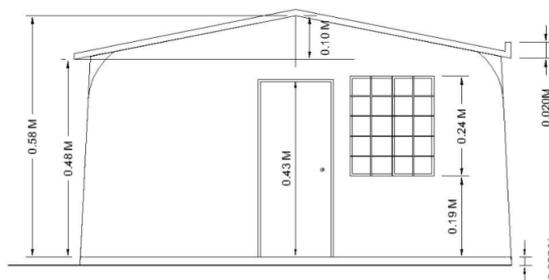


Imagen 34 – Fachada principal

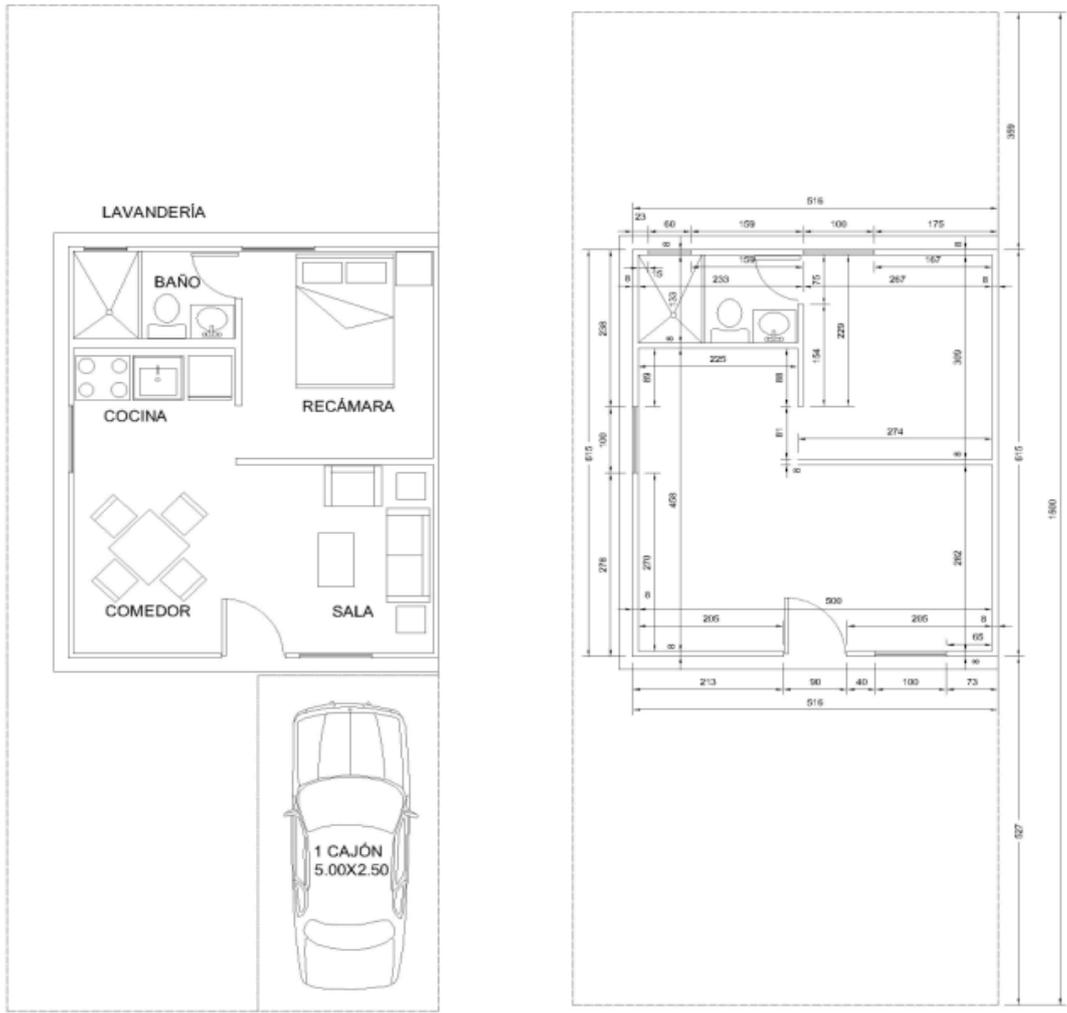


Imagen 35 – Plantas arquitectónicas

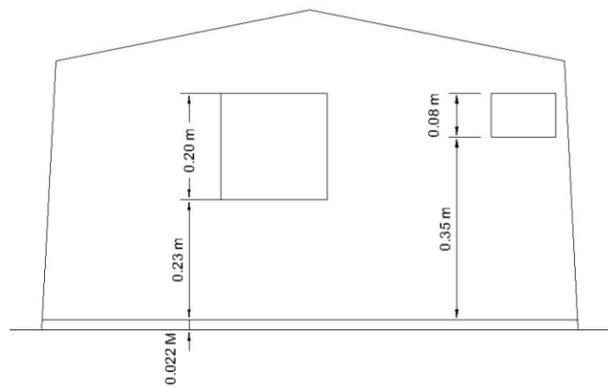


Imagen 36 - Elevaciones



Imagen 37 – Tecnoviviendas

4.5.2 – Propiedades de los materiales.

Casa Losa Plana

Concepto	Partida
Losa 0.20M	Impermeabilizante
	Concreto
	Poliestireno
	Acabado Int Yeso
Muro 0.16M	Acabado Int Yeso
	Block de concreto
	Mortero cemento arena
Firme 0.12M	Concreto
Ventanas 0.05M	Vidrio Simple

Casa Losa a dos Aguas

Concepto	Partida
Losa 0.07M	Impermeabilizante
	Mortero cemento arena
	Malla electro soldada
	Acabado Int Yeso
Muro 0.07M	Acabado Int Yeso
	Malla electro soldada
	Mortero cemento arena
Firme 0.10M	Concreto
Ventanas 0.05M	Vidrio Simple

4.5.3 - Carga térmica

CASA LOSA PLANA	38.36 M2
------------------------	-----------------

Concepto	Partida	K W/(m.K)	Espesor m	C W/(m ² .K)	R (m ² .K)/W
Losa 0.20M	Impermeabilizante	0.174	0.02	8.7	0.115
	Concreto	1.74	0.04	43.5	0.023
	Poliestireno	0.42	0.12	3.5	0.286
	Acabado Int Yeso	0.372	0.02	18.6	0.054
Muro 0.16M	Acabado Int Yeso	0.372	0.02	18.6	0.054
	Block de concreto	0.903	0.12	7.525	0.133
	Mortero cemento arena	0.63	0.02	31.5	0.032
Firme 0.12M	Concreto	1.74	0.12	14.5	0.069
Ventanas 0.05M	Vidrio Simple	0.93	0.05	18.6	0.054

CASA CON LOSA A DOS AGUAS	34.92 M2
----------------------------------	-----------------

Concepto	Partida	K W/(m.K)	Espesor m	C W/(m ² .K)	R (m ² .K)/W
Losa 0.07M	Impermeabilizante	0.174	0.02	8.7	0.115
	Mortero cemento arena	1.74	0.02	87	0.011
	Malla electrosoldada	0	0	0	0.000
	Acabado Int Yeso	0.372	0.02	18.6	0.054
Muro 0.07M	Acabado Int Yeso	0.372	0.02	18.6	0.054
	Malla electrosoldada	0	0	0	0.000
	Mortero cemento arena	0.63	0.05	12.6	0.079
Firme 0.10M	Concreto	1.74	0.1	17.4	0.057
Ventanas 0.05M	Vidrio Simple	0.93	0.05	18.6	0.054

4.6 – Calculo de Equivalencias

CASA CON LOSA PLANA 38.36 M2								
Concepto	Partida	K W/(m.K)	Espesor m	C W/(m ² .K)	R (m ² .K)/W	R Concepto	Equivalencia cm	Equivalencia escalada
Losa 0.20M	Impermeabilizante	0.174	0.02	8.7	0.115	5.217	12.077	0.024 M
	Concreto	1.74	0.04	43.5	0.023			
	Poliestireno	0.42	0.12	3.5	0.286			
	Acabado Int Yeso	0.372	0.02	18.6	0.054			
Muro 0.16M	Acabado Int Yeso	0.372	0.02	18.6	0.054	4.579	13.759	0.027 M
	Block de concreto	0.903	0.12	7.525	0.133			
	Mortero cemento arena	0.63	0.02	31.5	0.032			
Firme 0.12M	Concreto	1.74	0.12	14.5	0.069	14.5	4.345	0.01M
Ventanas 0.05M	Vidrio Simple	0.93	0.05	18.6	0.054	18.6	0.500	0.500
CASA CON LOSA A DOS AGUAS 34.92 M2								
Concepto	Partida	K W/(m.K)	Espesor m	C W/(m ² .K)	R (m ² .K)/W	R Concepto	Equivalencia cm	Equivalencia cm
Losa 0.07M	Impermeabilizante	0.174	0.02	8.7	0.115	5.549	11.353	0.022 M
	Mortero cemento arena	1.74	0.02	87	0.011			
	Malla electrosoldada	0	0	0	0.000			
	Acabado Int Yeso	0.372	0.02	18.6	0.054			
Muro 0.07M	Acabado Int Yeso	0.372	0.02	18.6	0.054	7.512	8.387	0.02 M
	Malla electrosoldada	0	0	0	0.000			
	Mortero cemento arena	0.63	0.05	12.6	0.079			
Firme 0.10M	Concreto	1.74	0.1	17.4	0.057	17.4	3.621	0.01 M
Ventanas 0.05M	Vidrio Simple	0.93	0.05	18.6	0.054	18.6	0.500	0.500

4.7 – Soluciones constructivas genéricas con materiales térmicos.

A continuación se detallan las soluciones constructivas más comunes, presentes en la envolvente de las viviendas. Se presentan soluciones para techos, muros pisos y ventanas, las principales fuentes de pérdida y/o ganancia de calor. Se pueden proponer soluciones con la implementación de materiales térmicos y de implementación de materiales pasivos, para este caso sólo se presentaran las soluciones que implementen el uso de materiales térmicos. Para las soluciones en las cuales se está representando un material térmico el coeficiente de transmisión térmica se puede estar dando en el espesor del aislante térmico ($R/100$) y/o por la sumatoria de la resistencia térmica de las distintas capas de materiales que componen la solución constructiva.

Se desprecian los materiales y soluciones que no son aplicables para México, como es el caso de las soluciones para techos a dos aguas, y las cámaras de aire en techos, así como casas semi enterradas y con sótanos, dichas soluciones pueden ser usadas para todos los climas que se encuentran en México, con la diferencia de que funcionarían de diferente manera y las recomendaciones de colocación serán diferentes, en cuanto a las nuevas construcciones se recomienda que el sistema aislante se coloque ya con el sistema constructivo en el interior del sistema y para las viviendas ya existentes se recomienda en el interior o en el exterior, tomando en cuenta que la aplicación en el interior puede quitarle algunos cm de ocupación a la vivienda.

En relación a la posición del aislamiento térmico en la solución constructiva, se distinguen las siguientes categorías:

- Aislante térmico en cara exterior
- Aislante térmico en cara exterior para techos y muros
- Aislante térmico interior
- Aislante térmico incorporado al interior de la estructura de techos, muros y pisos.
- Aislante en cara interior
- Aislante térmico en cara interior de la estructura

Soluciones constructivas			
	Techos	Muros	Pisos
Aislante termico en cara exterior			
Aislante termico interior			
Aislante termico en cara interior			

1) Techos compuestos de losas.

<p>a) Aislante térmico en cara exterior sin cámara de aire</p>	<p>b) Aislante térmico en cara exterior con cámara de aire</p>
<p>c) Aislante térmico en cara interior sin cámara de aire</p>	<p>d) Aislante térmico en cara interior con cámara de aire</p>

Espesor referencia materiales térmicos en techos					
	Calido	Semi Calido	Templado	Semi Frío	Frío
R100					
Poliestireno expandido 10 kg/km3	40 mm	80 mm	100 mm	140 mm	160 mm
Lana de vidrio 11 kg/m3	40 mm	80 mm	100 mm	140 mm	160 mm
Poliuretano rigido 40kg/m3	24 mm	49 mm	61 mm	86 mm	98 mm
Techo a y c Espesor de losa HA=120 mm					
Poliestireno expandido 15 kg/km3	40 mm	80 mm	100 mm	140 mm	160 mm
Lana de vidrio 18 kg/m3	40 mm	80 mm	100 mm	140 mm	160 mm
Poliuretano rigido 40kg/m3	39 mm	76 mm	95 mm	133 mm	150 mm
Techo b y d Espesor de losa HA=120 mm					
Poliestireno expandido 10 kg/km3	40 mm	80 mm	105 mm	145 mm	160 mm
Lana de vidrio 11 kg/m3	40 mm	80 mm	100 mm	145 mm	160 mm
Poliuretano rigido 40kg/m3	25 mm	50 mm	63 mm	87 mm	98 mm

* Los espesores de aislantes térmicos han sido adaptados a los espesores de los productos existentes en el mercado.

* Las densidades del material térmico son referencia y deben determinarse según los requerimientos específicos de las soluciones constructivas

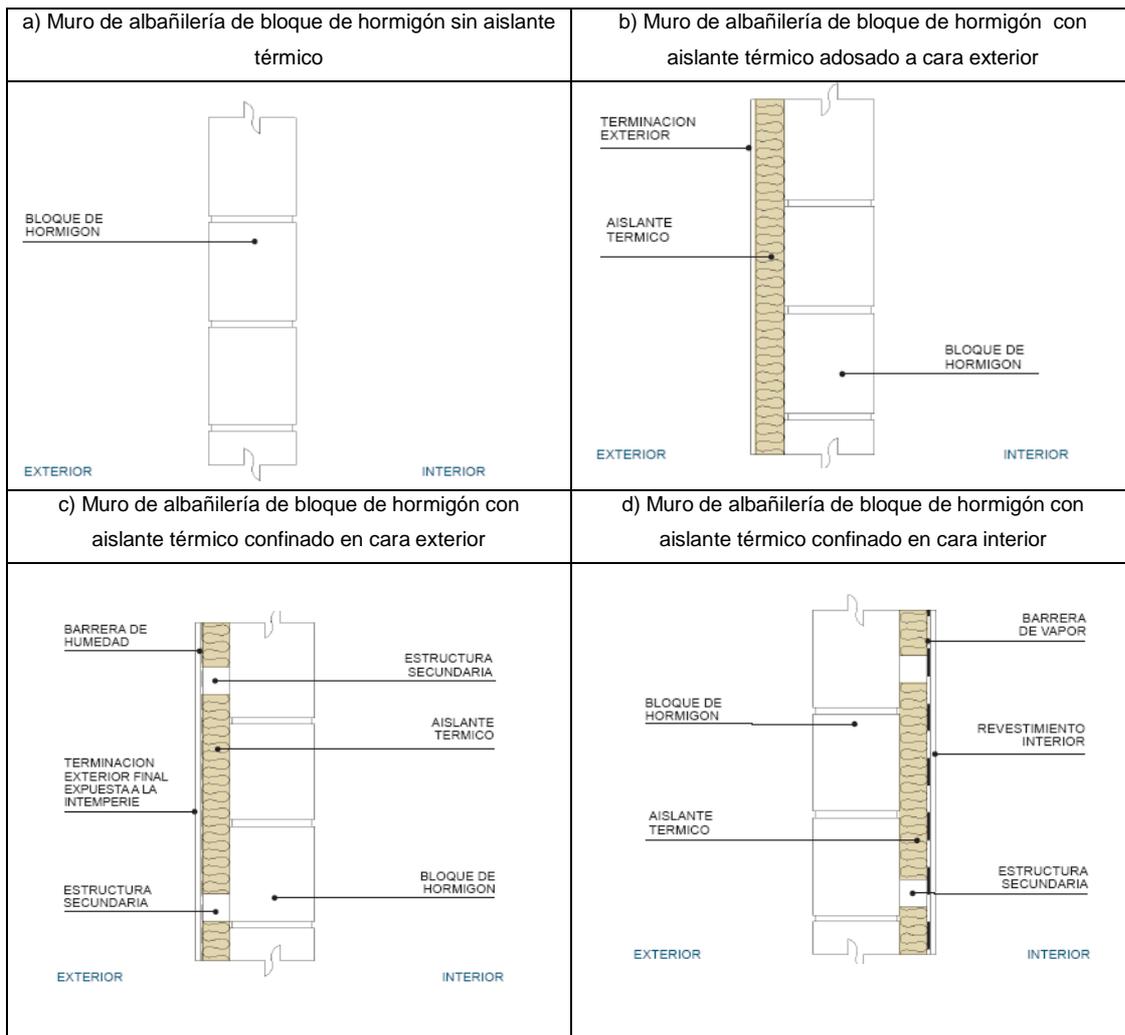
* Para la determinar los espesores de los aislantes térmicos en las soluciones constructivas se considera solamente la resistencia térmica del material aislante, la resistencia térmica de los materiales que soportan al aislante y la resistencia térmica de las capas de aire superficial interior y exterior.

2) Muros de albañilería de ladrillo

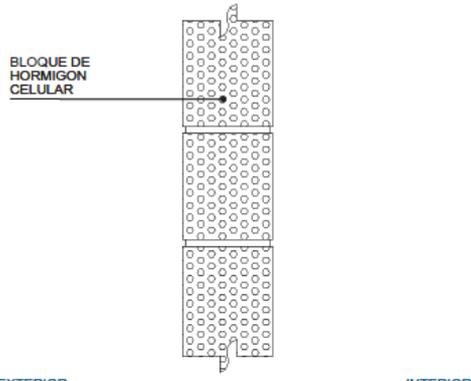
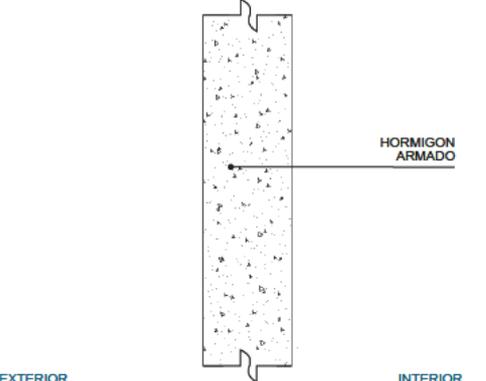
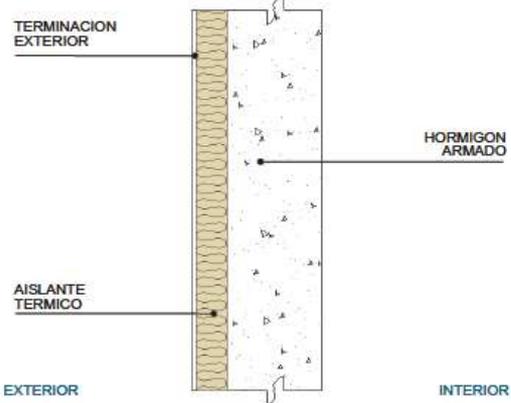
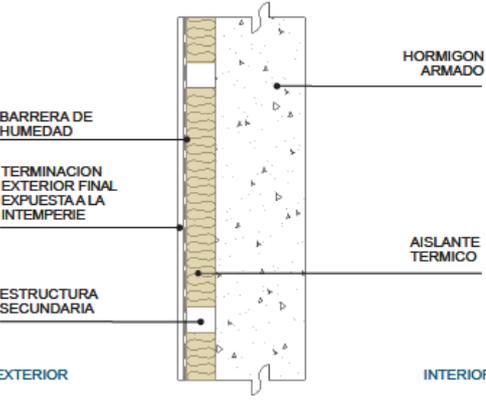
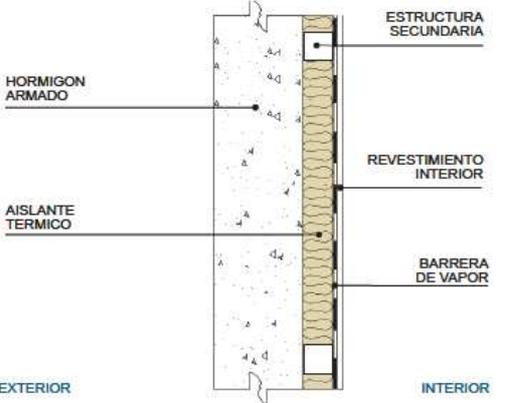
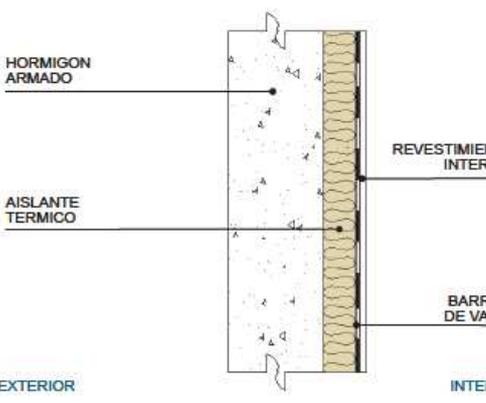




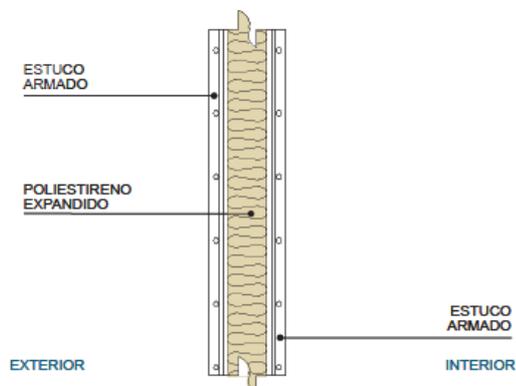
3) Muros de albañilería bloque de hormigón



4) Muros de hormigón

<p>a) Muro de albañilería en bloque de hormigón celular</p>  <p>BLOQUE DE HORMIGON CELULAR</p> <p>EXTERIOR INTERIOR</p>	<p>b) Muro de hormigón armado sin aislante térmico</p>  <p>HORMIGON ARMADO</p> <p>EXTERIOR INTERIOR</p>
<p>c) Muro de hormigón armado con aislante térmico adosado a cara exterior</p>	<p>d) Muro de hormigón armado con aislante térmico confinado en cara exterior</p>
 <p>TERMINACION EXTERIOR</p> <p>AISLANTE TERMICO</p> <p>HORMIGON ARMADO</p> <p>EXTERIOR INTERIOR</p>	 <p>BARRERA DE HUMEDAD</p> <p>TERMINACION EXTERIOR FINAL EXPUESTA A LA INTEMPERIE</p> <p>ESTRUCTURA SECUNDARIA</p> <p>HORMIGON ARMADO</p> <p>AISLANTE TERMICO</p> <p>EXTERIOR INTERIOR</p>
<p>e) Muro de hormigón armado con aislante térmico confinado en cara interior</p>	<p>f) Muro de hormigón armado con aislante térmico adosado en cara interior</p>
 <p>HORMIGON ARMADO</p> <p>AISLANTE TERMICO</p> <p>ESTRUCTURA SECUNDARIA</p> <p>REVESTIMIENTO INTERIOR</p> <p>BARRERA DE VAPOR</p> <p>EXTERIOR INTERIOR</p>	 <p>HORMIGON ARMADO</p> <p>AISLANTE TERMICO</p> <p>REVESTIMIENTO INTERIOR</p> <p>BARRERA DE VAPOR</p> <p>EXTERIOR INTERIOR</p>

5) Sistemas especiales para muros



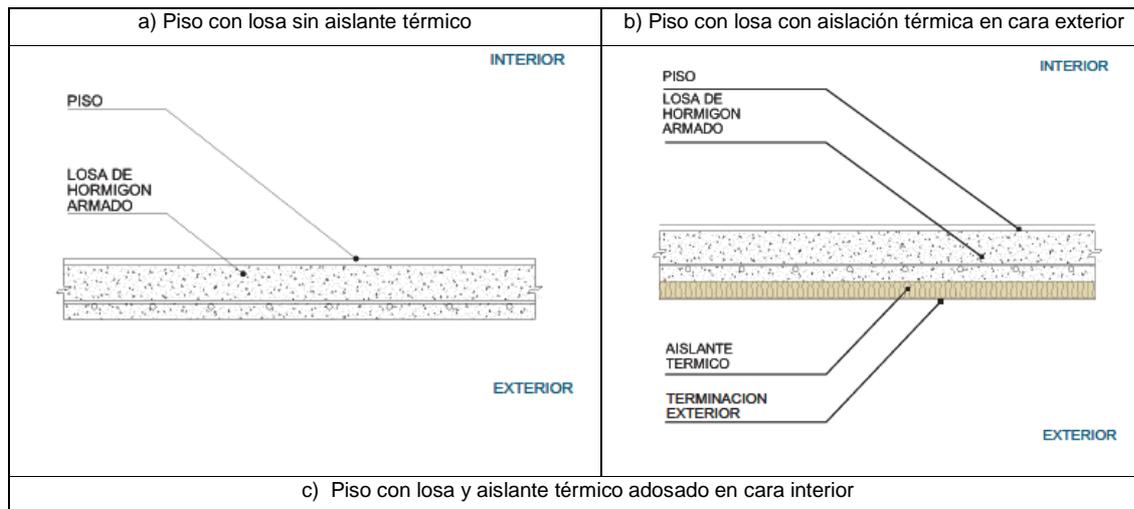
Este método es recomendado para las nuevas construcciones como elemento estructural, los materiales aislantes pueden ser varios, entre ellos fibra de vidrio, poliestireno y poliuretano, estos sistemas constructivos son integrados por estructuras armadas que sirven como estructura para la vivienda, este tipo de sistemas ya es usado en muchas partes de Europa, entre otros sistemas contractivos.

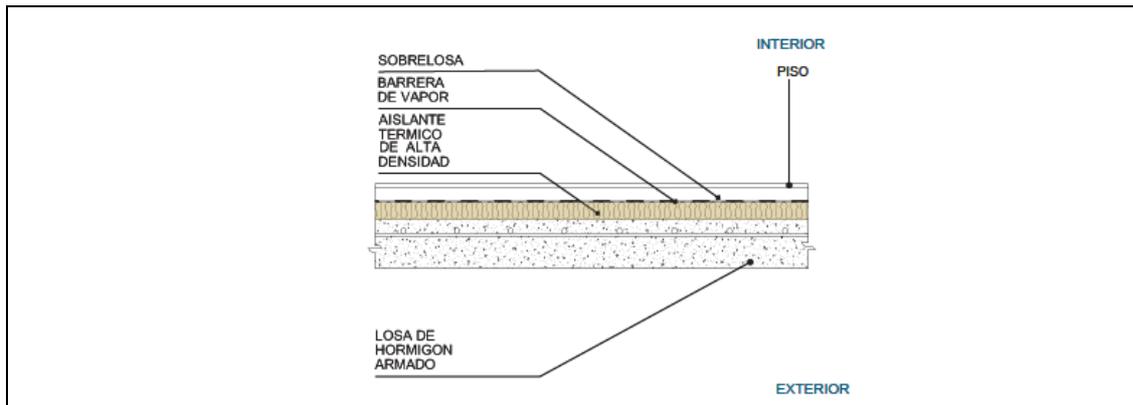
Espesor referencia materiales térmicos en muros					
	Calido	Semi Calido	Templado	Semi Frío	Frío
R100					
Poliestireno expandido 10 kg/km ³	20mm	20 mm	25 mm	35 mm	65 mm
Lana de vidrio 11 kg/m ³	30 mm	30 mm	30 mm	40 mm	80 mm
Poliuretano rígido 40kg/m ³	6 mm	6 mm	13 mm	20 mm	40 mm
Muro de tabique sin aislamiento 90 mm					
Sin material aislante	no aplica	no aplica	no aplica	no aplica	no aplica
Muro de tabique con aislante térmico 90 mm					
Poliestireno expandido 10 kg/km ³	20 mm	20 mm	20 mm	30 mm	60 mm
Lana de vidrio 11 kg/m ³	30 mm	30 mm	30 mm	30 mm	60 mm
Poliuretano rígido 40kg/m ³	2 mm	7 mm	10 mm	17 mm	37 mm
Muro de albañilería de ladrillo 140 mm sin aislante térmico					
Sin material aislante	no aplica	no aplica	no aplica	no aplica	no aplica
Muro de albañilería de ladrillo 290 mm x 140 mm x 71 mm con aislante térmico adosado a cara exterior					
Poliestireno expandido 15 kg/km ³	20 mm	20 mm	20 mm	20 mm	50 mm
Muro de albañilería de ladrillo de 290 mm x 140 mm x 71 mm con aislante térmico confinado y adosado a cara interior					
Poliestireno expandido 10 kg/km ³	20 mm	20 mm	20 mm	20 mm	50 mm
Lana de vidrio 11 kg/m ³	30 mm	30 mm	30 mm	30 mm	50 mm
Poliuretano rígido 40kg/m ³	1 mm	3 mm	4 mm	11 mm	31 mm

Muro de albañilería de hormigón 140 mm y 190 mm sin aislante					
Sin material aislante	no aplica				
Muro de hormigón de 390 mm x 140 mm x 190 con aislante térmico adosado a cara exterior					
Poliestireno expandido 15 kg/km ³	20 mm	20 mm	20 mm	25 mm	60 mm
Muro de hormigón de 390 mm x 140 mm x 190 mm con aislante térmico confinado en cara exterior e interior					
Poliestireno expandido 10 kg/km ³	20 mm	20 mm	20 mm	30 mm	60 mm
Lana de vidrio 11 kg/m ³	30 mm	30 mm	30 mm	30 mm	60 mm
Poliuretano rígido 40kg/m ³	1 mm	6 mm	8 mm	16 mm	36 mm
Muro de hormigón armado de 130 mm y 213 mm sin aislamiento					
Sin material aislante	no aplica				
Muro de hormigón armado de 150 mm con aislante adosado a cara exterior					
Poliestireno expandido 15 kg/km ³	20 mm	20 mm	20 mm	30 mm	60 mm
Muro de hormigón de 150 mm con aislante térmico confinado en cara exterior e interior					
Poliestireno expandido 10 kg/km ³	20 mm	20 mm	20 mm	30 mm	60 mm
Lana de vidrio 11 kg/m ³	30 mm	30 mm	30 mm	30 mm	60 mm
Poliuretano rígido 40kg/m ³	2 mm	7 mm	10 mm	17 mm	37 mm
Muro de hormigón de 150 mm con aislante térmico adosado en cara interior					
Poliestireno expandido 15 kg/km ³	20 mm	20 mm	20 mm	30 mm	60 mm
Lana de vidrio 14 kg/m ³	30 mm	30 mm	30 mm	30 mm	60 mm

Estos son los espesores recomendados para los diferentes sistemas constructivos en muros, además de sistemas alternos de construcción, que en muchas partes ya están siendo aplicados, y estos han demostrado que son muy fáciles de construir y muy rápidos.

6) Pisos con losas



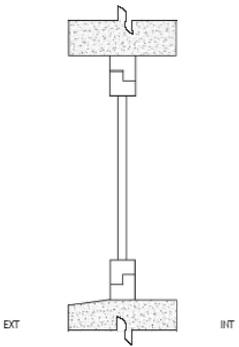
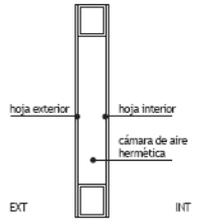
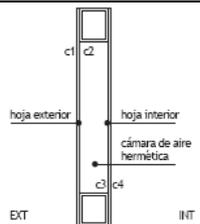
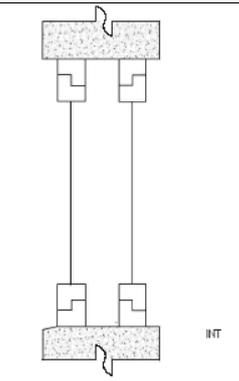
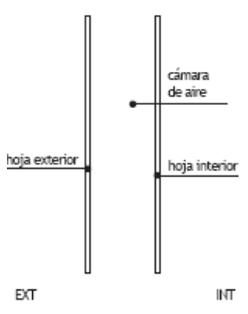


Espesor referencia materiales térmicos en piso					
	Cálido	Semi Calido	Templado	Semi Frío	Frío
R100					
Poliestireno expandido 10 kg/km3	20mm	45 mm	65 mm	105 mm	130 mm
Lana de vidrio 11 kg/m3	30 mm	50 mm	80 mm	100 mm	130 mm
Poliuretano rígido 40kg/m3	6 mm	25 mm	39 mm	62 mm	77 mm
Piso con losa sin aislante térmico					
Sin material aislante	no aplica	no aplica	no aplica	no aplica	no aplica
Piso con losa 120 mm con aislación térmica en cara exterior					
Poliestireno expandido 15 kg/km3	40 mm	55 mm	70 mm	95 mm	120 mm
Piso con losa 120 mm con aislación térmica en cara interior					
Poliestireno expandido 185kg/km3	40 mm	45 mm	70 mm	95 mm	120 mm
Lana de vidrio 18 kg/m3	40 mm	50 mm	80 mm	100 mm	120 mm
Poliuretano rígido 40kg/m3	22 mm	30 mm	45 mm	59 mm	74 mm

7) Ventanas

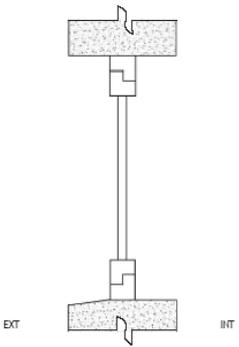
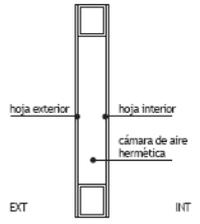
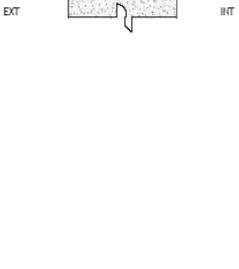
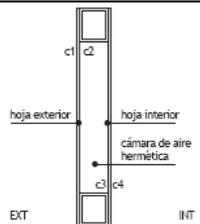
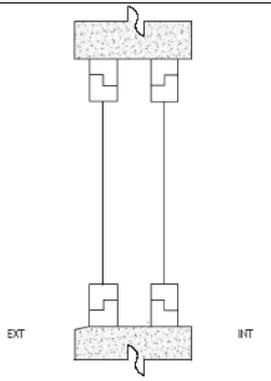
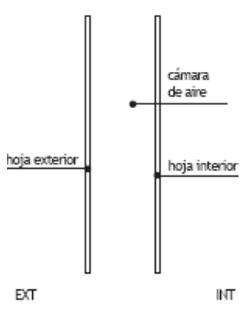
a) Ventana vidriada simple

Ventana vidriada simple	
Espesor (mm)	Valor U (W/m2K)
3	5.8
4	5.8
5	5.8
6	5.7
7	5.7
8	5.7
9	5.6
10	5.6

b) Ventana doble vidriada herméticamente (DVH)																																																																			
		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">Ventana vidriada hermética (DVH)</th> </tr> <tr> <th>Hoja exterior</th> <th>Cámara de aire</th> <th>Hoja interior</th> <th>Espesor total (mm)</th> <th>Valor U (W/m2K)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>3</td><td>10</td><td>3</td><td>16</td><td>3.1</td></tr> <tr><td>5</td><td>10</td><td>5</td><td>20</td><td>3.1</td></tr> <tr><td>6</td><td>10</td><td>6</td><td>22</td><td>3.1</td></tr> <tr><td>3</td><td>12</td><td>3</td><td>18</td><td>2.8</td></tr> <tr><td>4</td><td>12</td><td>4</td><td>20</td><td>2.8</td></tr> <tr><td>5</td><td>12</td><td>5</td><td>22</td><td>2.8</td></tr> <tr><td>6</td><td>12</td><td>6</td><td>24</td><td>2.8</td></tr> <tr><td>3</td><td>12</td><td>3</td><td>18</td><td>1.8</td></tr> <tr><td>4</td><td>12</td><td>4</td><td>20</td><td>1.8</td></tr> <tr><td>5</td><td>12</td><td>5</td><td>22</td><td>1.8</td></tr> <tr><td>6</td><td>12</td><td>6</td><td>24</td><td>1.8</td></tr> </tbody> </table>	Ventana vidriada hermética (DVH)					Hoja exterior	Cámara de aire	Hoja interior	Espesor total (mm)	Valor U (W/m2K)	3	10	3	16	3.1	5	10	5	20	3.1	6	10	6	22	3.1	3	12	3	18	2.8	4	12	4	20	2.8	5	12	5	22	2.8	6	12	6	24	2.8	3	12	3	18	1.8	4	12	4	20	1.8	5	12	5	22	1.8	6	12	6	24	1.8
Ventana vidriada hermética (DVH)																																																																			
Hoja exterior	Cámara de aire	Hoja interior	Espesor total (mm)	Valor U (W/m2K)																																																															
3	10	3	16	3.1																																																															
5	10	5	20	3.1																																																															
6	10	6	22	3.1																																																															
3	12	3	18	2.8																																																															
4	12	4	20	2.8																																																															
5	12	5	22	2.8																																																															
6	12	6	24	2.8																																																															
3	12	3	18	1.8																																																															
4	12	4	20	1.8																																																															
5	12	5	22	1.8																																																															
6	12	6	24	1.8																																																															
																																																																			
c) Doble ventana																																																																			
		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Doble Ventana</th> </tr> <tr> <th>Hoja exterior</th> <th>Cámara de aire</th> <th>Hoja interior</th> <th>Valor U (W/m2K)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>3</td><td>variable</td><td>3</td><td>2.4 a 3.6</td></tr> <tr><td>4</td><td>variable</td><td>5</td><td>2.4 a 3.6</td></tr> <tr><td>5</td><td>variable</td><td>6</td><td>2.4 a 3.6</td></tr> </tbody> </table>	Doble Ventana				Hoja exterior	Cámara de aire	Hoja interior	Valor U (W/m2K)	3	variable	3	2.4 a 3.6	4	variable	5	2.4 a 3.6	5	variable	6	2.4 a 3.6																																													
Doble Ventana																																																																			
Hoja exterior	Cámara de aire	Hoja interior	Valor U (W/m2K)																																																																
3	variable	3	2.4 a 3.6																																																																
4	variable	5	2.4 a 3.6																																																																
5	variable	6	2.4 a 3.6																																																																

4.8 – Instrumentos de Medición.

Se utilizaron diversos instrumentos de medición, entre los que se encuentran los sensores **kooltrak** para la temperatura, los sensores **logbox**, para la medición de temperatura y humedad, así como un termómetro infrarrojo que nos ayudará a verificar la información arrojado por los sensores, además de contar con un radiómetro **kipp@zones cm3**, para la medición de la radiación.

b) Ventana doble vidriada herméticamente (DVH)																																																																			
		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">Ventana vidriada hermética (DVH)</th> </tr> <tr> <th>Hoja exterior</th> <th>Cámara de aire</th> <th>Hoja interior</th> <th>Espesor total (mm)</th> <th>Valor U (W/m2K)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>3</td><td>10</td><td>3</td><td>16</td><td>3.1</td></tr> <tr><td>5</td><td>10</td><td>5</td><td>20</td><td>3.1</td></tr> <tr><td>6</td><td>10</td><td>6</td><td>22</td><td>3.1</td></tr> <tr><td>3</td><td>12</td><td>3</td><td>18</td><td>2.8</td></tr> <tr><td>4</td><td>12</td><td>4</td><td>20</td><td>2.8</td></tr> <tr><td>5</td><td>12</td><td>5</td><td>22</td><td>2.8</td></tr> <tr><td>6</td><td>12</td><td>6</td><td>24</td><td>2.8</td></tr> <tr><td>3</td><td>12</td><td>3</td><td>18</td><td>1.8</td></tr> <tr><td>4</td><td>12</td><td>4</td><td>20</td><td>1.8</td></tr> <tr><td>5</td><td>12</td><td>5</td><td>22</td><td>1.8</td></tr> <tr><td>6</td><td>12</td><td>6</td><td>24</td><td>1.8</td></tr> </tbody> </table>	Ventana vidriada hermética (DVH)					Hoja exterior	Cámara de aire	Hoja interior	Espesor total (mm)	Valor U (W/m2K)	3	10	3	16	3.1	5	10	5	20	3.1	6	10	6	22	3.1	3	12	3	18	2.8	4	12	4	20	2.8	5	12	5	22	2.8	6	12	6	24	2.8	3	12	3	18	1.8	4	12	4	20	1.8	5	12	5	22	1.8	6	12	6	24	1.8
Ventana vidriada hermética (DVH)																																																																			
Hoja exterior	Cámara de aire	Hoja interior	Espesor total (mm)	Valor U (W/m2K)																																																															
3	10	3	16	3.1																																																															
5	10	5	20	3.1																																																															
6	10	6	22	3.1																																																															
3	12	3	18	2.8																																																															
4	12	4	20	2.8																																																															
5	12	5	22	2.8																																																															
6	12	6	24	2.8																																																															
3	12	3	18	1.8																																																															
4	12	4	20	1.8																																																															
5	12	5	22	1.8																																																															
6	12	6	24	1.8																																																															
																																																																			
c) Doble ventana																																																																			
		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Doble Ventana</th> </tr> <tr> <th>Hoja exterior</th> <th>Cámara de aire</th> <th>Hoja interior</th> <th>Valor U (W/m2K)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>3</td><td>variable</td><td>3</td><td>2.4 a 3.6</td></tr> <tr><td>4</td><td>variable</td><td>5</td><td>2.4 a 3.6</td></tr> <tr><td>5</td><td>variable</td><td>6</td><td>2.4 a 3.6</td></tr> </tbody> </table>	Doble Ventana				Hoja exterior	Cámara de aire	Hoja interior	Valor U (W/m2K)	3	variable	3	2.4 a 3.6	4	variable	5	2.4 a 3.6	5	variable	6	2.4 a 3.6																																													
Doble Ventana																																																																			
Hoja exterior	Cámara de aire	Hoja interior	Valor U (W/m2K)																																																																
3	variable	3	2.4 a 3.6																																																																
4	variable	5	2.4 a 3.6																																																																
5	variable	6	2.4 a 3.6																																																																
																																																																			

4.8 – Instrumentos de Medición.

Se utilizaron diversos instrumentos de medición, entre los que se encuentran los sensores **kooltrak** para la temperatura, los sensores **logbox**, para la medición de temperatura y humedad, así como un termómetro infrarrojo que nos ayudará a verificar la información arrojado por los sensores, además de contar con un radiómetro **kipp@zones cm3**, para la medición de la radiación.

Para la medición de la temperatura el instrumento seleccionado para registrar las mediciones de temperatura fue el data Logger, manufacturado por la compañía Alemana Kooltrak, conocido comercialmente como: Standard Temperature Logger Unmounted.

Para la medición de la temperatura el instrumento seleccionado para registrar las mediciones de temperatura fue el data Logger, manufacturado por la compañía Alemana Kooltrak, conocido comercialmente como: Standard Temperature Logger Unmounted.

Características		
Dimensión del equipo	17 x 6 mm	
Precisión de monitoreo	$\pm 1^{\circ}\text{C}$	
Rango de temperatura	$\pm 20^{\circ}\text{C}$ +85 $^{\circ}\text{C}$	
Intervalo de programación	1 a 255 minutos	

Los sensores cuentan con dos caras, una de ellas es una superficie plana y la otra es una superficie troquelada con el logo de la compañía manufacturera. El data Logger se encuentra ubicado en el interior de una cubierta de acero inoxidable que lo protege del exterior e interactúa con el medio ambiental o superficie para registrar la temperatura. Los data Logger registran datos y los transfieren a una base de datos por la cara troquelada, este tipo de sensores, son instrumentos electrónicos, registradores de datos durante un cierto periodo de tiempo, sin embargo requieren de algunos accesorios para poder programarse y obtener los datos registrados.

Sistema de medición de temperatura (Kooltrak)	Cable de Comunicación
	

El termómetro infrarrojo y la pinza amperiétrica utilizados.



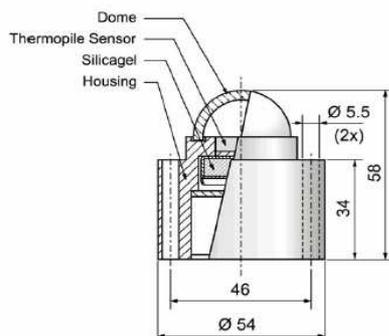
La pinza amperiétrica, se utilizo para medir temperatura, ya que la pinza es mas utilizada para medir la corriente circulante por un conductor



Para la medición de la radiación se utilizo el **kipp@zones cm3**, el cual es un pirómetro diseñado para medir la intensidad de radiación solar que incide en una superficie plana.

El sensor ha sido diseñado de tal manera que obtiene la intensidad de la incidencia de la radiación. El sensor CM3 tiene 64 thermopairs sobreimpresa radial sobre una fina capa de superficie. Colocado bajo la cúpula hecha de vidrio de 4 milímetros - tipo K5 Schott.

Un pirómetro, también llamado pirómetro óptico, es un dispositivo capaz de medir la temperatura de una sustancia sin necesidad de estar en contacto con ella. El término se suele aplicar a aquellos instrumentos capaces de medir temperaturas superiores a los 600 grados celsius. El rango de temperatura de un pirómetro se encuentra entre -50 grados celsius hasta +4000 grados celsius.

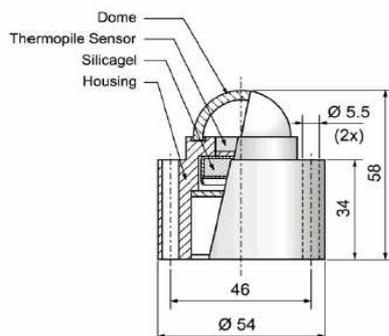


4.9 - Colocación de los sensores en la vivienda.

Los sensores se colocaron de manera estratégica con el fin de poder medir la temperatura en cada uno de los espacios de la casa, mediante la colocación de los sensores en la losa y así mismo en las paredes a dos alturas, estos sensores se colocaron por el interior y el exterior.

Las alturas seleccionadas para la colocación de los sensores son dos 1.70, representando la altura promedio de un adulto y 1.20 representando la altura de un niño, con el fin de determinar a esas alturas, la temperatura que se recibe, ya que sabemos que el calor tiende a ser mayor en las partes altas.

●	Sensores en paredes a dos alturas tanto en exterior como en interior.
▲	Sensores en losa tanto en interior como en exterior.
★	Sensor en junta de techo a dos alturas tanto interior como exterior.

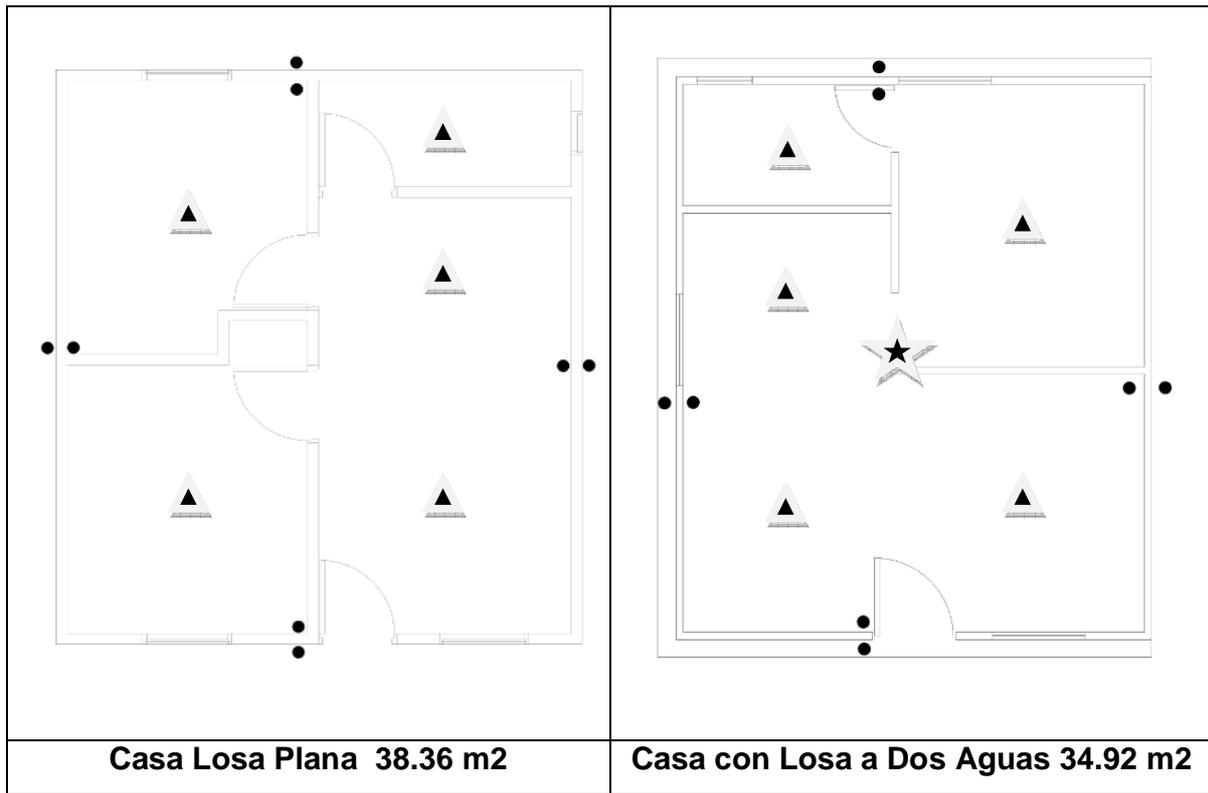


4.9 - Colocación de los sensores en la vivienda.

Los sensores se colocaron de manera estratégica con el fin de poder medir la temperatura en cada uno de los espacios de la casa, mediante la colocación de los sensores en la losa y así mismo en las paredes a dos alturas, estos sensores se colocaron por el interior y el exterior.

Las alturas seleccionadas para la colocación de los sensores son dos 1.70, representando la altura promedio de un adulto y 1.20 representando la altura de un niño, con el fin de determinar a esas alturas, la temperatura que se recibe, ya que sabemos que el calor tiende a ser mayor en las partes altas.

	Sensores en paredes a dos alturas tanto en exterior como en interior.
	Sensores en losa tanto en interior como en exterior.
	Sensor en junta de techo a dos aguas tanto interior como exterior.



Capítulo 5

EVALUACIÓN EXPERIMENTAL

Capítulo 5 – Evaluación Experimental

5.1 – Introducción.

En este capítulo, se muestra la evaluación experimental de la tesis en donde se pone a prueba y en práctica, lo que se menciona en el diseño del experimento. El objetivo primordial de esta evaluación es encontrar y dar soluciones a las hipótesis inicialmente estipuladas, así como medir el grado de afectación del confort en los prototipos, para posteriormente escalar los valores y aplicarlos a una vivienda escala 1:1, para así poder ver cómo se comportaría una vivienda con la implementación de materiales térmicos, en un ambiente real.

5.2 – Desarrollo de la Evaluación Experimental.

La primera parte de la evaluación experimental fue la construcción de 6 prototipos a escala 1:5, en donde se realizaron 3 prototipos de la casa de Mexicali con losas planas y 3 prototipos de la tecnovivienda con losas a dos aguas, el objetivo de seleccionar una vivienda con losa a dos aguas y una losa plana es para comprobar que la geometría ayuda a mantener la casa lo mas confortable posible.

Los prototipos de la tecnovivienda se colaron monólicamente, en primera instancia se construyó un molde o cimbra de madera, de acuerdo a la geometría de la misma y posteriormente se coló con un mortero arena-cemento 2:1, la cual se descimbró a las 3 semanas de secado, para así poder colocar la losa a dos aguas colado por separado.





Imagen 38 - Prototipo de la casa con losa a dos aguas

En cambio los prototipos de la casa de Mexicali se colaron en partes, representando cada una de las caras de la misma. Se generaron moldes de madera con la geometría de las distintas caras de la vivienda y se colaron con un mortero arena-cemento 2:1, los cuales se dejaron secar por 3 semanas y posteriormente se unieron las partes al igual con un mortero 2:1.



Imagen 40 - Prototipos de la casa con losa plana

Al contar con los prototipos se inició la construcción de partes de un domo de fibra de vidrio, dejando un diámetro de 7 mts. El domo ayudó a soportar las fuentes de calor que simularan el SOLSTICIO de verano, que se presenta el 21 de junio, en donde se da la mayor longitud del día y la altura máxima del sol. El domo nos ayudará a representar el recorrido del sol este día y por lo tanto los ángulos en los que el sol incide en la tierra.

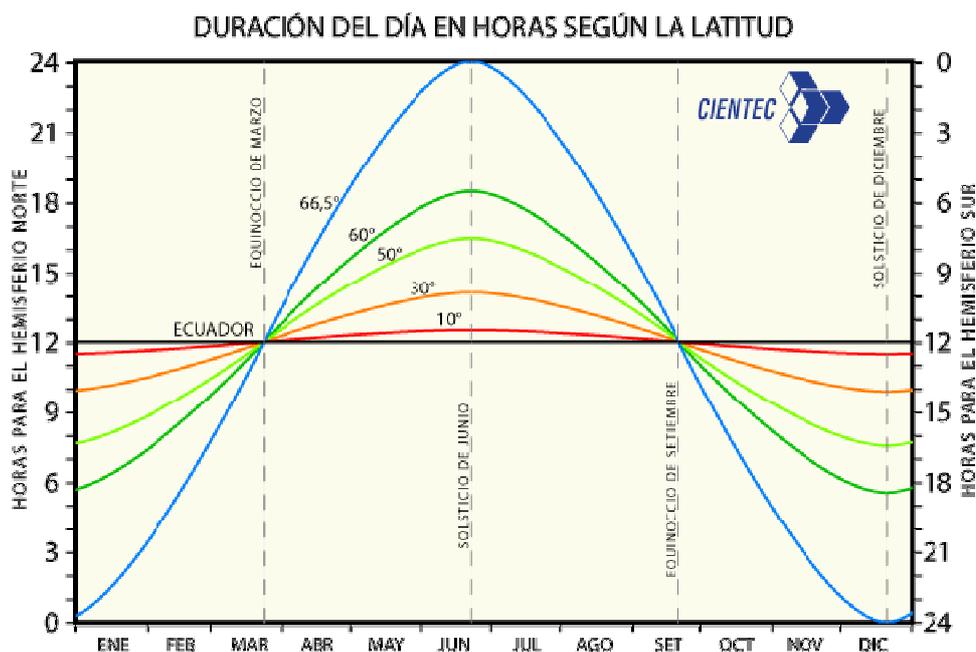
Para poder simular el recorrido del sol, radiación y temperatura del mismo se hicieron mediciones y pruebas con distintas fuentes de luz, con el fin de conseguir la radiación más alta que se ha presentado en el 2008 y temperaturas mayores.

La geometría del domo es muy apta para simular los ángulos del recorrido solar, así como para mantener el calor en el interior del domo y dejar que pasen los vientos.



Imagen 41 – Domo de fibra de vidrio

Lo que se plantea simular es el recorrido solar en el solsticio de verano, en donde el recorrido solar del 21 de junio se caracteriza porque al mediodía (12:00 hora solar), cuando el sol se halla sobre el Sur, se forma el Cenit, un ángulo igual a $23,5^\circ$, en donde el recorrido solar diurno es un arco de círculo paralelo al recorrido equinoccial, que al estar más levantado sobre el horizonte provoca que el día dure más de 12 horas, aunque la duración del día depende de la latitud.



Cuanto mayor sea la latitud norte o sur en la que estemos sobre la superficie de la Tierra, mayor será la diferencia entre la duración del día y de la noche a lo largo del año.

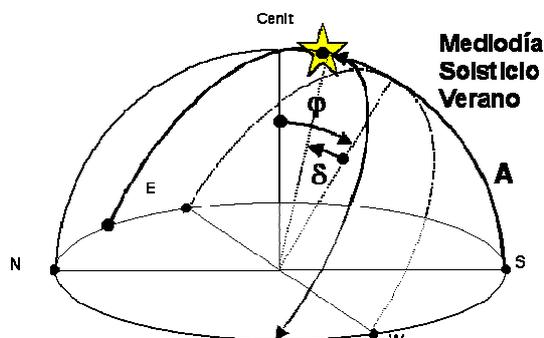


Imagen 44 – Representación del solsticio de verano

Entonces podemos concluir que si Monterrey se encuentra en una latitud de $25^{\circ}67''$, el día en el solsticio de verano dura alrededor de 13 o 14 horas. En donde el sol recorre 360° en 24 horas, donde cada hora corresponde un ángulo horario $w=15^{\circ}$.

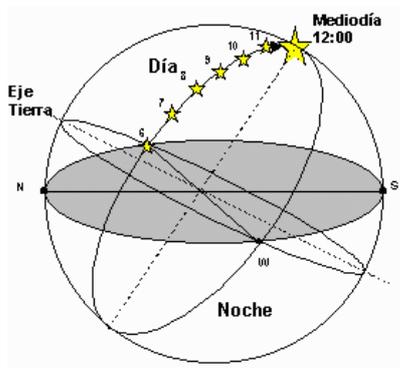


Imagen 45 – Inclinación de los rayos del sol

Por lo tanto para fines del estudio se montó un riel en el domo generando el mismo ángulo del domo, sobre dicho riel se montaron 6 focos, 3 de 500W y 3 industriales de 350W, para generar una temperatura de alrededor de 50°C y una radiación de $1200\text{W}/\text{m}^2$, en donde se representará cada hora el recorrido solar en el solsticio de verano, con el fin de simular cómo se calienta la losa de una casa en el transcurso del día. Así podremos simular el recorrido solar y por medio de los sensores, ver cómo se comportan las viviendas con losas planas, o a dos aguas, con y sin materiales térmicos.



Representación 5:00 am



Representación 7:00 am



Representación 10:00 am



Representación 12:00 pm



Representación 13:00 pm



Representación 15:00 pm



Representación 17:00 pm



Representación 19:00 pm

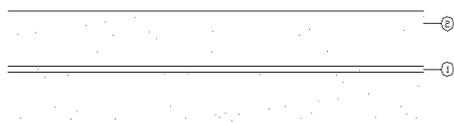
Imagen 46 – Representación del sol con el domo

Estas son fotos representativas de la trayectoria de los focos, simulando el recorrido solar en la orientación norte sur de las viviendas. La vivienda que se encuentra al centro es la que se midió inicialmente, posteriormente se fue haciendo el mismo recorrido solar en las distintas viviendas y con los distintos materiales.

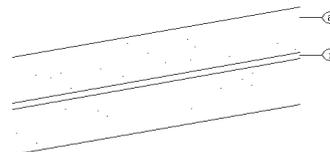
Al contar ya con la estructura y las viviendas construidas, se colocaron los sensores conforme ya se menciona en el capítulo 5 del diseño del experimento y se empezaron a calibrar los aparatos de medición para iniciar las primeras pruebas en las losas.

En el capítulo 7, se muestran e interpretan las distintas mediciones a las que se sometieron las losas de los prototipos de las viviendas.

Los prototipos de las losas investigadas son monolíticas de mortero cemento arena 1:2, con una malla de acero como refuerzo, obteniendo una equivalencia de la losa real de 20 cm en la vivienda de losa plana y de 7 cm en la vivienda con losa a dos aguas, con una losa equivalente de mortero de 2.4 cm y 2.2 cm respectivamente.



Losa plana



Losa a dos aguas

1	Malla de acero de refuerzo
2	Mortero cemento arena 1:2

Imagen 47 – Tipos de losas a estudiar

Al ya tener la estructura del domo montada, y las casas terminadas, con sus sensores colocados, se inicio la simulación de 1 día, midiendo 1 sistema por día, iniciando así la recolección de datos en los sensores, para poder ser analizados y evaluados, estos datos, transportados a las temperaturas obtenidas en el 2008 ayudaron a calcular, la carga térmica diaria que reciben las viviendas.

Capítulo 6

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Capítulo 6 – Discusión de Resultados.

6.1 – Introducción.

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos por los sensores Loggers, de acuerdo al planteamiento de la simulación antes mencionado, con el fin de poder determinar cuál de los sistemas y/o características evaluadas es la que mejor se comporta térmicamente.

Debemos considerar que para cualquier sistema que se implemente, existen ventajas y desventajas, tanto en la instalación, características, durabilidad y condiciones del material.

Una constante encontrada en el análisis de las graficas es que existe una intersección en los datos graficados, ya que la temperatura exterior y la interior de la vivienda presentan la misma temperatura alrededor de las 8:00 a.m. y de las 5:00 p.m.

Se puede analizar que antes de las 8:00 a.m. y después de las 5:00 p.m. la temperatura en el interior de la vivienda es más alta que la del exterior, esto se debe fundamentalmente a la diferencia de temperatura existente entre el interior de la losa y el espacio interior de la vivienda, existiendo una transmisión de calor por medio de radiación y convección.

También se puede ver que al implementar materiales térmicos las temperaturas exteriores se mantienen elevadas, pero las interiores se presentan más lineales y bajas que en las viviendas que no tienen materiales térmicos.

Otro dato significativo en las evaluaciones es que los acabados claros rechazan más la radiación solar, lo que ayuda a que la acumulación de calor en las losas no sea tan elevada como en los acabados oscuros, que atraen más la radiación y retienen el calor.

Otro punto importante que se noto durante la evaluación experimental es que la fachada sur presento las temperaturas mas elevadas, esto se debe a que en esa fachada se tenia la barrera generada por el domo lo que hacia que las temperaturas se mantuvieran mas elevadas, el efecto que causo el domo es el mismo que se presenta en la actualidad, con las construcciones vecinas, ya que estas pueden generar sombra, a alguna fachada, o pueden hacer que la fachada vecina guarde

mas calor, debido a este efecto se registro una diferencia de 5° C, entre fachada posterior y fachada principal.

Este efecto también se ve reflejado en la losa de la vivienda, pero en menor proporción que en las fachadas. Concluyendo que las temperaturas en la losa mas próximas a la fachado posterior (sur), son en las que presentan los valores mas altos, pero a medida que nos acercamos a la fachada principal (norte), los valores van disminuyendo.

En cuanto a la temperatura en el interior de la vivienda, el espacio que presenta los valores más elevados, es el baño, esto se debe a que a que su geometría es cerrada y que no cuenta con mucha ventilación, sin dejar de lado que se encuentra ubicado al sur, en donde encontramos las temperaturas mas altas registradas.

En cuanto a la evolución de los materiales térmicos podemos ver muy claramente que la espuma de poliestireno es la que nos presenta las temperaturas más constantes y próximas al grado de confort (23° C), en contra la implementación de un impermeabilizante asfáltico (con tono oscuro aparente) nos muestra valores sumamente elevados, generando más ganancia de calor al interior de la vivienda y por consiguiente más gasto a sus habitantes al intentar enfriarla.

En esta evaluación solo se contemplo el implementar materiales térmicos en las losas, ya que es aquí donde se presenta la ganancia de calor mas elevada, pero también se pueden implementar materiales térmicos en las fachadas de la vivienda, con el fin de elevar el grado de confort ya obtenido.

Otro comportamiento que se mantiene a lo largo de las mediciones, sin importar el material térmico, es que la variación ente exterior e interior es de alrededor de 4°C, así mismo cuando el interior es mas caliente que el exterior, así como existe una variación de aproximadamente 1°C, entre el los sensores colocados en las fachadas a la altura de 1:20 y 1:50. Esto se debe a que el aire caliente tiende a subir.

6.2 - Sistemas y/o características evaluadas

6.2.1 – Losa plana y a dos aguas testigo, es decir con puro mortero arena cemento 2:1.

La primera parte de las mediciones se hizo con las losas de mortero, sin ningún recubrimiento, es decir se analizaron las losas con el concreto aparente en color gris. Se midió la losa plana y las losas inclinadas por un lapso de 13 horas en donde cada hora se represento con un movimiento de las fuentes de calor de 15° en el domo. Posteriormente a las 13 horas de pruebas se recolectaron los datos de los sensores y se obtuvieron los siguientes datos.

Dentro de este primer análisis en estado transitorio de la losa y muros, se encontraron los siguientes datos significativos, en el día de más sol en verano, en la ciudad de Monterrey, según las características de la simulación planteada.

a) La temperatura máxima exterior registrada en la losa plana, fue de 41.5°C , a las 4:00 p.m. en el sensor colocado sobre la losa del baño y en la fachada posterior a las 3:00 p.m, a la altura de 1:70 m.

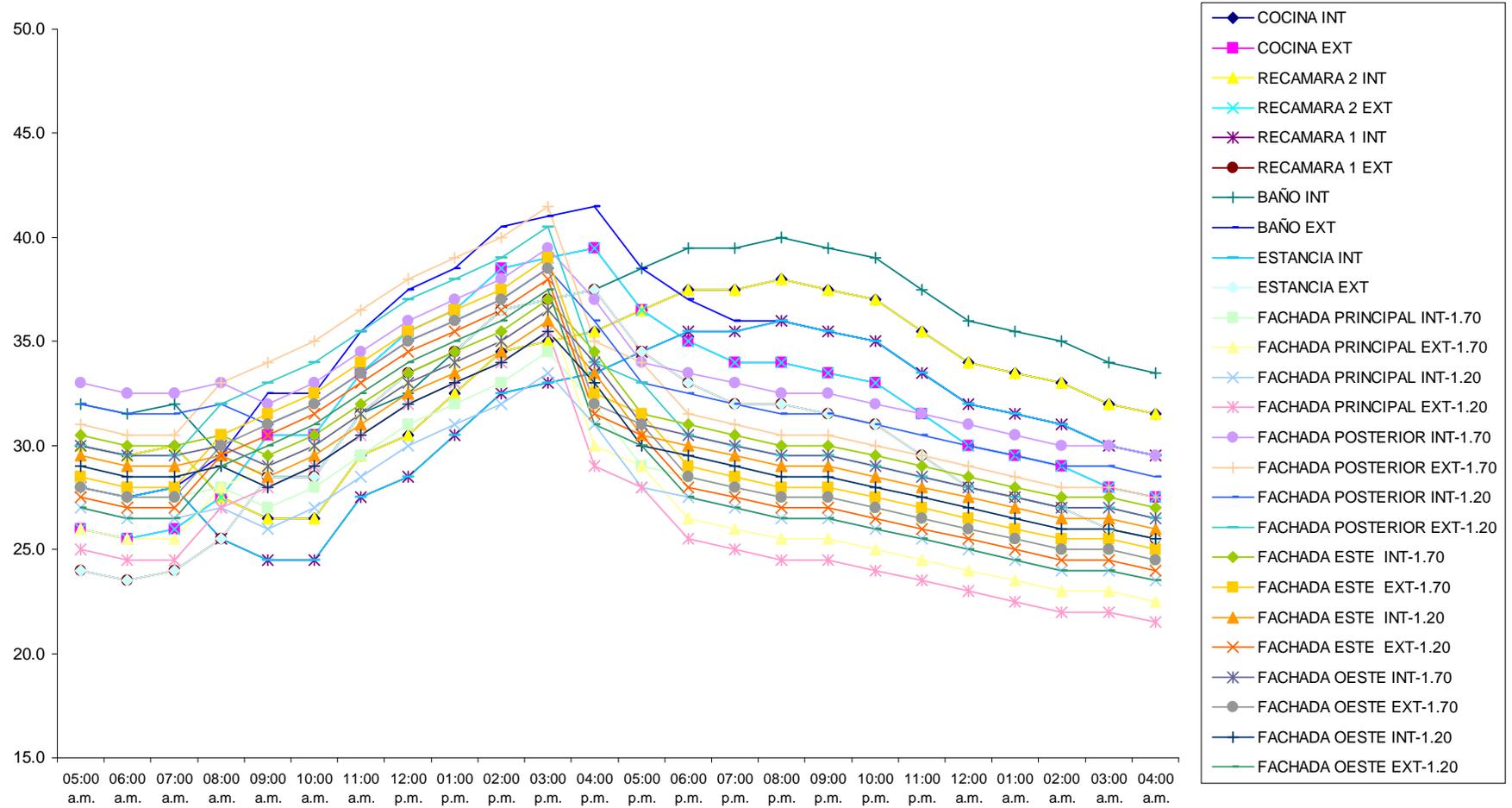
b) En cuanto a la máxima temperatura exterior registrada en la losa a dos aguas, fue de 39.5°C en el baño a las 4:00 p.m y en la fachada posterior a las 3:00 p.m.

c) La temperatura ambiente exterior e interior de la casa muestra dos intersecciones significativas, la primera a las 8:00 a.m. y la segunda a las 5:00 p.m, después de la cual la temperatura ambiente en el interior de la casa siempre permanece a mayor temperatura que la exterior (4°C), debido fundamentalmente a la diferencia de temperatura existente entre el interior de la losa y el espacio interior de la casa. **La transmisión de calor en este caso se realiza por radiación y convección.**

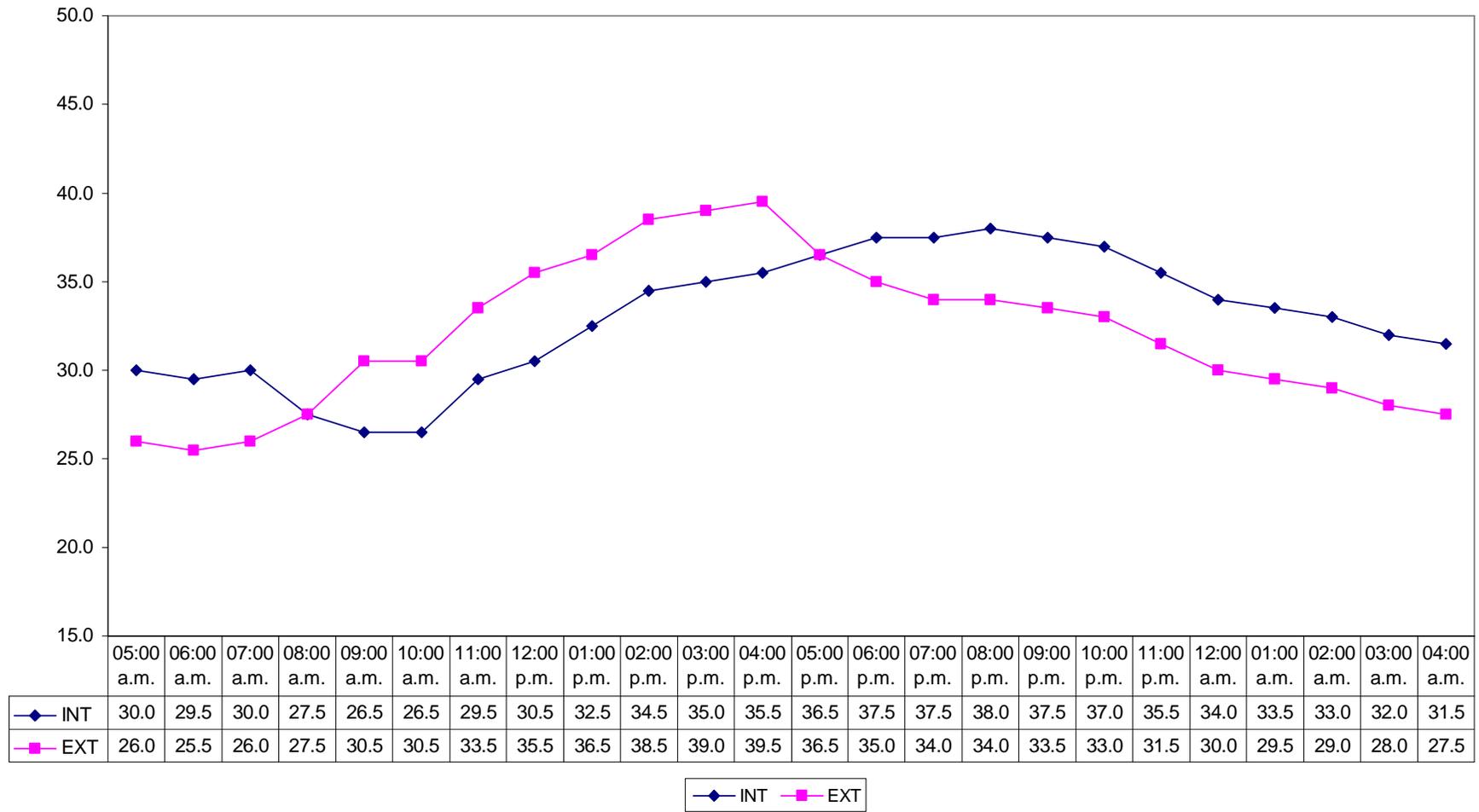
d) La variación de la temperatura ambiente interior de la casa, tiende a caer más lentamente que la ambiente exterior, por la razón antes mencionada. Es por esta razón que la temperatura ambiente en el interior de una vivienda se siente más caliente entre la 1 y 6 de la tarde que el medio ambiente, aunque ya la intensidad solar haya caído sensiblemente.

HORAS	CASA CON LOSA PLANA										ORIENTACION NORTE - SUR								LOSA TESTIGO							
	COCINA		RECAMARA 2		RECAMARA 1		BAÑO		ESTANCIA		FACHADA PRINCIPAL				FACHADA POSTERIOR				FACHADA ESTE				FACHADA OESTE			
	INT	EXT	INT	EXT	INT	EXT	INT	EXT	INT	EXT	INT-1.70	EXT-1.70	INT-1.20	EXT-1.20	INT-1.70	EXT-1.70	INT-1.20	EXT-1.20	INT-1.70	EXT-1.70	INT-1.20	EXT-1.20	INT-1.70	EXT-1.70	INT-1.20	EXT-1.20
05:00 a.m.	30.0	26.0	30.0	26.0	28.0	24.0	32.0	28.0	28.0	24.0	28.0	26.0	27.0	25.0	33.0	31.0	32.0	30.0	30.5	28.5	29.5	27.5	30.0	28.0	29.0	27.0
06:00 a.m.	29.5	25.5	29.5	25.5	27.5	23.5	31.5	27.5	27.5	23.5	27.5	25.5	26.5	24.5	32.5	30.5	31.5	29.5	30.0	28.0	29.0	27.0	29.5	27.5	28.5	26.5
07:00 a.m.	30.0	26.0	30.0	26.0	28.0	24.0	32.0	28.0	28.0	24.0	27.5	25.5	26.5	24.5	32.5	30.5	31.5	29.5	30.0	28.0	29.0	27.0	29.5	27.5	28.5	26.5
08:00 a.m.	27.5	27.5	27.5	27.5	25.5	25.5	29.5	29.5	25.5	25.5	28.0	28.0	27.0	27.0	33.0	33.0	32.0	32.0	30.5	30.5	29.5	29.5	30.0	30.0	29.0	29.0
09:00 a.m.	26.5	30.5	26.5	30.5	24.5	28.5	28.5	32.5	24.5	28.5	27.0	29.0	26.0	28.0	32.0	34.0	31.0	33.0	29.5	31.5	28.5	30.5	29.0	31.0	28.0	30.0
10:00 a.m.	26.5	30.5	26.5	30.5	24.5	28.5	28.5	32.5	24.5	28.5	28.0	30.0	27.0	29.0	33.0	35.0	32.0	34.0	30.5	32.5	29.5	31.5	30.0	32.0	29.0	31.0
11:00 a.m.	29.5	33.5	29.5	33.5	27.5	31.5	31.5	35.5	27.5	31.5	29.5	31.5	28.5	30.5	34.5	36.5	33.5	35.5	32.0	34.0	31.0	33.0	31.5	33.5	30.5	32.5
12:00 p.m.	30.5	35.5	30.5	35.5	28.5	33.5	32.5	37.5	28.5	33.5	31.0	33.0	30.0	32.0	36.0	38.0	35.0	37.0	33.5	35.5	32.5	34.5	33.0	35.0	32.0	34.0
01:00 p.m.	32.5	36.5	32.5	36.5	30.5	34.5	34.5	38.5	30.5	34.5	32.0	34.0	31.0	33.0	37.0	39.0	36.0	38.0	34.5	36.5	33.5	35.5	34.0	36.0	33.0	35.0
02:00 p.m.	34.5	38.5	34.5	38.5	32.5	36.5	36.5	40.5	32.5	36.5	33.0	35.0	32.0	34.0	38.0	40.0	37.0	39.0	35.5	37.5	34.5	36.5	35.0	37.0	34.0	36.0
03:00 p.m.	35.0	39.0	35.0	39.0	33.0	37.0	37.0	41.0	33.0	37.0	34.5	36.5	33.5	35.5	39.5	41.5	38.5	40.5	37.0	39.0	36.0	38.0	36.5	38.5	35.5	37.5
04:00 p.m.	35.5	39.5	35.5	39.5	33.5	37.5	37.5	41.5	33.5	37.5	32.0	30.0	31.0	29.0	37.0	35.0	36.0	34.0	34.5	32.5	33.5	31.5	34.0	32.0	33.0	31.0
05:00 p.m.	36.5	36.5	36.5	36.5	34.5	34.5	38.5	38.5	34.5	34.5	29.0	29.0	28.0	28.0	34.0	34.0	33.0	33.0	31.5	31.5	30.5	30.5	31.0	31.0	30.0	30.0
06:00 p.m.	37.5	35.0	37.5	35.0	35.5	33.0	39.5	37.0	35.5	33.0	28.5	26.5	27.5	25.5	33.5	31.5	32.5	30.5	31.0	29.0	30.0	28.0	30.5	28.5	29.5	27.5
07:00 p.m.	37.5	34.0	37.5	34.0	35.5	32.0	39.5	36.0	35.5	32.0	28.0	26.0	27.0	25.0	33.0	31.0	32.0	30.0	30.5	28.5	29.5	27.5	30.0	28.0	29.0	27.0
08:00 p.m.	38.0	34.0	38.0	34.0	36.0	32.0	40.0	36.0	36.0	32.0	27.5	25.5	26.5	24.5	32.5	30.5	31.5	29.5	30.0	28.0	29.0	27.0	29.5	27.5	28.5	26.5
09:00 p.m.	37.5	33.5	37.5	33.5	35.5	31.5	39.5	35.5	35.5	31.5	27.5	25.5	26.5	24.5	32.5	30.5	31.5	29.5	30.0	28.0	29.0	27.0	29.5	27.5	28.5	26.5
10:00 p.m.	37.0	33.0	37.0	33.0	35.0	31.0	39.0	35.0	35.0	31.0	27.0	25.0	26.0	24.0	32.0	30.0	31.0	29.0	29.5	27.5	28.5	26.5	29.0	27.0	28.0	26.0
11:00 p.m.	35.5	31.5	35.5	31.5	33.5	29.5	37.5	33.5	33.5	29.5	26.5	24.5	25.5	23.5	31.5	29.5	30.5	28.5	29.0	27.0	28.0	26.0	28.5	26.5	27.5	25.5
12:00 a.m.	34.0	30.0	34.0	30.0	32.0	28.0	36.0	32.0	32.0	28.0	26.0	24.0	25.0	23.0	31.0	29.0	30.0	28.0	28.5	26.5	27.5	25.5	28.0	26.0	27.0	25.0
01:00 a.m.	33.5	29.5	33.5	29.5	31.5	27.5	35.5	31.5	31.5	27.5	25.5	23.5	24.5	22.5	30.5	28.5	29.5	27.5	28.0	26.0	27.0	25.0	27.5	25.5	26.5	24.5
02:00 a.m.	33.0	29.0	33.0	29.0	31.0	27.0	35.0	31.0	31.0	27.0	25.0	23.0	24.0	22.0	30.0	28.0	29.0	27.0	27.5	25.5	26.5	24.5	27.0	25.0	26.0	24.0
03:00 a.m.	32.0	28.0	32.0	28.0	30.0	26.0	34.0	30.0	30.0	26.0	25.0	23.0	24.0	22.0	30.0	28.0	29.0	27.0	27.5	25.5	26.5	24.5	27.0	25.0	26.0	24.0
04:00 a.m.	31.5	27.5	31.5	27.5	29.5	25.5	33.5	29.5	29.5	25.5	24.5	22.5	23.5	21.5	29.5	27.5	28.5	26.5	27.0	25.0	26.0	24.0	26.5	24.5	25.5	23.5

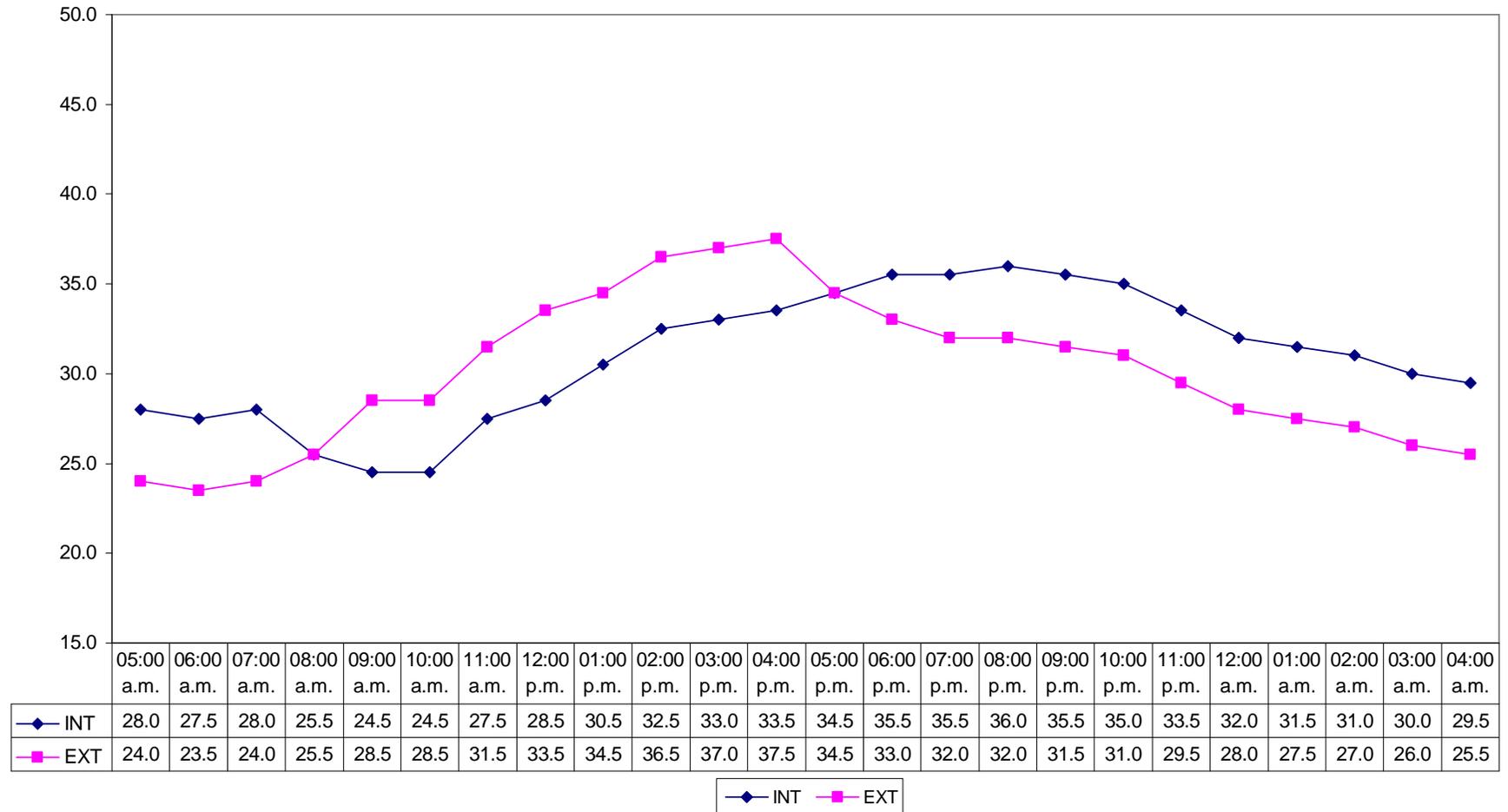
GRAFICA GENERAL - CASA LOSA PLANA - LOSA TESTIGO



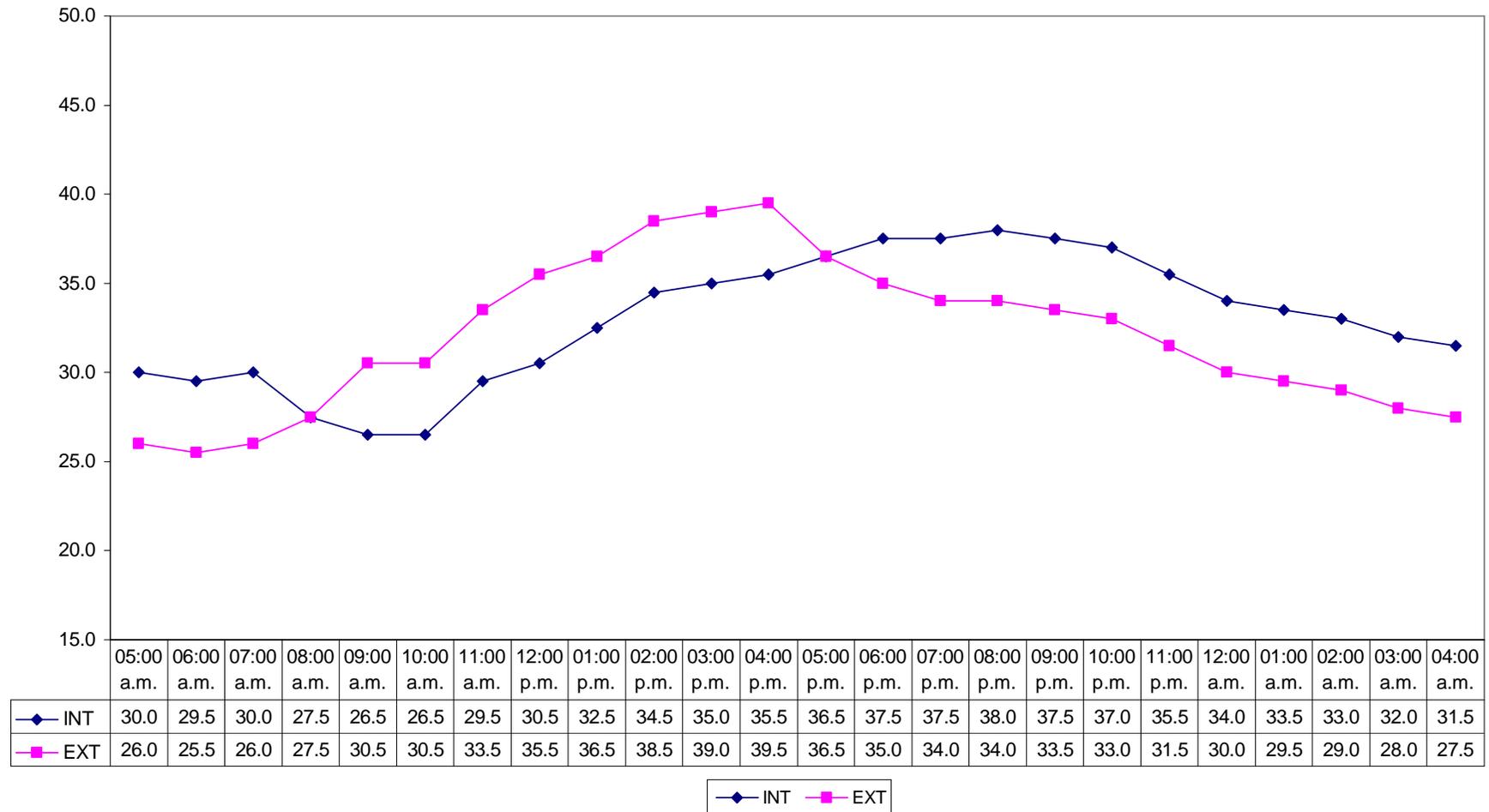
COCINA - CASA LOSA PLANA - LOSA TESTIGO



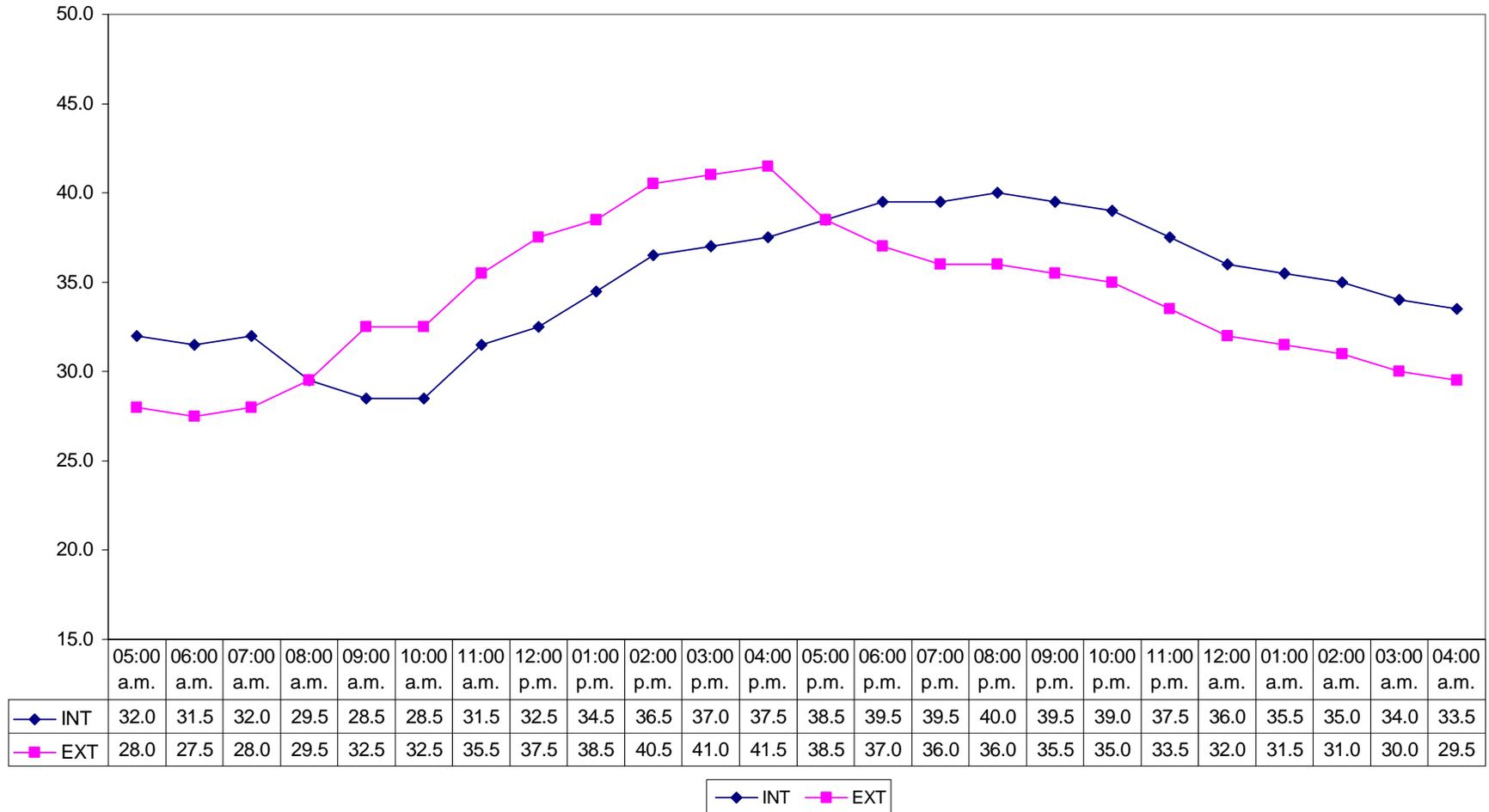
RECAMARA 1 - CASA LOSA PLANA - LOSA TESTIGO



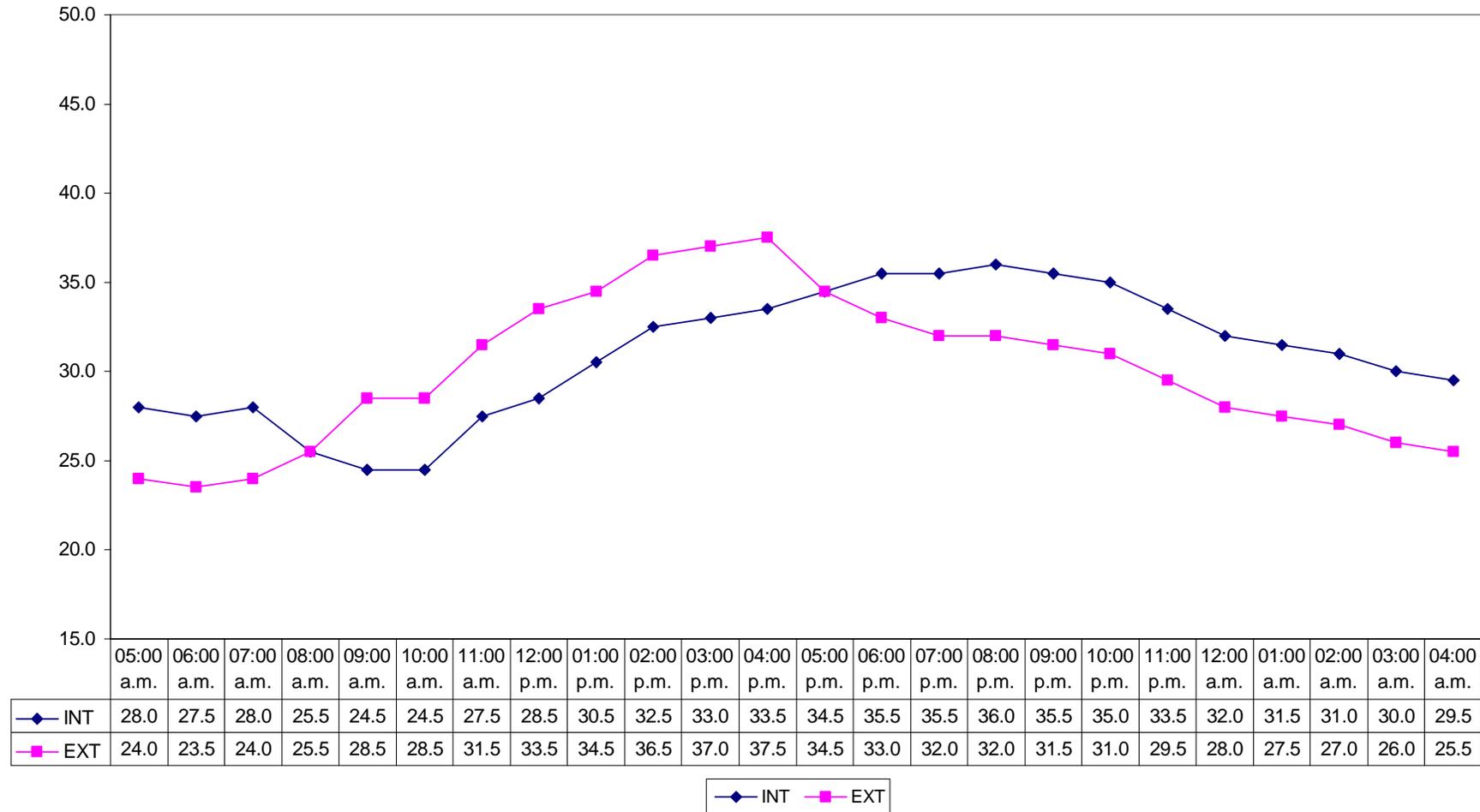
RECAMARA 2 - CASA LOSA PLANA - LOSA TESTIGO



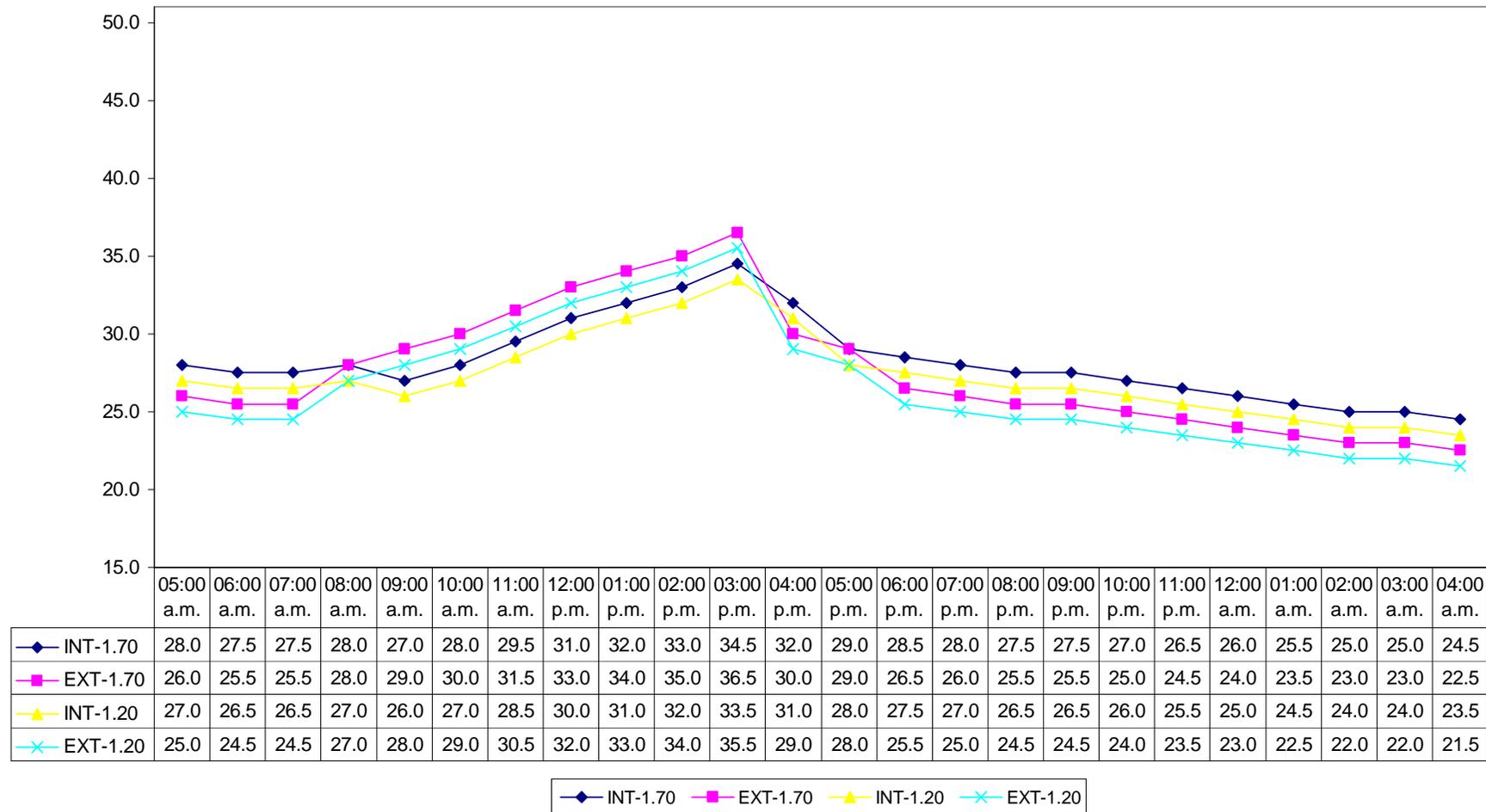
BAÑO - CASA LOSA PLANA - LOSA TESTIGO



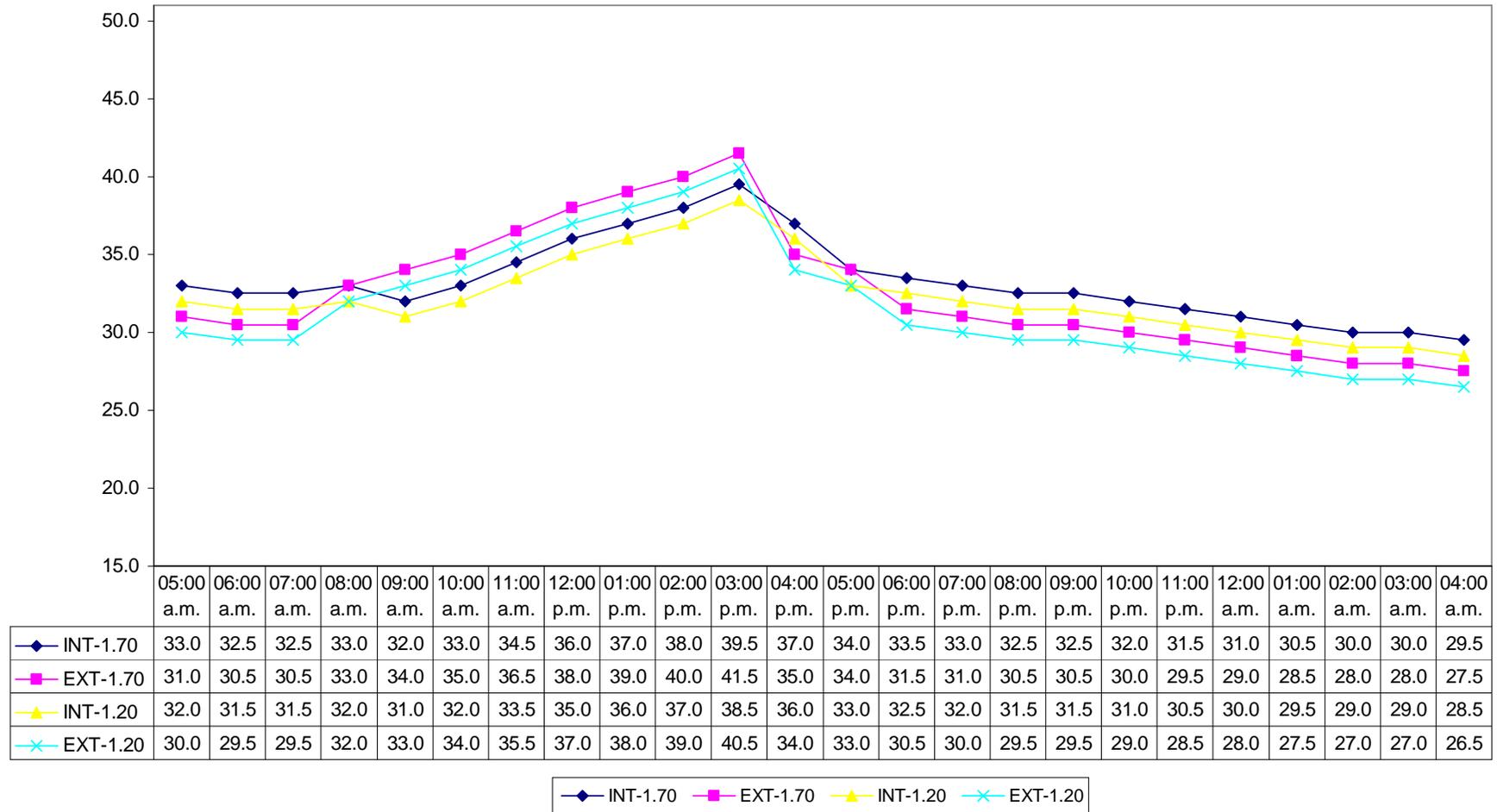
ESTANCIA - CASA LOSA PLANA - LOSA TESTIGO



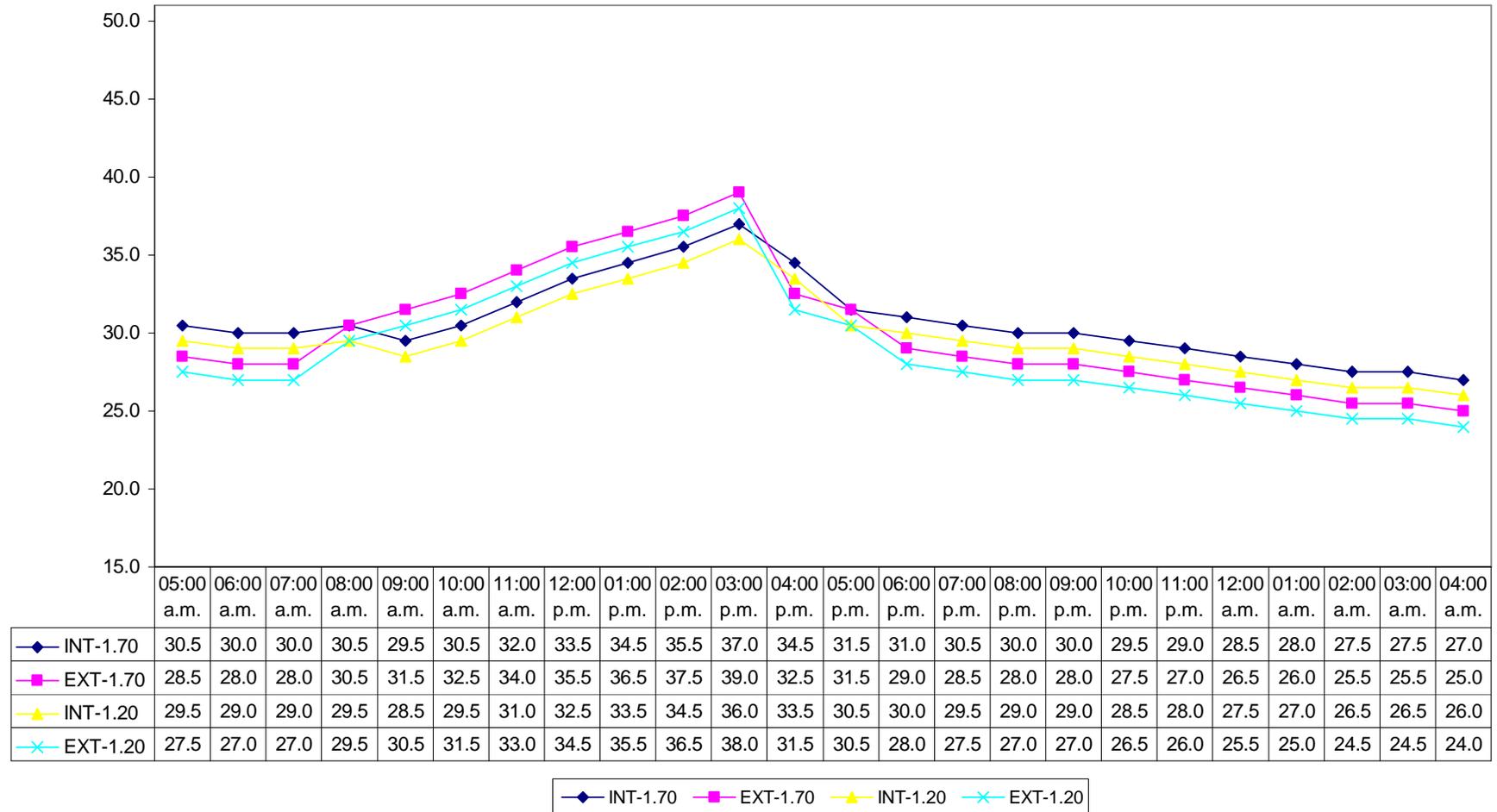
FACHADA PRINCIPAL - CASA LOSA PLANA - LOZA TESTIGO



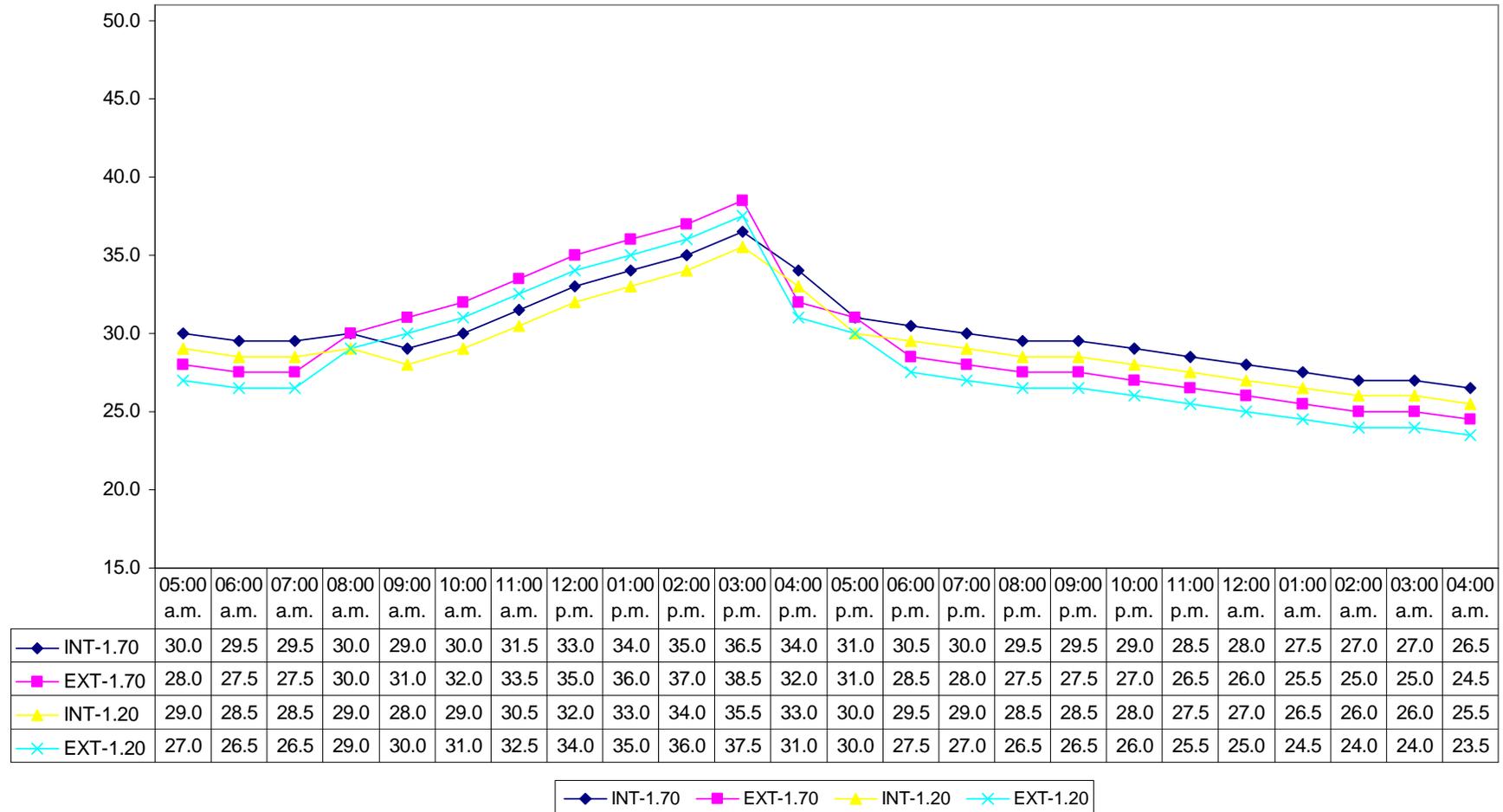
FACHADA POSTERIOR - CASA LOSA PLANA - LOZA TESTIGO



FACHADA ESTE - CASA LOSA PLANA - LOZA TESTIGO

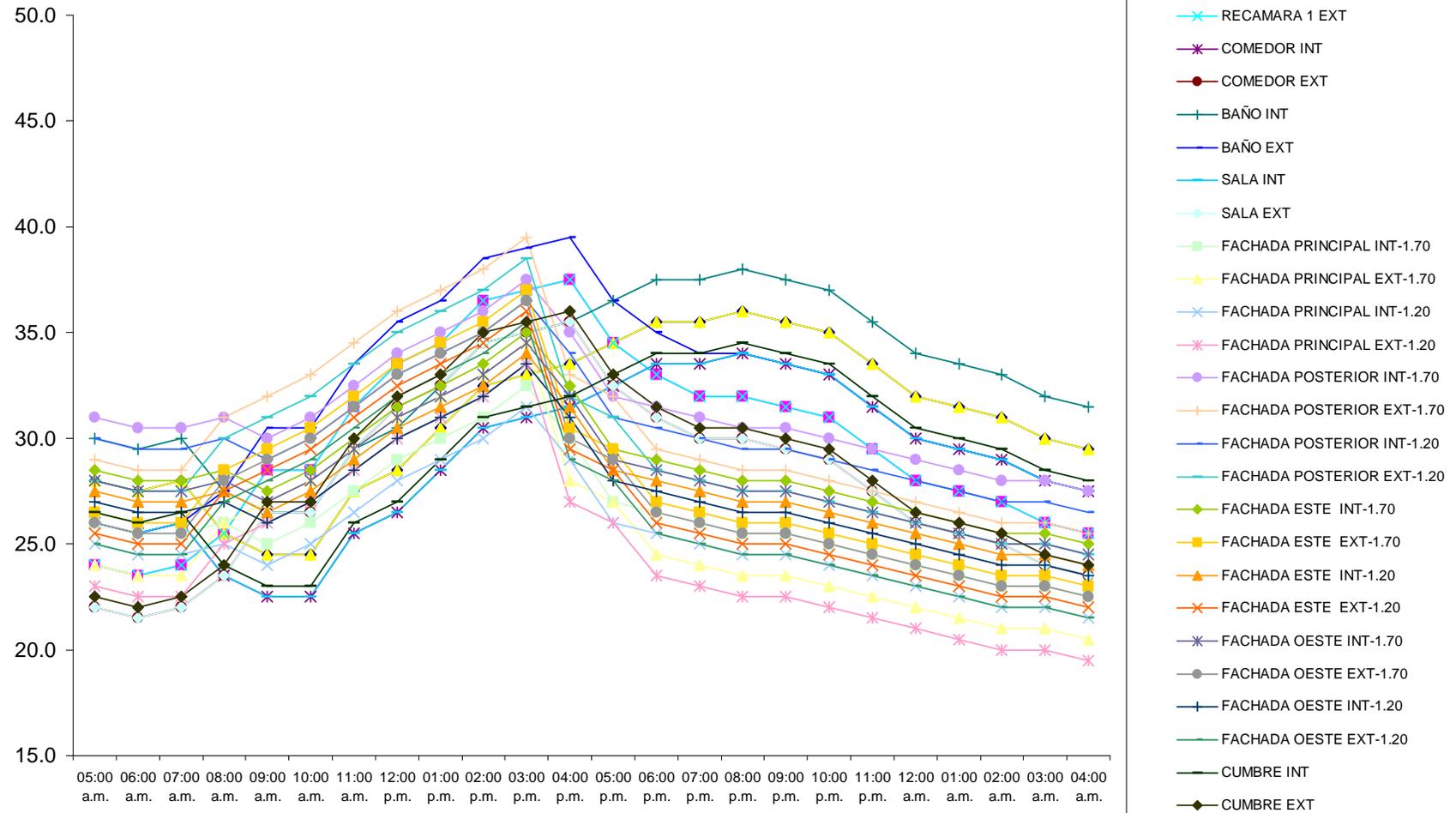


FACHADA OESTE - CASA LOSA PLANA - LOZA TESTIGO

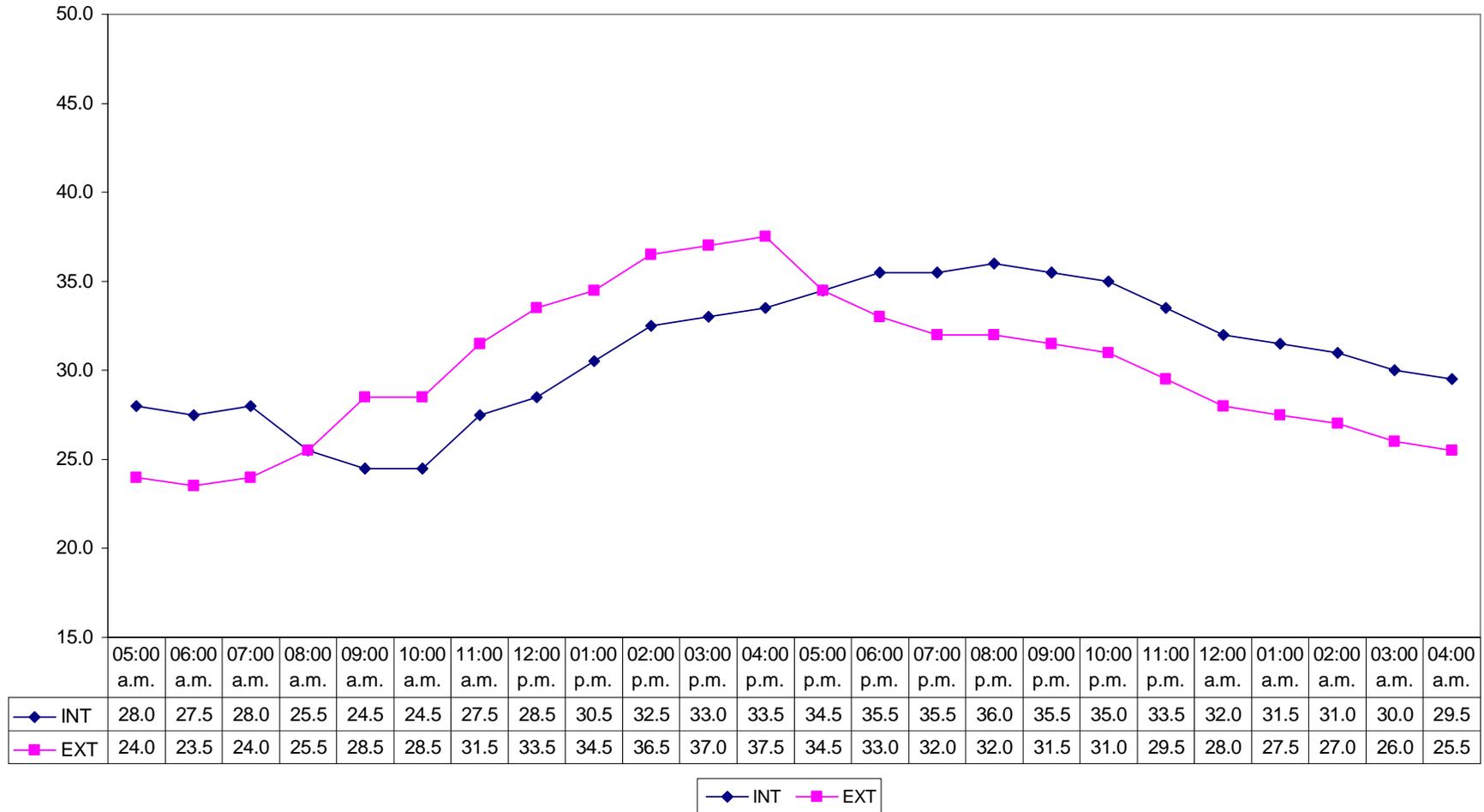


HORAS	CASA CON LOSA A DOS AGUAS										ORIENTACION NORTE - SUR								LOSA TESTIGO									
	COCINA		RECAMARA 1		COMEDOR		BAÑO		SALA		FACHADA PRINCIPAL				FACHADA POSTERIOR				FACHADA ESTE				FACHADA OESTE				CUMBRE	
	INT	EXT	INT	EXT	INT	EXT	INT	EXT	INT	EXT	INT-1.70	EXT-1.70	INT-1.20	EXT-1.20	INT-1.70	EXT-1.70	INT-1.20	EXT-1.20	INT-1.70	EXT-1.70	INT-1.20	EXT-1.20	INT-1.70	EXT-1.70	INT-1.20	EXT-1.20	INT	EXT
05:00 a.m.	28.0	24.0	28.0	24.0	26.0	22.0	30.0	26.0	26.0	22.0	26.0	24.0	25.0	23.0	31.0	29.0	30.0	28.0	28.5	26.5	27.5	25.5	28.0	26.0	27.0	25.0	26.5	22.5
06:00 a.m.	27.5	23.5	27.5	23.5	25.5	21.5	29.5	25.5	25.5	21.5	25.5	23.5	24.5	22.5	30.5	28.5	29.5	27.5	28.0	26.0	27.0	25.0	27.5	25.5	26.5	24.5	26.0	22.0
07:00 a.m.	28.0	24.0	28.0	24.0	26.0	22.0	30.0	26.0	26.0	22.0	25.5	23.5	24.5	22.5	30.5	28.5	29.5	27.5	28.0	26.0	27.0	25.0	27.5	25.5	26.5	24.5	26.5	22.5
08:00 a.m.	25.5	25.5	25.5	25.5	23.5	23.5	27.5	27.5	23.5	23.5	26.0	26.0	25.0	25.0	31.0	31.0	30.0	30.0	28.5	28.5	27.5	27.5	28.0	28.0	27.0	27.0	24.0	24.0
09:00 a.m.	24.5	28.5	24.5	28.5	22.5	26.5	26.5	30.5	22.5	26.5	25.0	27.0	24.0	26.0	30.0	32.0	29.0	31.0	27.5	29.5	26.5	28.5	27.0	29.0	26.0	28.0	23.0	27.0
10:00 a.m.	24.5	28.5	24.5	28.5	22.5	26.5	26.5	30.5	22.5	26.5	26.0	28.0	25.0	27.0	31.0	33.0	30.0	32.0	28.5	30.5	27.5	29.5	28.0	30.0	27.0	29.0	23.0	27.0
11:00 a.m.	27.5	31.5	27.5	31.5	25.5	29.5	29.5	33.5	25.5	29.5	27.5	29.5	26.5	28.5	32.5	34.5	31.5	33.5	30.0	32.0	29.0	31.0	29.5	31.5	28.5	30.5	26.0	30.0
12:00 p.m.	28.5	33.5	28.5	33.5	26.5	31.5	30.5	35.5	26.5	31.5	29.0	31.0	28.0	30.0	34.0	36.0	33.0	35.0	31.5	33.5	30.5	32.5	31.0	33.0	30.0	32.0	27.0	32.0
01:00 p.m.	30.5	34.5	30.5	34.5	28.5	32.5	32.5	36.5	28.5	32.5	30.0	32.0	29.0	31.0	35.0	37.0	34.0	36.0	32.5	34.5	31.5	33.5	32.0	34.0	31.0	33.0	29.0	33.0
02:00 p.m.	32.5	36.5	32.5	36.5	30.5	34.5	34.5	38.5	30.5	34.5	31.0	33.0	30.0	32.0	36.0	38.0	35.0	37.0	33.5	35.5	32.5	34.5	33.0	35.0	32.0	34.0	31.0	35.0
03:00 p.m.	33.0	37.0	33.0	37.0	31.0	35.0	35.0	39.0	31.0	35.0	32.5	34.5	31.5	33.5	37.5	39.5	36.5	38.5	35.0	37.0	34.0	36.0	34.5	36.5	33.5	35.5	31.5	35.5
04:00 p.m.	33.5	37.5	33.5	37.5	31.5	35.5	35.5	39.5	31.5	35.5	30.0	28.0	29.0	27.0	35.0	33.0	34.0	32.0	32.5	30.5	31.5	29.5	32.0	30.0	31.0	29.0	32.0	36.0
05:00 p.m.	34.5	34.5	34.5	34.5	32.5	32.5	36.5	36.5	32.5	32.5	27.0	27.0	26.0	26.0	32.0	32.0	31.0	31.0	29.5	29.5	28.5	28.5	29.0	29.0	28.0	28.0	33.0	33.0
06:00 p.m.	35.5	33.0	35.5	33.0	33.5	31.0	37.5	35.0	33.5	31.0	26.5	24.5	25.5	23.5	31.5	29.5	30.5	28.5	29.0	27.0	28.0	26.0	28.5	26.5	27.5	25.5	34.0	31.5
07:00 p.m.	35.5	32.0	35.5	32.0	33.5	30.0	37.5	34.0	33.5	30.0	26.0	24.0	25.0	23.0	31.0	29.0	30.0	28.0	28.5	26.5	27.5	25.5	28.0	26.0	27.0	25.0	34.0	30.5
08:00 p.m.	36.0	32.0	36.0	32.0	34.0	30.0	38.0	34.0	34.0	30.0	25.5	23.5	24.5	22.5	30.5	28.5	29.5	27.5	28.0	26.0	27.0	25.0	27.5	25.5	26.5	24.5	34.5	30.5
09:00 p.m.	35.5	31.5	35.5	31.5	33.5	29.5	37.5	33.5	33.5	29.5	25.5	23.5	24.5	22.5	30.5	28.5	29.5	27.5	28.0	26.0	27.0	25.0	27.5	25.5	26.5	24.5	34.0	30.0
10:00 p.m.	35.0	31.0	35.0	31.0	33.0	29.0	37.0	33.0	33.0	29.0	25.0	23.0	24.0	22.0	30.0	28.0	29.0	27.0	27.5	25.5	26.5	24.5	27.0	25.0	26.0	24.0	33.5	29.5
11:00 p.m.	33.5	29.5	33.5	29.5	31.5	27.5	35.5	31.5	31.5	27.5	24.5	22.5	23.5	21.5	29.5	27.5	28.5	26.5	27.0	25.0	26.0	24.0	26.5	24.5	25.5	23.5	32.0	28.0
12:00 a.m.	32.0	28.0	32.0	28.0	30.0	26.0	34.0	30.0	30.0	26.0	24.0	22.0	23.0	21.0	29.0	27.0	28.0	26.0	26.5	24.5	25.5	23.5	26.0	24.0	25.0	23.0	30.5	26.5
01:00 a.m.	31.5	27.5	31.5	27.5	29.5	25.5	33.5	29.5	29.5	25.5	23.5	21.5	22.5	20.5	28.5	26.5	27.5	25.5	26.0	24.0	25.0	23.0	25.5	23.5	24.5	22.5	30.0	26.0
02:00 a.m.	31.0	27.0	31.0	27.0	29.0	25.0	33.0	29.0	29.0	25.0	23.0	21.0	22.0	20.0	28.0	26.0	27.0	25.0	25.5	23.5	24.5	22.5	25.0	23.0	24.0	22.0	29.5	25.5
03:00 a.m.	30.0	26.0	30.0	26.0	28.0	24.0	32.0	28.0	28.0	24.0	23.0	21.0	22.0	20.0	28.0	26.0	27.0	25.0	25.5	23.5	24.5	22.5	25.0	23.0	24.0	22.0	28.5	24.5
04:00 a.m.	29.5	25.5	29.5	25.5	27.5	23.5	31.5	27.5	27.5	23.5	22.5	20.5	21.5	19.5	27.5	25.5	26.5	24.5	25.0	23.0	24.0	22.0	24.5	22.5	23.5	21.5	28.0	24.0

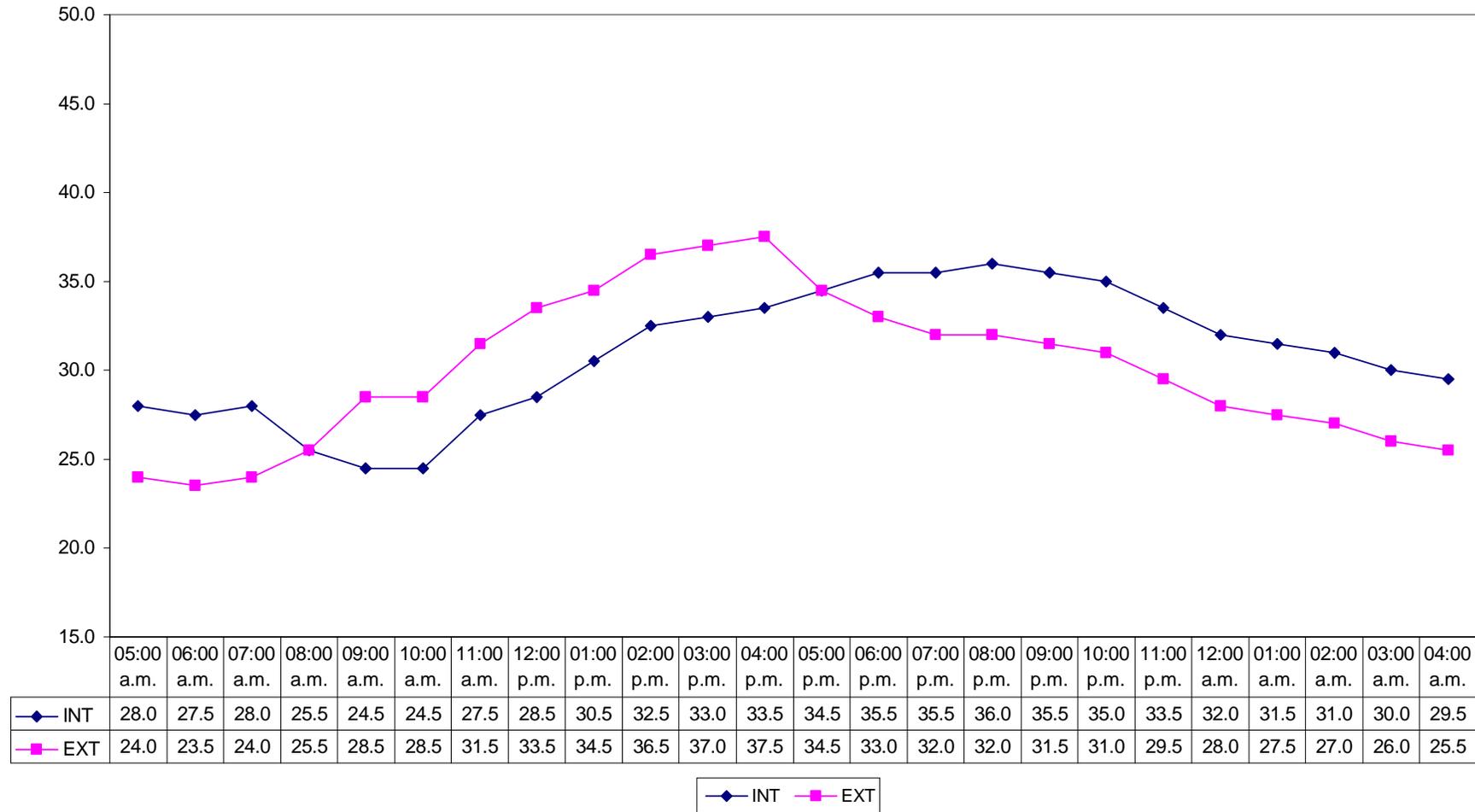
GRAFICA GENERAL - CASA LOSA A DOS AGUAS - LOSA TESTIGO



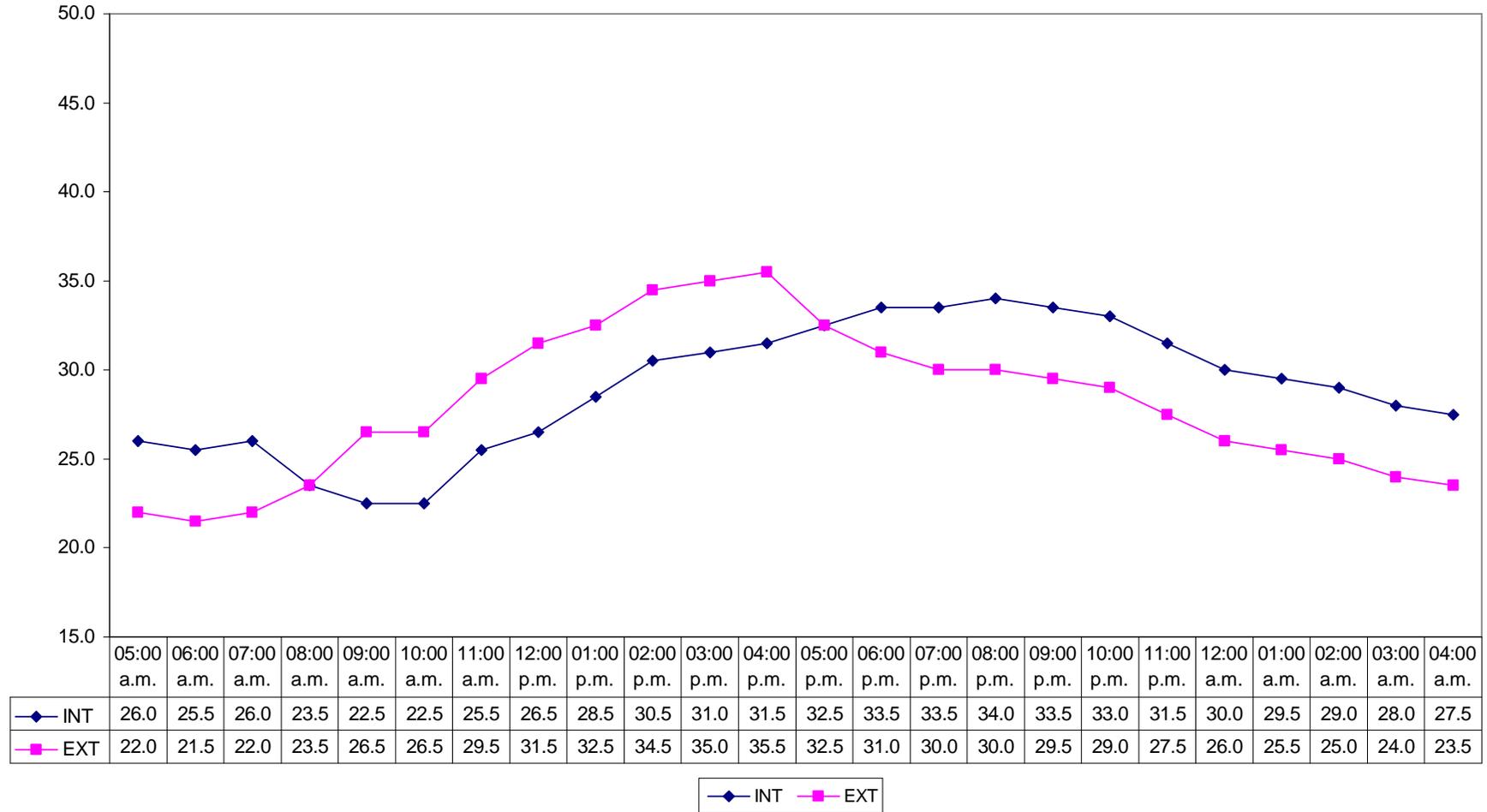
COCINA - CASA LOSA A DOS AGUAS - LOSA TESTIGO



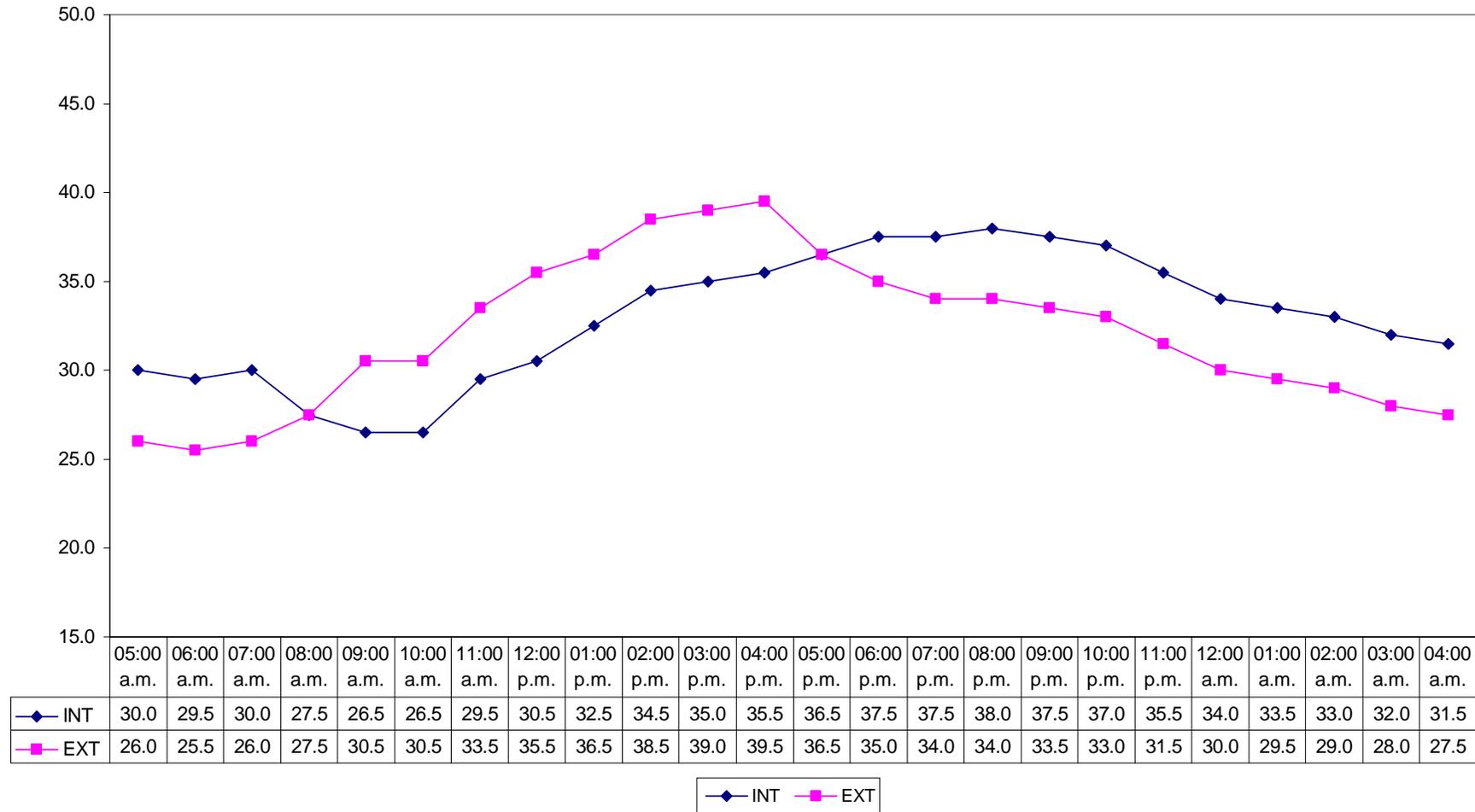
RECAMARA - CASA LOSA A DOS AGUAS - LOSA TESTIGO



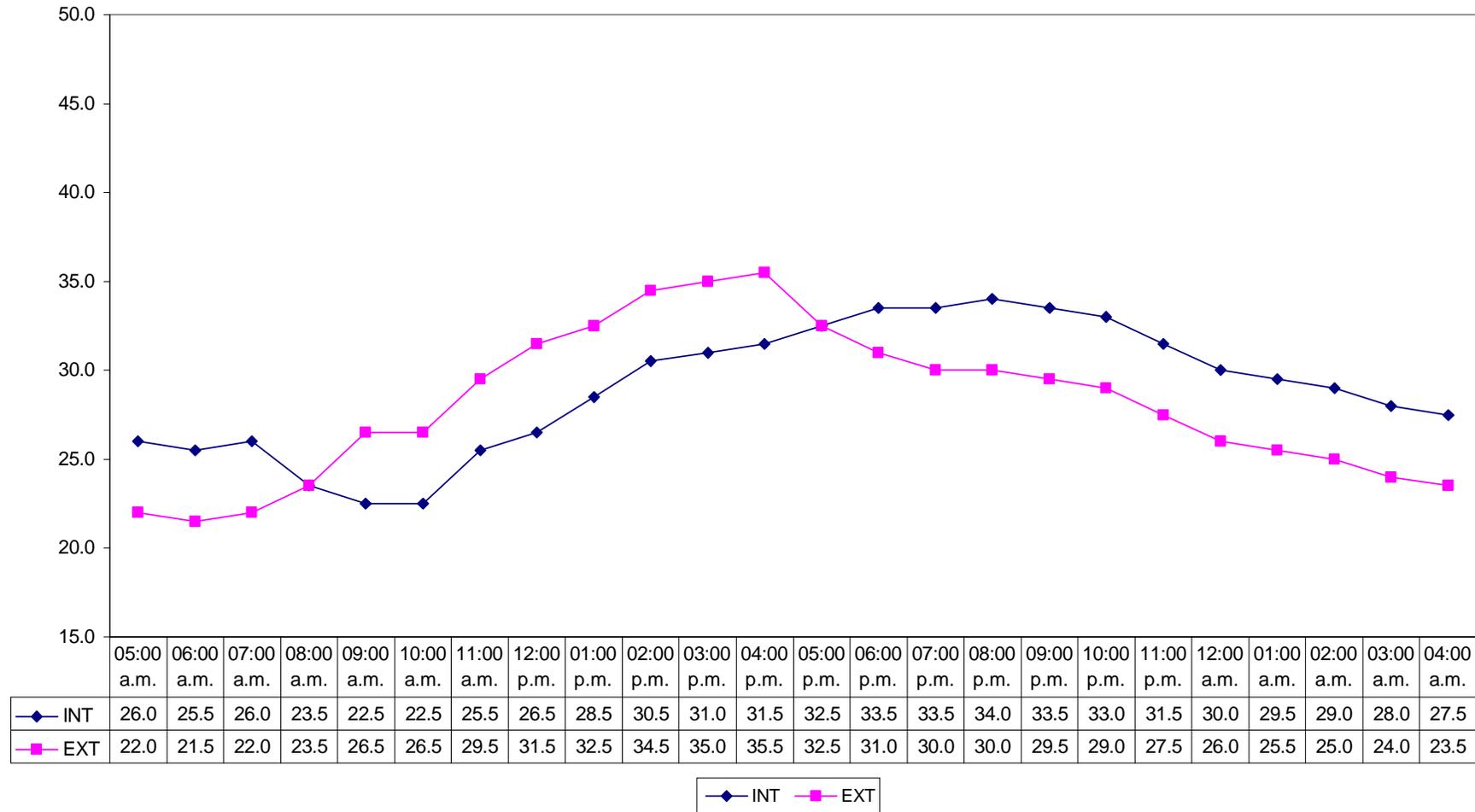
COMEDOR - CASA LOSA A DOS AGUAS - LOSA TESTIGO



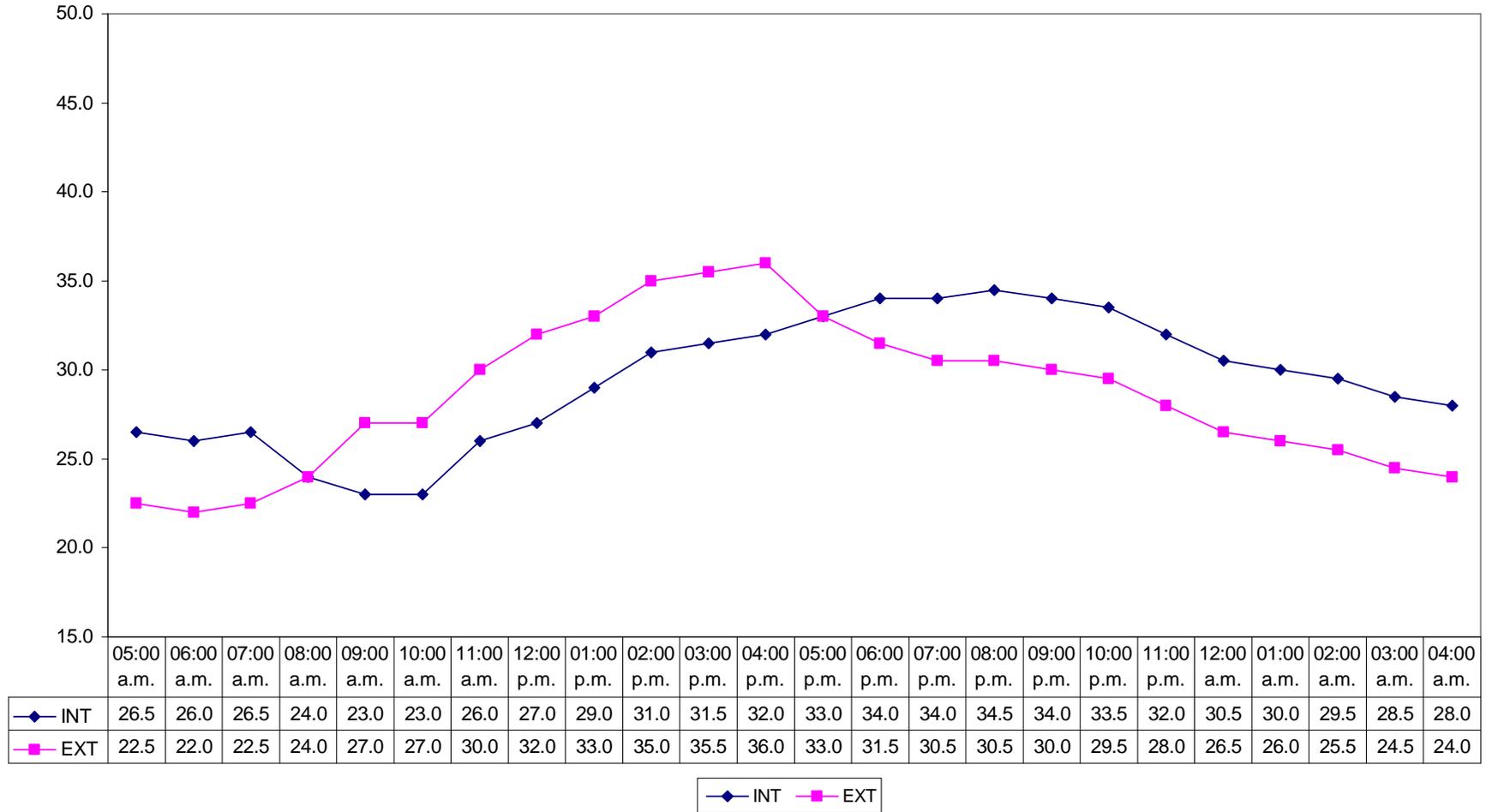
BAÑO - CASA LOSA A DOS AGUAS - LOSA TESTIGO



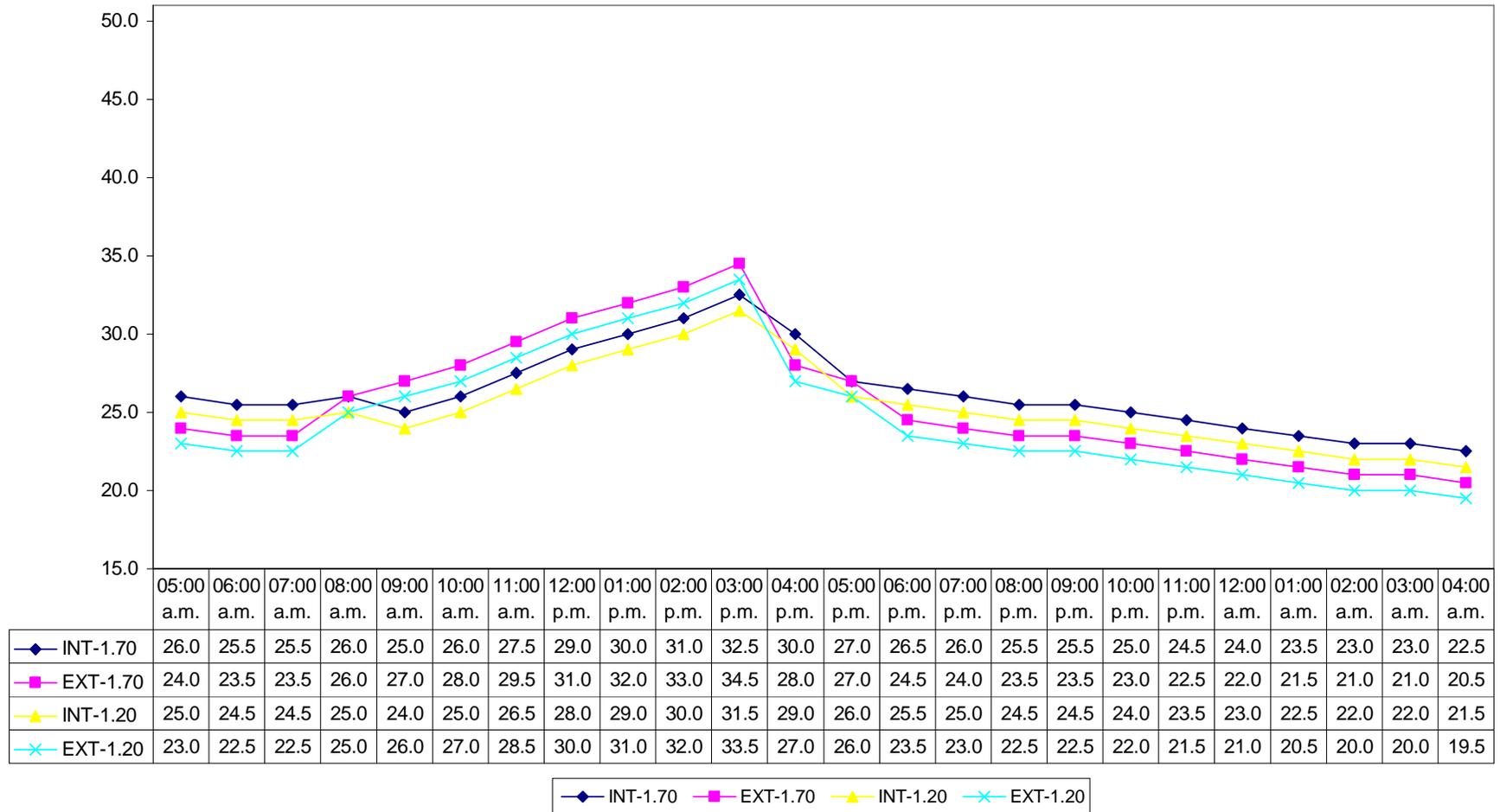
SALA - CASA LOSA A DOS AGUAS - LOSA TESTIGO



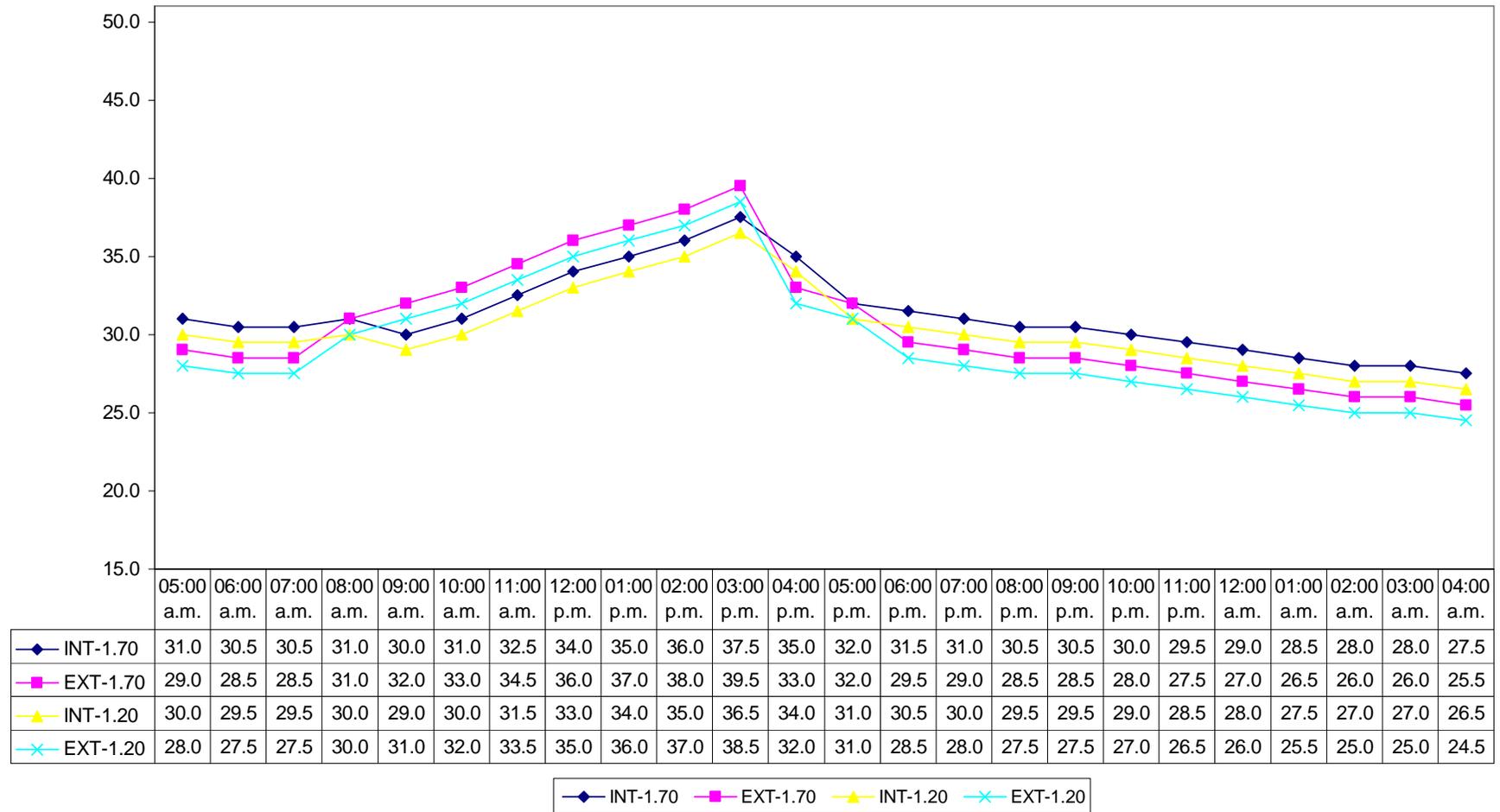
CUMBRE - CASA LOSA A DOS AGUAS - LOSA TESTIGO



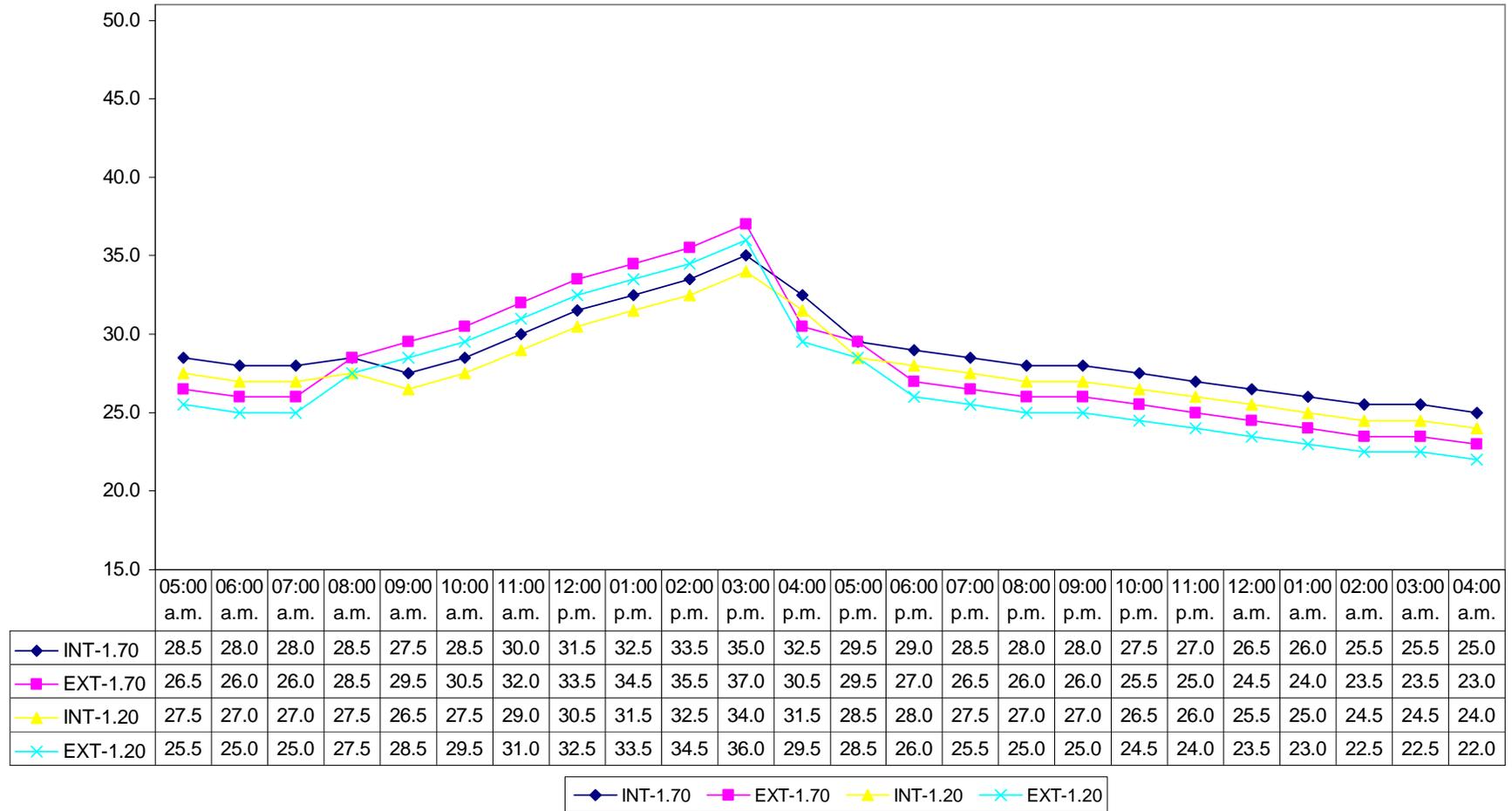
FACHADA PRINCIPAL - CASA LOSA A DOS AGUAS - LOSA TESTIGO



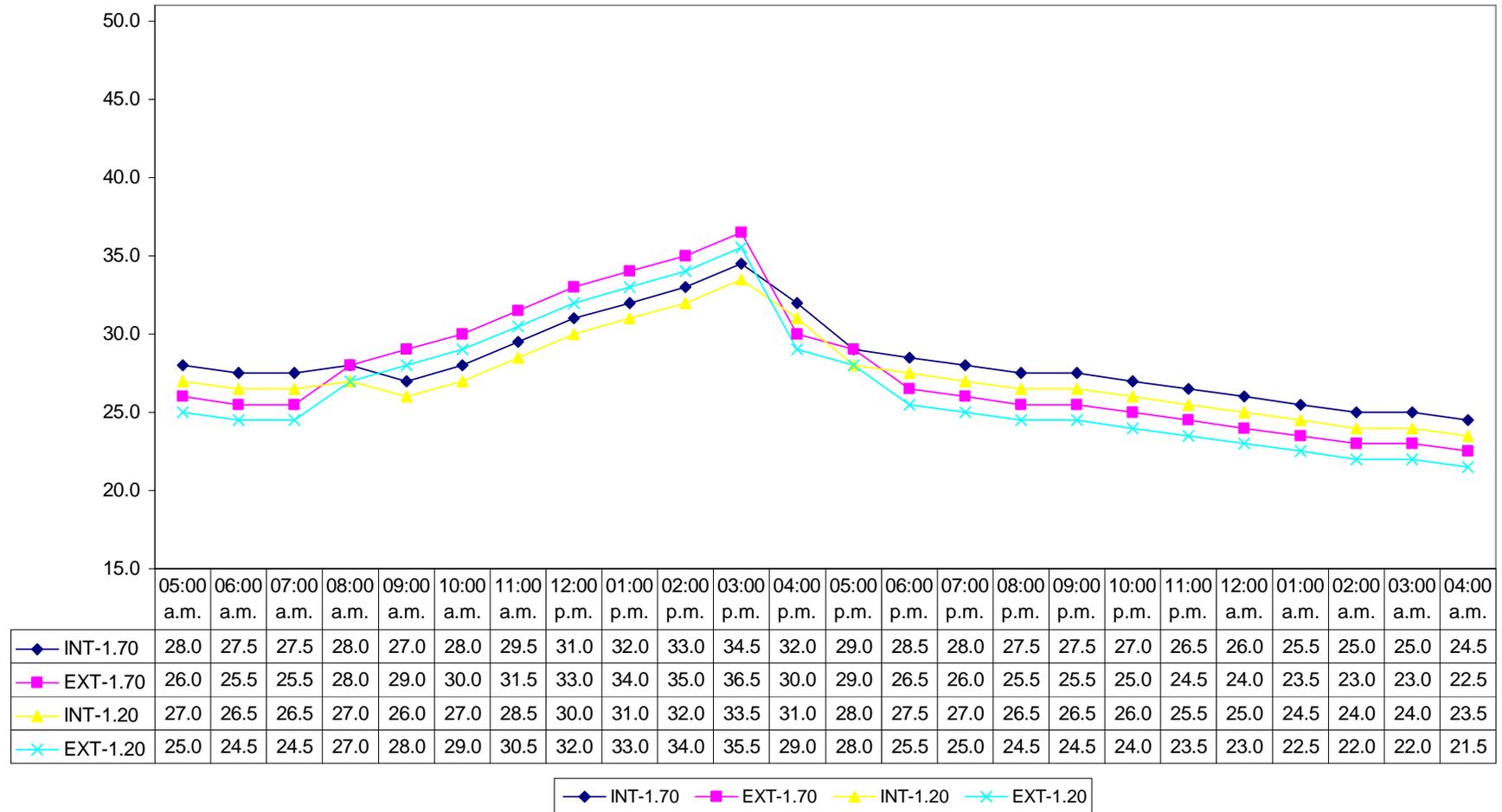
FACHADA POSTERIOR - CASA LOSA A DOS AGUAS - LOSA TESTIGO



FACHADA ESTE - CASA LOSA A DOS AGUAS - LOSA TESTIGO



FACHADA OESTE - CASA LOSA A DOS AGUAS - LOSA TESTIGO



6.2.2.- Losa plana y a dos aguas con impermeabilizante asfáltico – acabado obscuro.

Se toma las mismas losas antes estudiadas, pero se les implementa un impermeabilizante asfáltica, la cual consta de un fieltro saturado de asfalto, revestido por su cara exterior de un asfalto más resistente mezclado con fibra de vidrio y una capa externa de gránulos minerales. El objetivo de realizar las mediciones con este tipo de impermeabilizante es ver cuánto calor absorbe una losa con tonos oscuros en su exterior. En la equivalencia del mortero, se considero el aplanado interior de yeso.

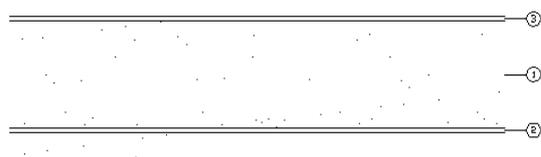


Imagen 48 - Losa plana con impermeabilizante asfáltico

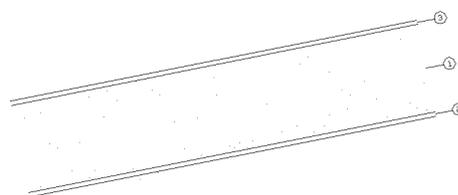


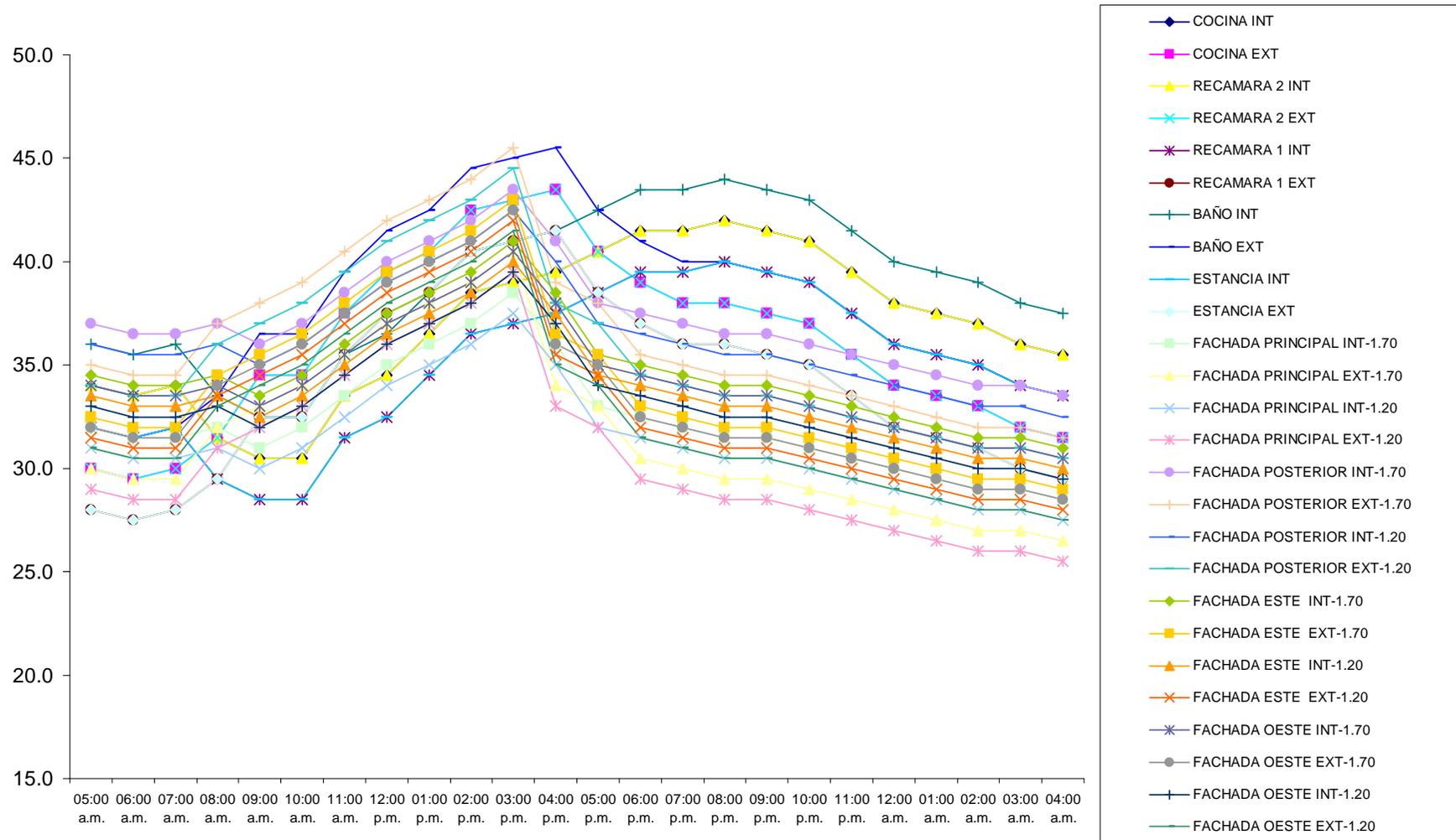
Imagen49 - Losa a dos aguas con impermeabilizante asfáltico

1	Mortero cemento arena 1:3
2	Malla de refuerzo
3	Impermeabilizante asfáltico

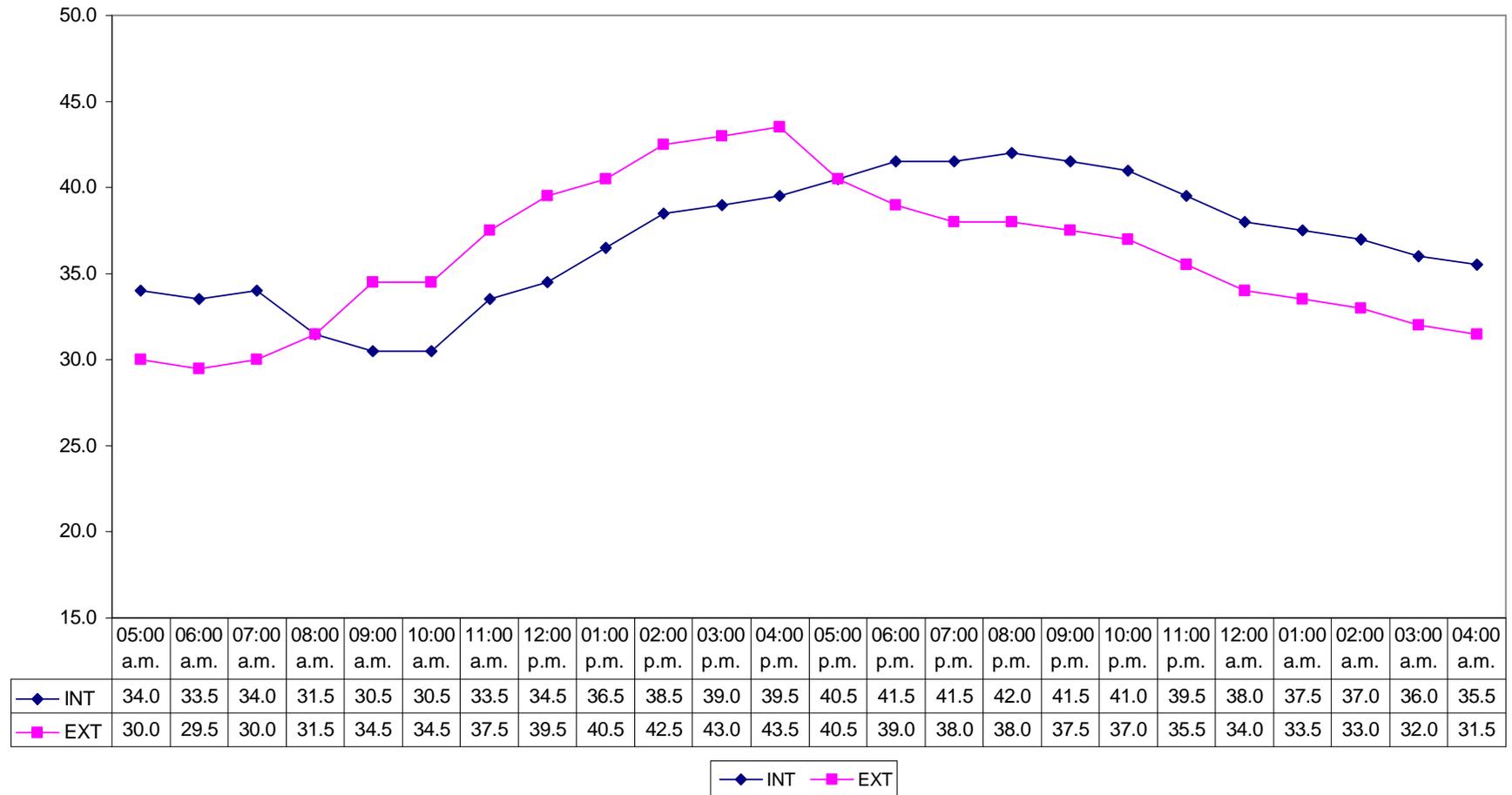
En este caso con el impermeabilizante asfáltico se detecto un incremento promedio de 4°C en la temperatura interior de la vivienda. El objetivo de analizar la losa con un impermeabilizante asfáltico es ver cómo se comportan los colores oscuros y la radiación, ya que los colores oscuros atraen más los rayos del sol, lo que hace que las losas de las viviendas se calienten mayormente que las de colores claros, como se demuestra en las graficas de análisis. Podemos notar que las temperaturas máximas obtenidas, fue de 45.5°C a las 3:00p.m en la losa plana y de 43.4° C en la losa a dos aguas.

HORAS	CASA CON LOSA PLANA											ORIENTACION NORTE - SUR												LOSA CON IMPERMEABILIZANTE ASFALTICO (OSCURO)							
	COCINA		RECAMARA 2		RECAMARA 1		BAÑO		ESTANCIA		FACHADA PRINCIPAL				FACHADA POSTERIOR				FACHADA ESTE				FACHADA OESTE								
	INT	EXT	INT	EXT	INT	EXT	INT	EXT	INT	EXT	INT	EXT	INT-1.70	EXT-1.70	INT-1.20	EXT-1.20	INT-1.70	EXT-1.70	INT-1.20	EXT-1.20	INT-1.70	EXT-1.70	INT-1.20	EXT-1.20	INT-1.70	EXT-1.70	INT-1.20	EXT-1.20			
05:00 a.m.	34.0	30.0	34.0	30.0	32.0	28.0	36.0	32.0	32.0	28.0	32.0	30.0	31.0	29.0	37.0	35.0	36.0	34.0	34.5	32.5	33.5	31.5	34.0	32.0	33.0	31.0	33.5	31.5	32.5	30.5	
06:00 a.m.	33.5	29.5	33.5	29.5	31.5	27.5	35.5	31.5	31.5	27.5	31.5	29.5	30.5	28.5	36.5	34.5	35.5	33.5	34.0	32.0	33.0	31.0	33.5	31.5	32.5	30.5	33.5	31.5	32.5	30.5	
07:00 a.m.	34.0	30.0	34.0	30.0	32.0	28.0	36.0	32.0	32.0	28.0	31.5	29.5	30.5	28.5	36.5	34.5	35.5	33.5	34.0	32.0	33.0	31.0	33.5	31.5	32.5	30.5	33.5	31.5	32.5	30.5	
08:00 a.m.	31.5	31.5	31.5	31.5	29.5	29.5	33.5	33.5	29.5	29.5	32.0	32.0	31.0	31.0	37.0	37.0	36.0	36.0	34.5	34.5	33.5	33.5	34.0	34.0	33.0	33.0	34.0	34.0	33.0	33.0	
09:00 a.m.	30.5	34.5	30.5	34.5	28.5	32.5	32.5	36.5	28.5	32.5	31.0	33.0	30.0	32.0	36.0	38.0	35.0	37.0	33.5	35.5	32.5	34.5	33.0	35.0	32.0	34.0	33.0	35.0	32.0	34.0	
10:00 a.m.	30.5	34.5	30.5	34.5	28.5	32.5	32.5	36.5	28.5	32.5	32.0	34.0	31.0	33.0	37.0	39.0	36.0	38.0	34.5	36.5	33.5	35.5	34.0	36.0	33.0	35.0	34.0	36.0	33.0	35.0	
11:00 a.m.	33.5	37.5	33.5	37.5	31.5	35.5	35.5	39.5	31.5	35.5	33.5	35.5	32.5	34.5	38.5	40.5	37.5	39.5	36.0	38.0	35.0	37.0	35.5	37.5	34.5	36.5	37.5	34.5	36.5		
12:00 p.m.	34.5	39.5	34.5	39.5	32.5	37.5	36.5	41.5	32.5	37.5	35.0	37.0	34.0	36.0	40.0	42.0	39.0	41.0	37.5	39.5	36.5	38.5	37.0	39.0	36.0	38.0	39.0	36.0	38.0		
01:00 p.m.	36.5	40.5	36.5	40.5	34.5	38.5	38.5	42.5	34.5	38.5	36.0	38.0	35.0	37.0	41.0	43.0	40.0	42.0	38.5	40.5	37.5	39.5	38.0	40.0	37.0	39.0	40.0	37.0	39.0		
02:00 p.m.	38.5	42.5	38.5	42.5	36.5	40.5	40.5	44.5	36.5	40.5	37.0	39.0	36.0	38.0	42.0	44.0	41.0	43.0	39.5	41.5	38.5	40.5	39.0	41.0	38.0	40.0	41.0	38.0	40.0		
03:00 p.m.	39.0	43.0	39.0	43.0	37.0	41.0	41.0	45.0	37.0	41.0	38.5	40.5	37.5	39.5	43.5	45.5	42.5	44.5	41.0	43.0	40.0	42.0	40.5	42.5	39.5	41.5	42.5	39.5	41.5		
04:00 p.m.	39.5	43.5	39.5	43.5	37.5	41.5	41.5	45.5	37.5	41.5	36.0	34.0	35.0	33.0	41.0	39.0	40.0	38.0	38.5	36.5	37.5	35.5	38.0	36.0	37.0	35.0	38.0	36.0	37.0	35.0	
05:00 p.m.	40.5	40.5	40.5	40.5	38.5	38.5	42.5	42.5	38.5	38.5	33.0	33.0	32.0	32.0	38.0	38.0	37.0	37.0	35.5	35.5	34.5	34.5	35.0	35.0	34.0	34.0	35.0	35.0	34.0	34.0	
06:00 p.m.	41.5	39.0	41.5	39.0	39.5	37.0	43.5	41.0	39.5	37.0	32.5	30.5	31.5	29.5	37.5	35.5	36.5	34.5	35.0	33.0	34.0	32.0	34.5	32.5	33.5	31.5	34.5	32.5	33.5	31.5	
07:00 p.m.	41.5	38.0	41.5	38.0	39.5	36.0	43.5	40.0	39.5	36.0	32.0	30.0	31.0	29.0	37.0	35.0	36.0	34.0	34.5	32.5	33.5	31.5	34.0	32.0	33.0	31.0	34.0	32.0	33.0	31.0	
08:00 p.m.	42.0	38.0	42.0	38.0	40.0	36.0	44.0	40.0	40.0	36.0	31.5	29.5	30.5	28.5	36.5	34.5	35.5	33.5	34.0	32.0	33.0	31.0	33.5	31.5	32.5	30.5	33.5	31.5	32.5	30.5	
09:00 p.m.	41.5	37.5	41.5	37.5	39.5	35.5	43.5	39.5	39.5	35.5	31.5	29.5	30.5	28.5	36.5	34.5	35.5	33.5	34.0	32.0	33.0	31.0	33.5	31.5	32.5	30.5	33.5	31.5	32.5	30.5	
10:00 p.m.	41.0	37.0	41.0	37.0	39.0	35.0	43.0	39.0	39.0	35.0	31.0	29.0	30.0	28.0	36.0	34.0	35.0	33.0	33.5	31.5	32.5	30.5	33.0	31.0	32.0	30.0	33.0	31.0	32.0	30.0	
11:00 p.m.	39.5	35.5	39.5	35.5	37.5	33.5	41.5	37.5	37.5	33.5	30.5	28.5	29.5	27.5	35.5	33.5	34.5	32.5	33.0	31.0	32.0	30.0	32.5	30.5	31.5	29.5	30.5	31.5	29.5	29.5	
12:00 a.m.	38.0	34.0	38.0	34.0	36.0	32.0	40.0	36.0	36.0	32.0	30.0	28.0	29.0	27.0	35.0	33.0	34.0	32.0	32.5	30.5	31.5	29.5	32.0	30.0	31.0	29.0	30.0	31.0	29.0	29.0	
01:00 a.m.	37.5	33.5	37.5	33.5	35.5	31.5	39.5	35.5	35.5	31.5	29.5	27.5	28.5	26.5	34.5	32.5	33.5	31.5	32.0	30.0	31.0	29.0	31.5	29.5	30.5	28.5	29.5	30.5	28.5	28.5	
02:00 a.m.	37.0	33.0	37.0	33.0	35.0	31.0	39.0	35.0	35.0	31.0	29.0	27.0	28.0	26.0	34.0	32.0	33.0	31.0	31.5	29.5	30.5	28.5	31.0	29.0	30.0	28.0	29.0	30.0	28.0	28.0	
03:00 a.m.	36.0	32.0	36.0	32.0	34.0	30.0	38.0	34.0	34.0	30.0	29.0	27.0	28.0	26.0	34.0	32.0	33.0	31.0	31.5	29.5	30.5	28.5	31.0	29.0	30.0	28.0	29.0	30.0	28.0	28.0	
04:00 a.m.	35.5	31.5	35.5	31.5	33.5	29.5	37.5	33.5	33.5	29.5	28.5	26.5	27.5	25.5	33.5	31.5	32.5	30.5	31.0	29.0	30.0	28.0	30.5	28.5	29.5	27.5	28.5	29.5	27.5	27.5	

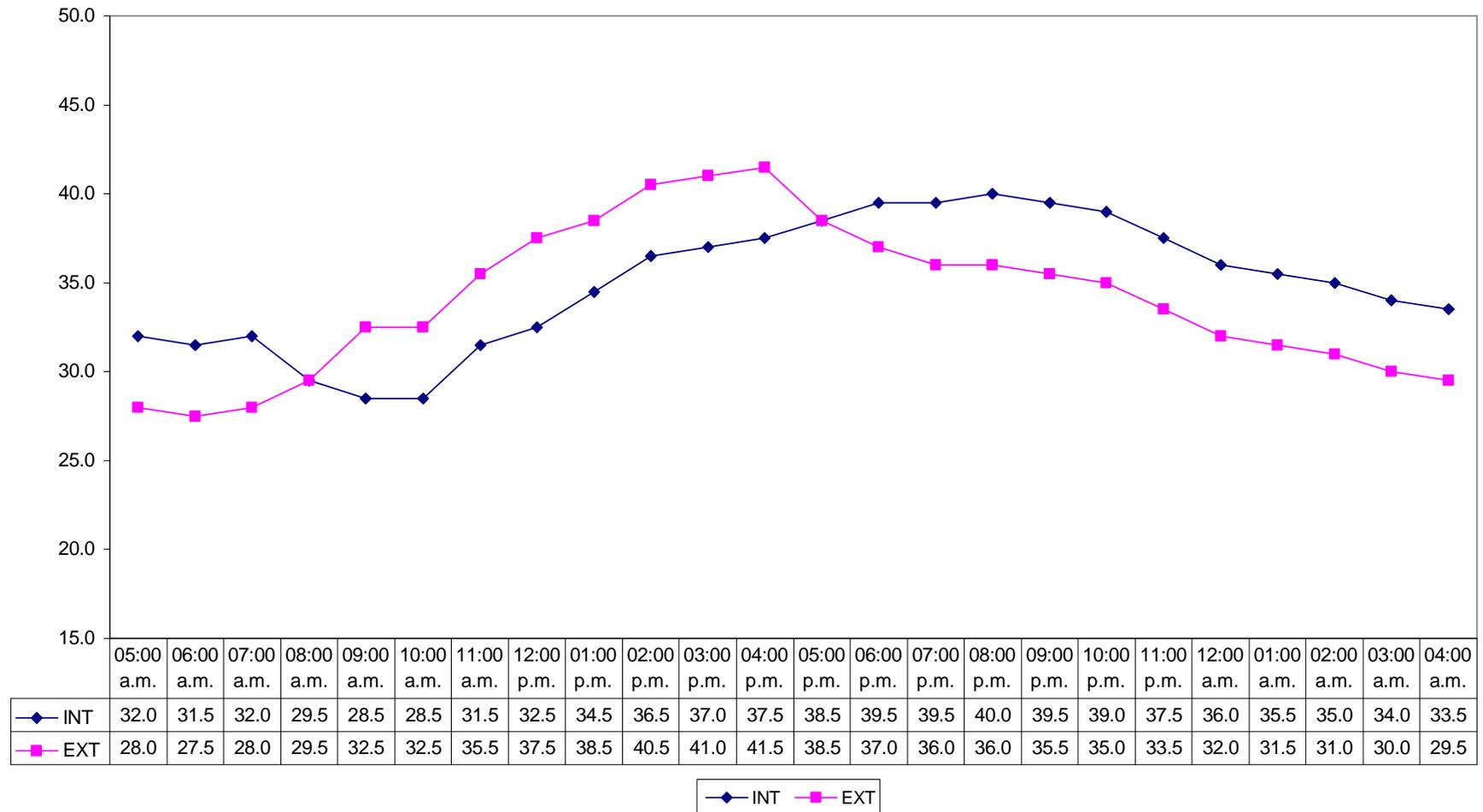
GRAFICA GENERAL - CASA LOSA PLANA - LOSA CON IMPERMEABILIZANTE ASFALTICO



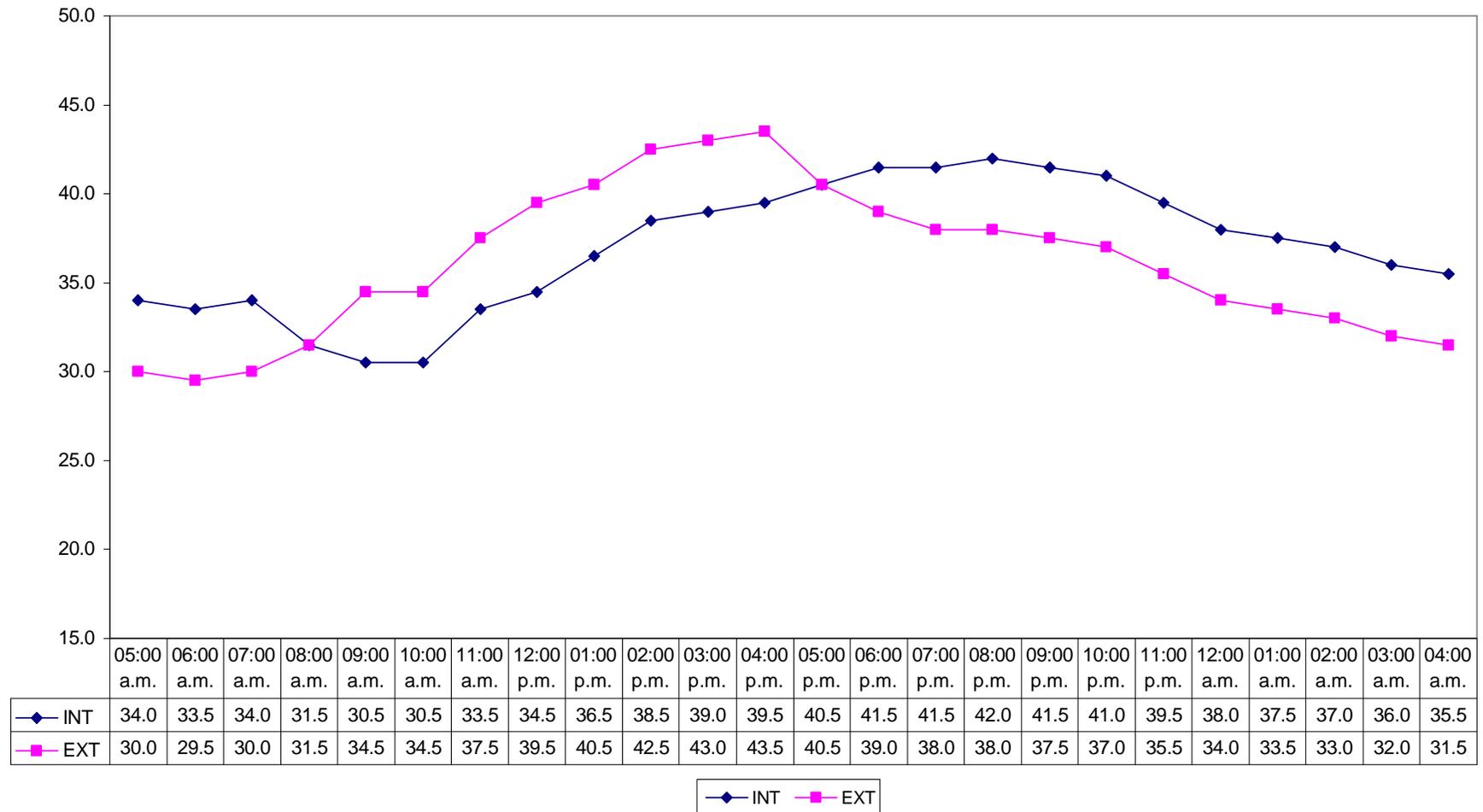
COCINA - CASA LOSA PLANA - LOSA CON IMPERMEABILIZANTE ASFALTICO



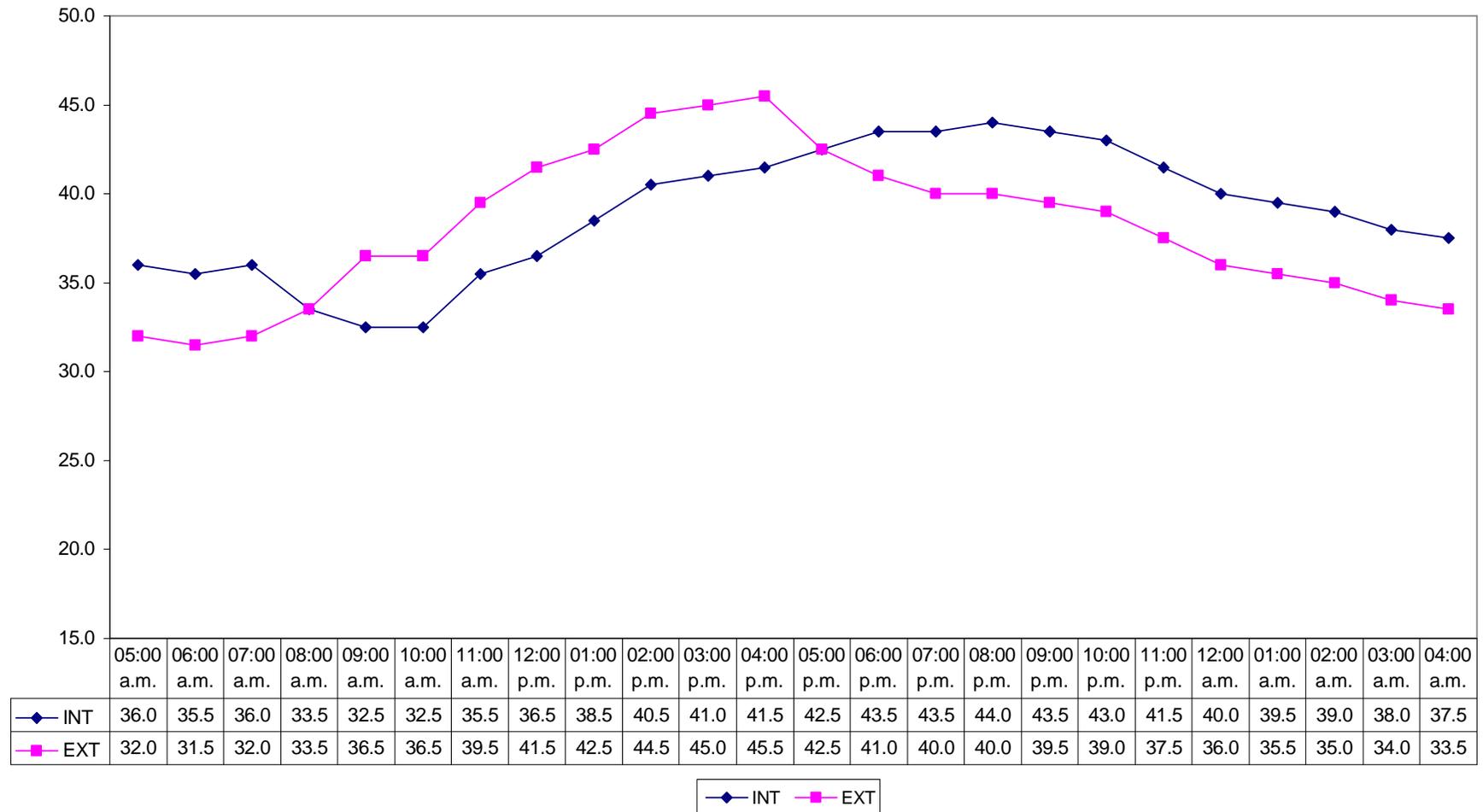
RECAMARA 1 - CASA LOSA PLANA - LOSA CON IMPERMEABILIZANTE ASFALTICO



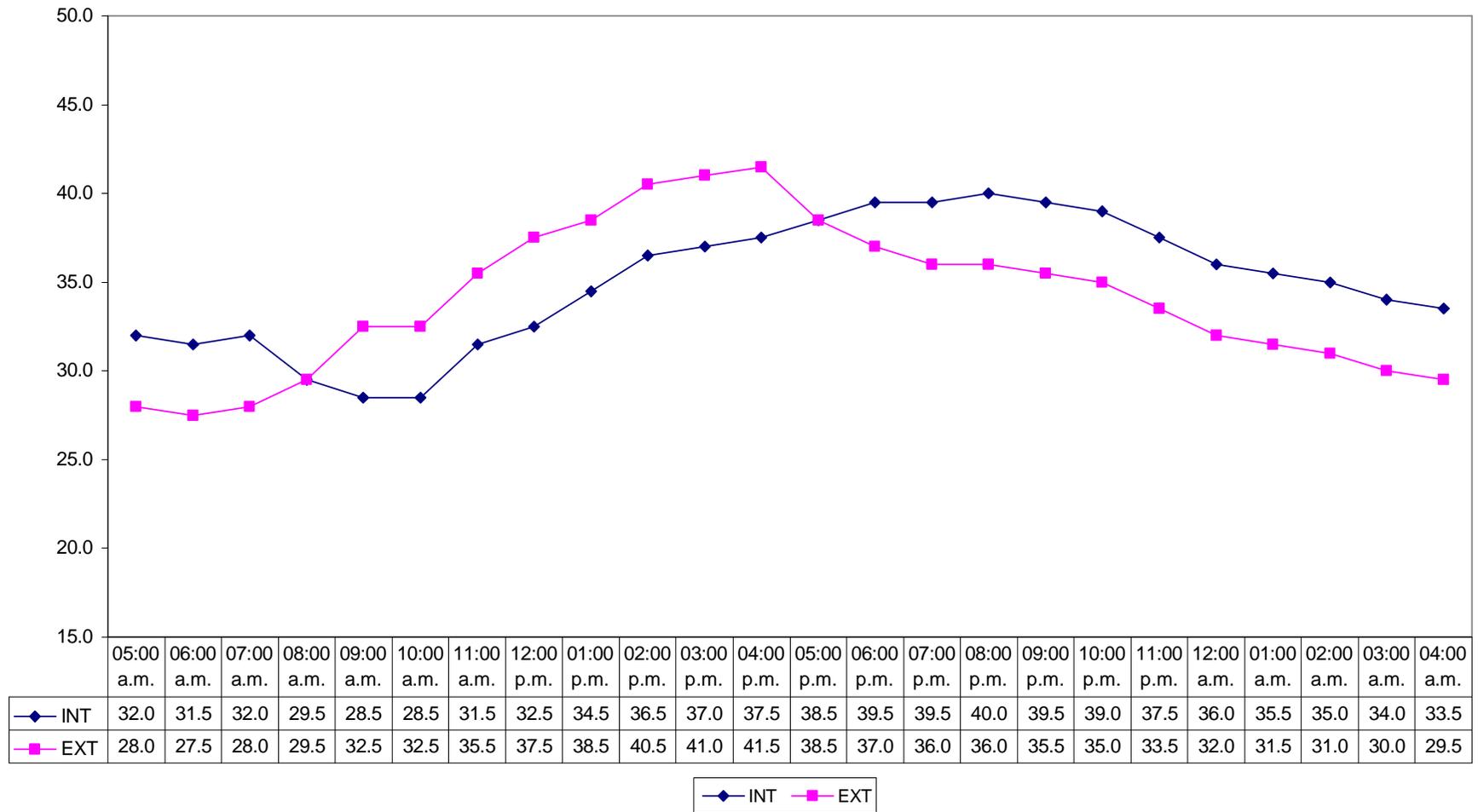
RECAMARA 2 - CASA LOSA PLANA - LOSA CON IMPERMEABILIZANTE ASFALTICO



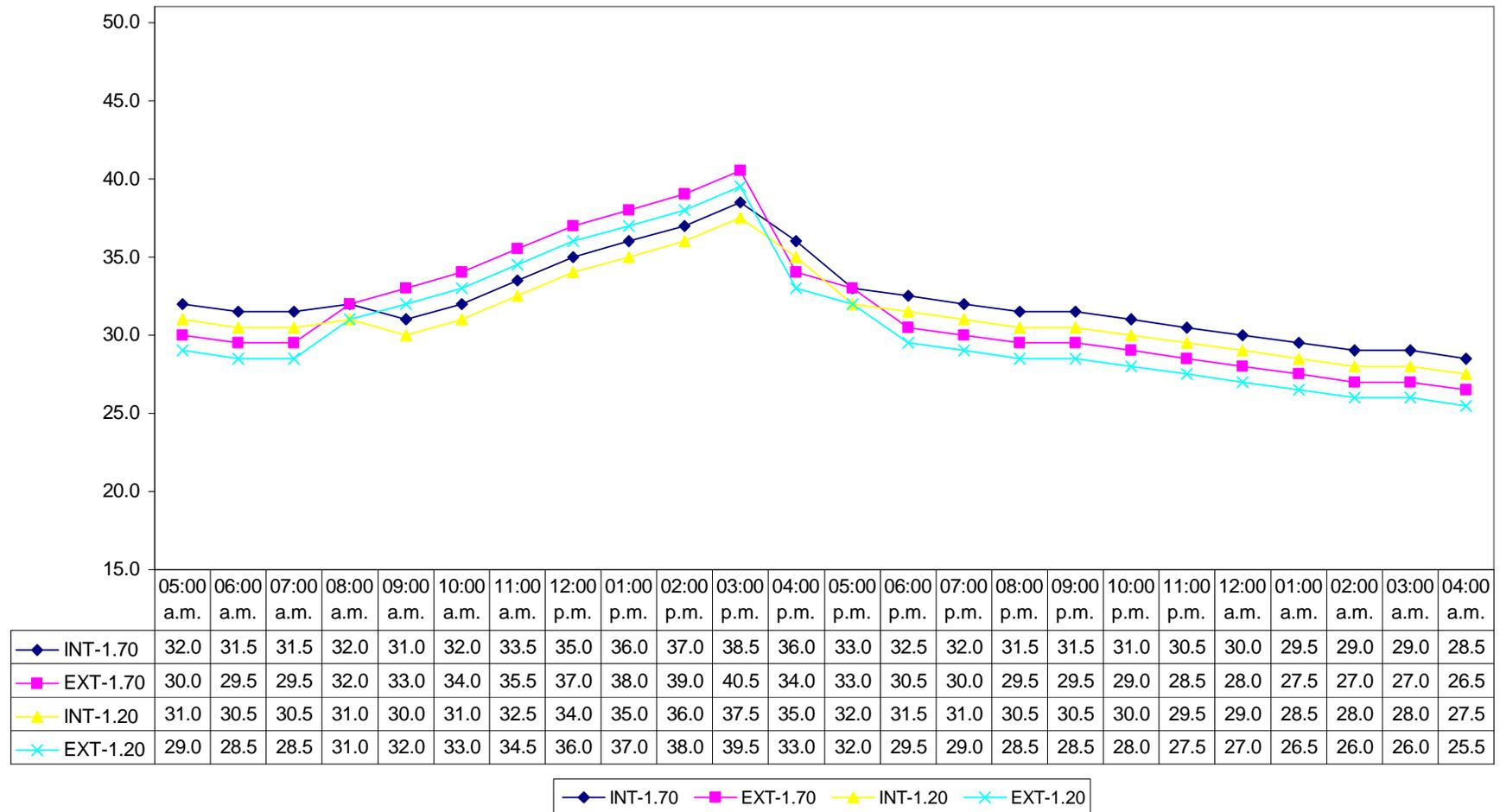
BAÑO - CASA LOSA PLANA - LOSA CON IMPERMEABILIZANTE ASFALTICO



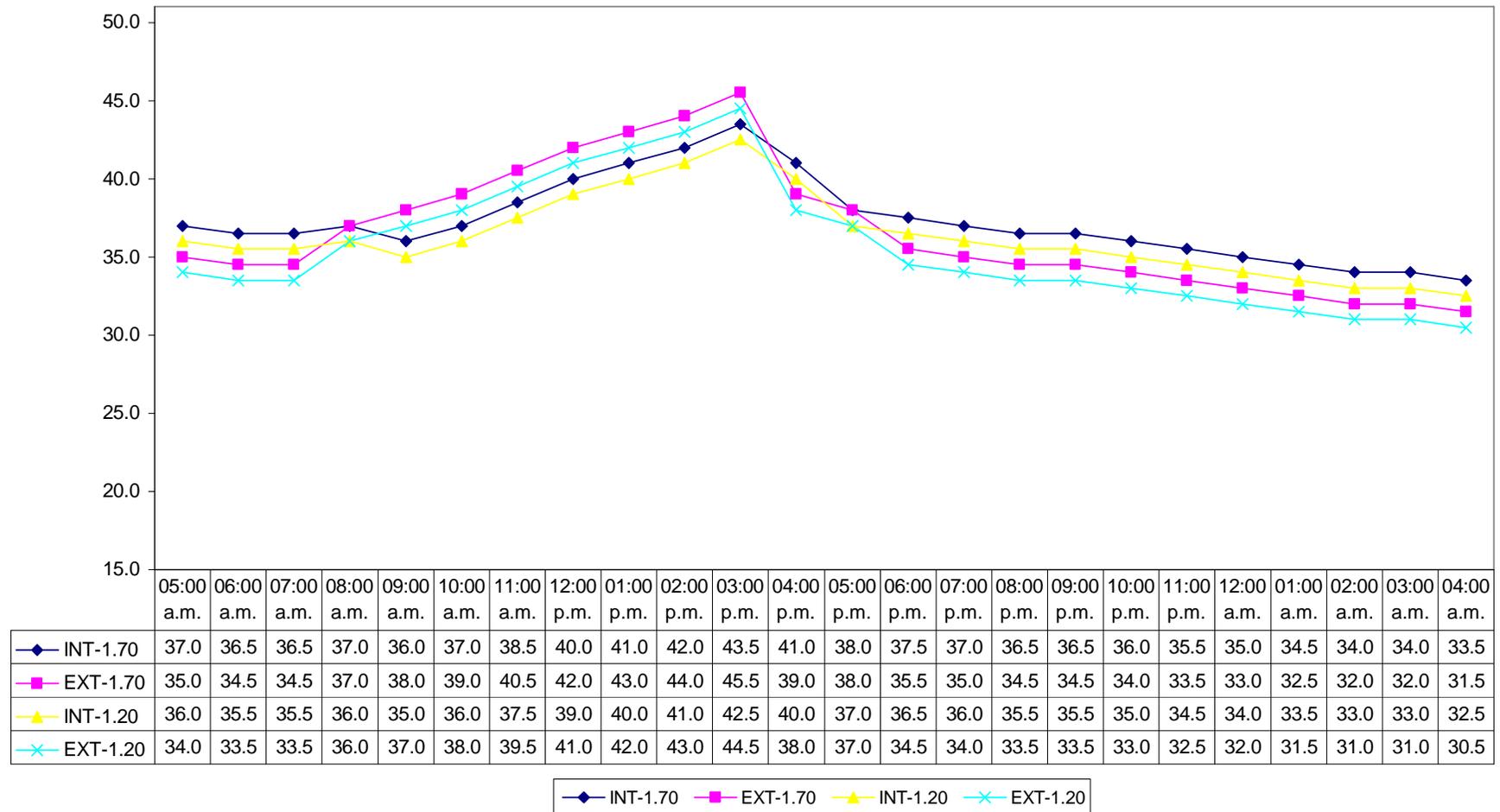
ESTANCIA - CASA LOSA PLANA - LOSA CON IMPERMEABILIZANTE ASFALTICO



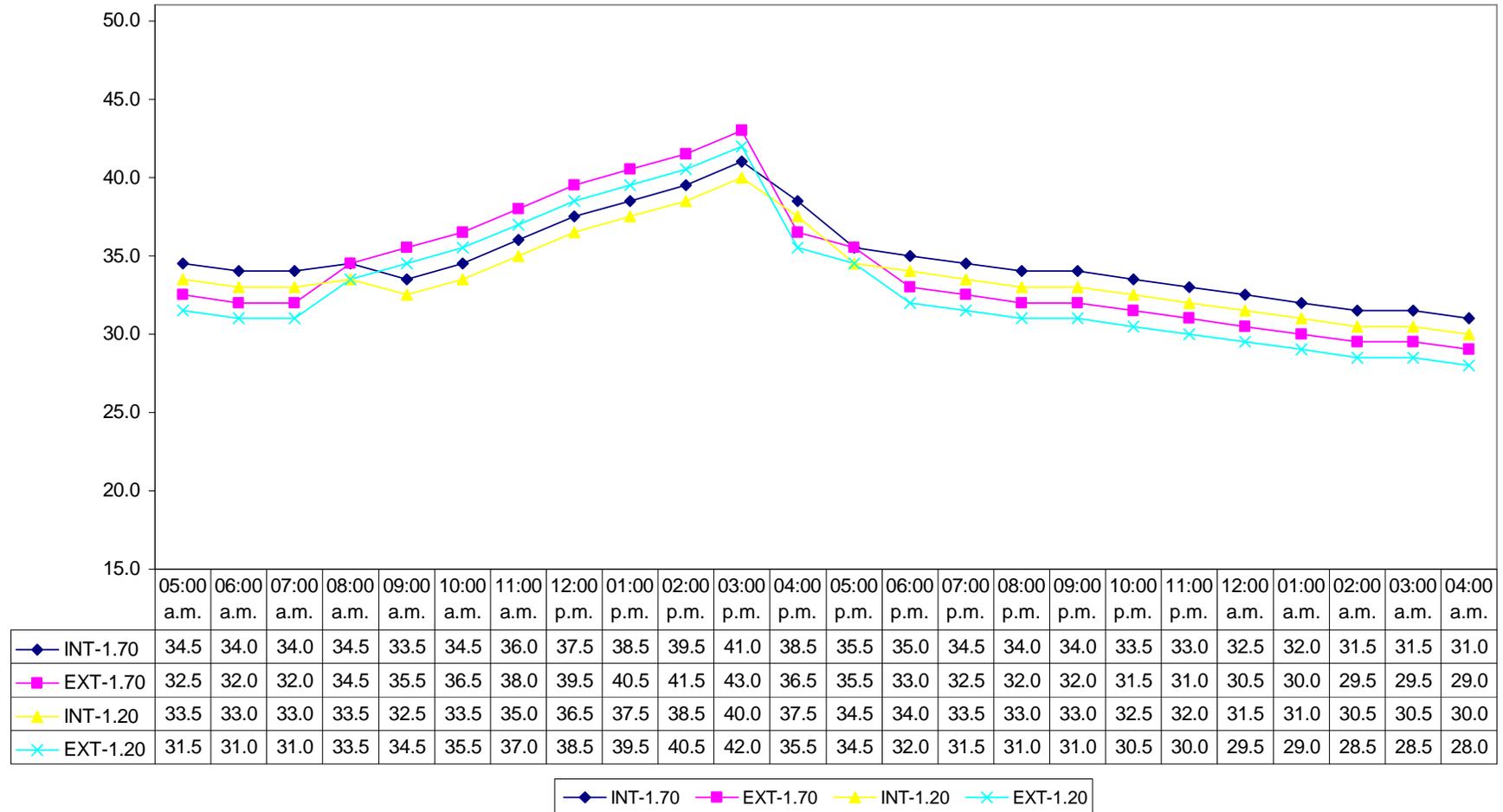
FACHADA PRINCIPAL - CASA LOSA PLANA - LOSA CON IMPERMEABILIZANTE ASFALTICO



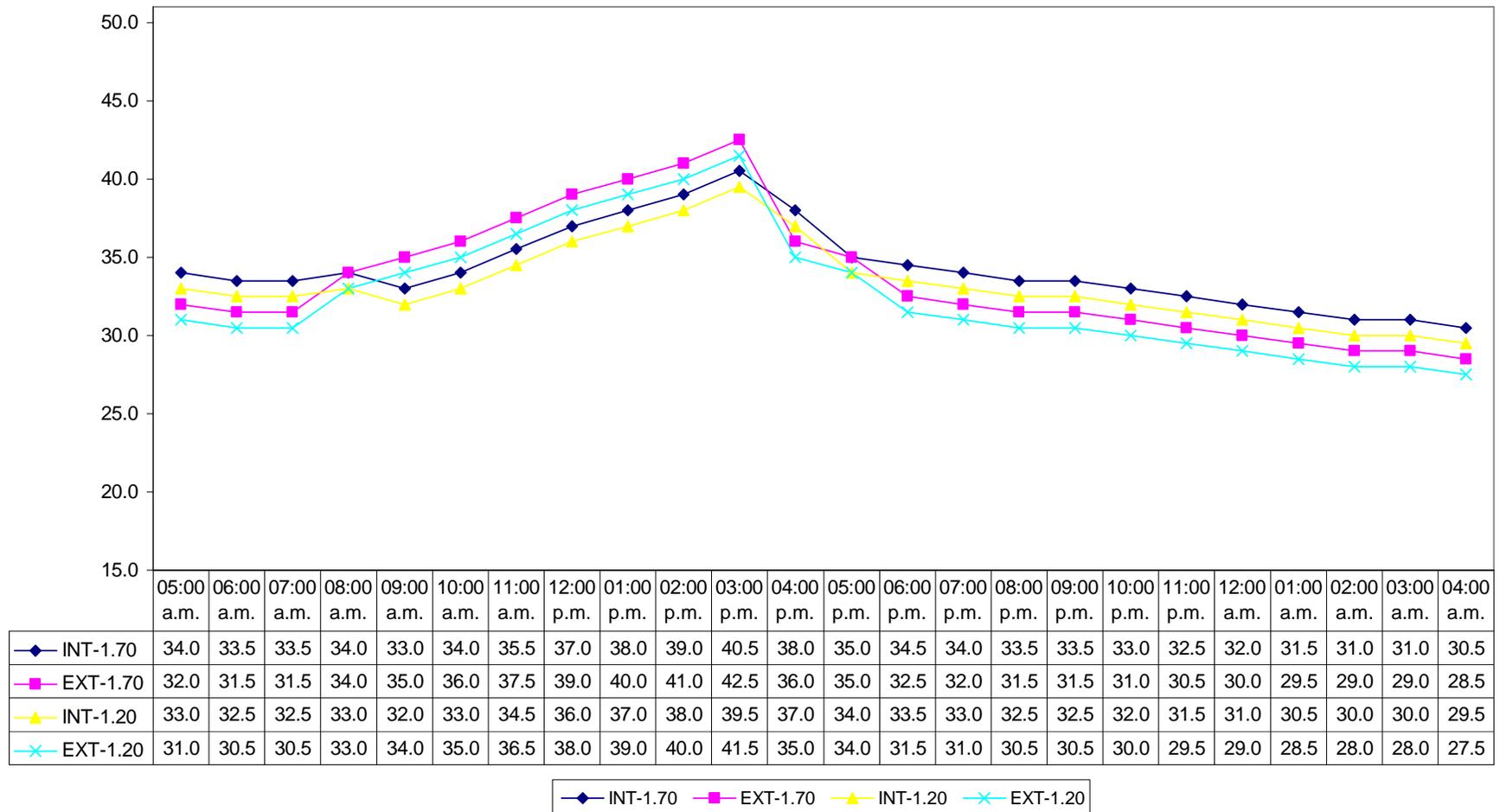
FACHADA POSTERIOR - CASA LOSA PLANA - LOSA CON IMPERMEABILIZANTE ASFALTICO



FACHADA ESTE - CASA LOSA PLANA - LOSA CON IMPERMEABILIZANTE ASFALTICO

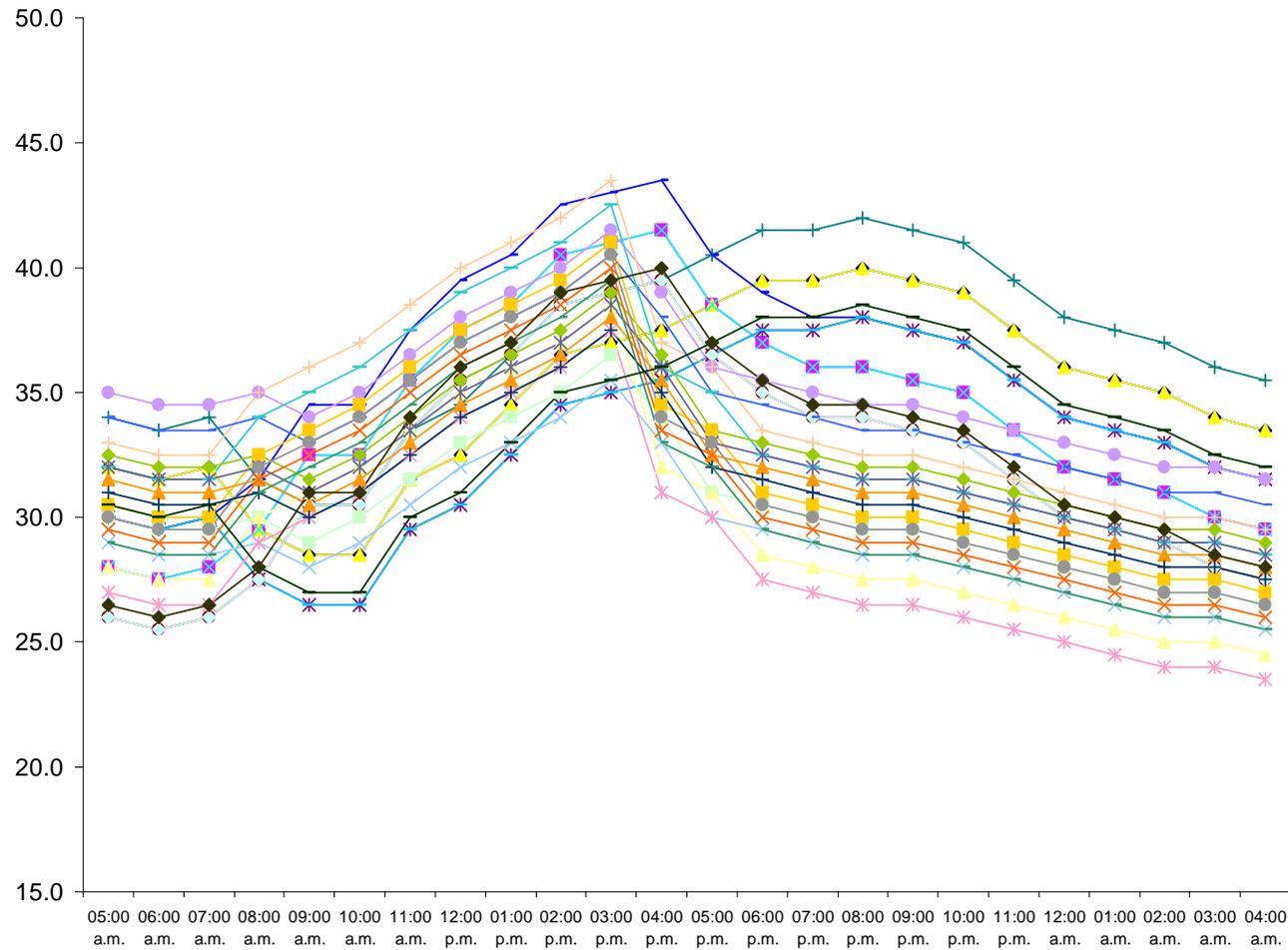


FACHADA OESTE - CASA LOSA PLANA - LOSA CON IMPERMEABILIZANTE ASFALTICO

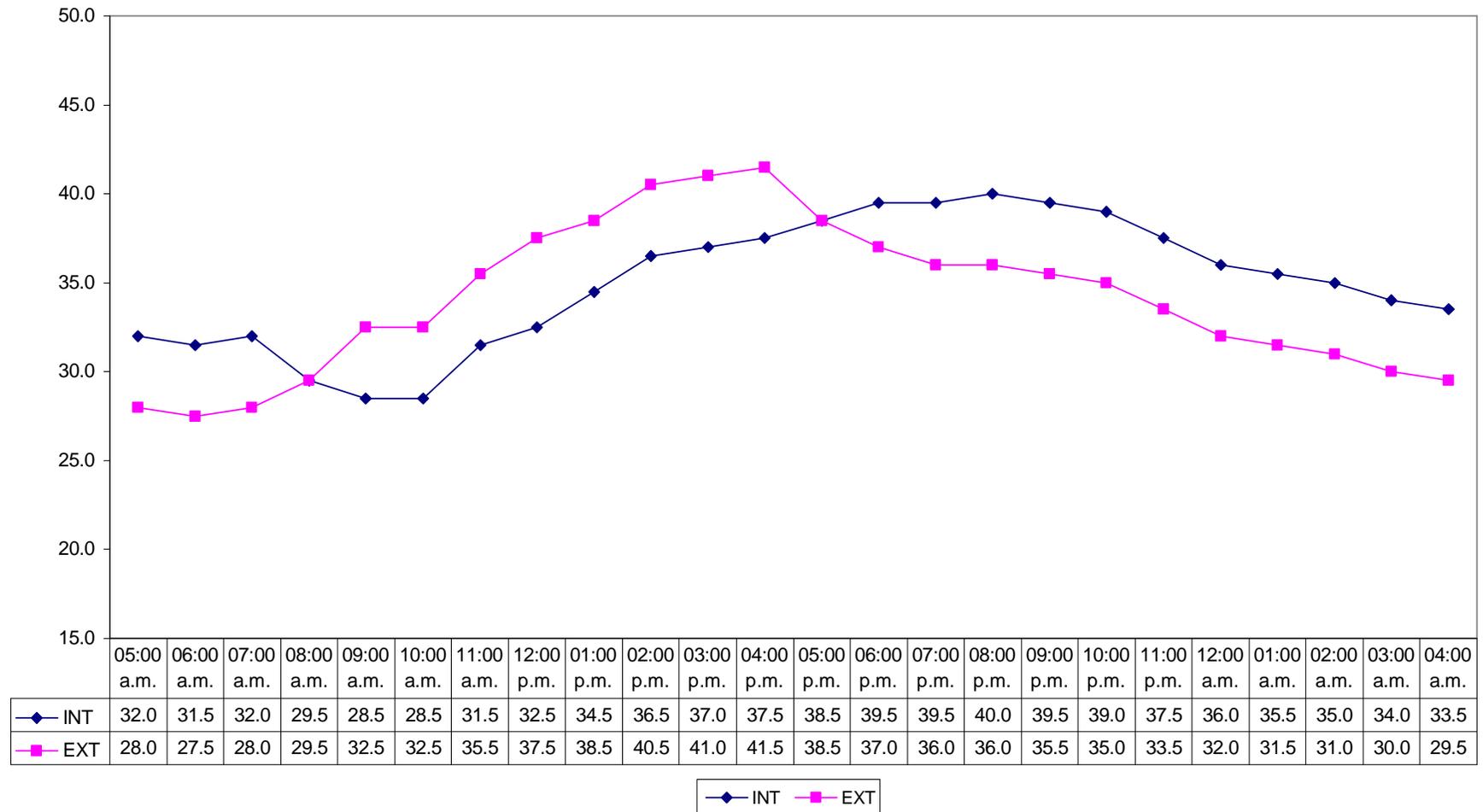


HORAS	CASA CON LOSA A DOS AGUAS								ORIENTACION NORTE - SUR								LOSA CON IMPERMEABILIZANTE ASFALTICO (OBSCURO)											
	COCINA		RECAMARA 1		COMEDOR		BAÑO		SALA		FACHADA PRINCIPAL				FACHADA POSTERIOR				FACHADA ESTE				FACHADA OESTE				CUMBRE	
	INT	EXT	INT	EXT	INT	EXT	INT	EXT	INT	EXT	INT-1.70	EXT-1.70	INT-1.20	EXT-1.20	INT-1.70	EXT-1.70	INT-1.20	EXT-1.20	INT-1.70	EXT-1.70	INT-1.20	EXT-1.20	INT-1.70	EXT-1.70	INT-1.20	EXT-1.20	INT	EXT
05:00 a.m.	32.0	28.0	32.0	28.0	30.0	26.0	34.0	30.0	26.0	30.0	28.0	29.0	27.0	35.0	33.0	34.0	32.0	32.5	30.5	31.5	29.5	32.0	30.0	31.0	29.0	30.5	26.5	
06:00 a.m.	31.5	27.5	31.5	27.5	29.5	25.5	33.5	29.5	25.5	29.5	27.5	28.5	26.5	34.5	32.5	33.5	31.5	32.0	30.0	31.0	29.0	31.5	29.5	30.5	28.5	30.0	26.0	
07:00 a.m.	32.0	28.0	32.0	28.0	30.0	26.0	34.0	30.0	26.0	29.5	27.5	28.5	26.5	34.5	32.5	33.5	31.5	32.0	30.0	31.0	29.0	31.5	29.5	30.5	28.5	30.5	26.5	
08:00 a.m.	29.5	29.5	29.5	29.5	27.5	27.5	31.5	31.5	27.5	27.5	30.0	30.0	29.0	29.0	35.0	35.0	34.0	34.0	32.5	32.5	31.5	31.5	32.0	32.0	31.0	31.0	28.0	28.0
09:00 a.m.	28.5	32.5	28.5	32.5	26.5	30.5	30.5	34.5	26.5	30.5	29.0	31.0	28.0	30.0	34.0	36.0	33.0	35.0	31.5	33.5	30.5	32.5	31.0	33.0	30.0	32.0	27.0	31.0
10:00 a.m.	28.5	32.5	28.5	32.5	26.5	30.5	30.5	34.5	26.5	30.5	30.0	32.0	29.0	31.0	35.0	37.0	34.0	36.0	32.5	34.5	31.5	33.5	32.0	34.0	31.0	33.0	27.0	31.0
11:00 a.m.	31.5	35.5	31.5	35.5	29.5	33.5	33.5	37.5	29.5	33.5	31.5	33.5	30.5	32.5	36.5	38.5	35.5	37.5	34.0	36.0	33.0	35.0	33.5	35.5	32.5	34.5	30.0	34.0
12:00 p.m.	32.5	37.5	32.5	37.5	30.5	35.5	34.5	39.5	30.5	35.5	33.0	35.0	32.0	34.0	38.0	40.0	37.0	39.0	35.5	37.5	34.5	36.5	35.0	37.0	34.0	36.0	31.0	36.0
01:00 p.m.	34.5	38.5	34.5	38.5	32.5	36.5	36.5	40.5	32.5	36.5	34.0	36.0	33.0	35.0	39.0	41.0	38.0	40.0	36.5	38.5	35.5	37.5	36.0	38.0	35.0	37.0	33.0	37.0
02:00 p.m.	36.5	40.5	36.5	40.5	34.5	38.5	38.5	42.5	34.5	38.5	35.0	37.0	34.0	36.0	40.0	42.0	39.0	41.0	37.5	39.5	36.5	38.5	37.0	39.0	36.0	38.0	35.0	39.0
03:00 p.m.	37.0	41.0	37.0	41.0	35.0	39.0	39.0	43.0	35.0	39.0	36.5	38.5	35.5	37.5	41.5	43.5	40.5	42.5	39.0	41.0	38.0	40.0	38.5	40.5	37.5	39.5	35.5	39.5
04:00 p.m.	37.5	41.5	37.5	41.5	35.5	39.5	39.5	43.5	35.5	39.5	34.0	32.0	33.0	31.0	39.0	37.0	38.0	36.0	36.5	34.5	35.5	33.5	36.0	34.0	35.0	33.0	36.0	40.0
05:00 p.m.	38.5	38.5	38.5	38.5	36.5	36.5	40.5	40.5	36.5	36.5	31.0	31.0	30.0	30.0	36.0	36.0	35.0	35.0	33.5	33.5	32.5	32.5	33.0	33.0	32.0	32.0	37.0	37.0
06:00 p.m.	39.5	37.0	39.5	37.0	37.5	35.0	41.5	39.0	37.5	35.0	30.5	28.5	29.5	27.5	35.5	33.5	34.5	32.5	33.0	31.0	32.0	30.0	32.5	30.5	31.5	29.5	38.0	35.5
07:00 p.m.	39.5	36.0	39.5	36.0	37.5	34.0	41.5	38.0	37.5	34.0	30.0	28.0	29.0	27.0	35.0	33.0	34.0	32.0	32.5	30.5	31.5	29.5	32.0	30.0	31.0	29.0	38.0	34.5
08:00 p.m.	40.0	36.0	40.0	36.0	38.0	34.0	42.0	38.0	38.0	34.0	29.5	27.5	28.5	26.5	34.5	32.5	33.5	31.5	32.0	30.0	31.0	29.0	31.5	29.5	30.5	28.5	38.5	34.5
09:00 p.m.	39.5	35.5	39.5	35.5	37.5	33.5	41.5	37.5	37.5	33.5	29.5	27.5	28.5	26.5	34.5	32.5	33.5	31.5	32.0	30.0	31.0	29.0	31.5	29.5	30.5	28.5	38.0	34.0
10:00 p.m.	39.0	35.0	39.0	35.0	37.0	33.0	41.0	37.0	37.0	33.0	29.0	27.0	28.0	26.0	34.0	32.0	33.0	31.0	31.5	29.5	30.5	28.5	31.0	29.0	30.0	28.0	37.5	33.5
11:00 p.m.	37.5	33.5	37.5	33.5	35.5	31.5	39.5	35.5	35.5	31.5	28.5	26.5	27.5	25.5	33.5	31.5	32.5	30.5	31.0	29.0	30.0	28.0	30.5	28.5	29.5	27.5	36.0	32.0
12:00 a.m.	36.0	32.0	36.0	32.0	34.0	30.0	38.0	34.0	34.0	30.0	28.0	26.0	27.0	25.0	33.0	31.0	32.0	30.0	30.5	28.5	29.5	27.5	30.0	28.0	29.0	27.0	34.5	30.5
01:00 a.m.	35.5	31.5	35.5	31.5	33.5	29.5	37.5	33.5	33.5	29.5	27.5	25.5	26.5	24.5	32.5	30.5	31.5	29.5	30.0	28.0	29.0	27.0	29.5	27.5	28.5	26.5	34.0	30.0
02:00 a.m.	35.0	31.0	35.0	31.0	33.0	29.0	37.0	33.0	33.0	29.0	27.0	25.0	26.0	24.0	32.0	30.0	31.0	29.0	29.5	27.5	28.5	26.5	29.0	27.0	28.0	26.0	33.5	29.5
03:00 a.m.	34.0	30.0	34.0	30.0	32.0	28.0	36.0	32.0	32.0	28.0	27.0	25.0	26.0	24.0	32.0	30.0	31.0	29.0	29.5	27.5	28.5	26.5	29.0	27.0	28.0	26.0	32.5	28.5
04:00 a.m.	33.5	29.5	33.5	29.5	31.5	27.5	35.5	31.5	31.5	27.5	26.5	24.5	25.5	23.5	31.5	29.5	30.5	28.5	29.0	27.0	28.0	26.0	28.5	26.5	27.5	25.5	32.0	28.0

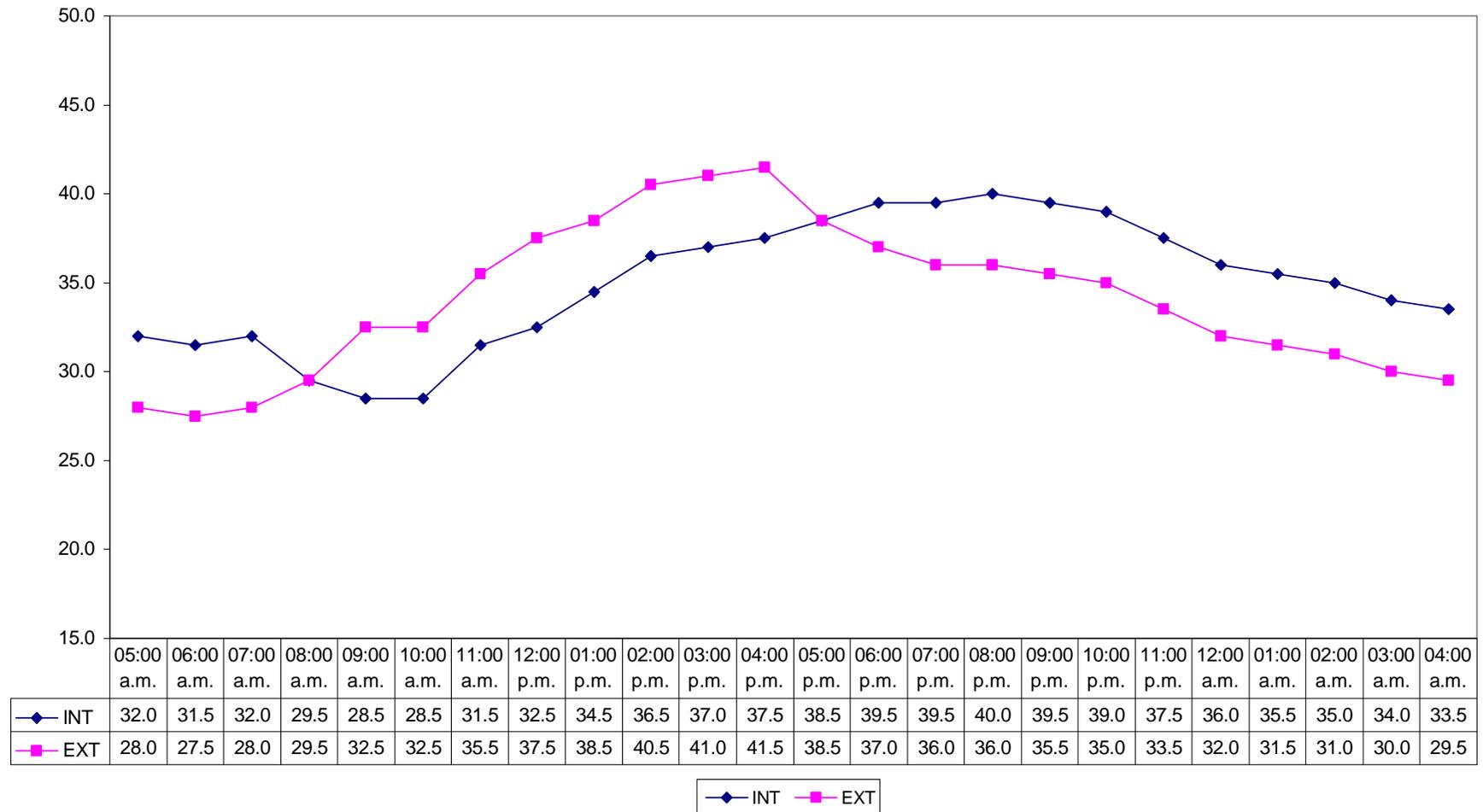
GRAFICA GENERAL - CASA LOSA DOS AGUAS - LOSA CON IMPERMEABILIZANTE ASFALTICO



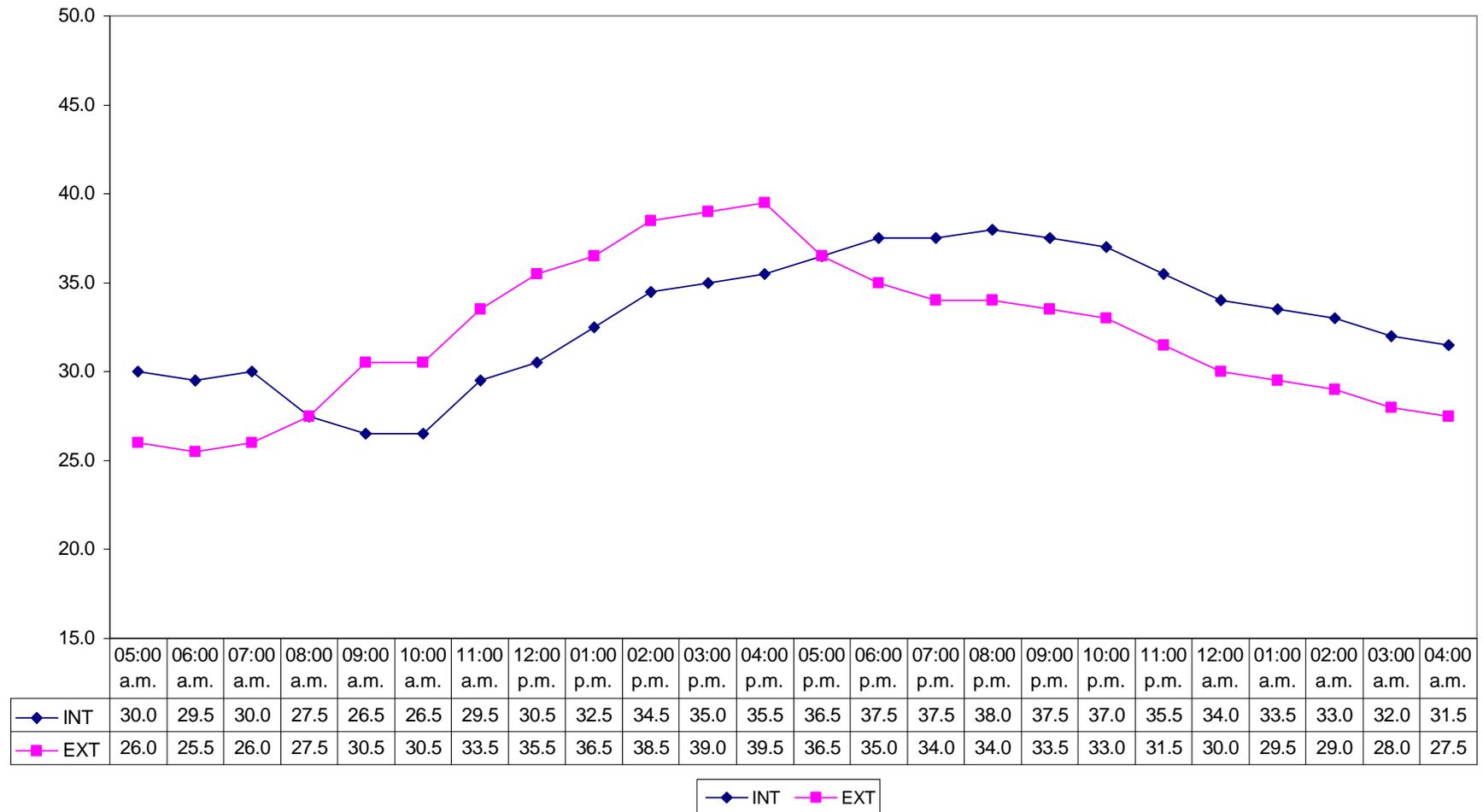
COCINA - CASA LOSA A DOS AGUAS - LOSA CON IMPERMEABILIZANTE ASFALTICO



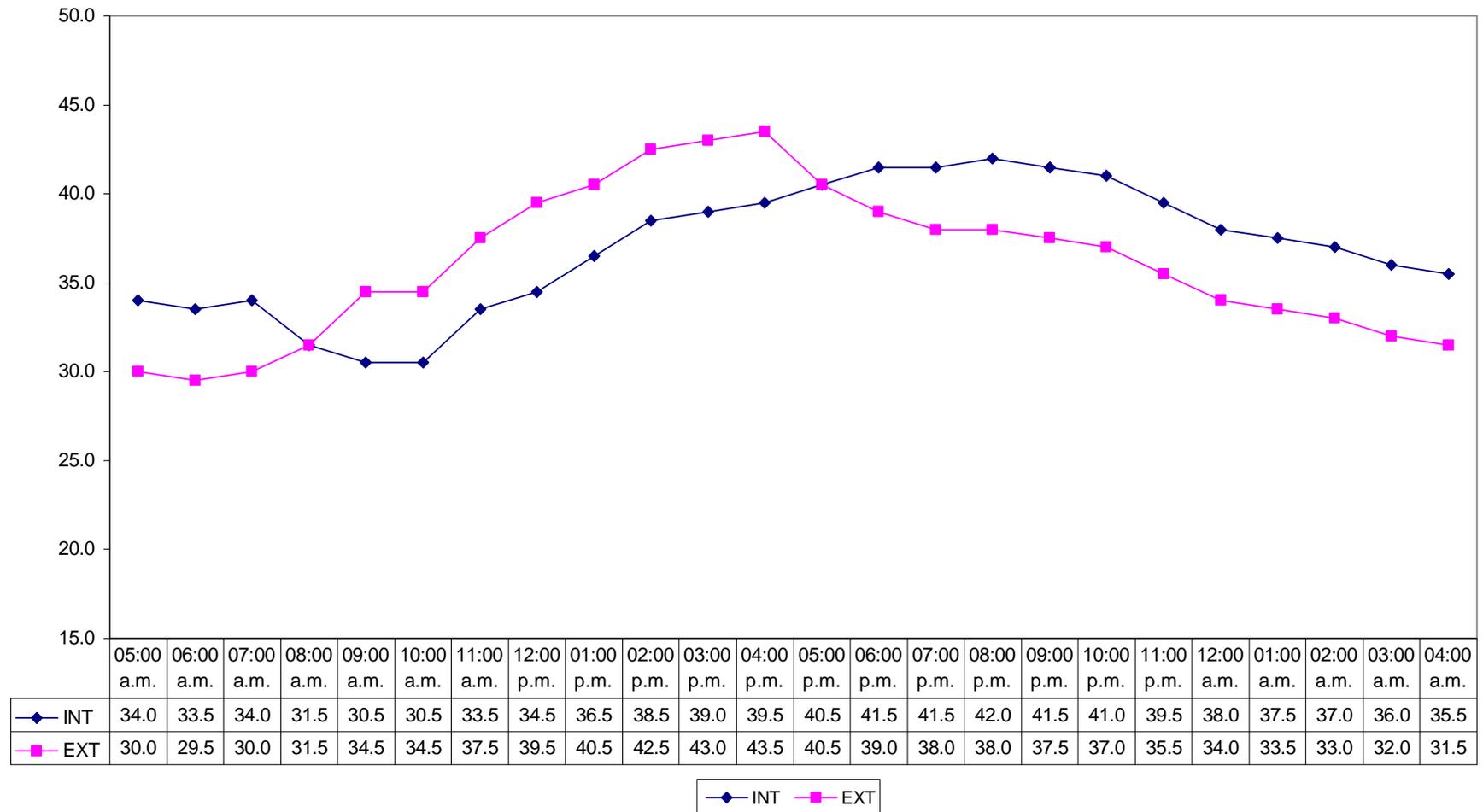
RECAMARA - CASA LOSA A DOS AGUAS - LOSA CON IMPERMEABILIZANTE ASFALTICO



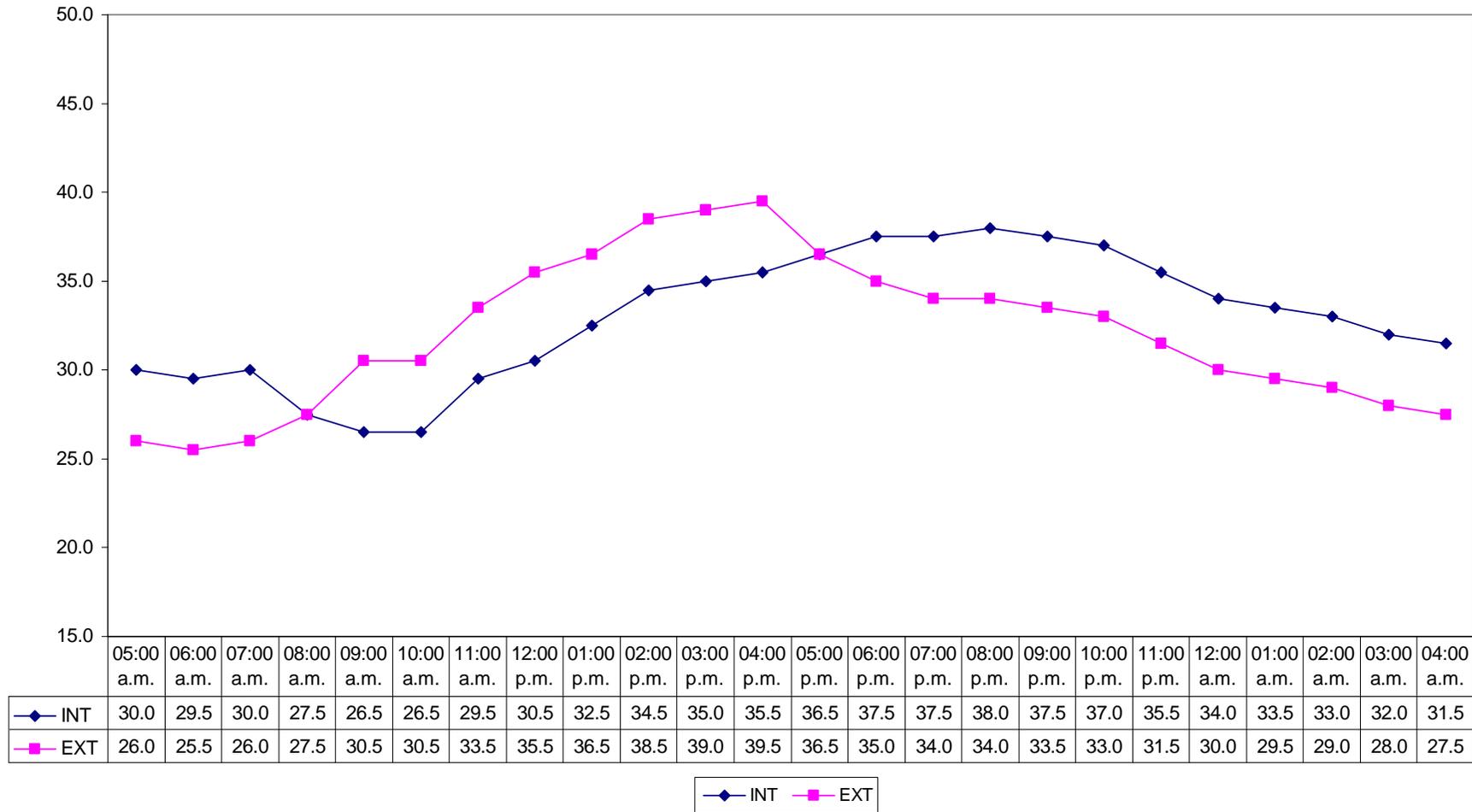
COMEDOR - CASA LOSA A DOS AGUAS - LOSA CON IMPERMEABILIZANTE ASFALTICO



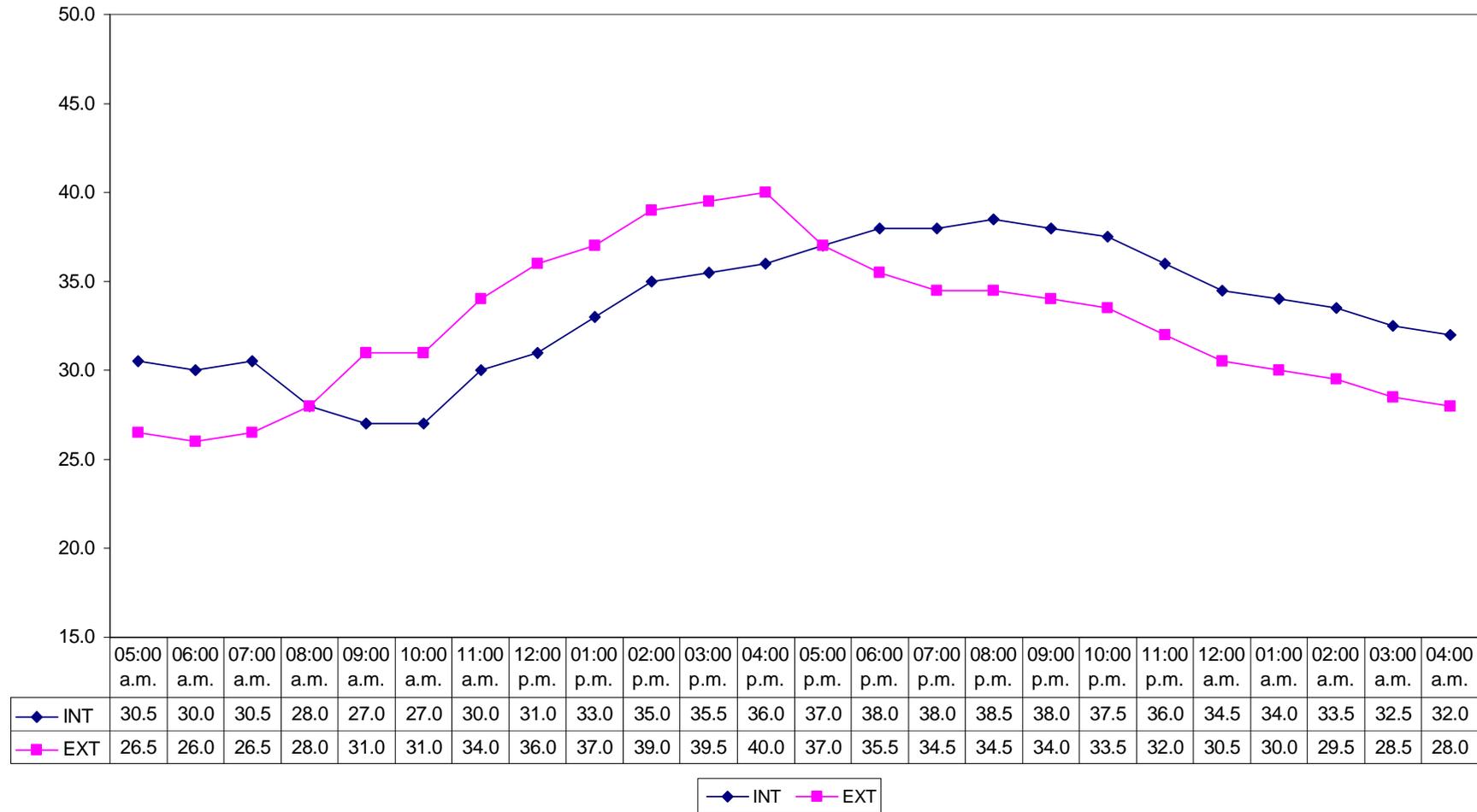
BAÑO - CASA LOSA A DOS AGUAS - LOSA CON IMPERMEABILIZANTE ASFALTICO



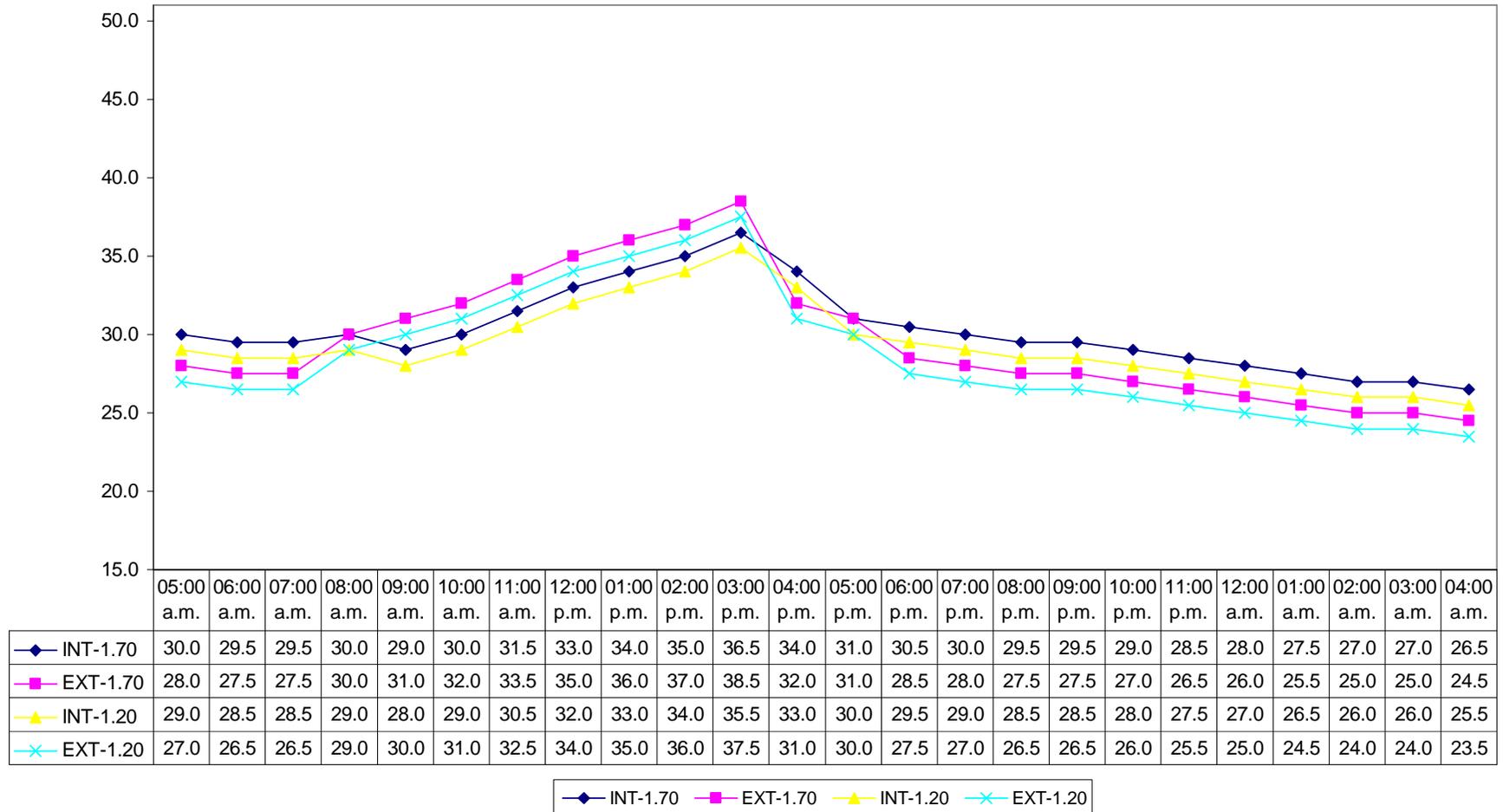
SALA - CASA LOSA A DOS AGUAS - LOSA CON IMPERMEABILIZANTE ASFALTICO



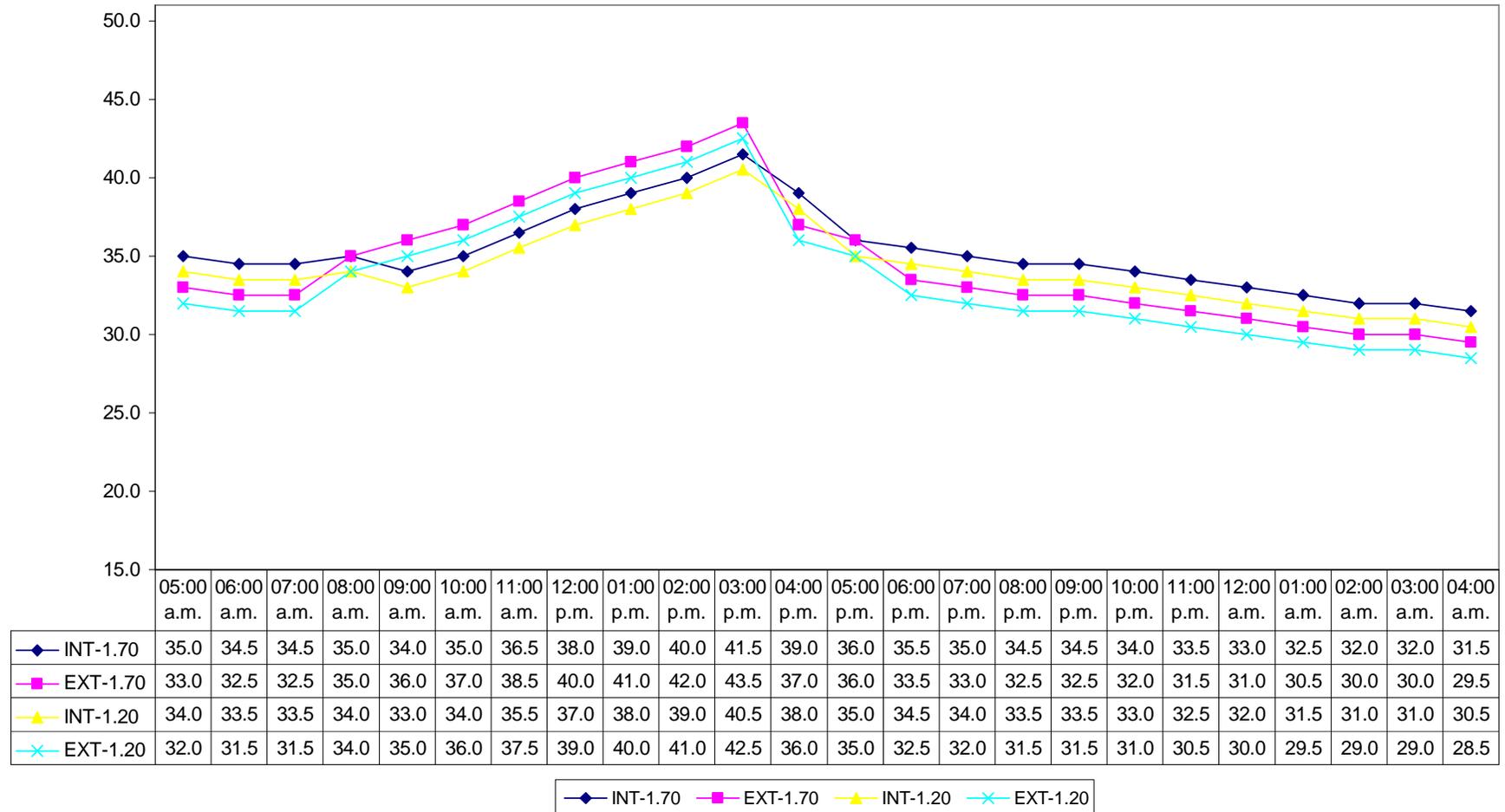
CUMBRE - CASA LOSA A DOS AGUAS - LOSA CON IMPERMEABILIZANTE ASFALTICO



FACHADA PRINCIPAL - CASA LOSA A DOS AGUAS - LOSA CON IMPERMEABILIZANTE ASFALTICO



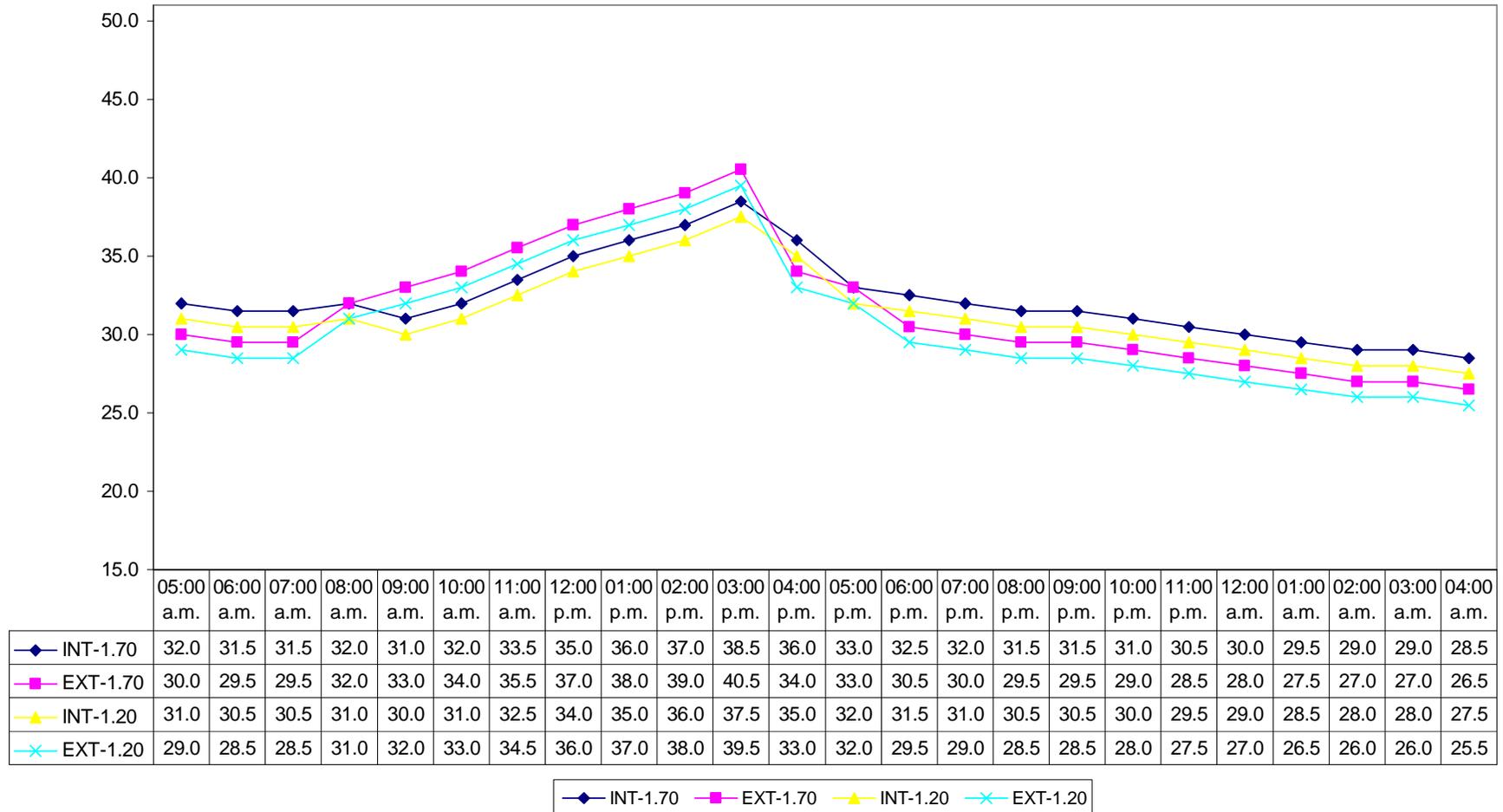
FACHADA POSTERIOR - CASA LOSA A DOS AGUAS - LOSA CON IMPERMEABILIZANTE ASFALTICO



FACHADA ESTE - CASA LOSA A DOS AGUAS - LOSA CON IMPERMEABILIZANTE ASFALTICO



FACHADA OESTE - CASA LOSA A DOS AGUAS - LOSA CON IMPERMEABILIZANTE ASFALTICO



6.2.3 - Losa plana y a dos aguas con impermeabilizante elastomerico – acabado claro.

Se toma las mismas losas antes estudiadas, pero se les implementa un impermeabilizante elastomerico, se le llama así pues contiene las cualidades elásticas del caucho natural, con reflejante solar, al ser de color blanco. El objetivo de realizar las mediciones con este tipo de impermeabilizante es ver como se refleja la radiación solar en una superficie blanca. En la equivalencia del mortero, se considero el aplanado interior de yeso.

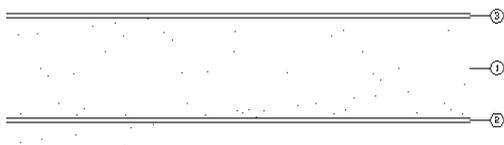


Imagen 50 - Losa plana con impermeabilizante elastomerico

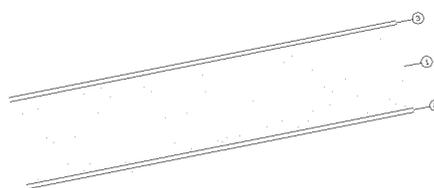


Imagen 51 -Losa a dos aguas con impermeabilizante elastomerico

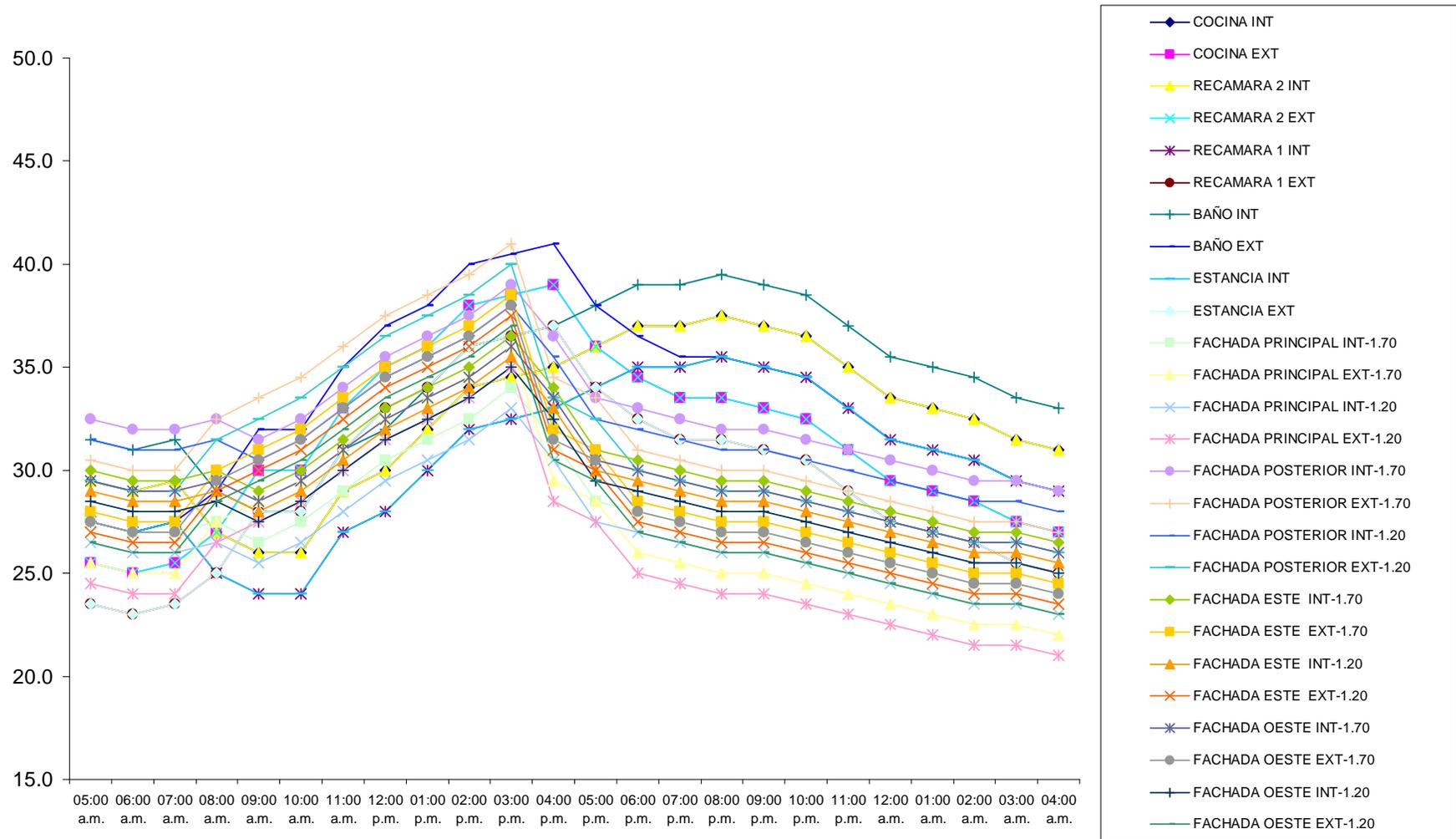
1	Mortero cemento arena 1:3
2	Malla de refuerzo
3	Impermeabilizante elastomerico

En este caso con el impermeabilizante elastomerico se detecto una disminución considerable de la temperatura exterior de las losas estudiada, comparada con las losas con impermeabilizante asfaltico, pero muy poca diferencia con la losa inicial de estudio.

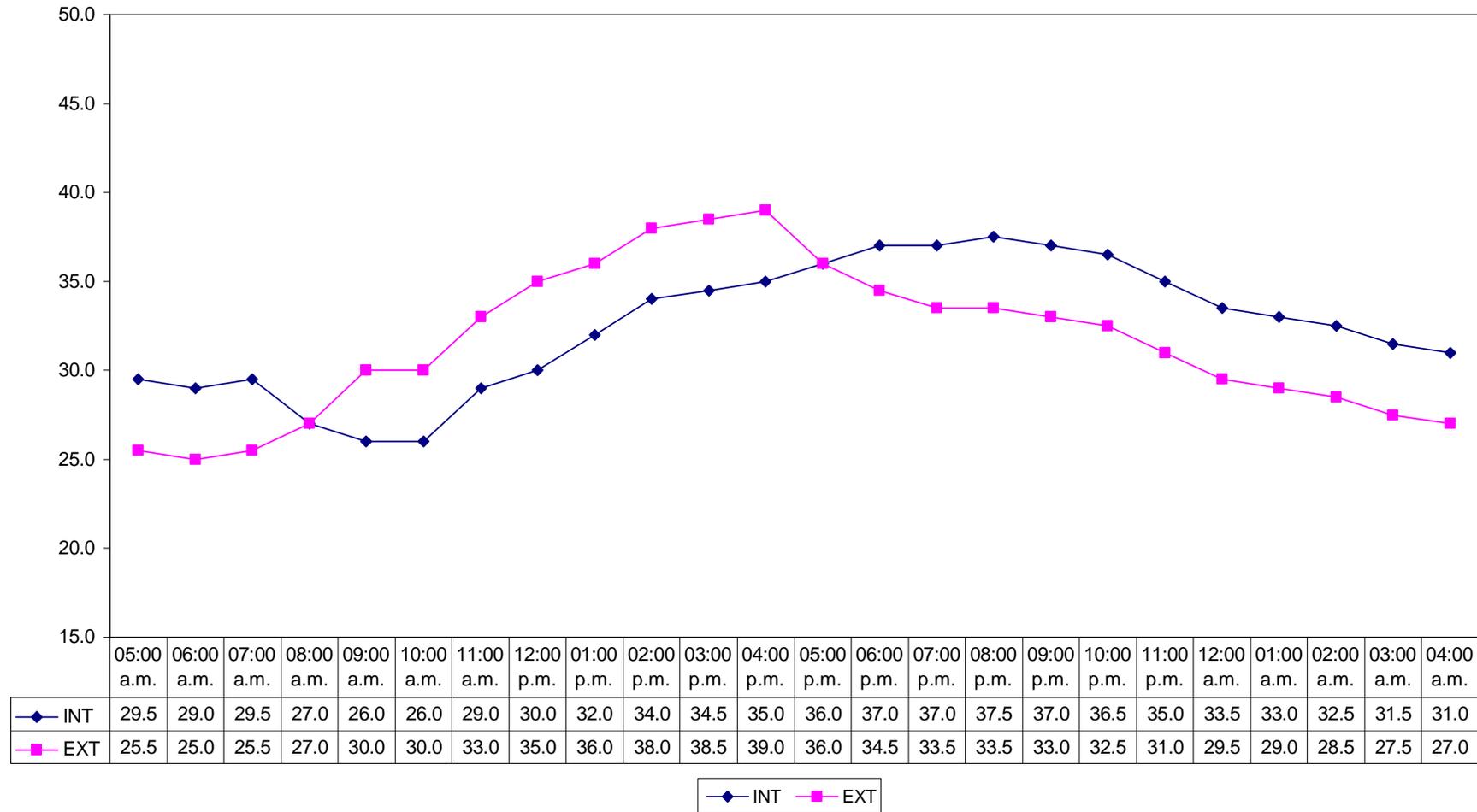
Se puede percibir que entre las mediciones de la losa inicial y la losa con impermeabilizante elastomerico, existe una disminución de aproximadamente 0.5°C, pero en cuanto a la diferencia entre los dos tipos de impermeabilizantes encontramos una diferencia de casi 5°C.

CASA CON LOSA PLANA																										ORIENTACION NORTE - SUR						LOSA CON IMPERMEABILIZANTE ELASTOMERICO (CLARO)											
HORAS	COCINA		RECAMARA 2		RECAMARA 1		BAÑO		ESTANCIA		FACHADA PRINCIPAL				FACHADA POSTERIOR				FACHADA ESTE				FACHADA OESTE																				
	INT	EXT	INT	EXT	INT	EXT	INT	EXT	INT	EXT	INT-1.70	EXT-1.70	INT-1.20	EXT-1.20	INT-1.70	EXT-1.70	INT-1.20	EXT-1.20	INT-1.70	EXT-1.70	INT-1.20	EXT-1.20	INT-1.70	EXT-1.70	INT-1.20	EXT-1.20																	
05:00 a.m.	29.5	25.5	29.5	25.5	27.5	23.5	31.5	27.5	27.5	23.5	27.5	25.5	26.5	24.5	32.5	30.5	31.5	29.5	30.0	28.0	29.0	27.0	29.5	27.5	28.5	26.5																	
06:00 a.m.	29.0	25.0	29.0	25.0	27.0	23.0	31.0	27.0	27.0	23.0	27.0	25.0	26.0	24.0	32.0	30.0	31.0	29.0	29.5	27.5	28.5	26.5	29.0	27.0	28.0	26.0																	
07:00 a.m.	29.5	25.5	29.5	25.5	27.5	23.5	31.5	27.5	27.5	23.5	27.0	25.0	26.0	24.0	32.0	30.0	31.0	29.0	29.5	27.5	28.5	26.5	29.0	27.0	28.0	26.0																	
08:00 a.m.	27.0	27.0	27.0	27.0	25.0	25.0	29.0	29.0	25.0	25.0	27.5	27.5	26.5	26.5	32.5	32.5	31.5	31.5	30.0	30.0	29.0	29.0	29.5	29.5	28.5	28.5																	
09:00 a.m.	26.0	30.0	26.0	30.0	24.0	28.0	28.0	32.0	24.0	28.0	26.5	28.5	25.5	27.5	31.5	33.5	30.5	32.5	29.0	31.0	28.0	30.0	28.5	30.5	27.5	29.5																	
10:00 a.m.	26.0	30.0	26.0	30.0	24.0	28.0	28.0	32.0	24.0	28.0	27.5	29.5	26.5	28.5	32.5	34.5	31.5	33.5	30.0	32.0	29.0	31.0	29.5	31.5	28.5	30.5																	
11:00 a.m.	29.0	33.0	29.0	33.0	27.0	31.0	31.0	35.0	27.0	31.0	29.0	31.0	28.0	30.0	34.0	36.0	33.0	35.0	31.5	33.5	30.5	32.5	31.0	33.0	30.0	32.0																	
12:00 p.m.	30.0	35.0	30.0	35.0	28.0	33.0	32.0	37.0	28.0	33.0	30.5	32.5	29.5	31.5	35.5	37.5	34.5	36.5	33.0	35.0	32.0	34.0	32.5	34.5	31.5	33.5																	
01:00 p.m.	32.0	36.0	32.0	36.0	30.0	34.0	34.0	38.0	30.0	34.0	31.5	33.5	30.5	32.5	36.5	38.5	35.5	37.5	34.0	36.0	33.0	35.0	33.5	35.5	32.5	34.5																	
02:00 p.m.	34.0	38.0	34.0	38.0	32.0	36.0	36.0	40.0	32.0	36.0	32.5	34.5	31.5	33.5	37.5	39.5	36.5	38.5	35.0	37.0	34.0	36.0	34.5	36.5	33.5	35.5																	
03:00 p.m.	34.5	38.5	34.5	38.5	32.5	36.5	36.5	40.5	32.5	36.5	34.0	36.0	33.0	35.0	39.0	41.0	38.0	40.0	36.5	38.5	35.5	37.5	36.0	38.0	35.0	37.0																	
04:00 p.m.	35.0	39.0	35.0	39.0	33.0	37.0	37.0	41.0	33.0	37.0	31.5	29.5	30.5	28.5	36.5	34.5	35.5	33.5	34.0	32.0	33.0	31.0	33.5	31.5	32.5	30.5																	
05:00 p.m.	36.0	36.0	36.0	36.0	34.0	34.0	38.0	38.0	34.0	34.0	28.5	28.5	27.5	27.5	33.5	33.5	32.5	32.5	31.0	31.0	30.0	30.0	30.5	30.5	29.5	29.5																	
06:00 p.m.	37.0	34.5	37.0	34.5	35.0	32.5	39.0	36.5	35.0	32.5	28.0	26.0	27.0	25.0	33.0	31.0	32.0	30.0	30.5	28.5	29.5	27.5	30.0	28.0	29.0	27.0																	
07:00 p.m.	37.0	33.5	37.0	33.5	35.0	31.5	39.0	35.5	35.0	31.5	27.5	25.5	26.5	24.5	32.5	30.5	31.5	29.5	30.0	28.0	29.0	27.0	29.5	27.5	28.5	26.5																	
08:00 p.m.	37.5	33.5	37.5	33.5	35.5	31.5	39.5	35.5	35.5	31.5	27.0	25.0	26.0	24.0	32.0	30.0	31.0	29.0	29.5	27.5	28.5	26.5	29.0	27.0	28.0	26.0																	
09:00 p.m.	37.0	33.0	37.0	33.0	35.0	31.0	39.0	35.0	35.0	31.0	27.0	25.0	26.0	24.0	32.0	30.0	31.0	29.0	29.5	27.5	28.5	26.5	29.0	27.0	28.0	26.0																	
10:00 p.m.	36.5	32.5	36.5	32.5	34.5	30.5	38.5	34.5	34.5	30.5	26.5	24.5	25.5	23.5	31.5	29.5	30.5	28.5	29.0	27.0	28.0	26.0	28.5	26.5	27.5	25.5																	
11:00 p.m.	35.0	31.0	35.0	31.0	33.0	29.0	37.0	33.0	33.0	29.0	26.0	24.0	25.0	23.0	31.0	29.0	30.0	28.0	28.5	26.5	27.5	25.5	28.0	26.0	27.0	25.0																	
12:00 a.m.	33.5	29.5	33.5	29.5	31.5	27.5	35.5	31.5	31.5	27.5	25.5	23.5	24.5	22.5	30.5	28.5	29.5	27.5	28.0	26.0	27.0	25.0	27.5	25.5	26.5	24.5																	
01:00 a.m.	33.0	29.0	33.0	29.0	31.0	27.0	35.0	31.0	31.0	27.0	25.0	23.0	24.0	22.0	30.0	28.0	29.0	27.0	27.5	25.5	26.5	24.5	27.0	25.0	26.0	24.0																	
02:00 a.m.	32.5	28.5	32.5	28.5	30.5	26.5	34.5	30.5	30.5	26.5	24.5	22.5	23.5	21.5	29.5	27.5	28.5	26.5	27.0	25.0	26.0	24.0	26.5	24.5	25.5	23.5																	
03:00 a.m.	31.5	27.5	31.5	27.5	29.5	25.5	33.5	29.5	29.5	25.5	24.5	22.5	23.5	21.5	29.5	27.5	28.5	26.5	27.0	25.0	26.0	24.0	26.5	24.5	25.5	23.5																	
04:00 a.m.	31.0	27.0	31.0	27.0	29.0	25.0	33.0	29.0	29.0	25.0	24.0	22.0	23.0	21.0	29.0	27.0	28.0	26.0	26.5	24.5	25.5	23.5	26.0	24.0	25.0	23.0																	

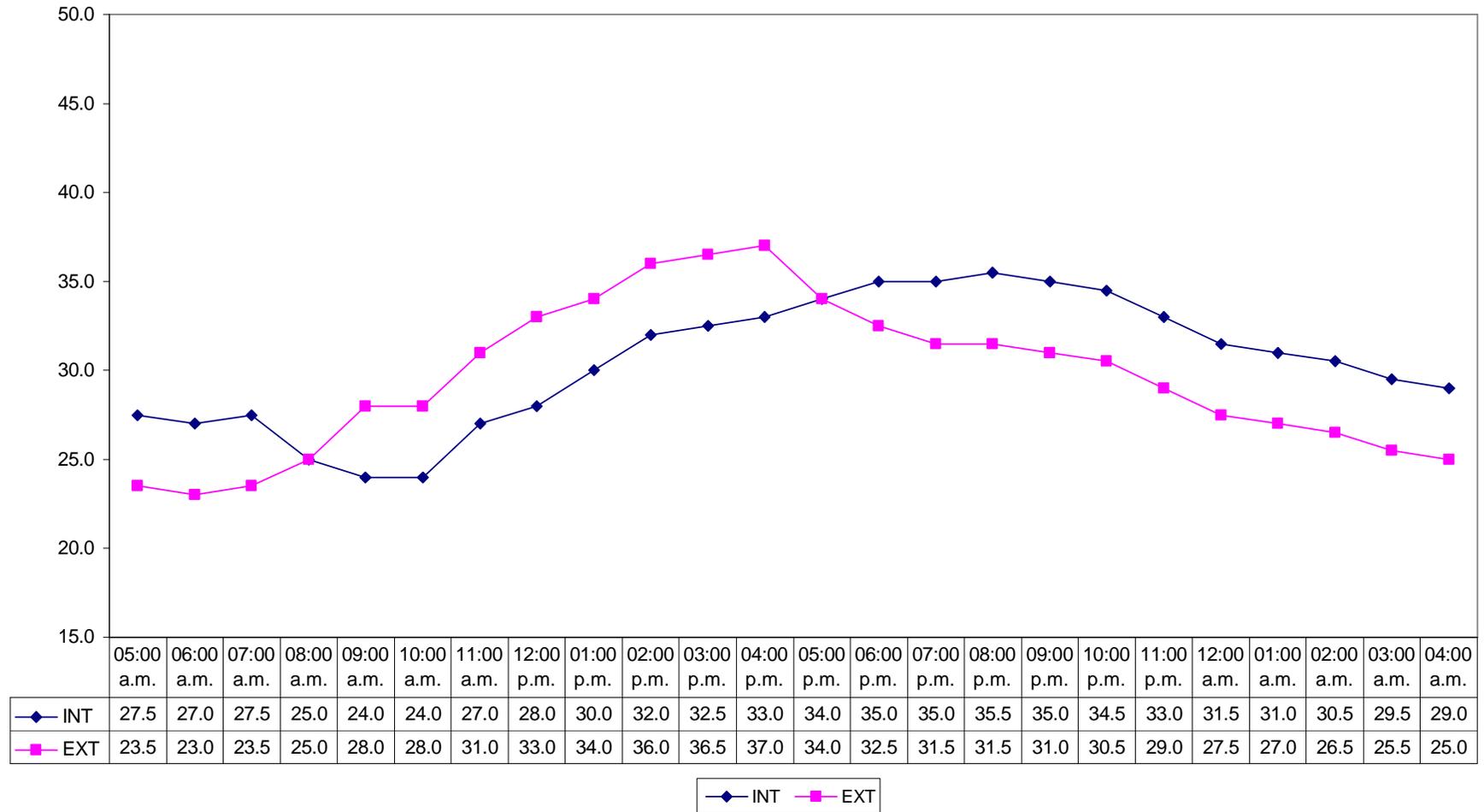
GRAFICA GENERAL - CASA LOSA PLANA - LOSA CON IMPERMEABILIZANTE ELASTOMERICO



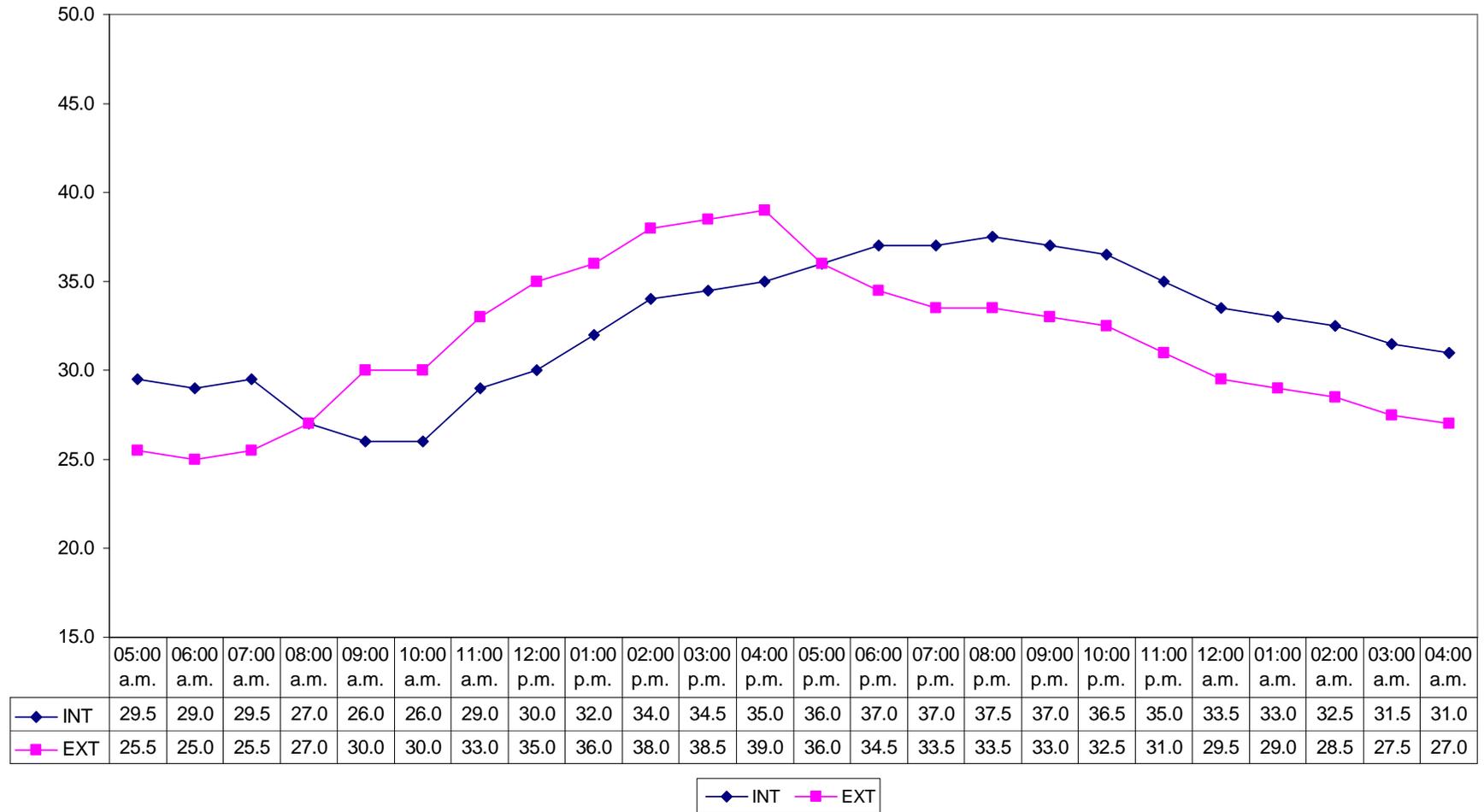
COCINA - CASA LOSA PLANA - LOSA CON IMPERMEABILIZANTE ELASTOMERICO



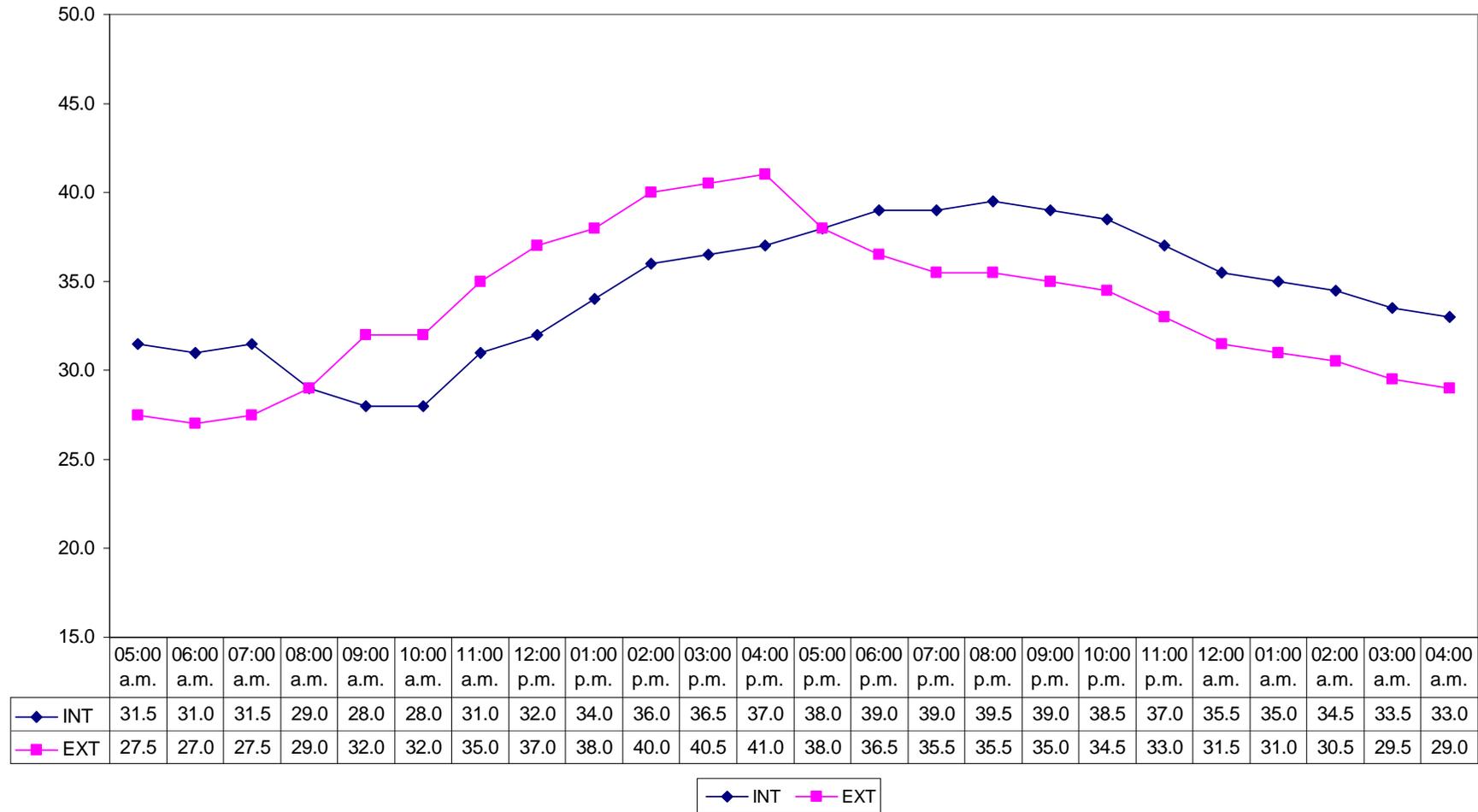
RECAMARA 1 - CASA LOSA PLANA - LOSA CON IMPERMEABILIZANTE ELASTOMERICO



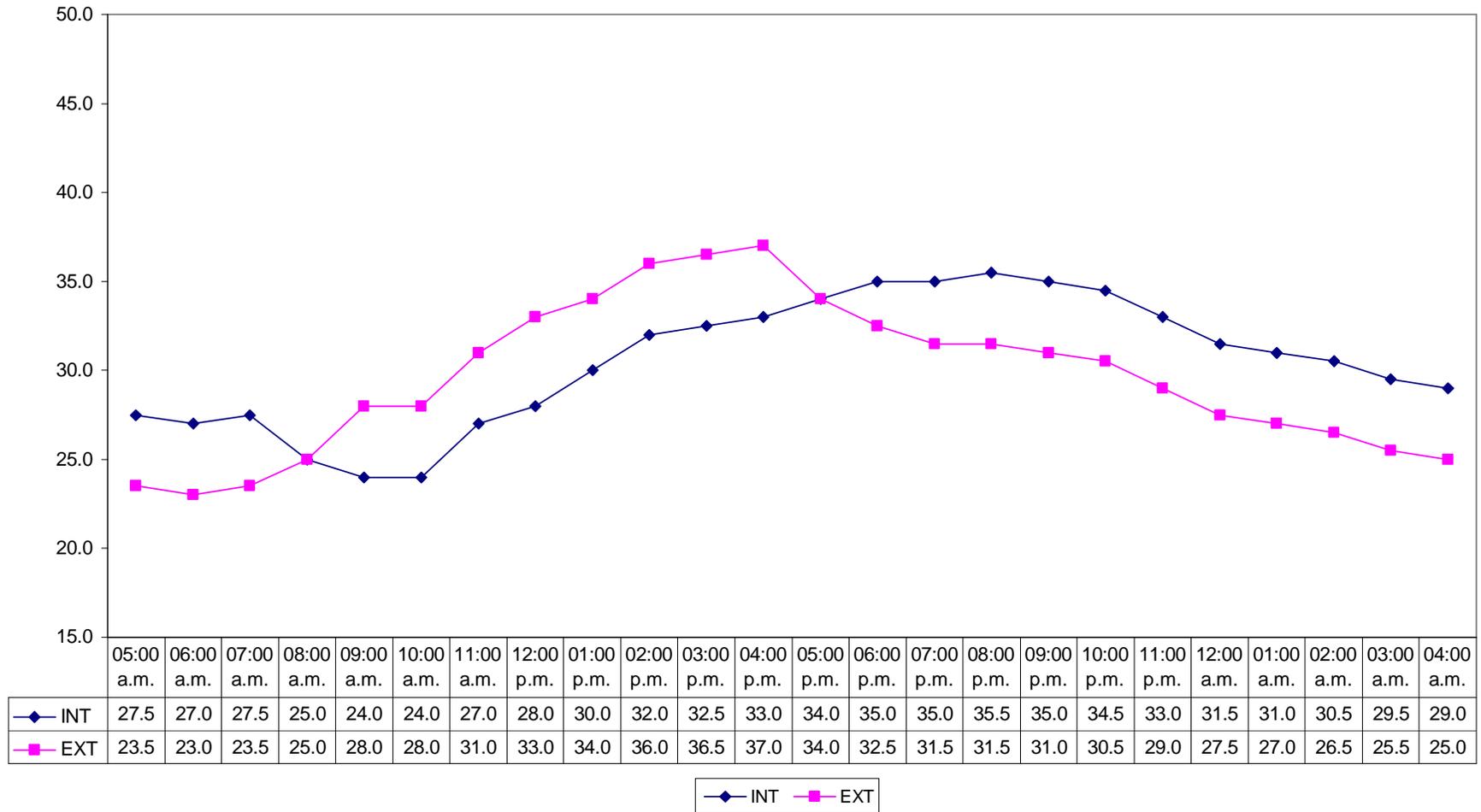
RECAMARA 2 - CASA LOSA PLANA - LOSA CON IMPERMEABILIZANTE ELASTOMERICO



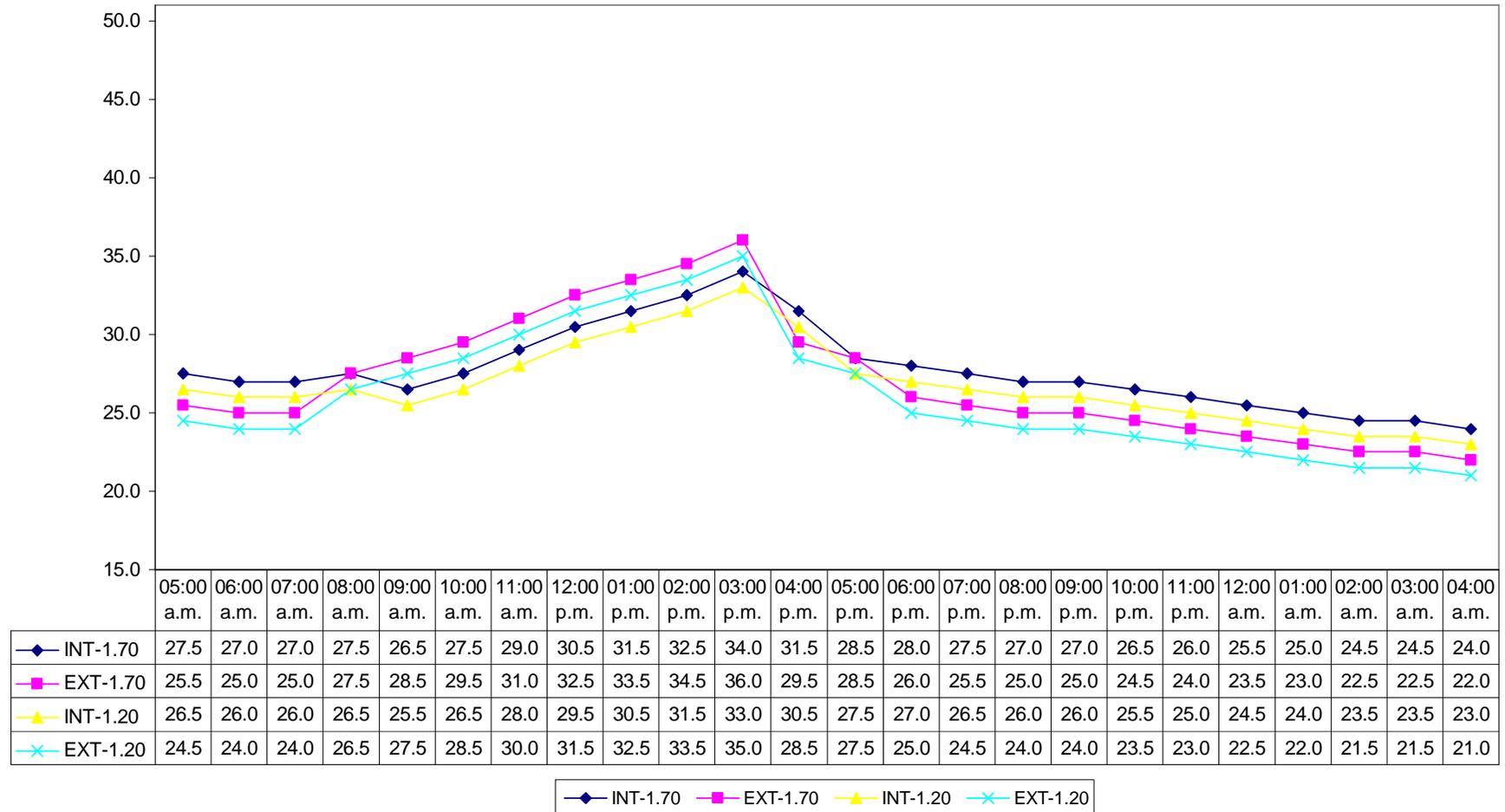
BAÑO - CASA LOSA PLANA - LOSA CON IMPERMEABILIZANTE ELASTOMERICO



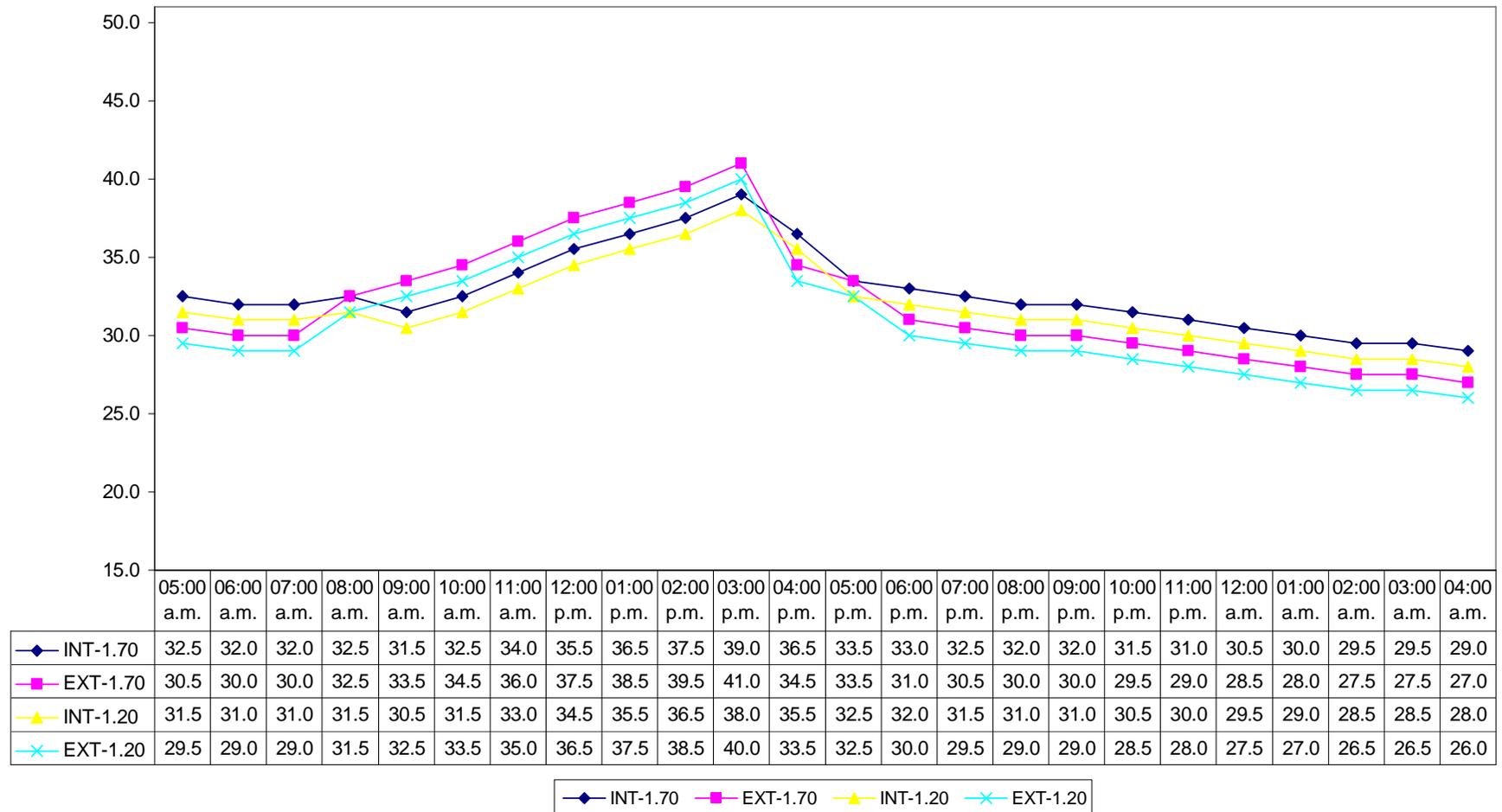
ESTANCIA - CASA LOSA PLANA - LOSA CON IMPERMEABILIZANTE ELASTOMERICO



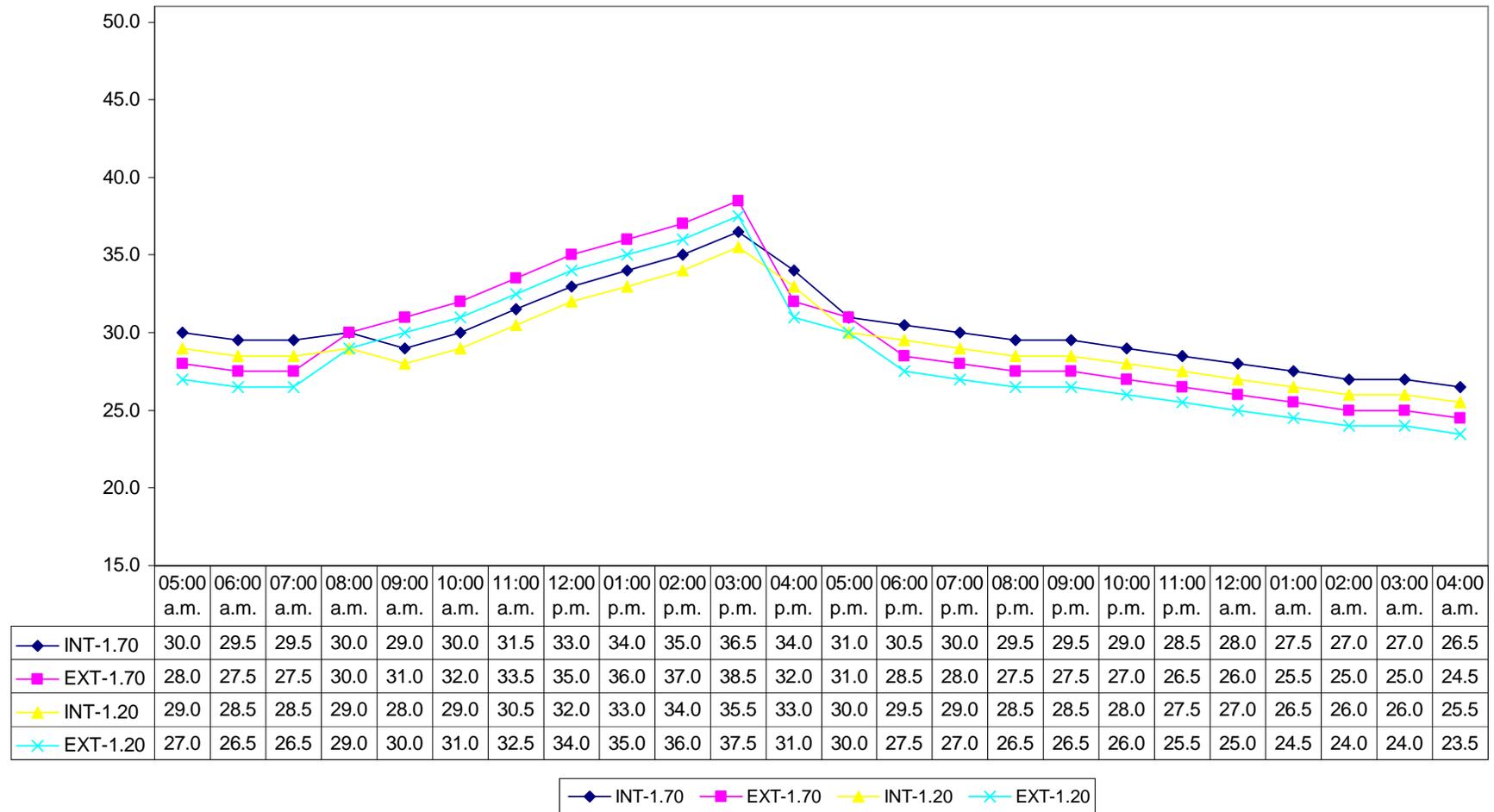
FACHADA PRINCIPAL - CASA LOSA PLANA - LOSA CON IMPERMEABILIZANTE ELASTOMERICO



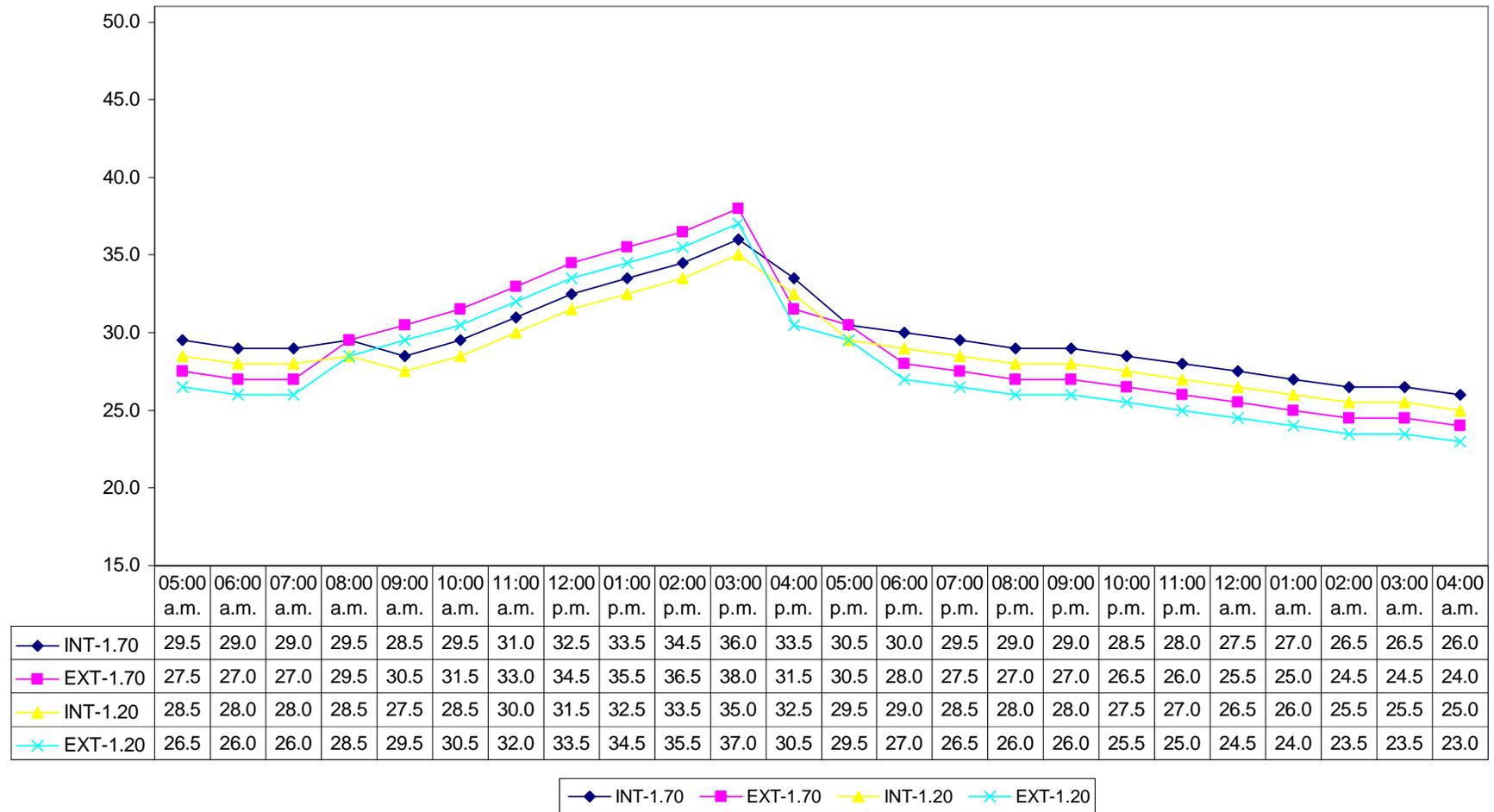
FACHADA POSTERIOR - CASA LOSA PLANA - LOSA CON IMPERMEABILIZANTE ELASTOMERICO



FACHADA ESTE - CASA LOSA PLANA - LOSA CON IMPERMEABILIZANTE ELASTOMERICO

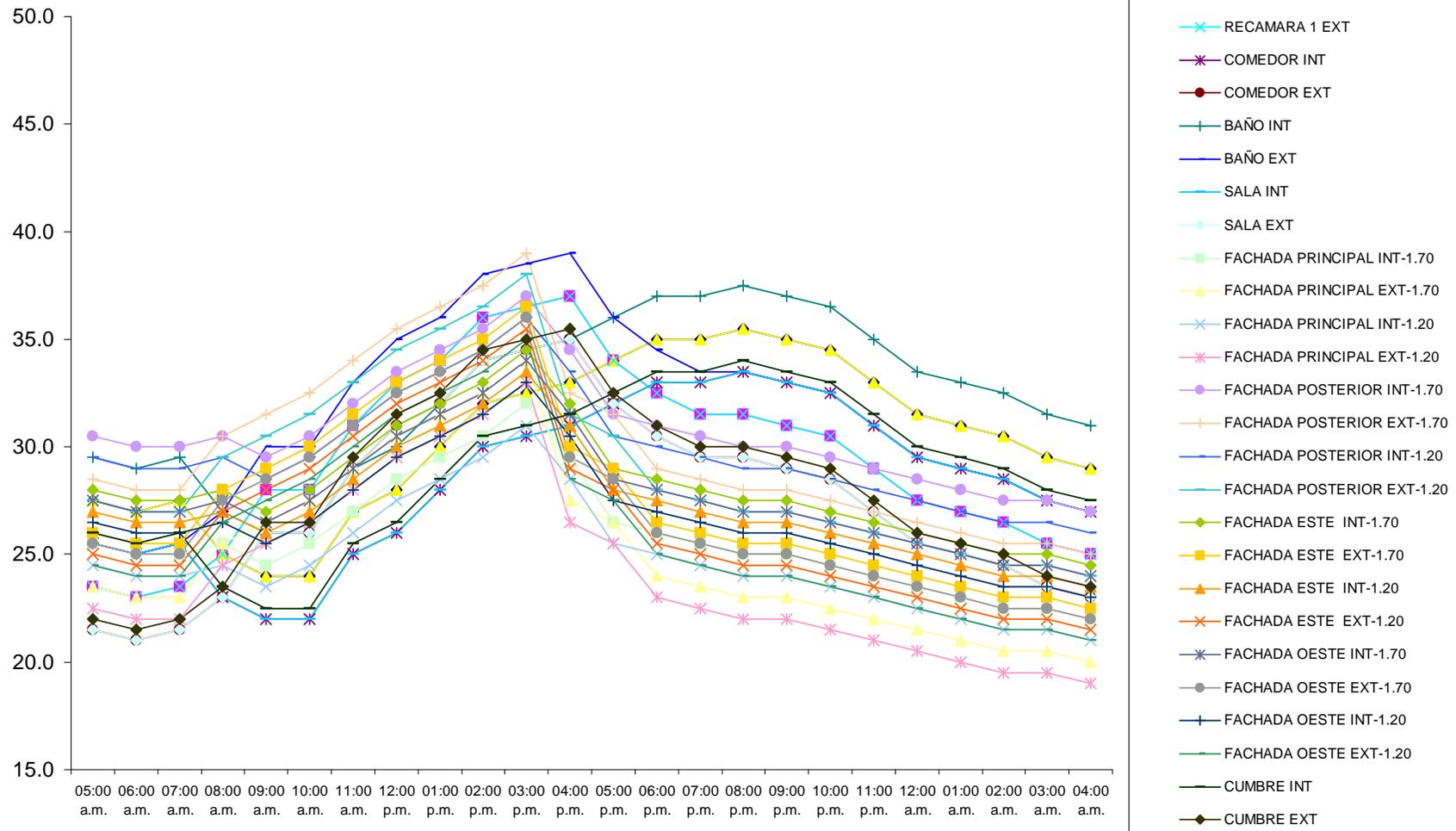


FACHADA OESTE - CASA LOSA PLANA - LOSA CON IMPERMEABILIZANTE ELASTOMERICO

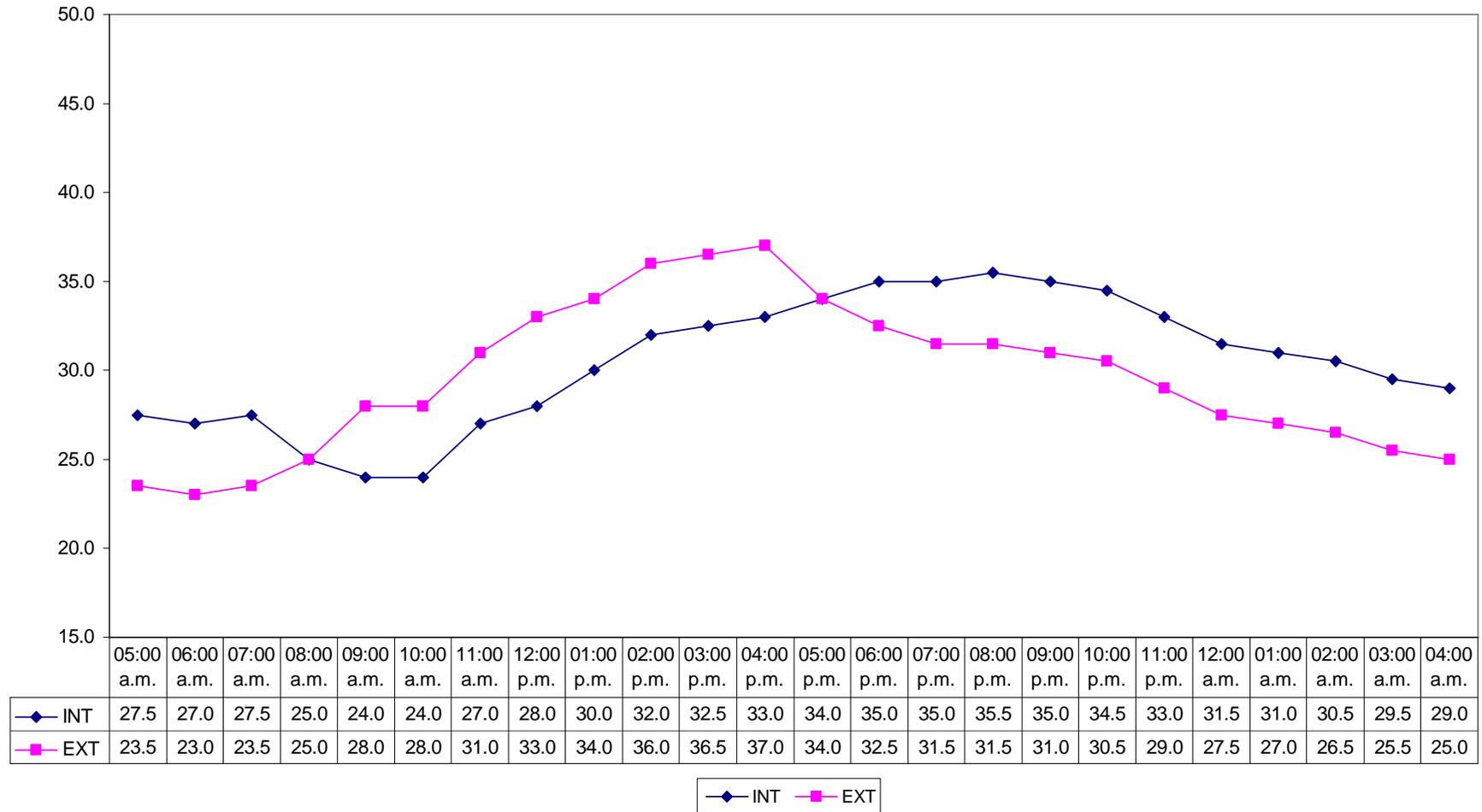


CASA CON LOSA A DOS AGUAS				ORIENTACION NORTE - SUR								LOSA CON IMPERMEABILIZANTE ELASTOMERICO (CLARO)																
HORAS	COCINA		RECAMARA 1		COMEDOR		BAÑO		SALA		FACHADA PRINCIPAL				FACHADA POSTERIOR				FACHADA ESTE				FACHADA OESTE				CUMBRE	
	INT	EXT	INT	EXT	INT	EXT	INT	EXT	INT	EXT	INT-1.70	EXT-1.70	INT-1.20	EXT-1.20	INT-1.70	EXT-1.70	INT-1.20	EXT-1.20	INT-1.70	EXT-1.70	INT-1.20	EXT-1.20	INT-1.70	EXT-1.70	INT-1.20	EXT-1.20	INT	EXT
05:00 a.m.	27.5	23.5	27.5	23.5	25.5	21.5	29.5	25.5	21.5	25.5	23.5	24.5	22.5	30.5	28.5	29.5	27.5	28.0	26.0	27.0	25.0	27.5	25.5	26.5	24.5	26.0	22.0	
06:00 a.m.	27.0	23.0	27.0	23.0	25.0	21.0	29.0	25.0	21.0	25.0	23.0	24.0	22.0	30.0	28.0	29.0	27.0	27.5	25.5	26.5	24.5	27.0	25.0	26.0	24.0	25.5	21.5	
07:00 a.m.	27.5	23.5	27.5	23.5	25.5	21.5	29.5	25.5	21.5	25.0	23.0	24.0	22.0	30.0	28.0	29.0	27.0	27.5	25.5	26.5	24.5	27.0	25.0	26.0	24.0	26.0	22.0	
08:00 a.m.	25.0	25.0	25.0	25.0	23.0	23.0	27.0	27.0	23.0	23.0	25.5	25.5	24.5	24.5	30.5	30.5	29.5	29.5	28.0	28.0	27.0	27.0	27.5	27.5	26.5	26.5	23.5	23.5
09:00 a.m.	24.0	28.0	24.0	28.0	22.0	26.0	26.0	30.0	22.0	26.0	24.5	26.5	23.5	25.5	29.5	31.5	28.5	30.5	27.0	29.0	26.0	28.0	26.5	28.5	25.5	27.5	22.5	26.5
10:00 a.m.	24.0	28.0	24.0	28.0	22.0	26.0	26.0	30.0	22.0	26.0	25.5	27.5	24.5	26.5	30.5	32.5	29.5	31.5	28.0	30.0	27.0	29.0	27.5	29.5	26.5	28.5	22.5	26.5
11:00 a.m.	27.0	31.0	27.0	31.0	25.0	29.0	29.0	33.0	25.0	29.0	27.0	29.0	26.0	28.0	32.0	34.0	31.0	33.0	29.5	31.5	28.5	30.5	29.0	31.0	28.0	30.0	25.5	29.5
12:00 p.m.	28.0	33.0	28.0	33.0	26.0	31.0	30.0	35.0	26.0	31.0	28.5	30.5	27.5	29.5	33.5	35.5	32.5	34.5	31.0	33.0	30.0	32.0	30.5	32.5	29.5	31.5	26.5	31.5
01:00 p.m.	30.0	34.0	30.0	34.0	28.0	32.0	32.0	36.0	28.0	32.0	29.5	31.5	28.5	30.5	34.5	36.5	33.5	35.5	32.0	34.0	31.0	33.0	31.5	33.5	30.5	32.5	28.5	32.5
02:00 p.m.	32.0	36.0	32.0	36.0	30.0	34.0	34.0	38.0	30.0	34.0	30.5	32.5	29.5	31.5	35.5	37.5	34.5	36.5	33.0	35.0	32.0	34.0	32.5	34.5	31.5	33.5	30.5	34.5
03:00 p.m.	32.5	36.5	32.5	36.5	30.5	34.5	34.5	38.5	30.5	34.5	32.0	34.0	31.0	33.0	37.0	39.0	36.0	38.0	34.5	36.5	33.5	35.5	34.0	36.0	33.0	35.0	31.0	35.0
04:00 p.m.	33.0	37.0	33.0	37.0	31.0	35.0	35.0	39.0	31.0	35.0	29.5	27.5	28.5	26.5	34.5	32.5	33.5	31.5	32.0	30.0	31.0	29.0	31.5	29.5	30.5	28.5	31.5	35.5
05:00 p.m.	34.0	34.0	34.0	34.0	32.0	32.0	36.0	36.0	32.0	32.0	26.5	26.5	25.5	25.5	31.5	31.5	30.5	30.5	29.0	29.0	28.0	28.0	28.5	28.5	27.5	27.5	32.5	32.5
06:00 p.m.	35.0	32.5	35.0	32.5	33.0	30.5	37.0	34.5	33.0	30.5	26.0	24.0	25.0	23.0	31.0	29.0	30.0	28.0	28.5	26.5	27.5	25.5	28.0	26.0	27.0	25.0	33.5	31.0
07:00 p.m.	35.0	31.5	35.0	31.5	33.0	29.5	37.0	33.5	33.0	29.5	25.5	23.5	24.5	22.5	30.5	28.5	29.5	27.5	28.0	26.0	27.0	25.0	27.5	25.5	26.5	24.5	33.5	30.0
08:00 p.m.	35.5	31.5	35.5	31.5	33.5	29.5	37.5	33.5	33.5	29.5	25.0	23.0	24.0	22.0	30.0	28.0	29.0	27.0	27.5	25.5	26.5	24.5	27.0	25.0	26.0	24.0	34.0	30.0
09:00 p.m.	35.0	31.0	35.0	31.0	33.0	29.0	37.0	33.0	33.0	29.0	25.0	23.0	24.0	22.0	30.0	28.0	29.0	27.0	27.5	25.5	26.5	24.5	27.0	25.0	26.0	24.0	33.5	29.5
10:00 p.m.	34.5	30.5	34.5	30.5	32.5	28.5	36.5	32.5	32.5	28.5	24.5	22.5	23.5	21.5	29.5	27.5	28.5	26.5	27.0	25.0	26.0	24.0	26.5	24.5	25.5	23.5	33.0	29.0
11:00 p.m.	33.0	29.0	33.0	29.0	31.0	27.0	35.0	31.0	31.0	27.0	24.0	22.0	23.0	21.0	29.0	27.0	28.0	26.0	26.5	24.5	25.5	23.5	26.0	24.0	25.0	23.0	31.5	27.5
12:00 a.m.	31.5	27.5	31.5	27.5	29.5	25.5	33.5	29.5	29.5	25.5	23.5	21.5	22.5	20.5	28.5	26.5	27.5	25.5	26.0	24.0	25.0	23.0	25.5	23.5	24.5	22.5	30.0	26.0
01:00 a.m.	31.0	27.0	31.0	27.0	29.0	25.0	33.0	29.0	29.0	25.0	23.0	21.0	22.0	20.0	28.0	26.0	27.0	25.0	25.5	23.5	24.5	22.5	25.0	23.0	24.0	22.0	29.5	25.5
02:00 a.m.	30.5	26.5	30.5	26.5	28.5	24.5	32.5	28.5	28.5	24.5	22.5	20.5	21.5	19.5	27.5	25.5	26.5	24.5	25.0	23.0	24.0	22.0	24.5	22.5	23.5	21.5	29.0	25.0
03:00 a.m.	29.5	25.5	29.5	25.5	27.5	23.5	31.5	27.5	27.5	23.5	22.5	20.5	21.5	19.5	27.5	25.5	26.5	24.5	25.0	23.0	24.0	22.0	24.5	22.5	23.5	21.5	28.0	24.0
04:00 a.m.	29.0	25.0	29.0	25.0	27.0	23.0	31.0	27.0	27.0	23.0	22.0	20.0	21.0	19.0	27.0	25.0	26.0	24.0	24.5	22.5	23.5	21.5	24.0	22.0	23.0	21.0	27.5	23.5

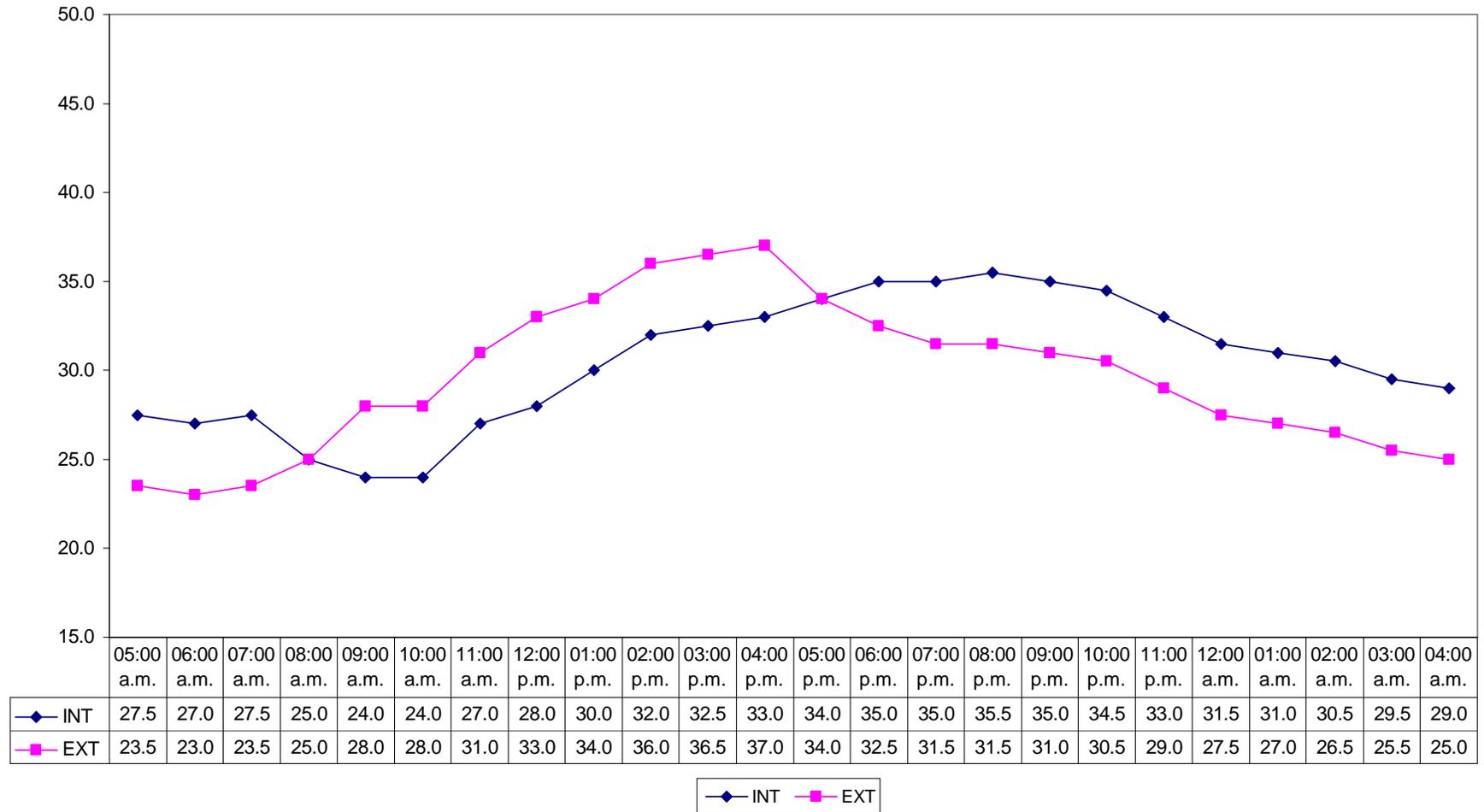
GRAFICA GENERAL - CASA LOSA DOS AGUAS - LOSA CON IMPERMEABILIZANTE ELASTOMERICO



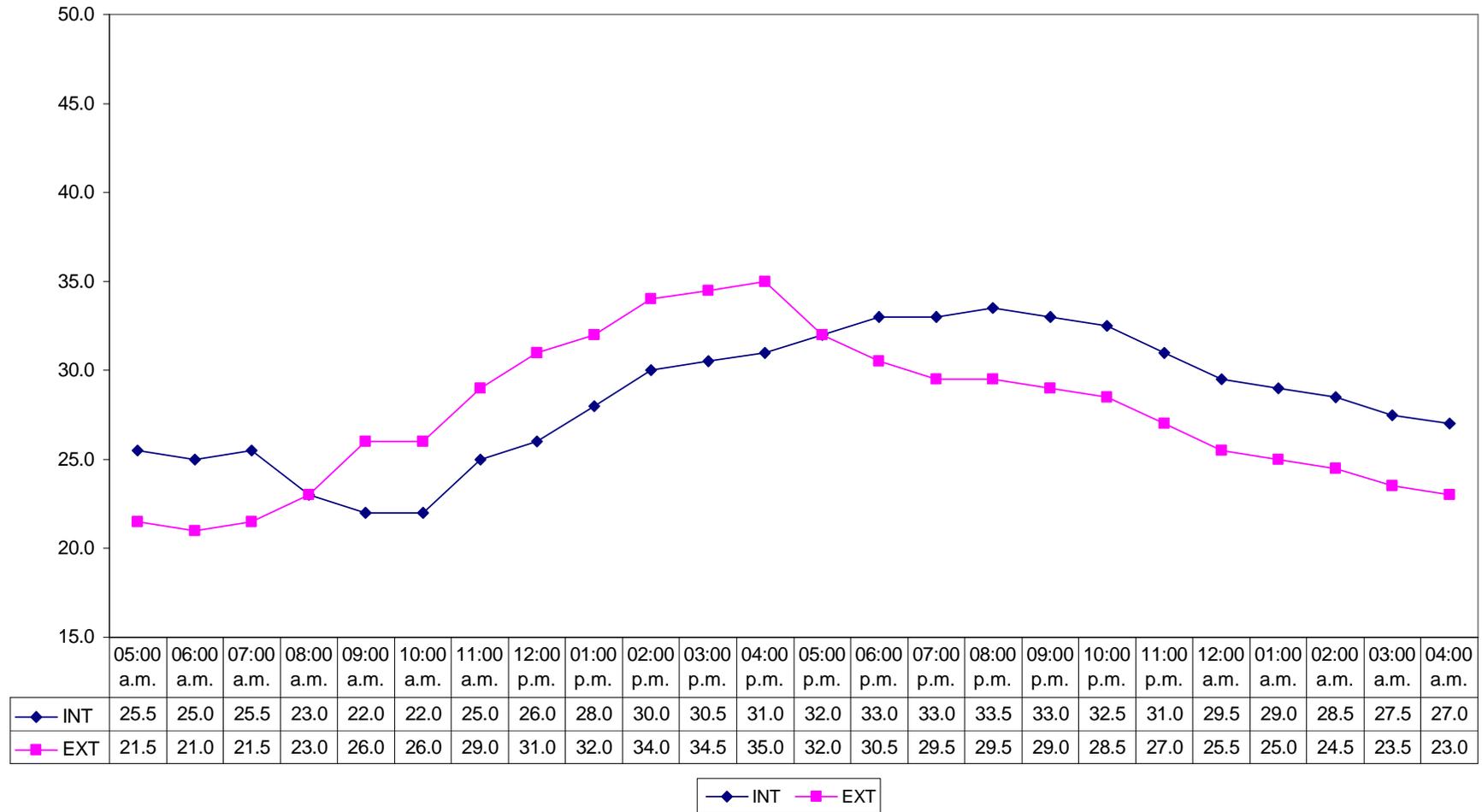
COCINA - CASA LOSA A DOS AGUAS - LOSA CON IMPERMEABILIZANTE ELASTOMERICO



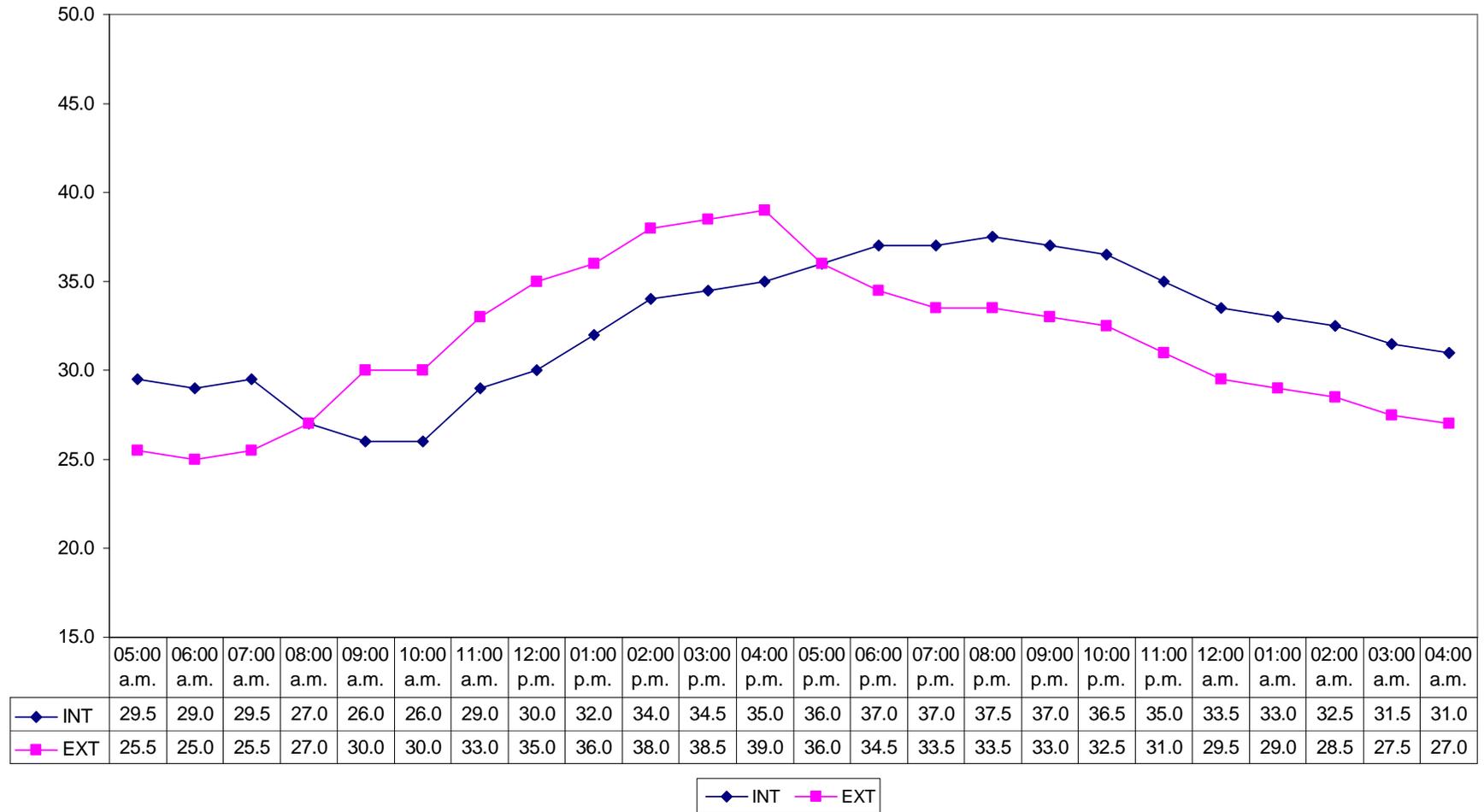
RECAMARA - CASA LOSA A DOS AGUAS - LOSA CON IMPERMEABILIZANTE ELASTOMERICO



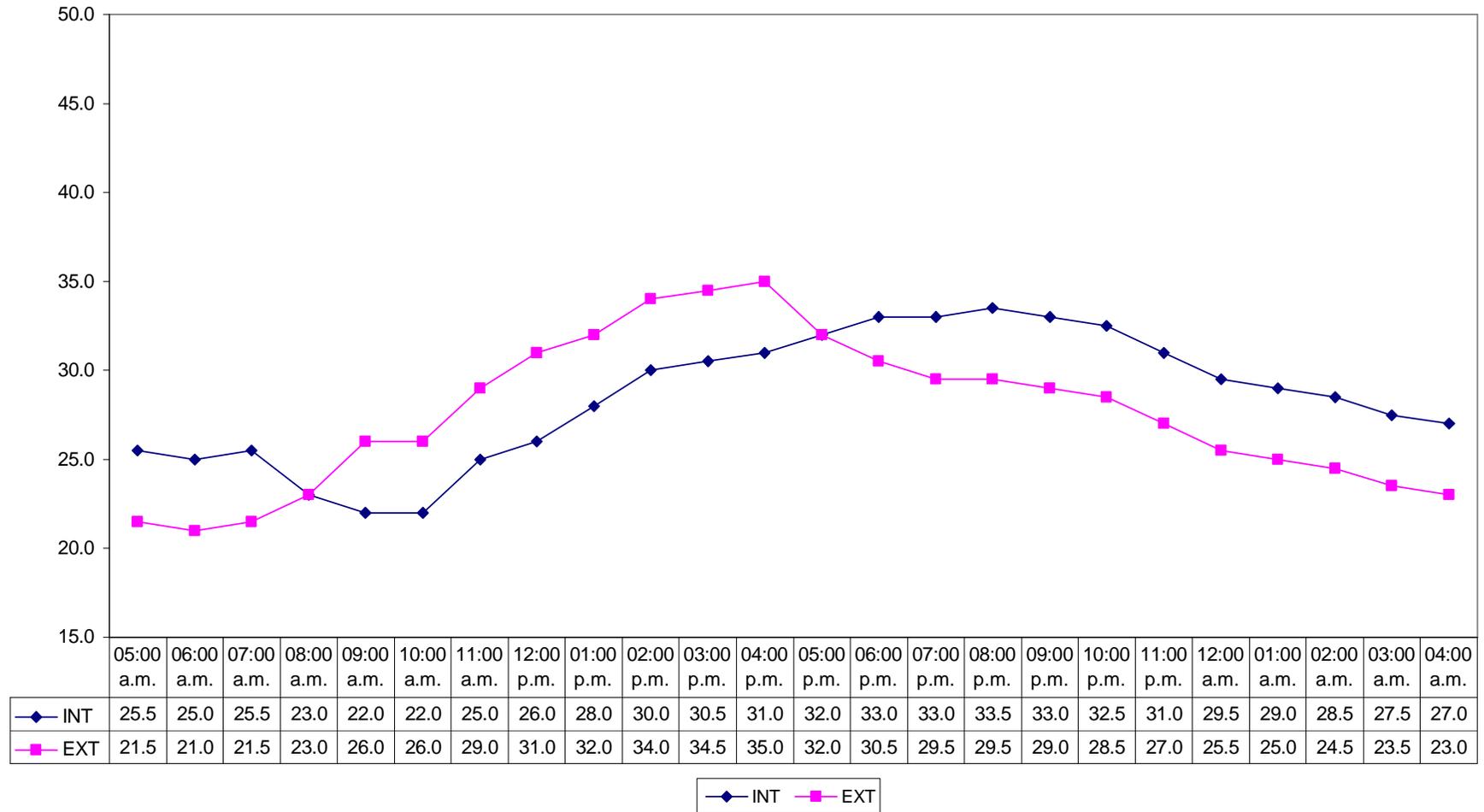
COMEDOR - CASA LOSA A DOS AGUAS - LOSA CON IMPERMEABILIZANTE ELASTOMERICO



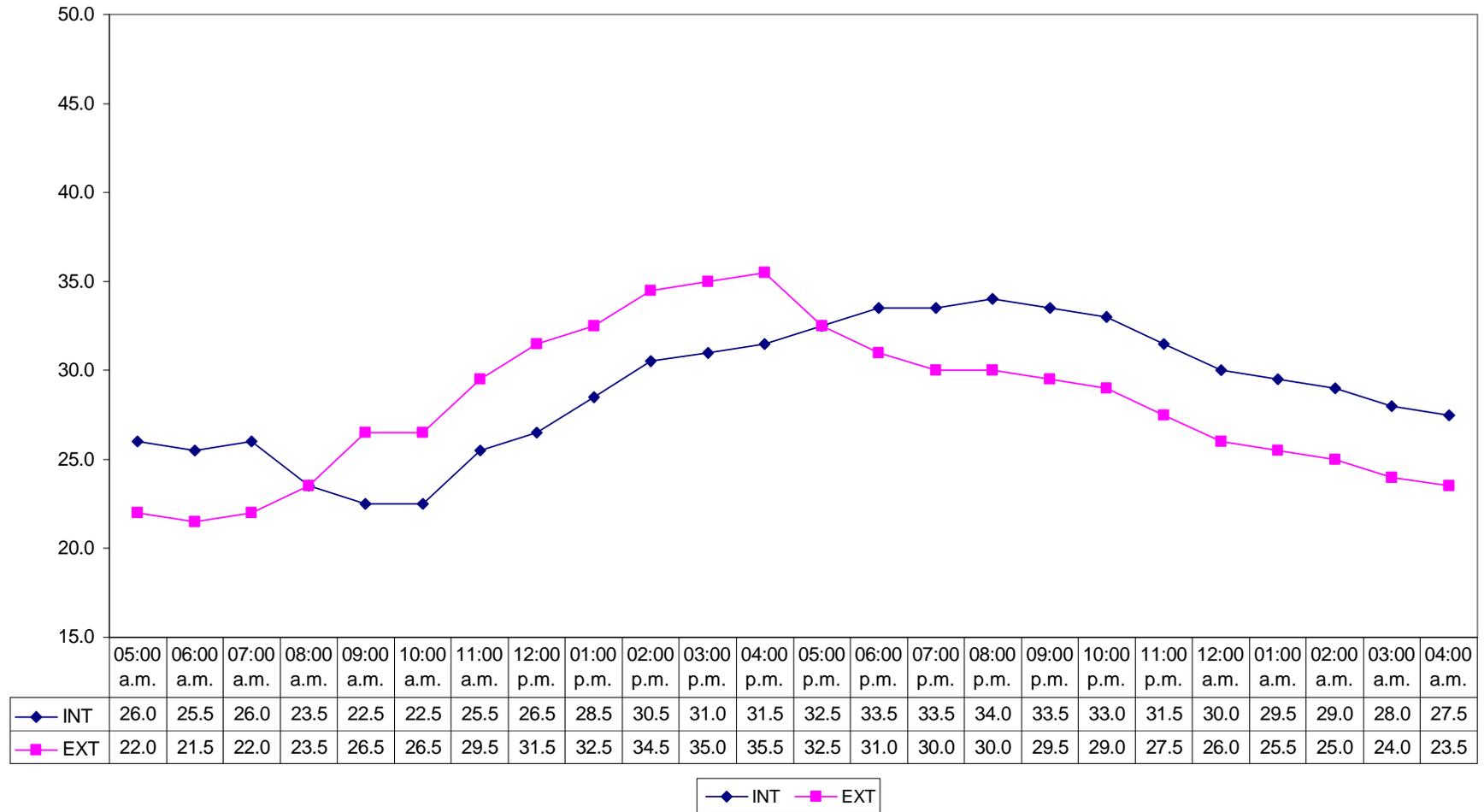
BAÑO - CASA LOSA A DOS AGUAS - LOSA CON IMPERMEABILIZANTE ELASTOMERICO



SALA - CASA LOSA A DOS AGUAS - LOSA CON IMPERMEABILIZANTE ELASTOMERICO



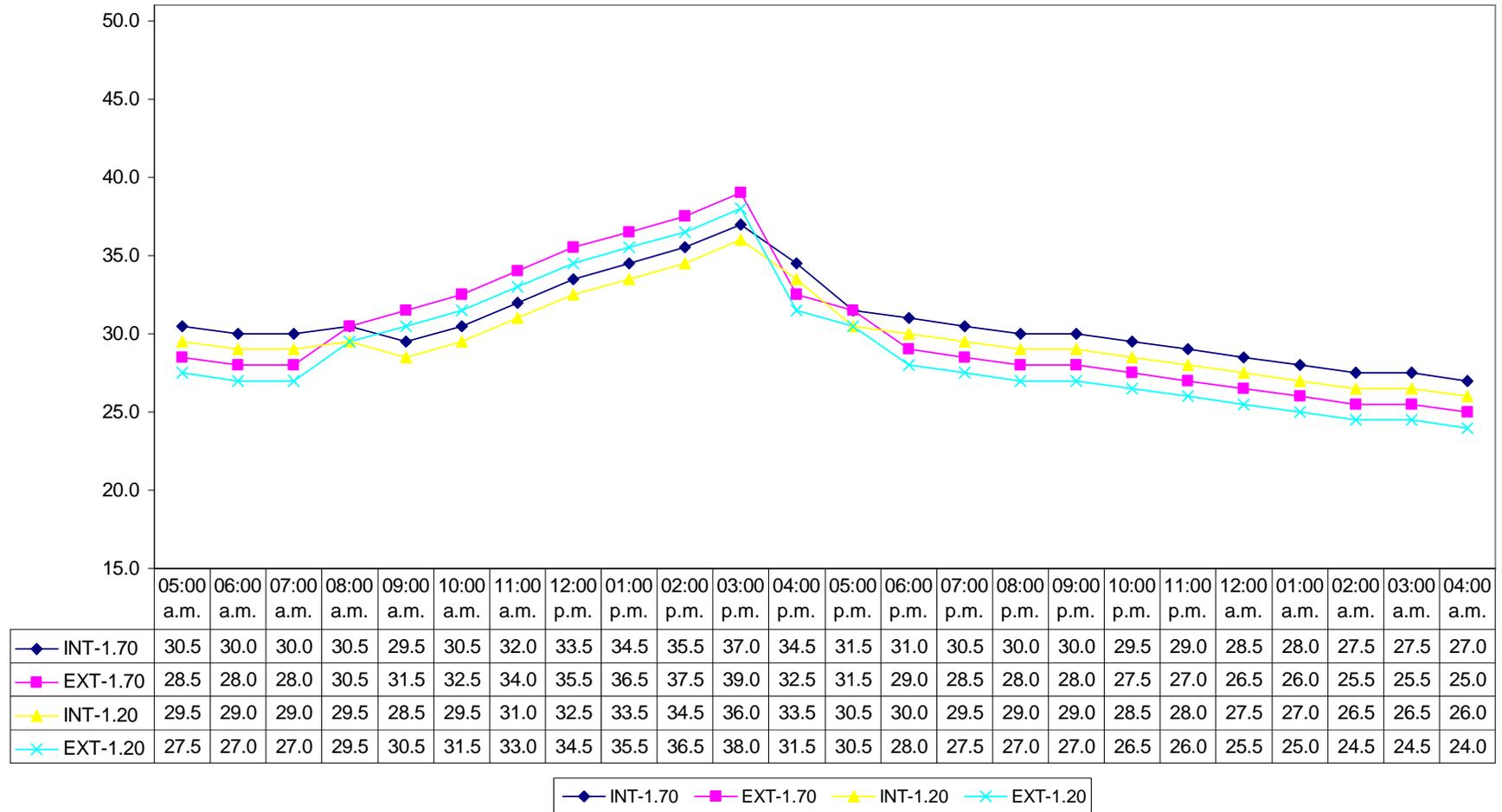
CUMBRE - CASA LOSA A DOS AGUAS - LOSA CON IMPERMEABILIZANTE ELASTOMERICO



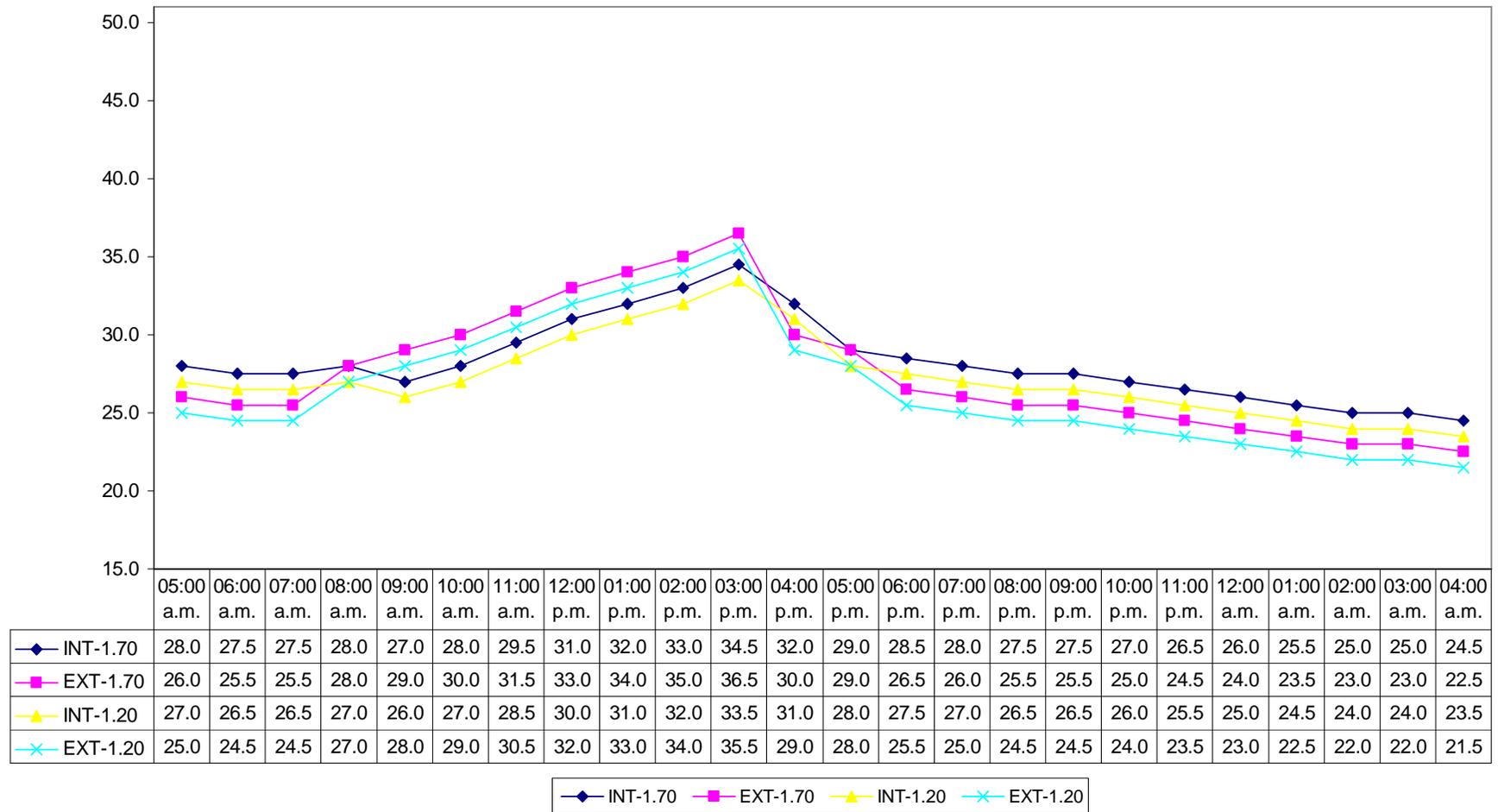
FACHADA PRINCIPAL - CASA LOSA A DOS AGUAS - LOSA CON IMPERMEABILIZANTE ELASTOMERICO



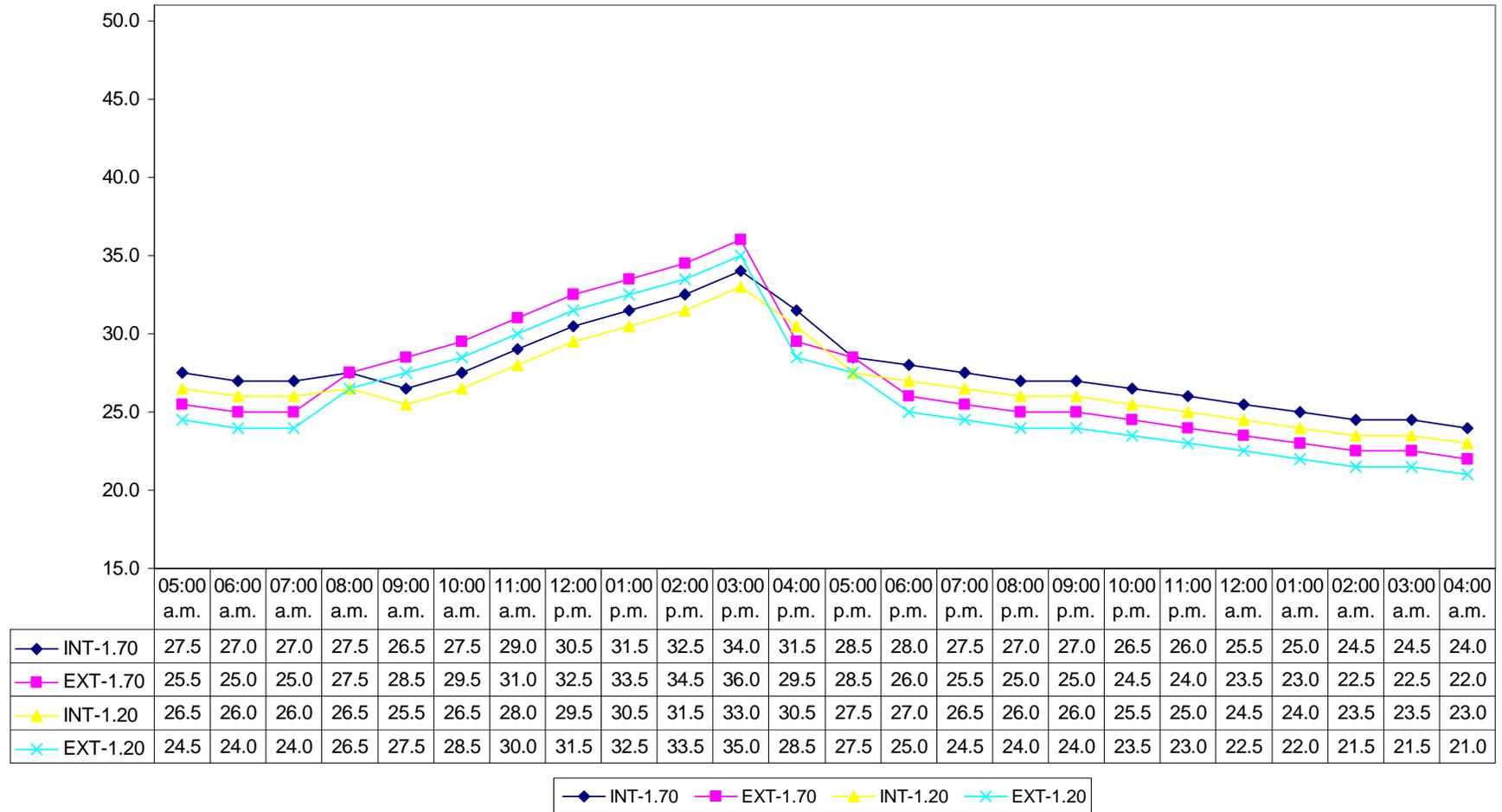
FACHADA POSTERIOR - CASA LOSA A DOS AGUAS - LOSA CON IMPERMEABILIZANTE ELASTOMERICO



FACHADA ESTE - CASA LOSA A DOS AGUAS - LOSA CON IMPERMEABILIZANTE ELASTOMERICO



FACHADA OESTE - CASA LOSA A DOS AGUAS - LOSA CON IMPERMEABILIZANTE ELASTOMERICO



6.2.4.- Losa plana y a dos aguas con placas de poliestireno extruido

Se toma las mismas losas inicialmente estudiadas, pero se les implementan las placas de poliestireno extruido de 1.5 cm en equivalencia a las 3" que se usan para cubrir las losas, con una densidad de 15kg/m³. En la equivalencia del mortero, se considero el aplanado interior de yeso.

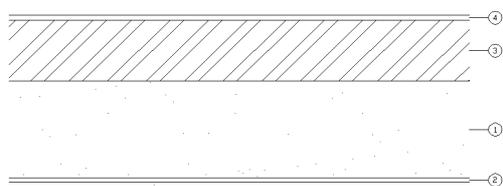


Imagen 52 -Losa plana con placa de poliestireno extruido

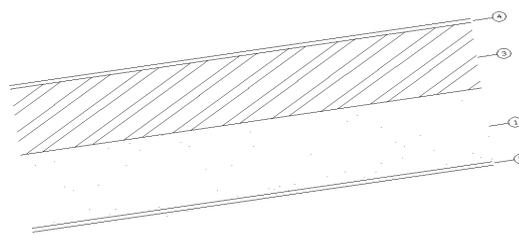


Imagen 53 -Losa a dos aguas con placa de poliestireno extruido

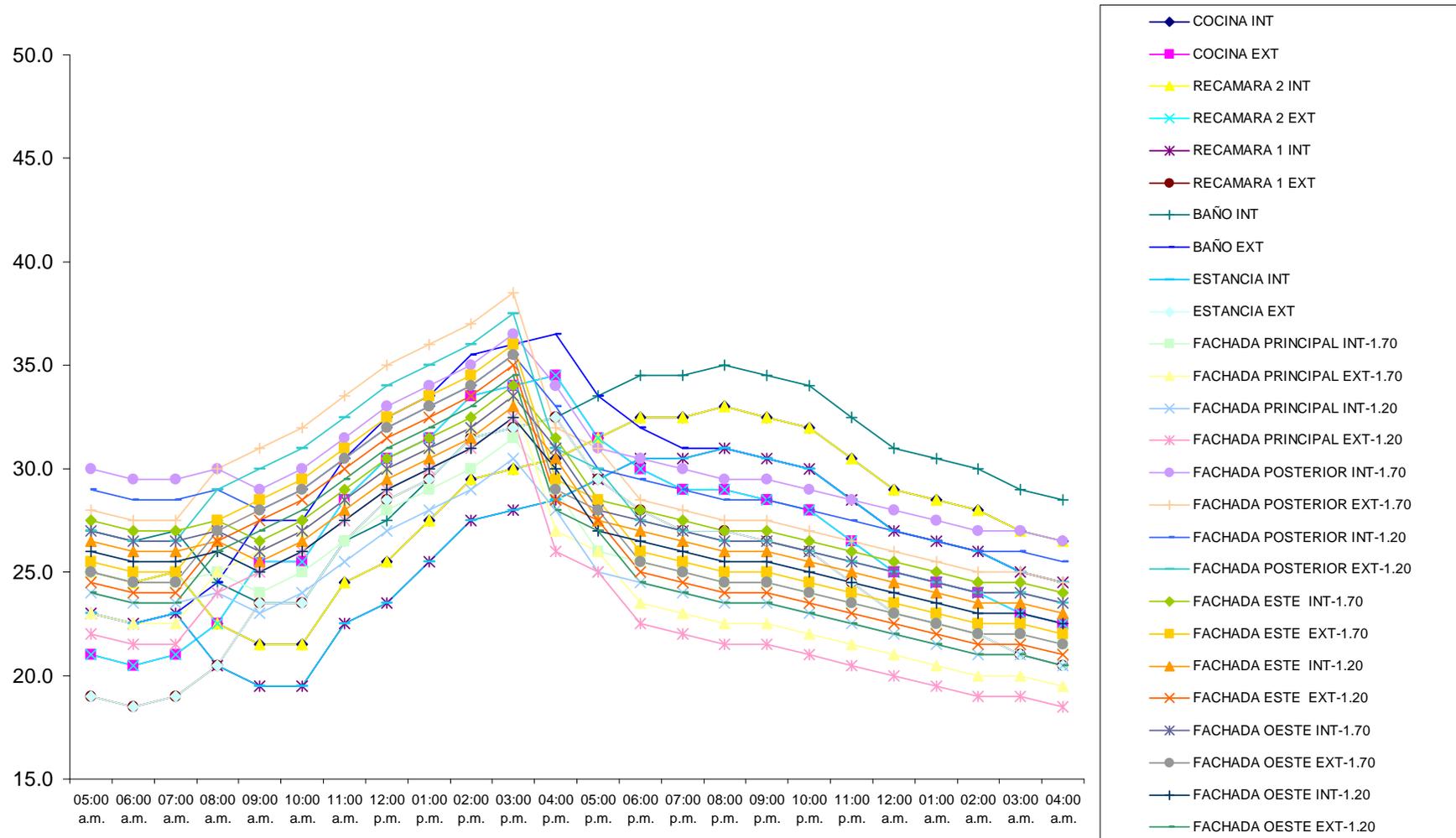
1	Mortero cemento arena 1:3
2	Malla de refuerzo
3	Placa de poliestireno extruido
4	Capa de termotek

Como ya se menciona previamente cuales son las cualidades y características térmicas de las placas de poliestireno extruido, a continuación nos enfocamos solo en las variaciones térmicas entre el exterior e interior de la vivienda, ya que se obtuvo una caída de la temperatura en el interior de alrededor de 5°C en relación a las mediciones iniciales.

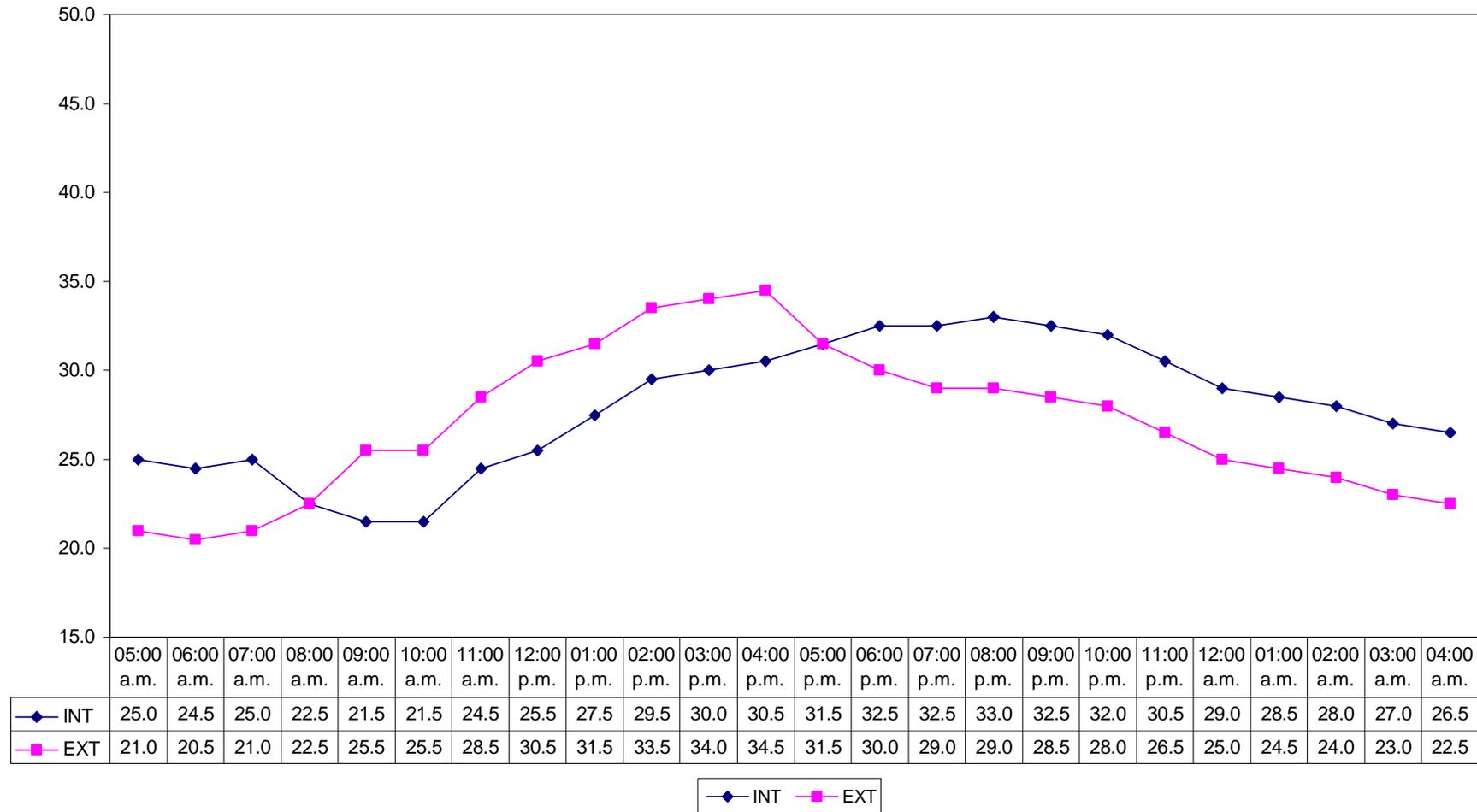
Se puede notar que la temperatura exterior de la losa es mayor que la interior, esto se explica claramente por los efectos de la radiación, aunque podemos percibir que el material termotek, tiene la capacidad de reflexión por ser de color claro, así la losa interior presenta una tendencia a mantenerse mas constante, debido al incremento del peralte de la losa y por ende, a su mayor resistencia al paso del calor.

CASA CON LOSA PLANA					ORIENTACION NORTE - SUR					LOSA CON PLACAS DE POLIESTIRENO EXTRUIDO DE 1.5 CM DE ESPESOR																
HORAS	COCINA		RECAMARA 2		RECAMARA 1		BAÑO		ESTANCIA		FACHADA PRINCIPAL				FACHADA POSTERIOR				FACHADA ESTE				FACHADA OESTE			
	INT	EXT	INT	EXT	INT	EXT	INT	EXT	INT	EXT	INT-1.70	EXT-1.70	INT-1.20	EXT-1.20	INT-1.70	EXT-1.70	INT-1.20	EXT-1.20	INT-1.70	EXT-1.70	INT-1.20	EXT-1.20	INT-1.70	EXT-1.70	INT-1.20	EXT-1.20
05:00 a.m.	25.0	21.0	25.0	21.0	23.0	19.0	27.0	23.0	23.0	19.0	25.0	23.0	24.0	22.0	30.0	28.0	29.0	27.0	27.5	25.5	26.5	24.5	27.0	25.0	26.0	24.0
06:00 a.m.	24.5	20.5	24.5	20.5	22.5	18.5	26.5	22.5	22.5	18.5	24.5	22.5	23.5	21.5	29.5	27.5	28.5	26.5	27.0	25.0	26.0	24.0	26.5	24.5	25.5	23.5
07:00 a.m.	25.0	21.0	25.0	21.0	23.0	19.0	27.0	23.0	23.0	19.0	24.5	22.5	23.5	21.5	29.5	27.5	28.5	26.5	27.0	25.0	26.0	24.0	26.5	24.5	25.5	23.5
08:00 a.m.	22.5	22.5	22.5	22.5	20.5	20.5	24.5	24.5	20.5	20.5	25.0	25.0	24.0	24.0	30.0	30.0	29.0	29.0	27.5	27.5	26.5	26.5	27.0	27.0	26.0	26.0
09:00 a.m.	21.5	25.5	21.5	25.5	19.5	23.5	23.5	27.5	19.5	23.5	24.0	26.0	23.0	25.0	29.0	31.0	28.0	30.0	26.5	28.5	25.5	27.5	26.0	28.0	25.0	27.0
10:00 a.m.	21.5	25.5	21.5	25.5	19.5	23.5	23.5	27.5	19.5	23.5	25.0	27.0	24.0	26.0	30.0	32.0	29.0	31.0	27.5	29.5	26.5	28.5	27.0	29.0	26.0	28.0
11:00 a.m.	24.5	28.5	24.5	28.5	22.5	26.5	26.5	30.5	22.5	26.5	26.5	28.5	25.5	27.5	31.5	33.5	30.5	32.5	29.0	31.0	28.0	30.0	28.5	30.5	27.5	29.5
12:00 p.m.	25.5	30.5	25.5	30.5	23.5	28.5	27.5	32.5	23.5	28.5	28.0	30.0	27.0	29.0	33.0	35.0	32.0	34.0	30.5	32.5	29.5	31.5	30.0	32.0	29.0	31.0
01:00 p.m.	27.5	31.5	27.5	31.5	25.5	29.5	29.5	33.5	25.5	29.5	29.0	31.0	28.0	30.0	34.0	36.0	33.0	35.0	31.5	33.5	30.5	32.5	31.0	33.0	30.0	32.0
02:00 p.m.	29.5	33.5	29.5	33.5	27.5	31.5	31.5	35.5	27.5	31.5	30.0	32.0	29.0	31.0	35.0	37.0	34.0	36.0	32.5	34.5	31.5	33.5	32.0	34.0	31.0	33.0
03:00 p.m.	30.0	34.0	30.0	34.0	28.0	32.0	32.0	36.0	28.0	32.0	31.5	33.5	30.5	32.5	36.5	38.5	35.5	37.5	34.0	36.0	33.0	35.0	33.5	35.5	32.5	34.5
04:00 p.m.	30.5	34.5	30.5	34.5	28.5	32.5	32.5	36.5	28.5	32.5	29.0	27.0	28.0	26.0	34.0	32.0	33.0	31.0	31.5	29.5	30.5	28.5	31.0	29.0	30.0	28.0
05:00 p.m.	31.5	31.5	31.5	31.5	29.5	29.5	33.5	33.5	29.5	29.5	26.0	26.0	25.0	25.0	31.0	31.0	30.0	30.0	28.5	28.5	27.5	27.5	28.0	28.0	27.0	27.0
06:00 p.m.	32.5	30.0	32.5	30.0	30.5	28.0	34.5	32.0	30.5	28.0	25.5	23.5	24.5	22.5	30.5	28.5	29.5	27.5	28.0	26.0	27.0	25.0	27.5	25.5	26.5	24.5
07:00 p.m.	32.5	29.0	32.5	29.0	30.5	27.0	34.5	31.0	30.5	27.0	25.0	23.0	24.0	22.0	30.0	28.0	29.0	27.0	27.5	25.5	26.5	24.5	27.0	25.0	26.0	24.0
08:00 p.m.	33.0	29.0	33.0	29.0	31.0	27.0	35.0	31.0	31.0	27.0	24.5	22.5	23.5	21.5	29.5	27.5	28.5	26.5	27.0	25.0	26.0	24.0	26.5	24.5	25.5	23.5
09:00 p.m.	32.5	28.5	32.5	28.5	30.5	26.5	34.5	30.5	30.5	26.5	24.5	22.5	23.5	21.5	29.5	27.5	28.5	26.5	27.0	25.0	26.0	24.0	26.5	24.5	25.5	23.5
10:00 p.m.	32.0	28.0	32.0	28.0	30.0	26.0	34.0	30.0	30.0	26.0	24.0	22.0	23.0	21.0	29.0	27.0	28.0	26.0	26.5	24.5	25.5	23.5	26.0	24.0	25.0	23.0
11:00 p.m.	30.5	26.5	30.5	26.5	28.5	24.5	32.5	28.5	28.5	24.5	23.5	21.5	22.5	20.5	28.5	26.5	27.5	25.5	26.0	24.0	25.0	23.0	25.5	23.5	24.5	22.5
12:00 a.m.	29.0	25.0	29.0	25.0	27.0	23.0	31.0	27.0	27.0	23.0	23.0	21.0	22.0	20.0	28.0	26.0	27.0	25.0	25.5	23.5	24.5	22.5	25.0	23.0	24.0	22.0
01:00 a.m.	28.5	24.5	28.5	24.5	26.5	22.5	30.5	26.5	26.5	22.5	22.5	20.5	21.5	19.5	27.5	25.5	26.5	24.5	25.0	23.0	24.0	22.0	24.5	22.5	23.5	21.5
02:00 a.m.	28.0	24.0	28.0	24.0	26.0	22.0	30.0	26.0	26.0	22.0	22.0	20.0	21.0	19.0	27.0	25.0	26.0	24.0	24.5	22.5	23.5	21.5	24.0	22.0	23.0	21.0
03:00 a.m.	27.0	23.0	27.0	23.0	25.0	21.0	29.0	25.0	25.0	21.0	22.0	20.0	21.0	19.0	27.0	25.0	26.0	24.0	24.5	22.5	23.5	21.5	24.0	22.0	23.0	21.0
04:00 a.m.	26.5	22.5	26.5	22.5	24.5	20.5	28.5	24.5	24.5	20.5	21.5	19.5	20.5	18.5	26.5	24.5	25.5	23.5	24.0	22.0	23.0	21.0	23.5	21.5	22.5	20.5

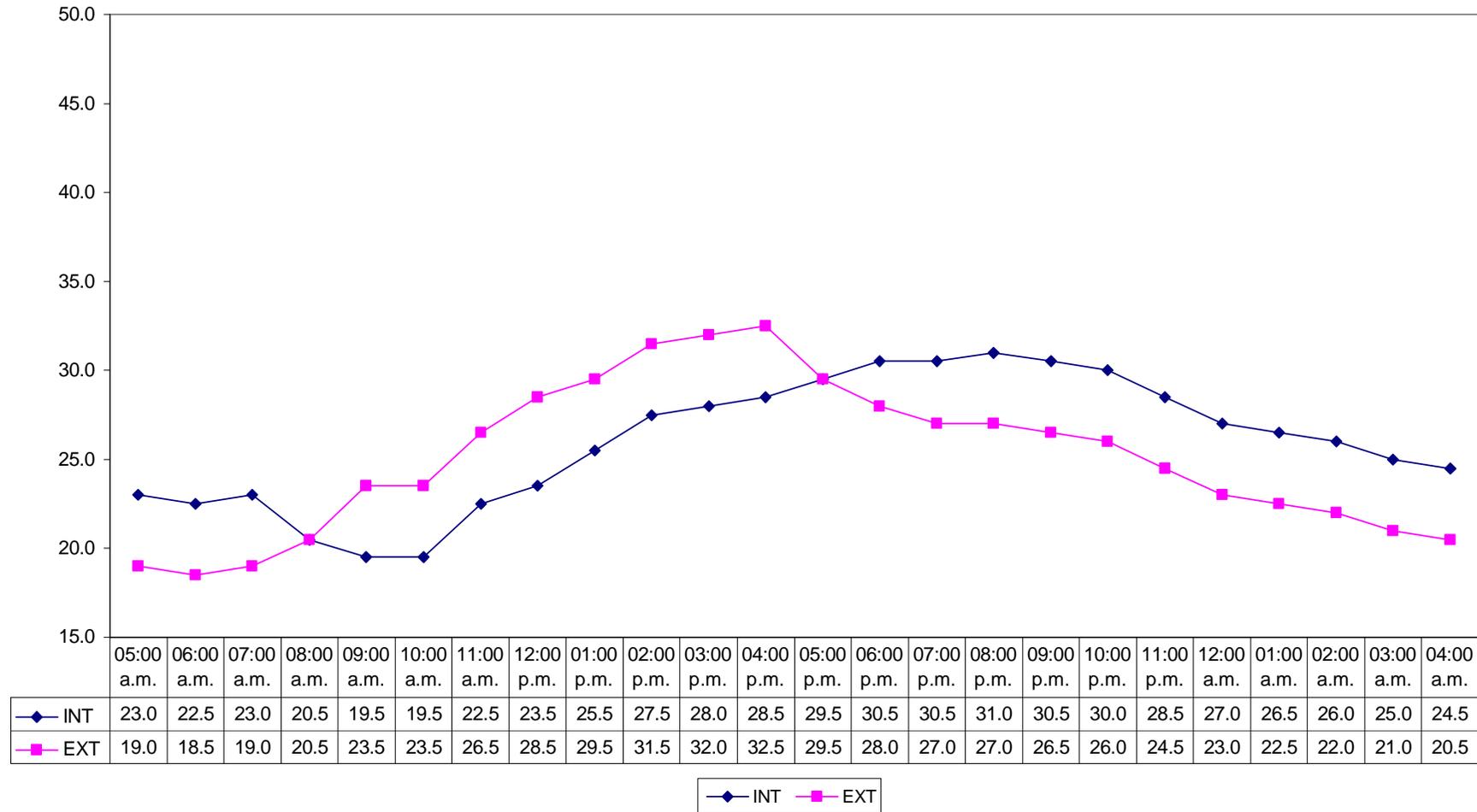
GRAFICA GENERAL - CASA LOSA PLANA - LOSA CON PLACAS DE POLIESTIRENO EXTRUIDO



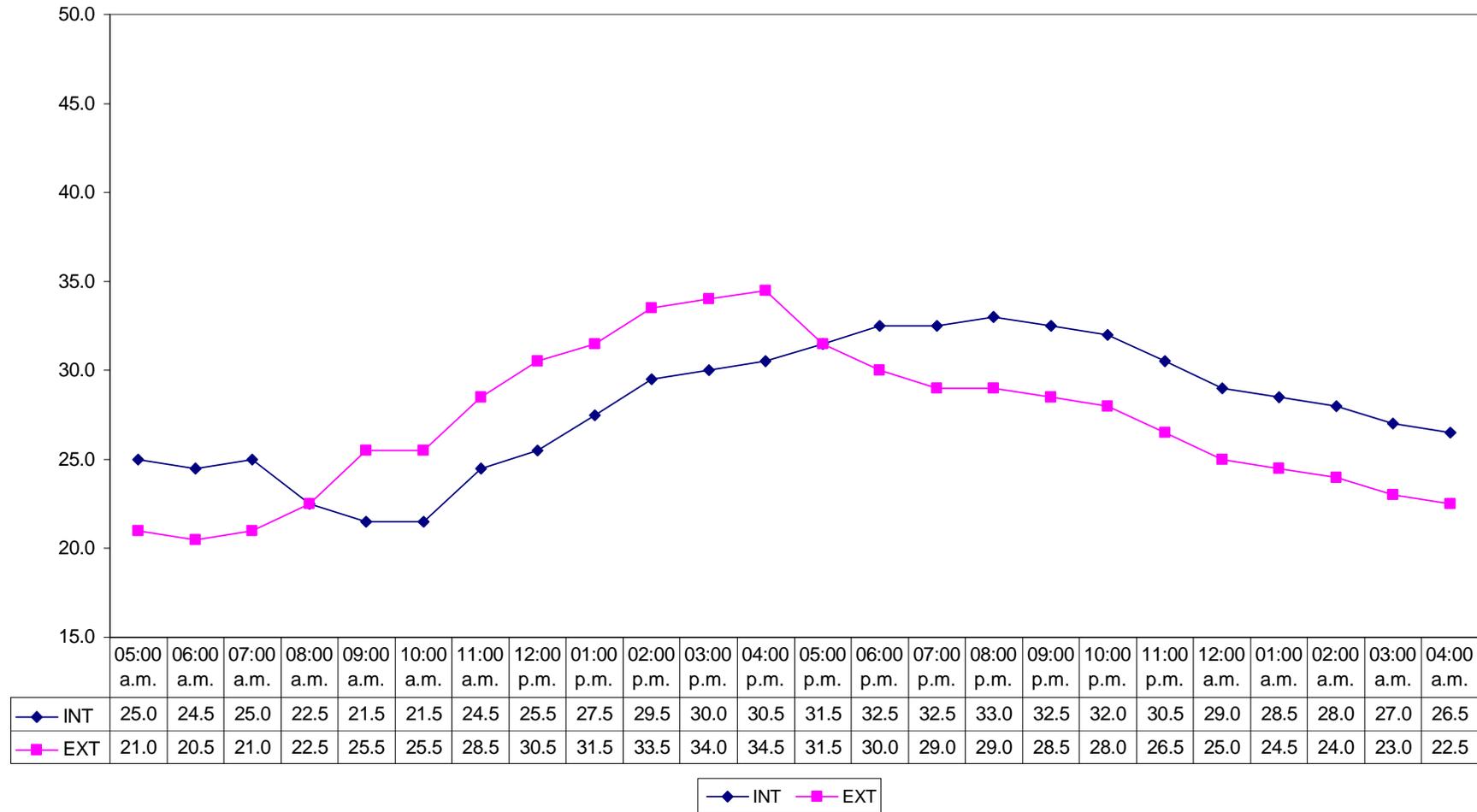
COCINA - CASA LOSA PLANA - LOSA CON PLACAS DE POLIESTIRENO EXTRUIDO



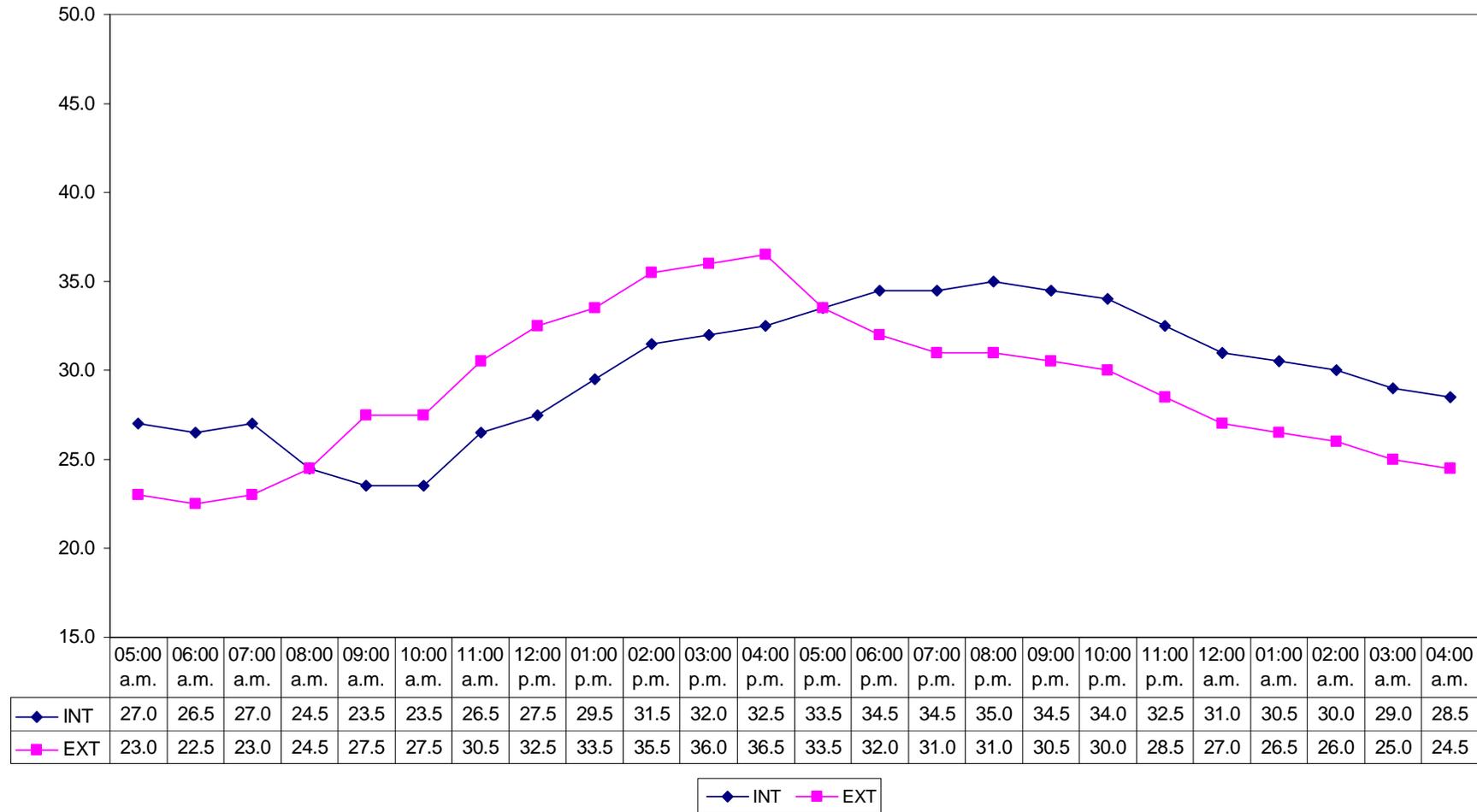
RECAMARA 1 - CASA LOSA PLANA - LOSA CON PLACAS DE POLIESTIRENO EXTRUIDO



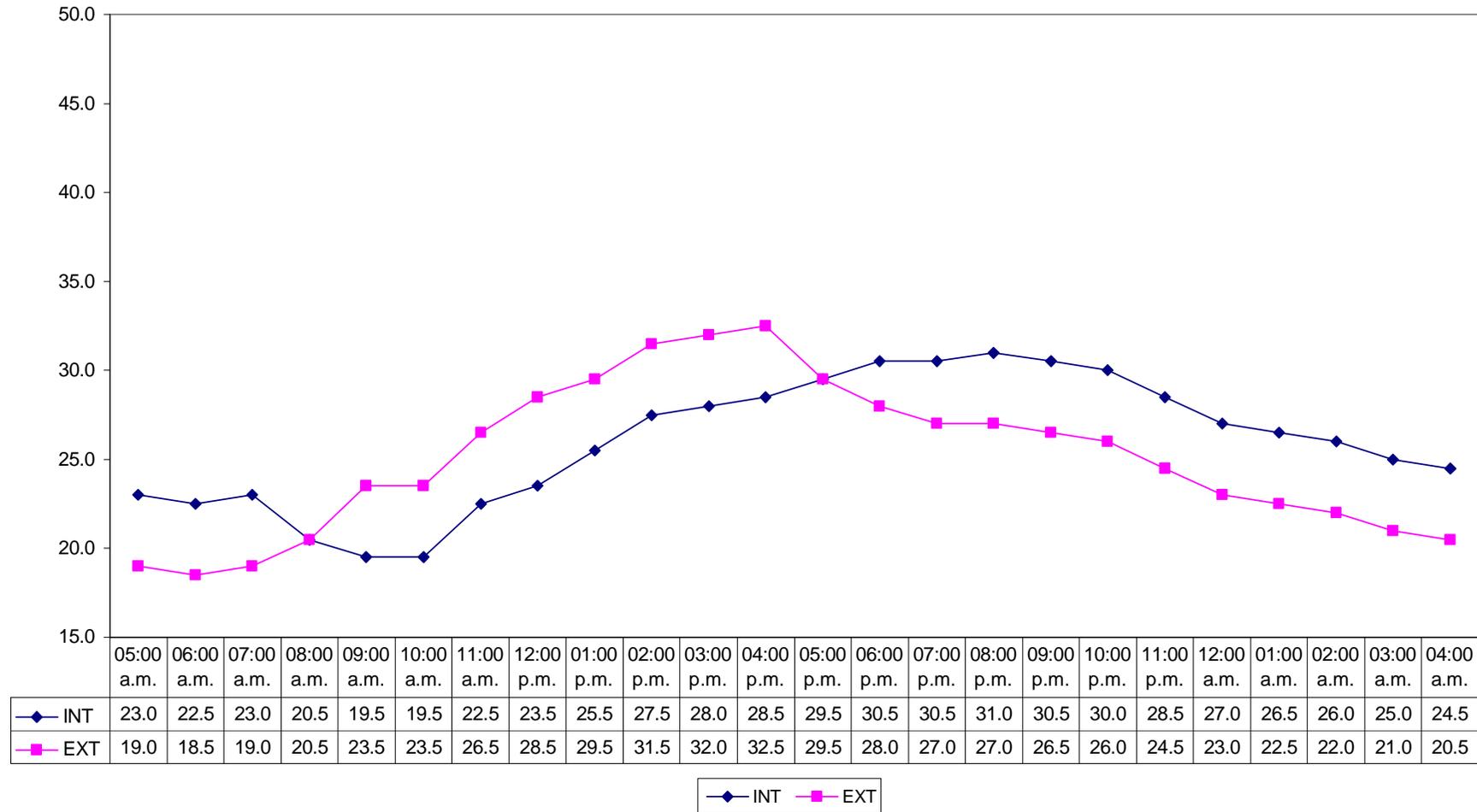
RECAMARA 2 - CASA LOSA PLANA - LOSA CON PLACAS DE POLIESTIRENO EXTRUIDO



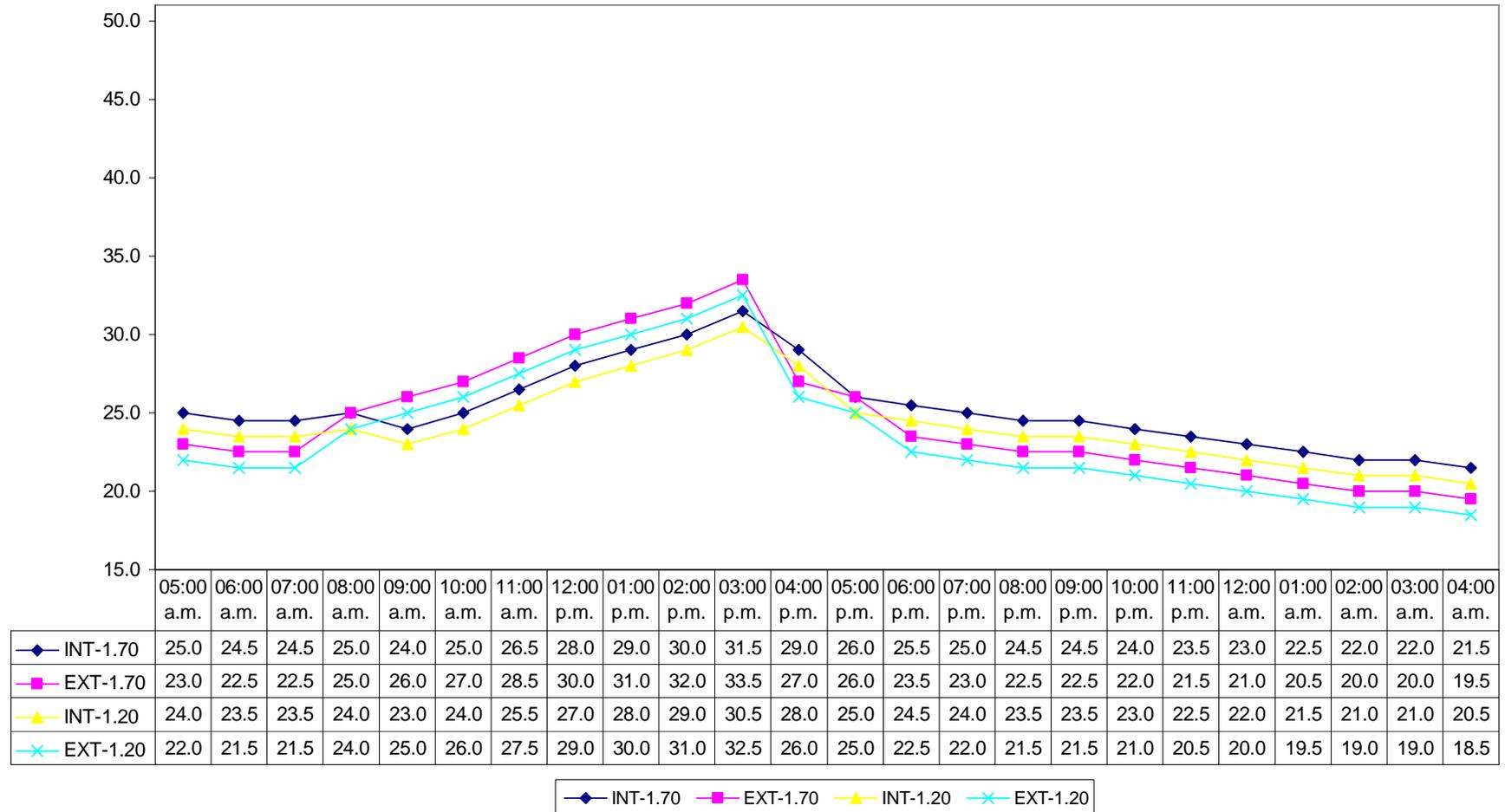
BAÑO - CASA LOSA PLANA - LOSA CON PLACAS DE POLIESTIRENO EXTRUIDO



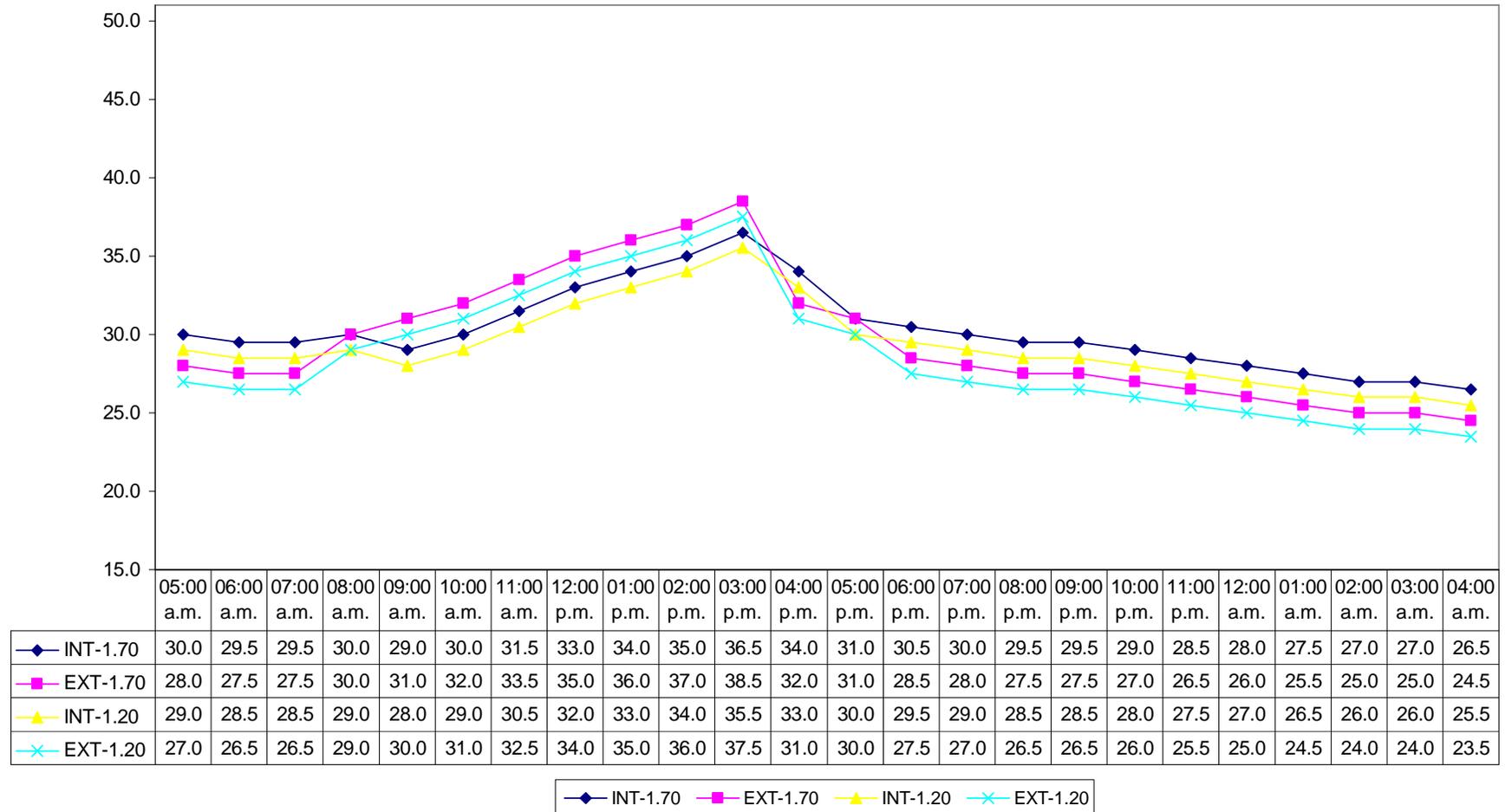
ESTANCIA - CASA LOSA PLANA - LOSA CON PLACAS DE POLIESTIRENO EXTRUIDO



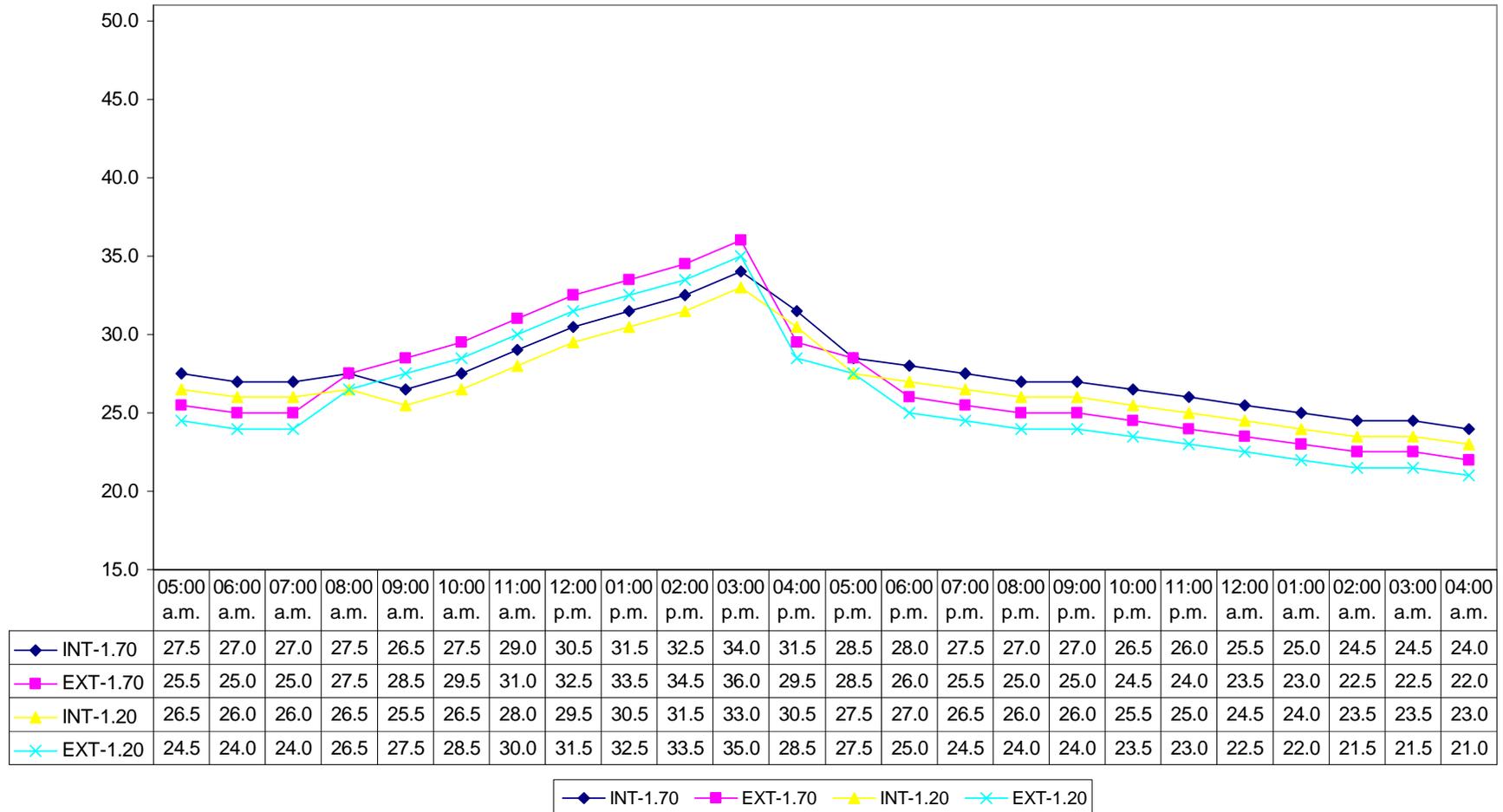
FACHADA PRINCIPAL - CASA LOSA PLANA - LOSA CON PLACAS DE POLIESTIRENO EXTRUIDIDO



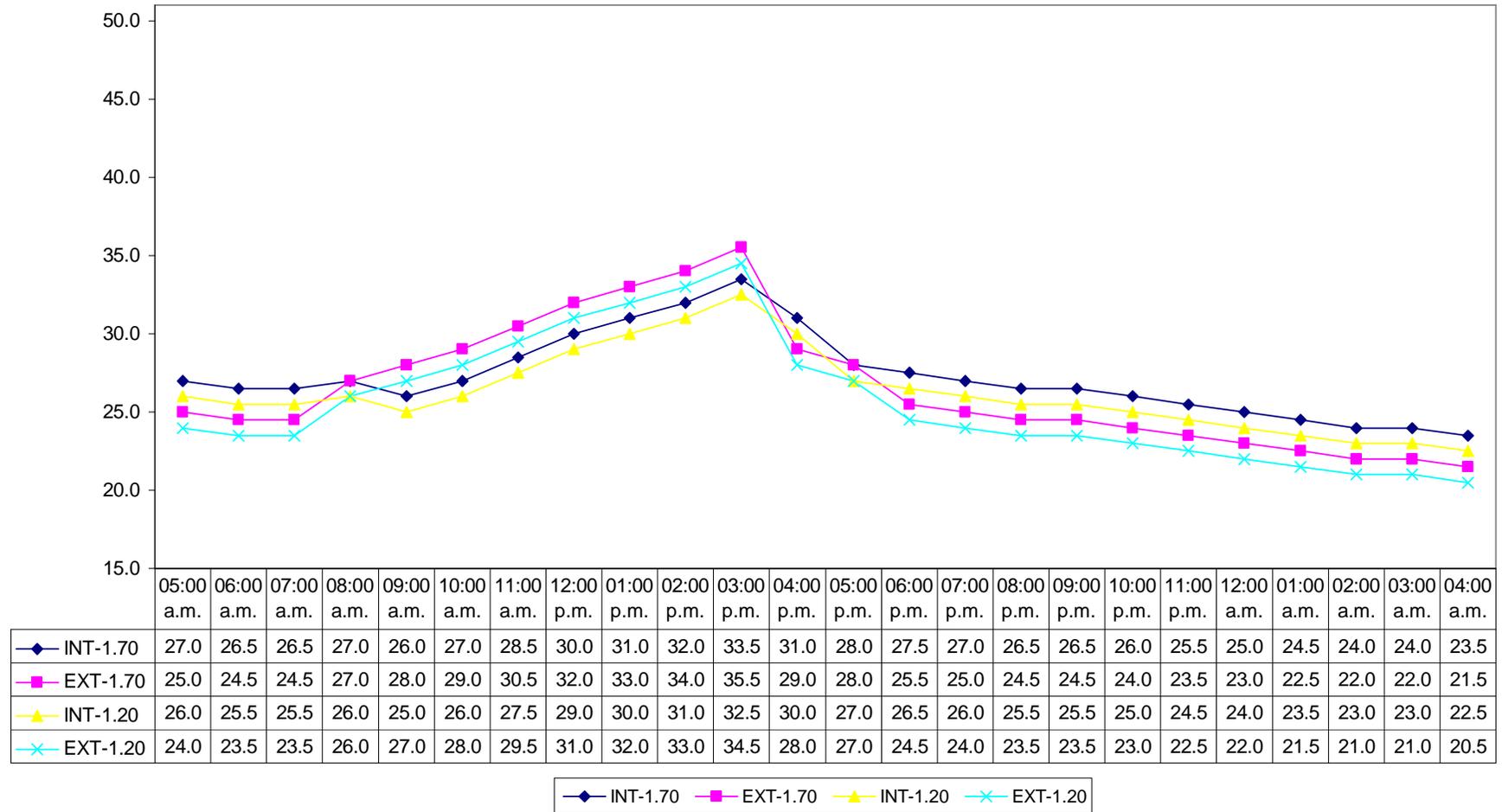
FACHADA POSTERIOR - CASA LOSA PLANA - LOSA CON PLACAS DE POLIESTIRENO EXTRUIDO



FACHADA ESTE- CASA LOSA PLANA - LOSA CON PLACAS DE POLIESTIRENO EXTRUIDIDO

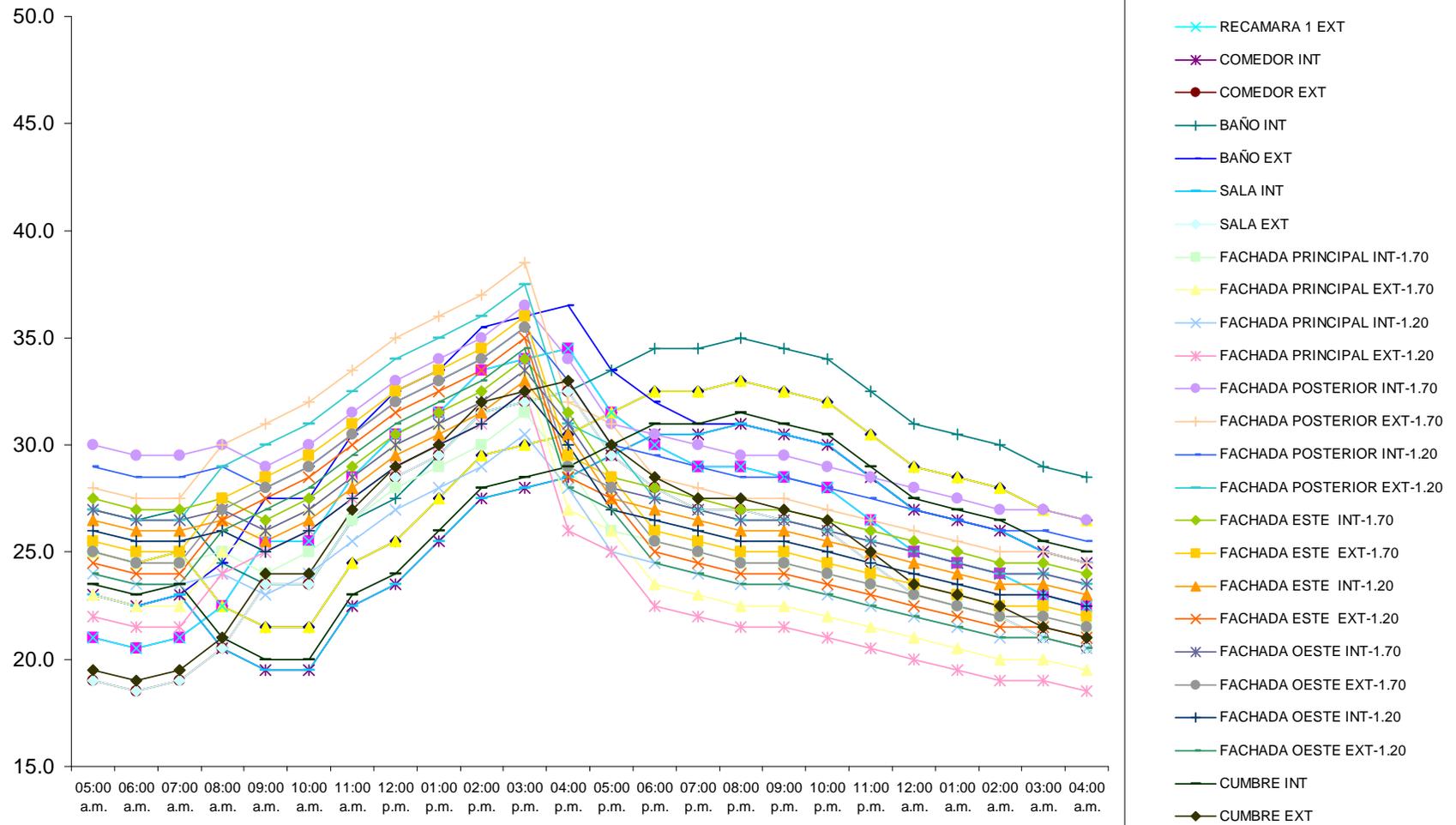


FACHADA OESTE- CASA LOSA PLANA - LOSA CON PLACAS DE POLIESTIRENO EXTRUIDIDO

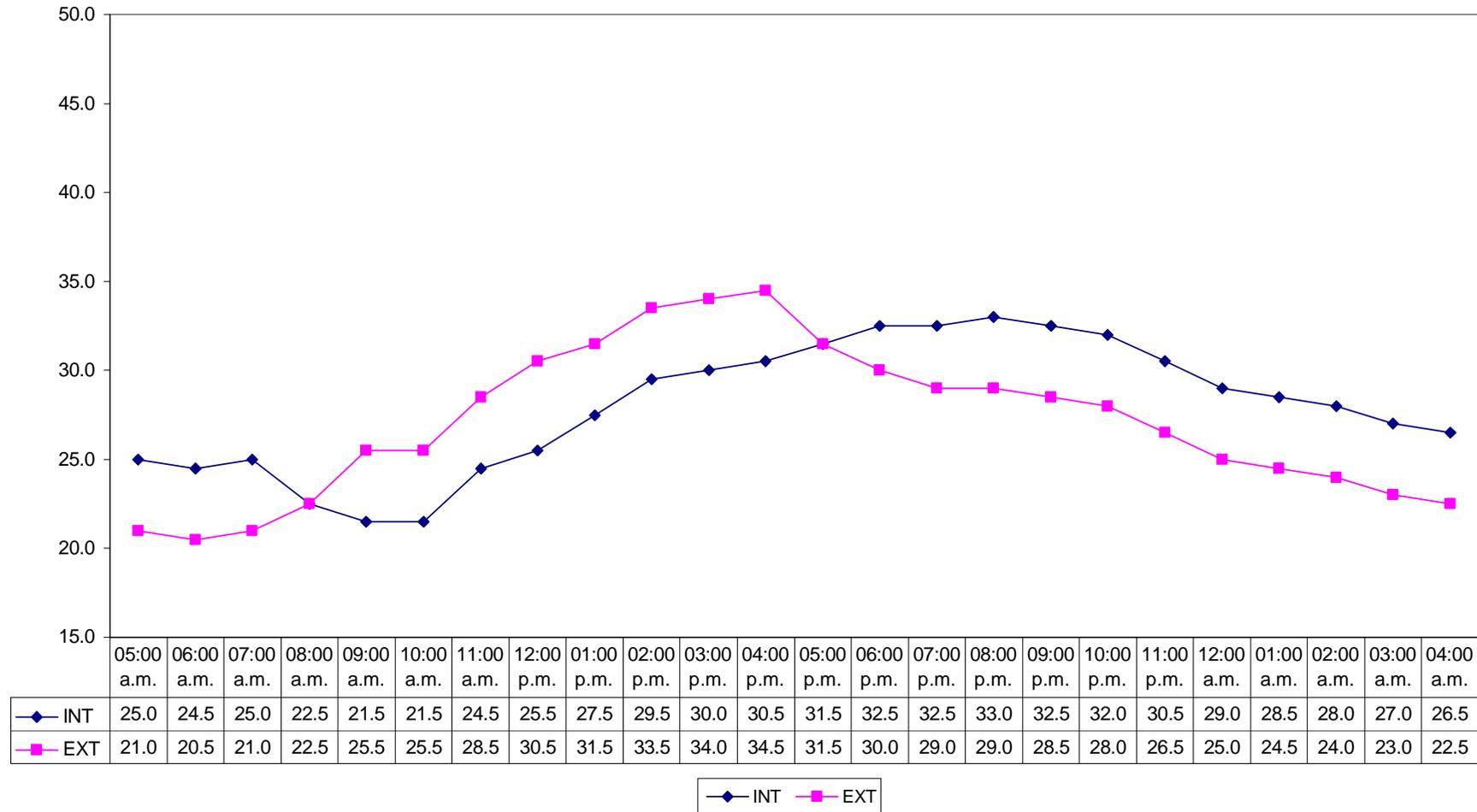


CASA CON LOSA A DOS AGUAS																												
ORIENTACION NORTE - SUR										LOSA CON PLACAS DE POLIESTIRENO EXTRUIDO DE 1.5 CM DE ESPESOR																		
HORAS	COCINA		RECAMARA 1		COMEDOR		BAÑO		SALA		FACHADA PRINCIPAL				FACHADA POSTERIOR				FACHADA ESTE				FACHADA OESTE				CUMBRE	
	INT	EXT	INT	EXT	INT	EXT	INT	EXT	INT	EXT	INT-1.70	EXT-1.70	INT-1.20	EXT-1.20	INT-1.70	EXT-1.70	INT-1.20	EXT-1.20	INT-1.70	EXT-1.70	INT-1.20	EXT-1.20	INT-1.70	EXT-1.70	INT-1.20	EXT-1.20	INT	EXT
05:00 a.m.	25.0	21.0	25.0	21.0	23.0	19.0	27.0	23.0	23.0	19.0	25.0	23.0	24.0	22.0	30.0	28.0	29.0	27.0	27.5	25.5	26.5	24.5	27.0	25.0	26.0	24.0	23.5	19.5
06:00 a.m.	24.5	20.5	24.5	20.5	22.5	18.5	26.5	22.5	22.5	18.5	24.5	22.5	23.5	21.5	29.5	27.5	28.5	26.5	27.0	25.0	26.0	24.0	26.5	24.5	25.5	23.5	23.0	19.0
07:00 a.m.	25.0	21.0	25.0	21.0	23.0	19.0	27.0	23.0	23.0	19.0	24.5	22.5	23.5	21.5	29.5	27.5	28.5	26.5	27.0	25.0	26.0	24.0	26.5	24.5	25.5	23.5	23.5	19.5
08:00 a.m.	22.5	22.5	22.5	22.5	20.5	20.5	24.5	24.5	20.5	20.5	25.0	25.0	24.0	24.0	30.0	30.0	29.0	29.0	27.5	27.5	26.5	26.5	27.0	27.0	26.0	26.0	21.0	21.0
09:00 a.m.	21.5	25.5	21.5	25.5	19.5	23.5	23.5	27.5	19.5	23.5	24.0	26.0	23.0	25.0	29.0	31.0	28.0	30.0	26.5	28.5	25.5	27.5	26.0	28.0	25.0	27.0	20.0	24.0
10:00 a.m.	21.5	25.5	21.5	25.5	19.5	23.5	23.5	27.5	19.5	23.5	25.0	27.0	24.0	26.0	30.0	32.0	29.0	31.0	27.5	29.5	26.5	28.5	27.0	29.0	26.0	28.0	20.0	24.0
11:00 a.m.	24.5	28.5	24.5	28.5	22.5	26.5	26.5	30.5	22.5	26.5	26.5	28.5	25.5	27.5	31.5	33.5	30.5	32.5	29.0	31.0	28.0	30.0	28.5	30.5	27.5	29.5	23.0	27.0
12:00 p.m.	25.5	30.5	25.5	30.5	23.5	28.5	27.5	32.5	23.5	28.5	28.0	30.0	27.0	29.0	33.0	35.0	32.0	34.0	30.5	32.5	29.5	31.5	30.0	32.0	29.0	31.0	24.0	29.0
01:00 p.m.	27.5	31.5	27.5	31.5	25.5	29.5	29.5	33.5	25.5	29.5	29.0	31.0	28.0	30.0	34.0	36.0	33.0	35.0	31.5	33.5	30.5	32.5	31.0	33.0	30.0	32.0	26.0	30.0
02:00 p.m.	29.5	33.5	29.5	33.5	27.5	31.5	31.5	35.5	27.5	31.5	30.0	32.0	29.0	31.0	35.0	37.0	34.0	36.0	32.5	34.5	31.5	33.5	32.0	34.0	31.0	33.0	28.0	32.0
03:00 p.m.	30.0	34.0	30.0	34.0	28.0	32.0	32.0	36.0	28.0	32.0	31.5	33.5	30.5	32.5	36.5	38.5	35.5	37.5	34.0	36.0	33.0	35.0	33.5	35.5	32.5	34.5	28.5	32.5
04:00 p.m.	30.5	34.5	30.5	34.5	28.5	32.5	32.5	36.5	28.5	32.5	29.0	27.0	28.0	26.0	34.0	32.0	33.0	31.0	31.5	29.5	30.5	28.5	31.0	29.0	30.0	28.0	29.0	33.0
05:00 p.m.	31.5	31.5	31.5	31.5	29.5	29.5	33.5	33.5	29.5	29.5	26.0	26.0	25.0	25.0	31.0	31.0	30.0	30.0	28.5	28.5	27.5	27.5	28.0	28.0	27.0	27.0	30.0	30.0
06:00 p.m.	32.5	30.0	32.5	30.0	30.5	28.0	34.5	32.0	30.5	28.0	25.5	23.5	24.5	22.5	30.5	28.5	29.5	27.5	28.0	26.0	27.0	25.0	27.5	25.5	26.5	24.5	31.0	28.5
07:00 p.m.	32.5	29.0	32.5	29.0	30.5	27.0	34.5	31.0	30.5	27.0	25.0	23.0	24.0	22.0	30.0	28.0	29.0	27.0	27.5	25.5	26.5	24.5	27.0	25.0	26.0	24.0	31.0	27.5
08:00 p.m.	33.0	29.0	33.0	29.0	31.0	27.0	35.0	31.0	31.0	27.0	24.5	22.5	23.5	21.5	29.5	27.5	28.5	26.5	27.0	25.0	26.0	24.0	26.5	24.5	25.5	23.5	31.5	27.5
09:00 p.m.	32.5	28.5	32.5	28.5	30.5	26.5	34.5	30.5	30.5	26.5	24.5	22.5	23.5	21.5	29.5	27.5	28.5	26.5	27.0	25.0	26.0	24.0	26.5	24.5	25.5	23.5	31.0	27.0
10:00 p.m.	32.0	28.0	32.0	28.0	30.0	26.0	34.0	30.0	30.0	26.0	24.0	22.0	23.0	21.0	29.0	27.0	28.0	26.0	26.5	24.5	25.5	23.5	26.0	24.0	25.0	23.0	30.5	26.5
11:00 p.m.	30.5	26.5	30.5	26.5	28.5	24.5	32.5	28.5	28.5	24.5	23.5	21.5	22.5	20.5	28.5	26.5	27.5	25.5	26.0	24.0	25.0	23.0	25.5	23.5	24.5	22.5	29.0	25.0
12:00 a.m.	29.0	25.0	29.0	25.0	27.0	23.0	31.0	27.0	27.0	23.0	23.0	21.0	22.0	20.0	28.0	26.0	27.0	25.0	25.5	23.5	24.5	22.5	25.0	23.0	24.0	22.0	27.5	23.5
01:00 a.m.	28.5	24.5	28.5	24.5	26.5	22.5	30.5	26.5	26.5	22.5	22.5	20.5	21.5	19.5	27.5	25.5	26.5	24.5	25.0	23.0	24.0	22.0	24.5	22.5	23.5	21.5	27.0	23.0
02:00 a.m.	28.0	24.0	28.0	24.0	26.0	22.0	30.0	26.0	26.0	22.0	22.0	20.0	21.0	19.0	27.0	25.0	26.0	24.0	24.5	22.5	23.5	21.5	24.0	22.0	23.0	21.0	26.5	22.5
03:00 a.m.	27.0	23.0	27.0	23.0	25.0	21.0	29.0	25.0	25.0	21.0	22.0	20.0	21.0	19.0	27.0	25.0	26.0	24.0	24.5	22.5	23.5	21.5	24.0	22.0	23.0	21.0	25.5	21.5
04:00 a.m.	26.5	22.5	26.5	22.5	24.5	20.5	28.5	24.5	24.5	20.5	21.5	19.5	20.5	18.5	26.5	24.5	25.5	23.5	24.0	22.0	23.0	21.0	23.5	21.5	22.5	20.5	25.0	21.0

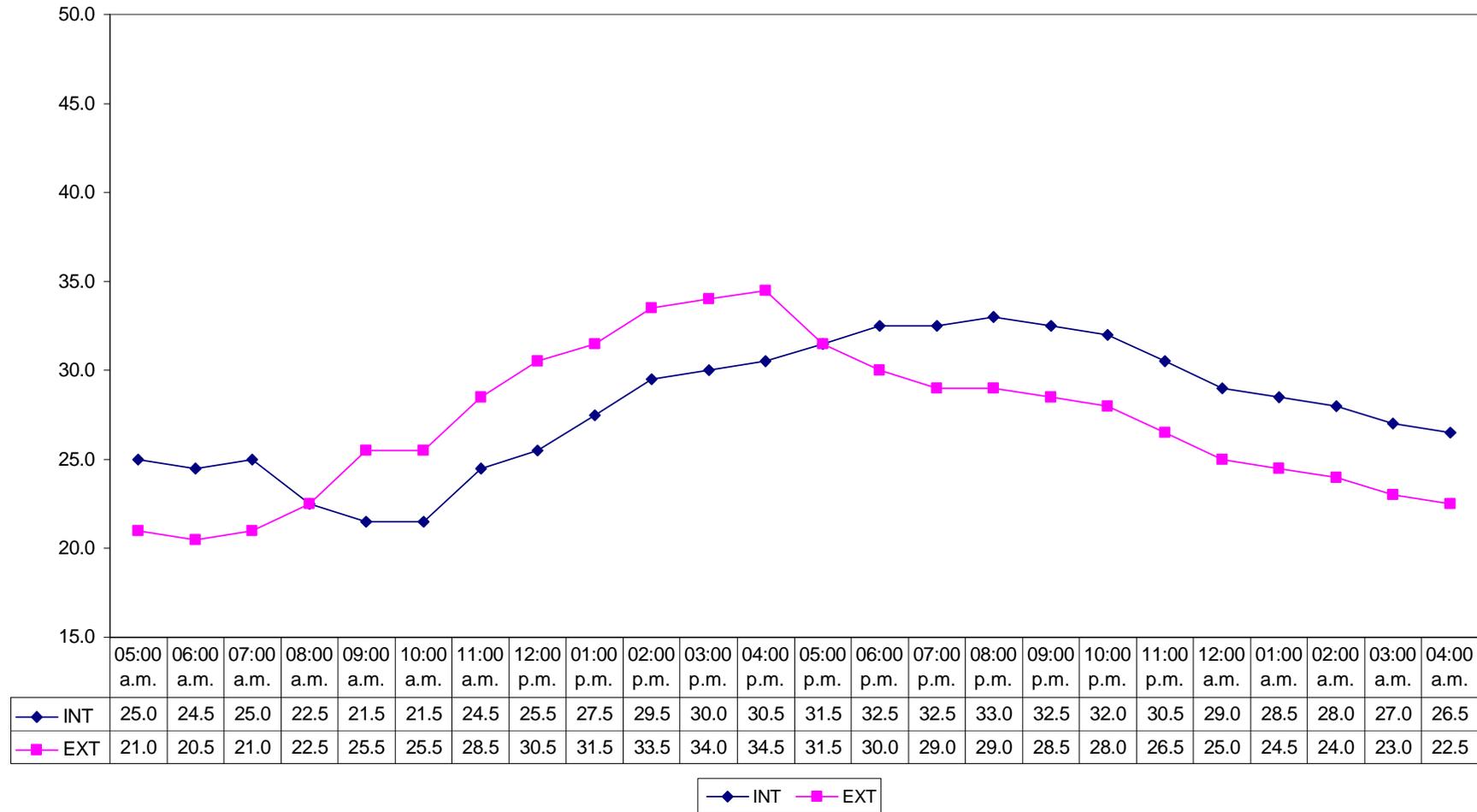
GRAFICA GENERAL - CASA LOSA DOS AGUAS - LOSA CON PLACAS DE POLIESTIRENO EXTRUIDIDO



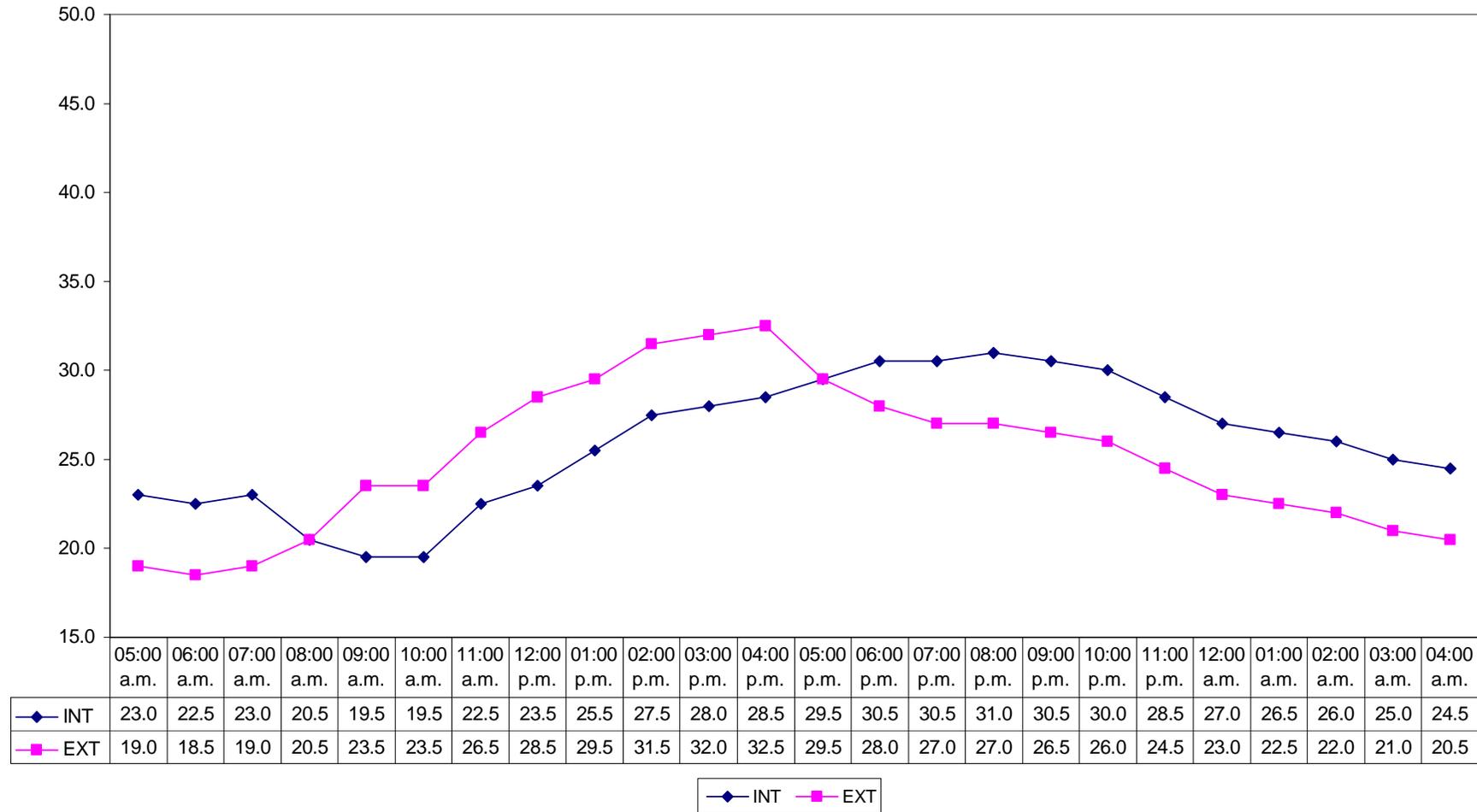
COCINA - CASA LOSA A DOS AGUAS - LOSA CON PLACAS DE POLIESTIRENO EXTRUIDO



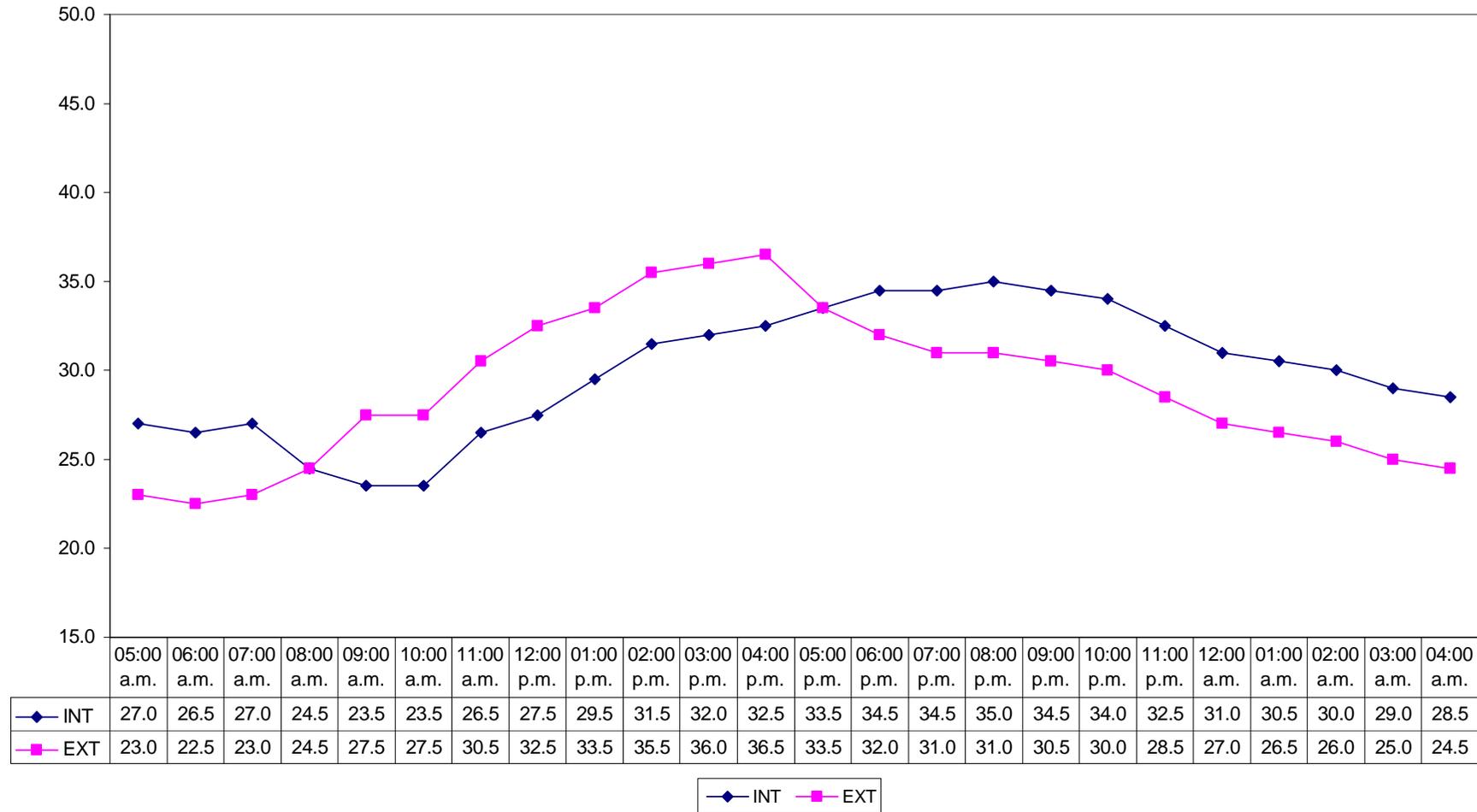
RECAMARA - CASA LOSA A DOS AGUAS - LOSA CON PLACAS DE POLIESTIRENO EXTRUIDO



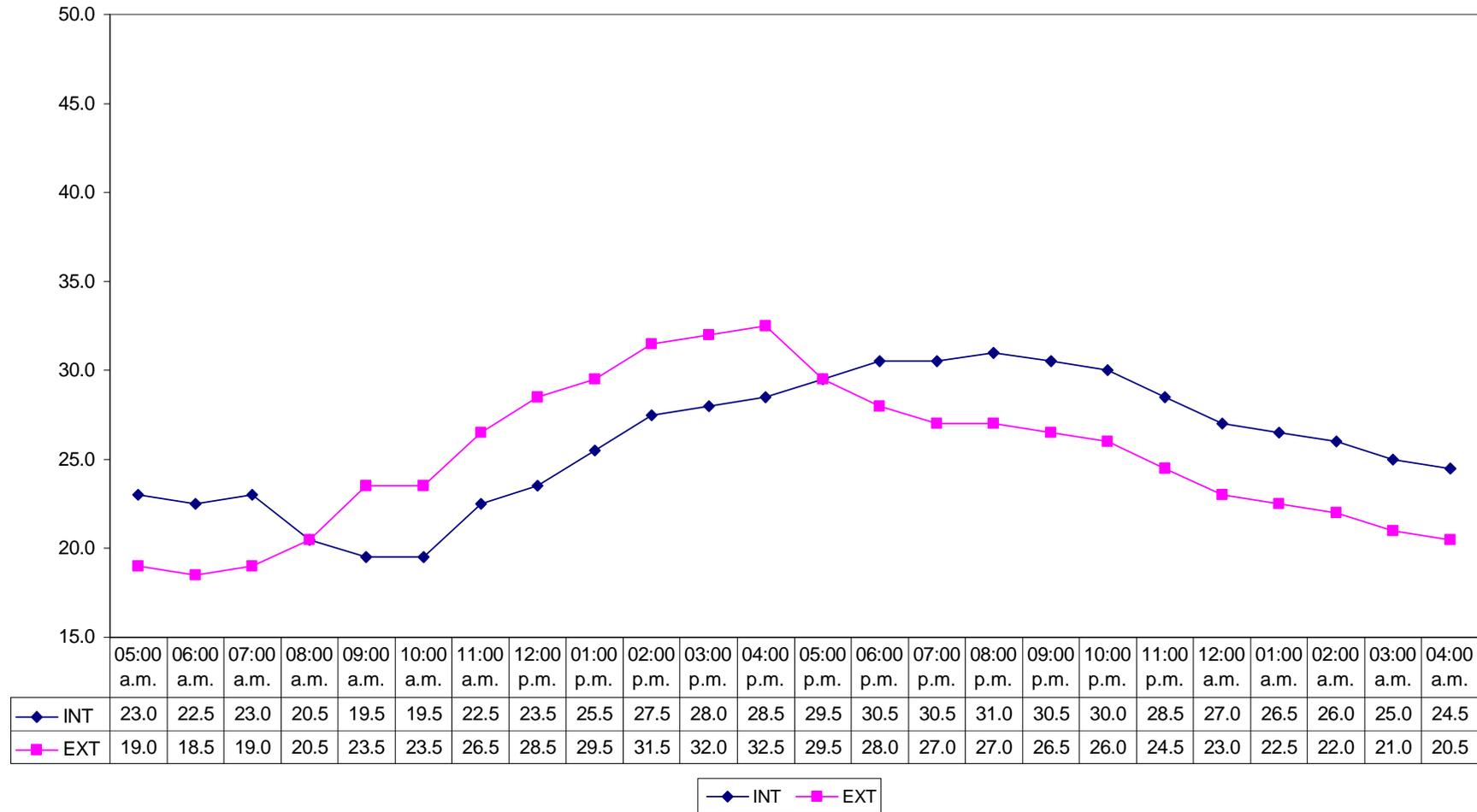
COMEDOR - CASA LOSA A DOS AGUAS - LOSA CON PLACAS DE POLIESTIRENO EXTRUIDO



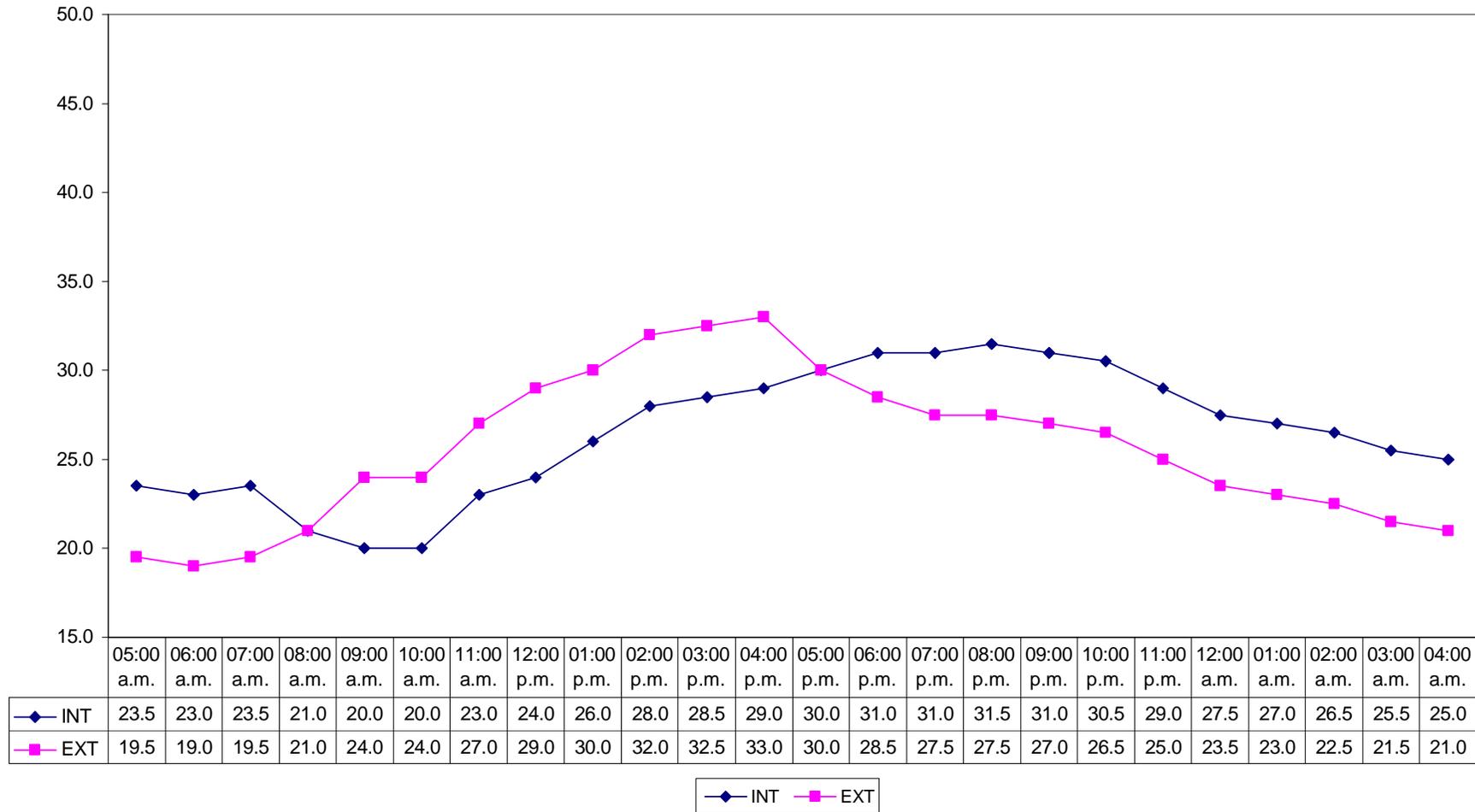
BAÑO - CASA LOSA A DOS AGUAS - LOSA CON PLACAS DE POLIESTIRENO EXTRUIDO



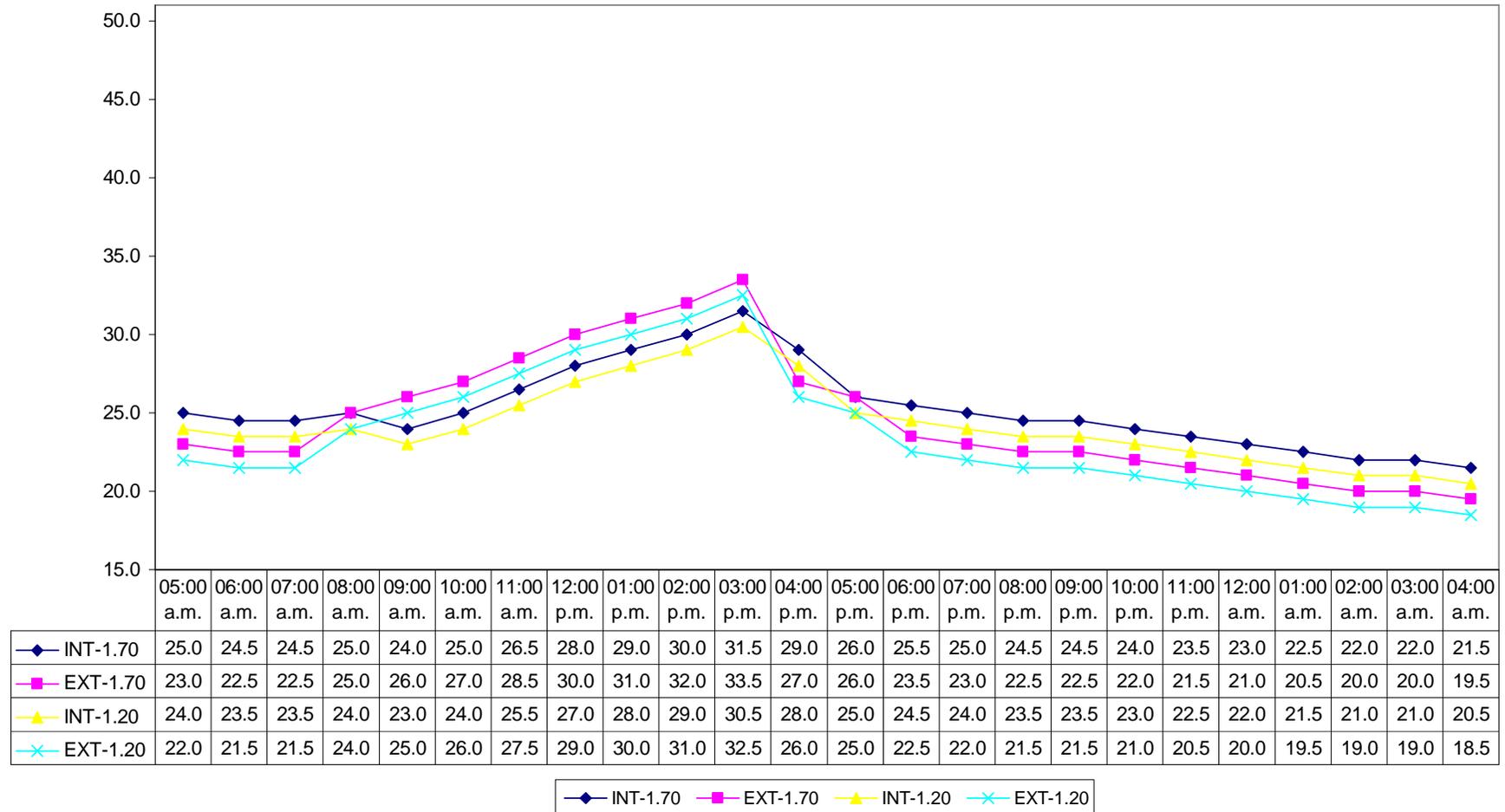
SALA - CASA LOSA A DOS AGUAS - LOSA CON PLACAS DE POLIESTIRENO EXTRUIDO



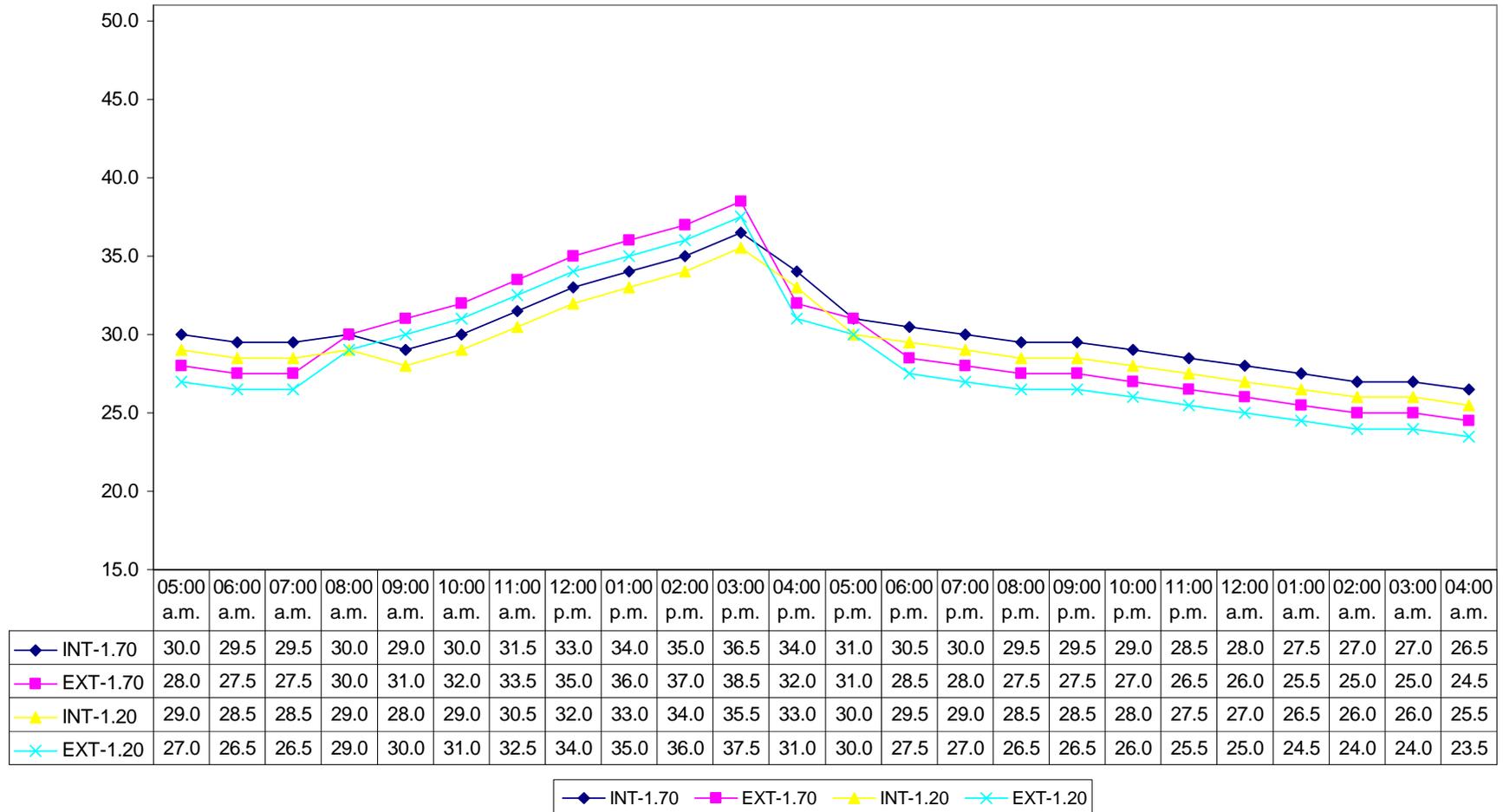
CUMBRE - CASA LOSA A DOS AGUAS - LOSA CON PLACAS DE POLIESTIRENO EXTRUIDO



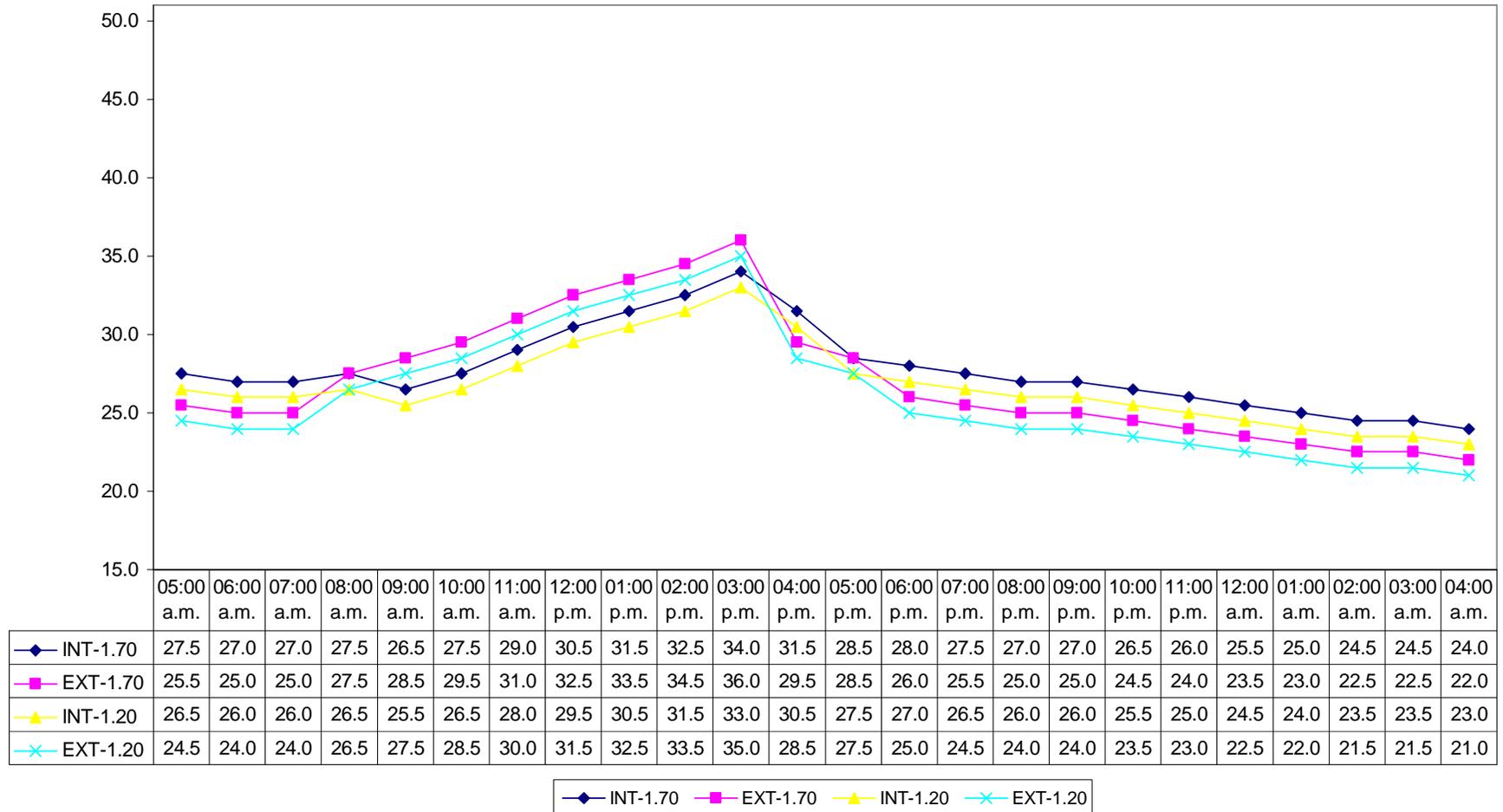
FACHADA PRINCIPAL - CASA LOSA A DOS AGUAS - LOSA CON PLACAS DE POLIESTIRENO EXTRUIDO



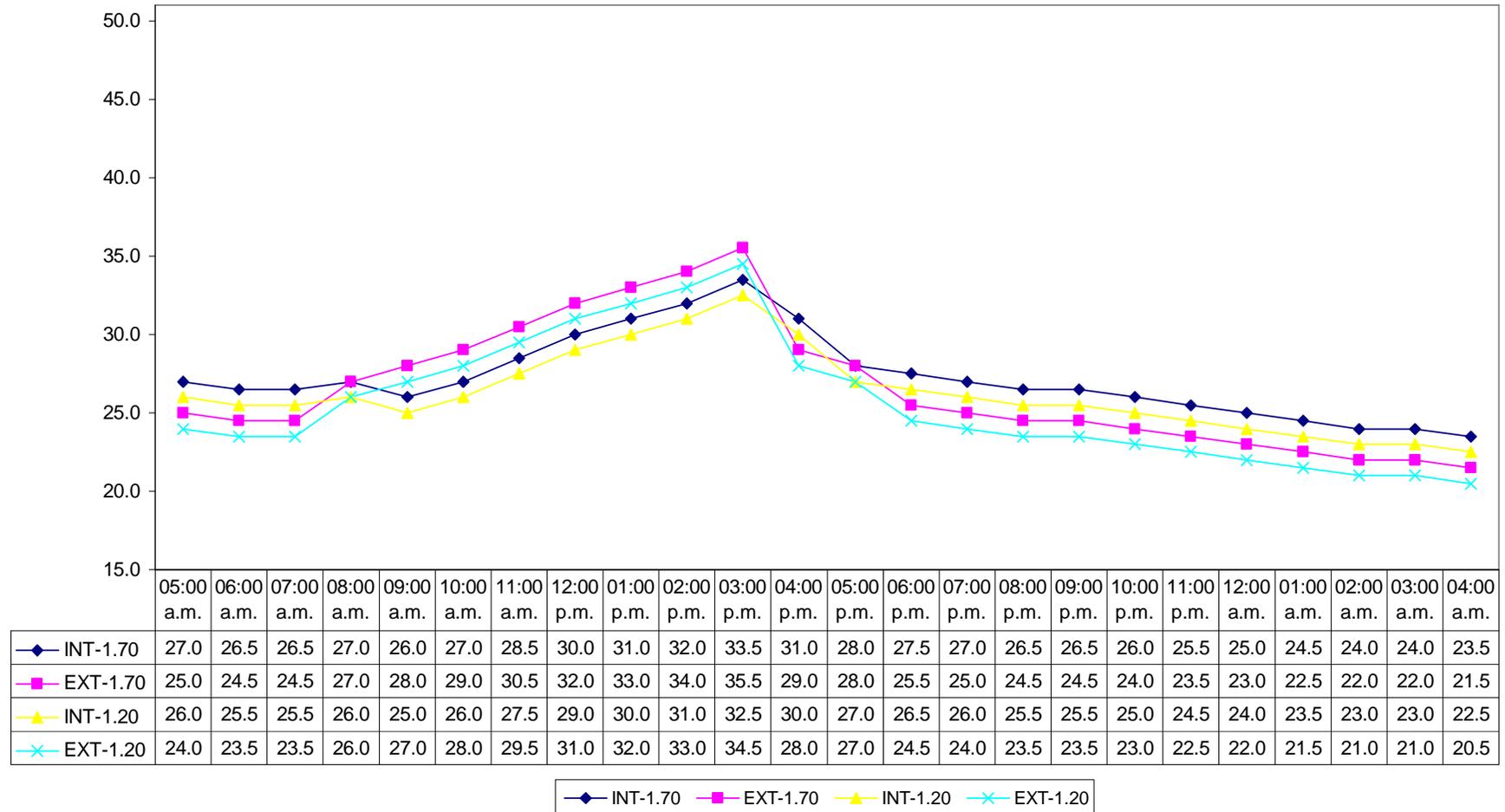
FACHADA POSTERIOR - CASA LOSA A DOS AGUAS - LOSA CON PLACAS DE POLIESTIRENO EXTRUIDO



FACHADA ESTE - CASA LOSA A DOS AGUAS - LOSA CON PLACAS DE POLIESTIRENO EXTRUIDO



FACHADA OESTE - CASA LOSA A DOS AGUAS - LOSA CON PLACAS DE POLIESTIRENO EXTRUIDO



6.2.5.- Losa plana y a dos aguas con espuma de poliuretano espreado.

Se toma las mismas losas inicialmente estudiadas, pero se les implementan las espuma de poliuretano espreado de 1.0 cm en equivalencia a las 2" que se usan para cubrir las losas, con una densidad de 30kg/m³. En la equivalencia del mortero, se considero el aplanado interior de yeso.

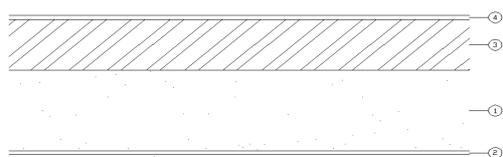


Imagen 54 - Losa plana con espuma de poliuretano espreado

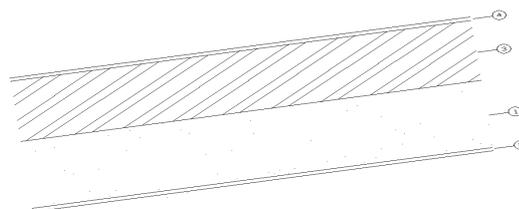


Imagen 55 - Losa a dos aguas con espuma de poliuretano espreado

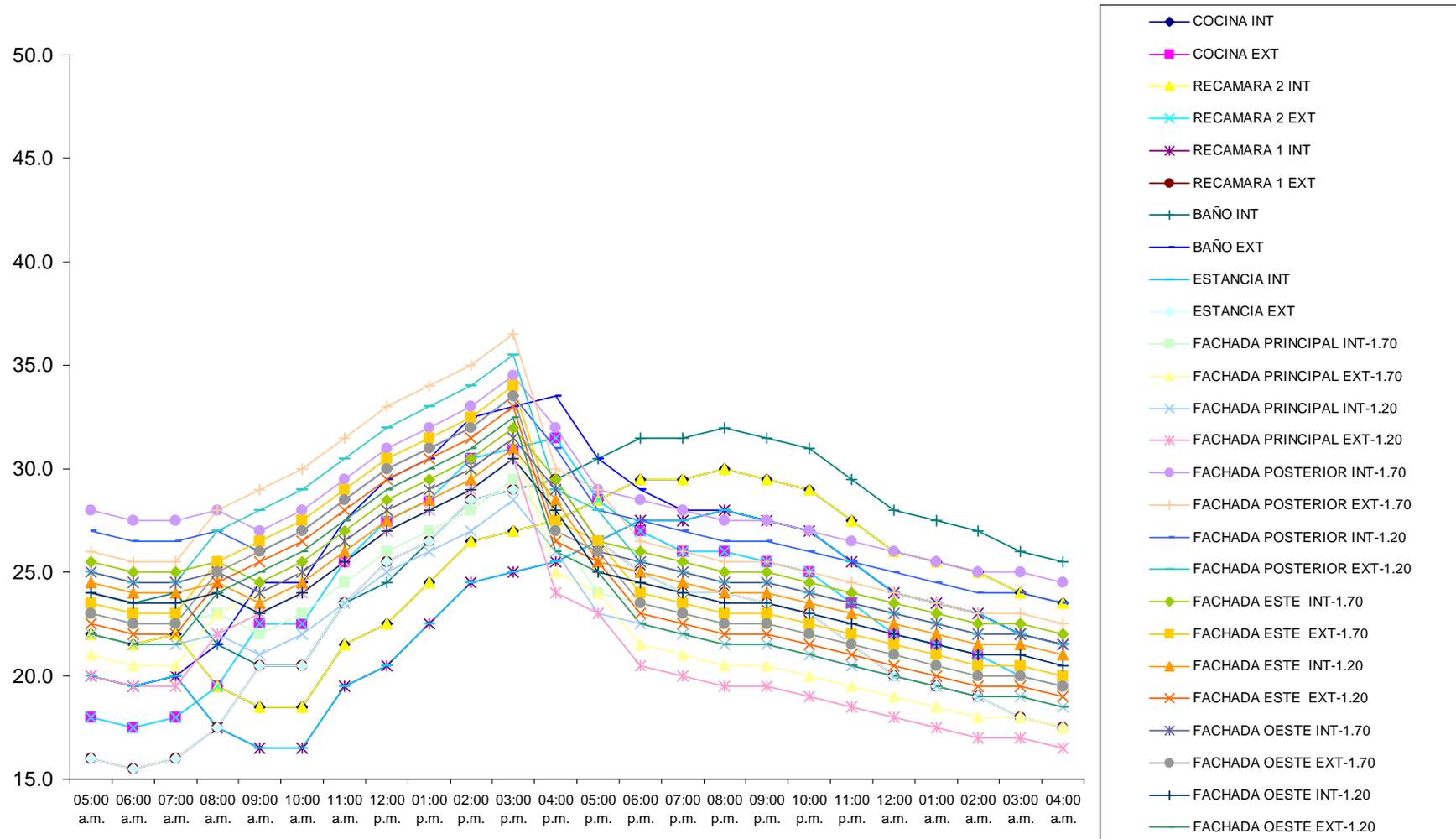
1	Mortero cemento arena 1:3
2	Malla de refuerzo
3	Espuma de poliuretano espreado
4	Capa de termotek

Como ya se menciona previamente cuales son las cualidades y características térmicas de la espuma de poliuretano espreado, a continuación nos enfocamos solo en las variaciones térmicas entre el exterior e interior de la vivienda, ya que se obtuvo una caída de la temperatura en el interior de alrededor de 8°C en relación a las mediciones iniciales.

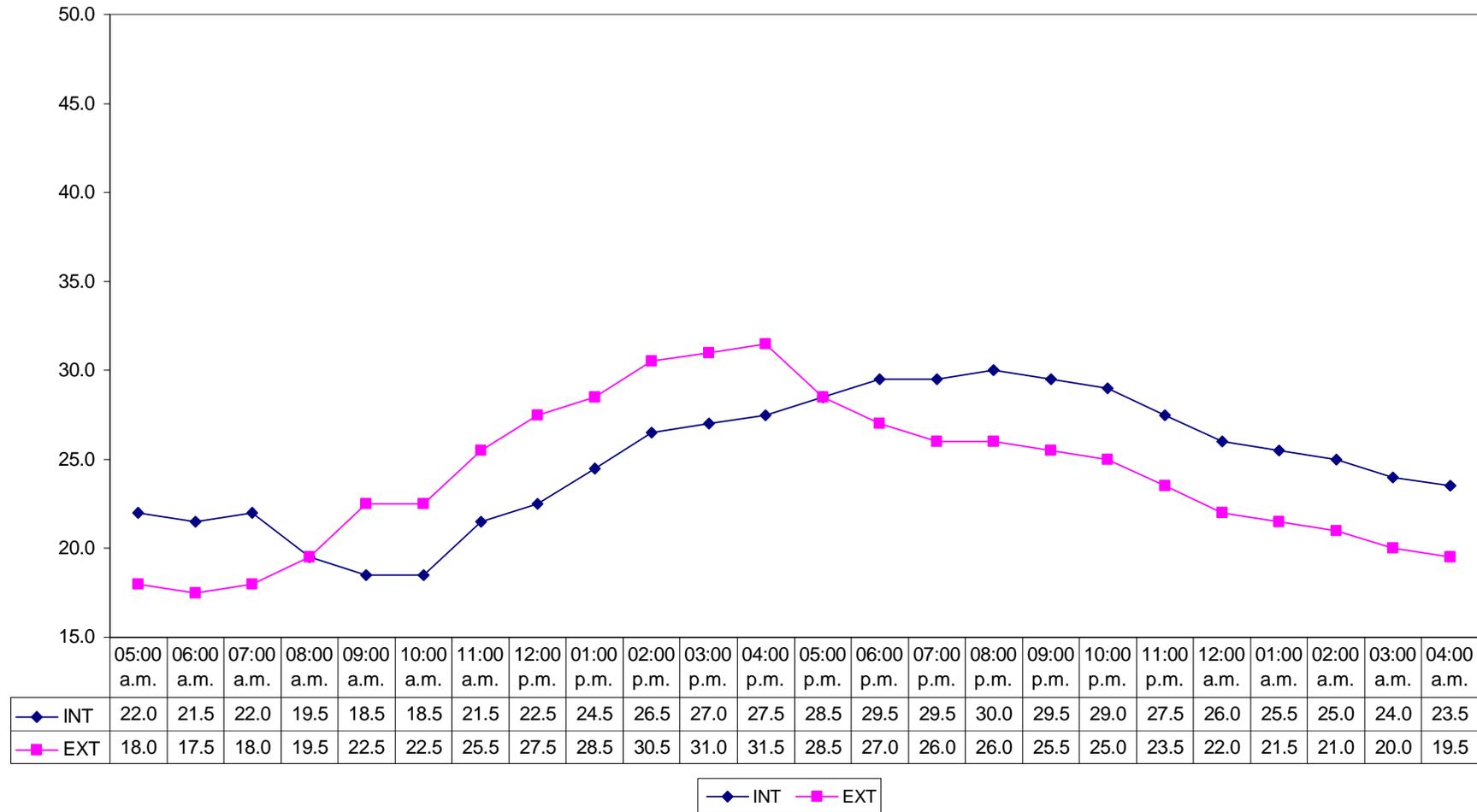
Se puede notar que la temperatura exterior de la losa es mas elevada que la interior, esto se explica claramente por los efectos de la radiación, aunque podemos percibir que el material termotek, tiene la capacidad de reflexión por ser de color claro, así la losa interior presenta una tendencia a mantenerse más constante, debido al incremento del peralte de la losa y por ende, a su mayor resistencia al paso del calor, además de que la espuma de poliuretano espreado, presenta mas resistencia al calor lo que permite que la temperatura en el interior de la vivienda sea aun más constante.

CASA CON LOSA PLANA				ORIENTACION NORTE - SUR								LOSA CON POLIURETANO ESPREADO CON 1 CM DE ESPESOR																		
HORAS	COCINA		RECAMARA 2		RECAMARA 1		BAÑO		ESTANCIA		FACHADA PRINCIPAL				FACHADA POSTERIOR				FACHADA ESTE				FACHADA OESTE							
	INT	EXT	INT	EXT	INT	EXT	INT	EXT	INT	EXT	INT-1.70	EXT-1.70	INT-1.20	EXT-1.20	INT-1.70	EXT-1.70	INT-1.20	EXT-1.20	INT-1.70	EXT-1.70	INT-1.20	EXT-1.20	INT-1.70	EXT-1.70	INT-1.20	EXT-1.20				
05:00 a.m.	22.0	18.0	22.0	18.0	20.0	16.0	24.0	20.0	20.0	16.0	23.0	21.0	22.0	20.0	28.0	26.0	27.0	25.0	25.5	23.5	24.5	22.5	25.0	23.0	24.0	22.0	24.5	22.5	23.5	21.5
06:00 a.m.	21.5	17.5	21.5	17.5	19.5	15.5	23.5	19.5	19.5	15.5	22.5	20.5	21.5	19.5	27.5	25.5	26.5	24.5	25.0	23.0	24.0	22.0	24.5	22.5	23.5	21.5	24.5	22.5	23.5	21.5
07:00 a.m.	22.0	18.0	22.0	18.0	20.0	16.0	24.0	20.0	20.0	16.0	22.5	20.5	21.5	19.5	27.5	25.5	26.5	24.5	25.0	23.0	24.0	22.0	24.5	22.5	23.5	21.5	24.5	22.5	23.5	21.5
08:00 a.m.	19.5	19.5	19.5	19.5	17.5	17.5	21.5	21.5	17.5	17.5	23.0	23.0	22.0	22.0	28.0	28.0	27.0	27.0	25.5	25.5	24.5	24.5	25.0	25.0	24.0	24.0	25.0	25.0	24.0	24.0
09:00 a.m.	18.5	22.5	18.5	22.5	16.5	20.5	20.5	24.5	16.5	20.5	22.0	24.0	21.0	23.0	27.0	29.0	26.0	28.0	24.5	26.5	23.5	25.5	24.0	26.0	23.0	25.0	26.0	23.0	25.0	
10:00 a.m.	18.5	22.5	18.5	22.5	16.5	20.5	20.5	24.5	16.5	20.5	23.0	25.0	22.0	24.0	28.0	30.0	27.0	29.0	25.5	27.5	24.5	26.5	25.0	27.0	24.0	26.0	25.0	27.0	24.0	26.0
11:00 a.m.	21.5	25.5	21.5	25.5	19.5	23.5	23.5	27.5	19.5	23.5	24.5	26.5	23.5	25.5	29.5	31.5	28.5	30.5	27.0	29.0	26.0	28.0	26.5	28.5	25.5	27.5	26.5	28.5	25.5	27.5
12:00 p.m.	22.5	27.5	22.5	27.5	20.5	25.5	24.5	29.5	20.5	25.5	26.0	28.0	25.0	27.0	31.0	33.0	30.0	32.0	28.5	30.5	27.5	29.5	28.0	30.0	27.0	29.0	28.0	30.0	27.0	29.0
01:00 p.m.	24.5	28.5	24.5	28.5	22.5	26.5	26.5	30.5	22.5	26.5	27.0	29.0	26.0	28.0	32.0	34.0	31.0	33.0	29.5	31.5	28.5	30.5	29.0	31.0	28.0	30.0	29.0	31.0	28.0	30.0
02:00 p.m.	26.5	30.5	26.5	30.5	24.5	28.5	28.5	32.5	24.5	28.5	28.0	30.0	27.0	29.0	33.0	35.0	32.0	34.0	30.5	32.5	29.5	31.5	30.0	32.0	29.0	31.0	30.0	32.0	29.0	31.0
03:00 p.m.	27.0	31.0	27.0	31.0	25.0	29.0	29.0	33.0	25.0	29.0	29.5	31.5	28.5	30.5	34.5	36.5	33.5	35.5	32.0	34.0	31.0	33.0	31.5	33.5	30.5	32.5	31.5	33.5	30.5	32.5
04:00 p.m.	27.5	31.5	27.5	31.5	25.5	29.5	29.5	33.5	25.5	29.5	27.0	25.0	26.0	24.0	32.0	30.0	31.0	29.0	29.5	27.5	28.5	26.5	29.0	27.0	28.0	26.0	29.0	27.0	28.0	26.0
05:00 p.m.	28.5	28.5	28.5	28.5	26.5	26.5	30.5	30.5	26.5	26.5	24.0	24.0	23.0	23.0	29.0	29.0	28.0	28.0	26.5	26.5	25.5	25.5	26.0	26.0	25.0	25.0	26.0	26.0	25.0	25.0
06:00 p.m.	29.5	27.0	29.5	27.0	27.5	25.0	31.5	29.0	27.5	25.0	23.5	21.5	22.5	20.5	28.5	26.5	27.5	25.5	26.0	24.0	25.0	23.0	25.5	23.5	24.5	22.5	24.5	22.5	23.5	22.5
07:00 p.m.	29.5	26.0	29.5	26.0	27.5	24.0	31.5	28.0	27.5	24.0	23.0	21.0	22.0	20.0	28.0	26.0	27.0	25.0	25.5	23.5	24.5	22.5	25.0	23.0	24.0	22.0	24.5	22.5	23.5	22.0
08:00 p.m.	30.0	26.0	30.0	26.0	28.0	24.0	32.0	28.0	28.0	24.0	22.5	20.5	21.5	19.5	27.5	25.5	26.5	24.5	25.0	23.0	24.0	22.0	24.5	22.5	23.5	21.5	24.5	22.5	23.5	21.5
09:00 p.m.	29.5	25.5	29.5	25.5	27.5	23.5	31.5	27.5	27.5	23.5	22.5	20.5	21.5	19.5	27.5	25.5	26.5	24.5	25.0	23.0	24.0	22.0	24.5	22.5	23.5	21.5	24.5	22.5	23.5	21.5
10:00 p.m.	29.0	25.0	29.0	25.0	27.0	23.0	31.0	27.0	27.0	23.0	22.0	20.0	21.0	19.0	27.0	25.0	26.0	24.0	24.5	22.5	23.5	21.5	24.0	22.0	23.0	21.0	24.0	22.0	23.0	21.0
11:00 p.m.	27.5	23.5	27.5	23.5	25.5	21.5	29.5	25.5	25.5	21.5	21.5	19.5	20.5	18.5	26.5	24.5	25.5	23.5	24.0	22.0	23.0	21.0	23.5	21.5	22.5	20.5	23.5	21.5	22.5	20.5
12:00 a.m.	26.0	22.0	26.0	22.0	24.0	20.0	28.0	24.0	24.0	20.0	21.0	19.0	20.0	18.0	26.0	24.0	25.0	23.0	23.5	21.5	22.5	20.5	23.0	21.0	22.0	20.0	23.0	21.0	22.0	20.0
01:00 a.m.	25.5	21.5	25.5	21.5	23.5	19.5	27.5	23.5	23.5	19.5	20.5	18.5	19.5	17.5	25.5	23.5	24.5	22.5	23.0	21.0	22.0	20.0	22.5	20.5	21.5	19.5	22.5	20.5	21.5	19.5
02:00 a.m.	25.0	21.0	25.0	21.0	23.0	19.0	27.0	23.0	23.0	19.0	20.0	18.0	19.0	17.0	25.0	23.0	24.0	22.0	22.5	20.5	21.5	19.5	22.0	20.0	21.0	19.0	22.0	20.0	21.0	19.0
03:00 a.m.	24.0	20.0	24.0	20.0	22.0	18.0	26.0	22.0	22.0	18.0	20.0	18.0	19.0	17.0	25.0	23.0	24.0	22.0	22.5	20.5	21.5	19.5	22.0	20.0	21.0	19.0	22.0	20.0	21.0	19.0
04:00 a.m.	23.5	19.5	23.5	19.5	21.5	17.5	25.5	21.5	21.5	17.5	19.5	17.5	18.5	16.5	24.5	22.5	23.5	21.5	22.0	20.0	21.0	19.0	21.5	19.5	20.5	18.5	21.5	19.5	20.5	18.5

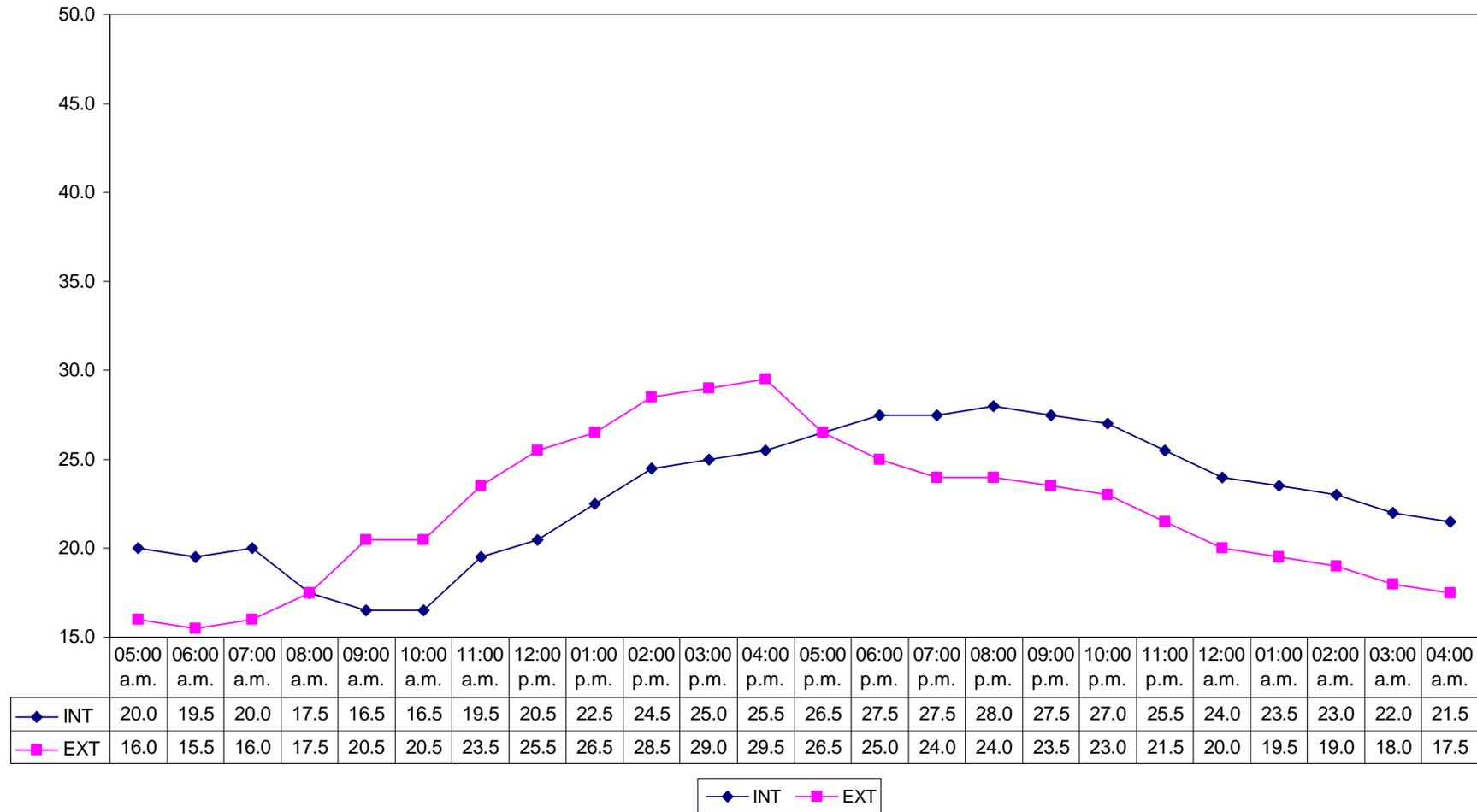
GRAFICA GENERAL - CASA LOSA PLANA - LOSA CON POLIURETANO ESPREADO



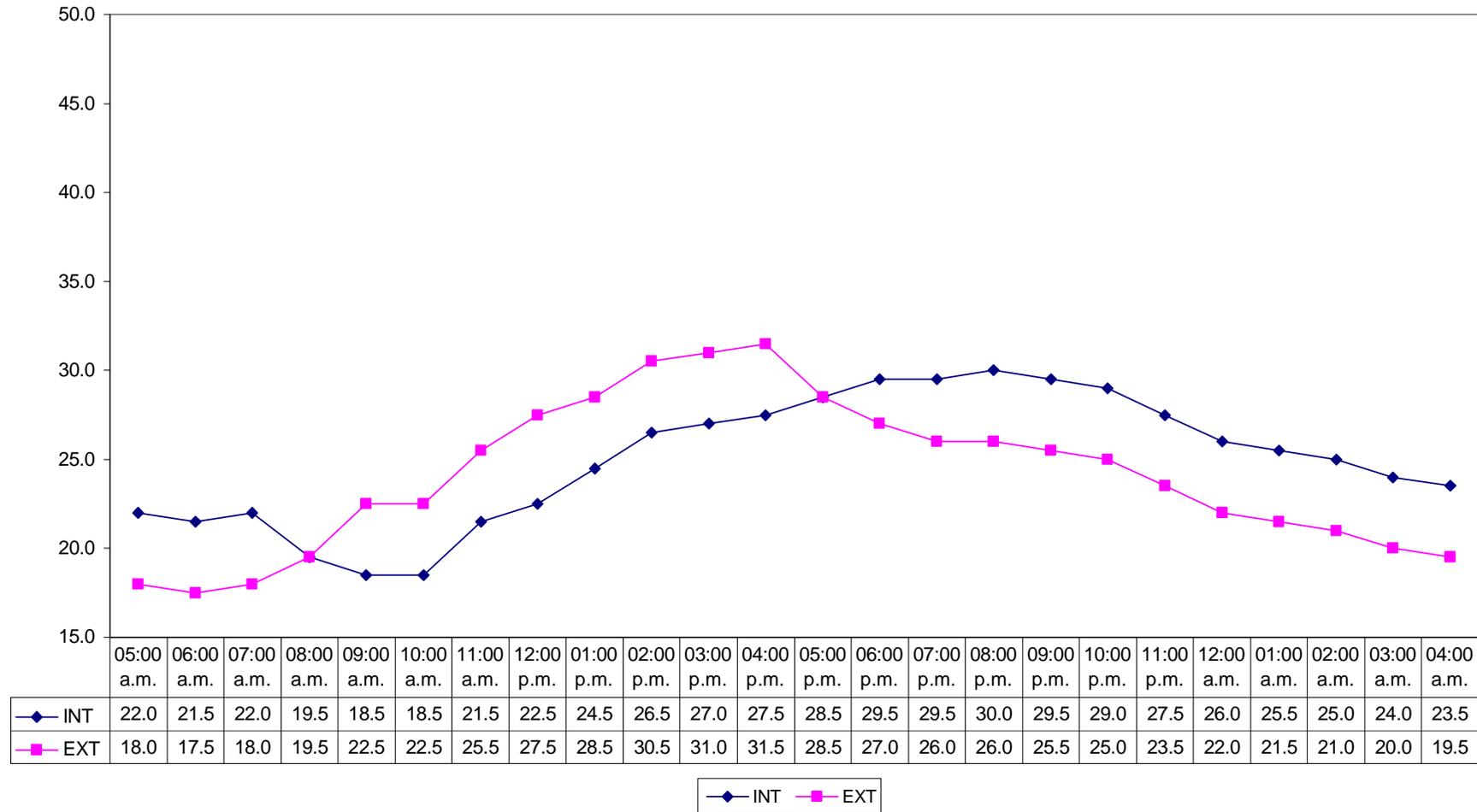
COCINA - CASA LOSA PLANA - LOSA CON POLIURETANO ESPREADO



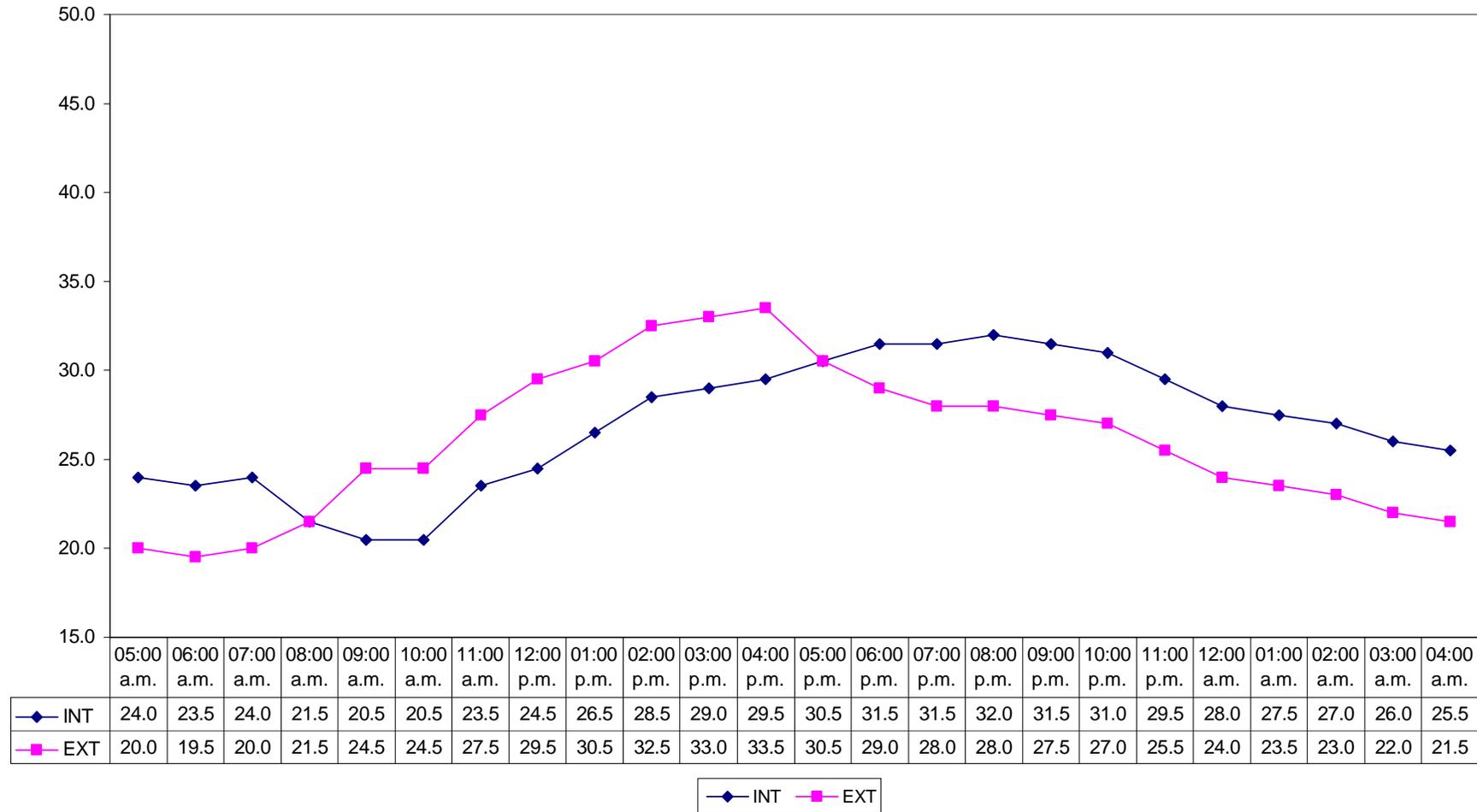
RECAMARA 1 - CASA LOSA PLANA - LOSA CON POLIURETANO ESPREADO



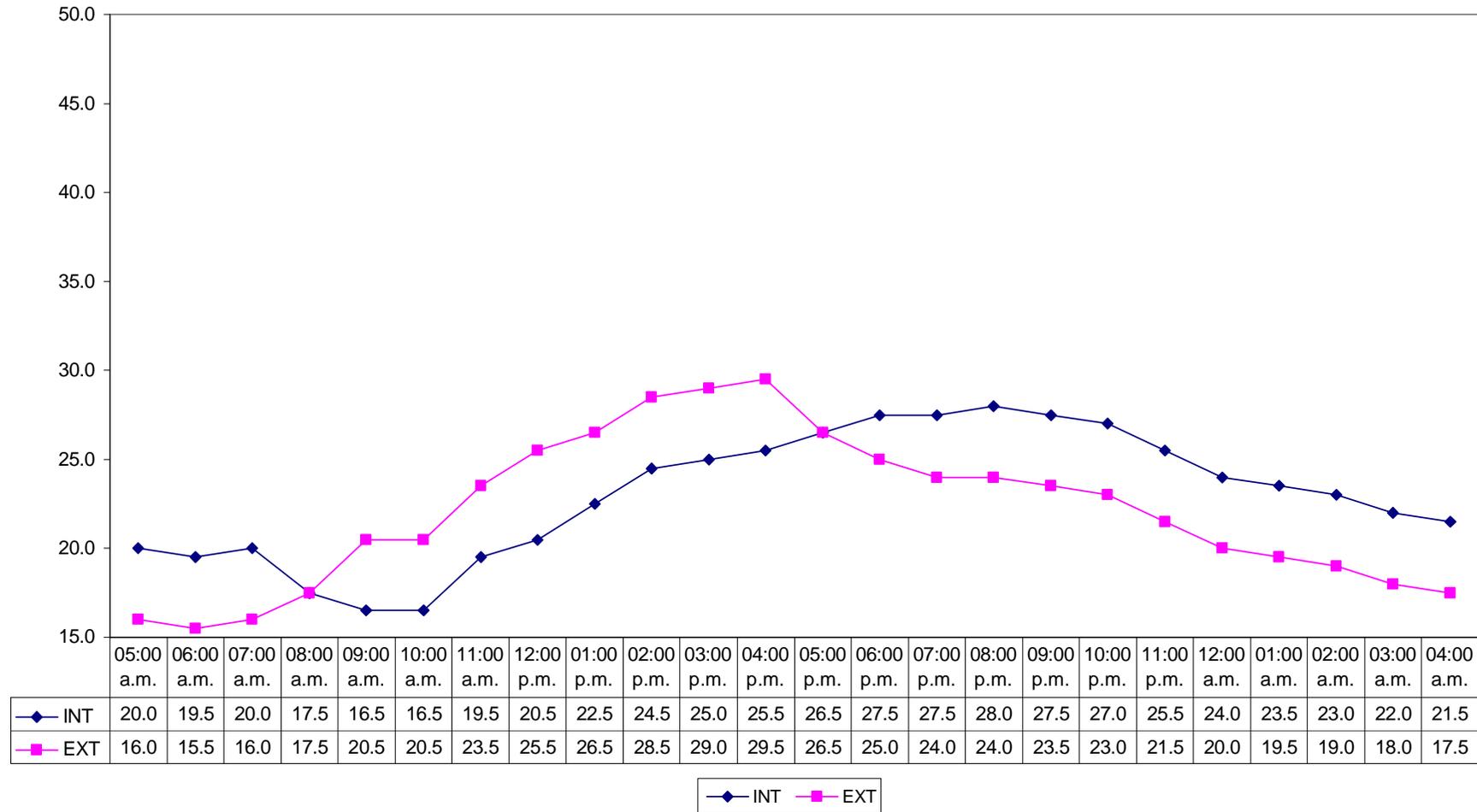
RECAMARA 2 - CASA LOSA PLANA - LOSA CON POLIURETANO ESPREADO



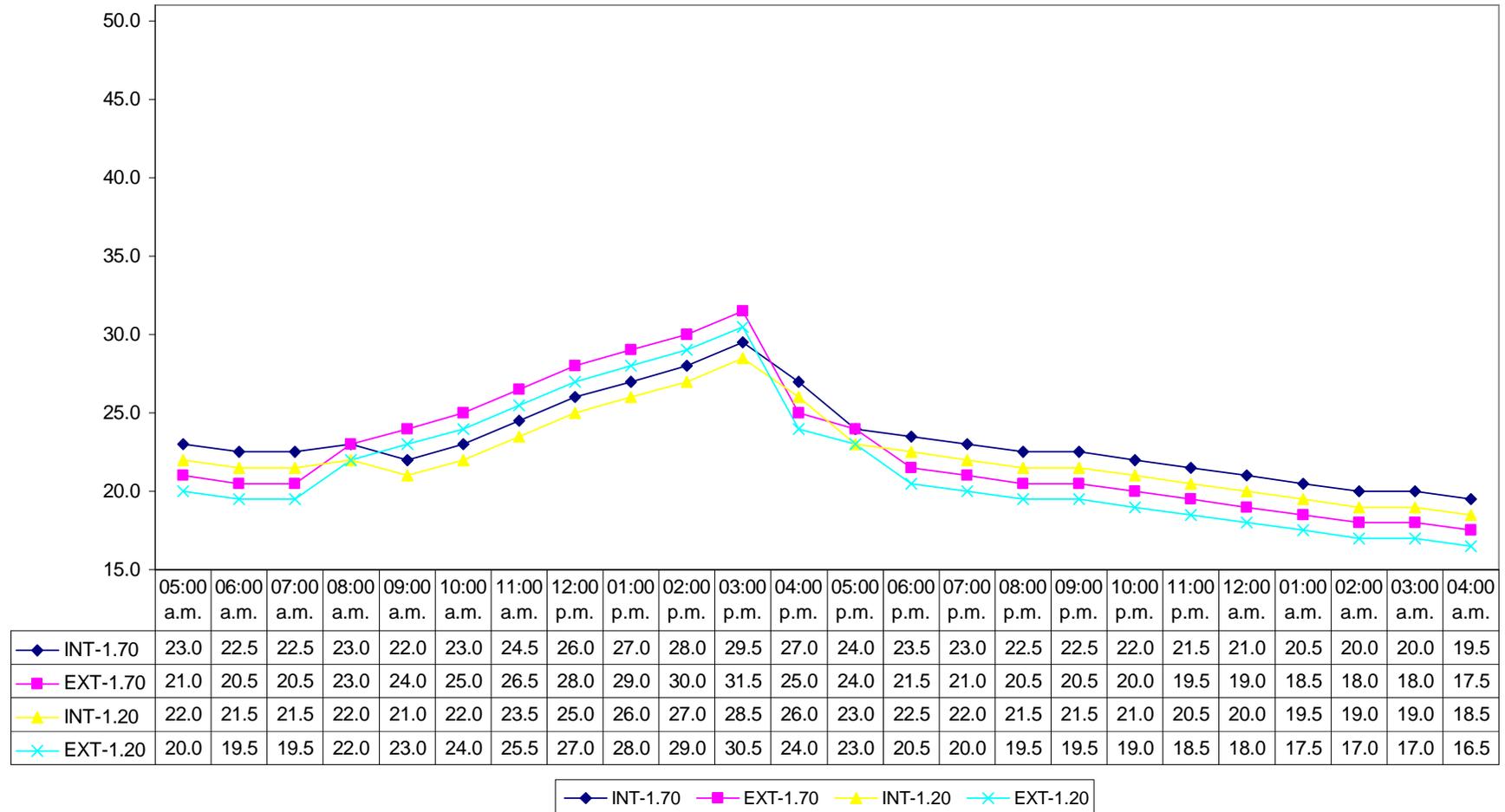
BAÑO - CASA LOSA PLANA - LOSA CON POLIURETANO ESPREADO



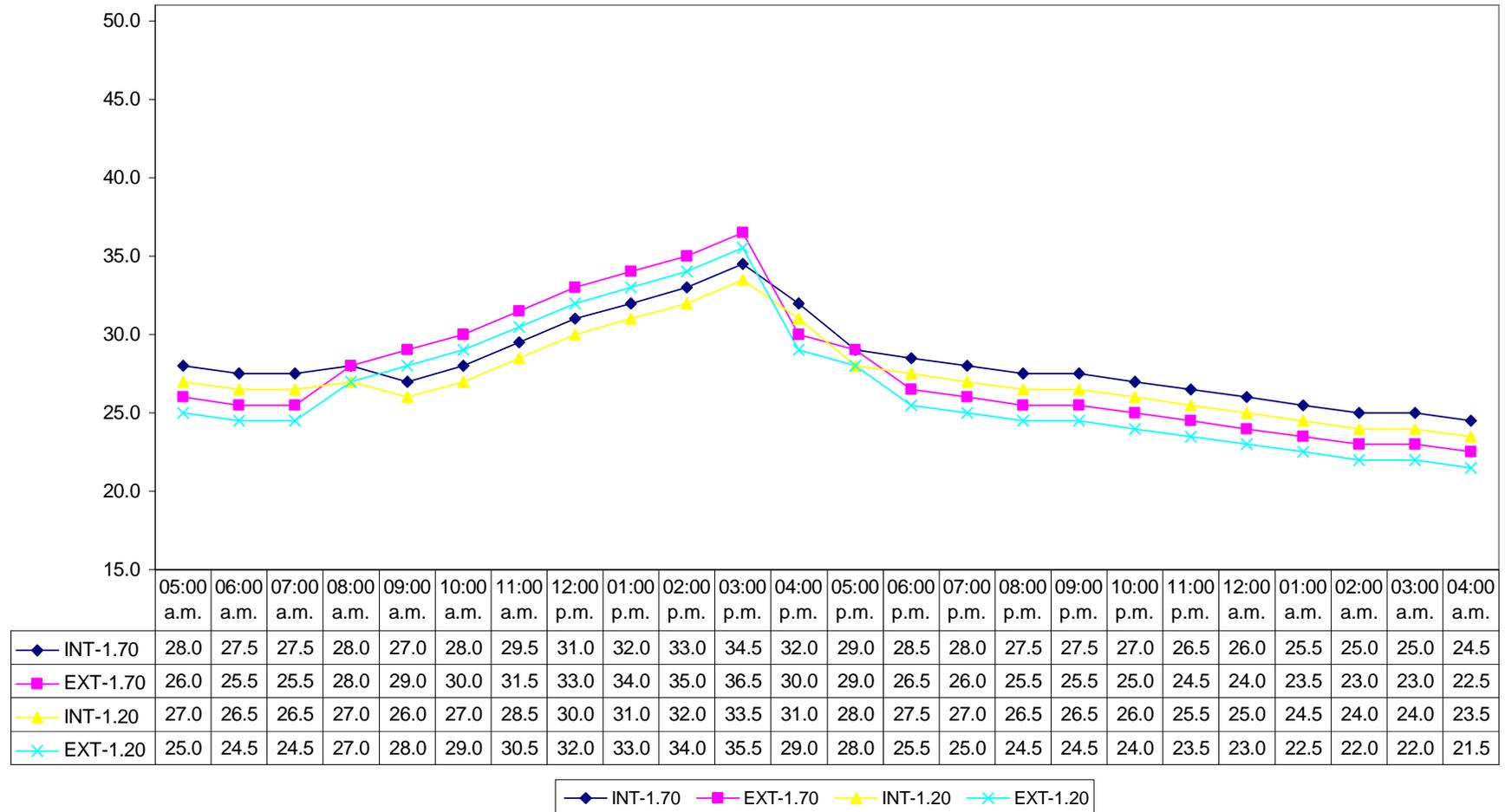
ESTANCIA - CASA LOSA PLANA - LOSA CON POLIURETANO ESPREADO



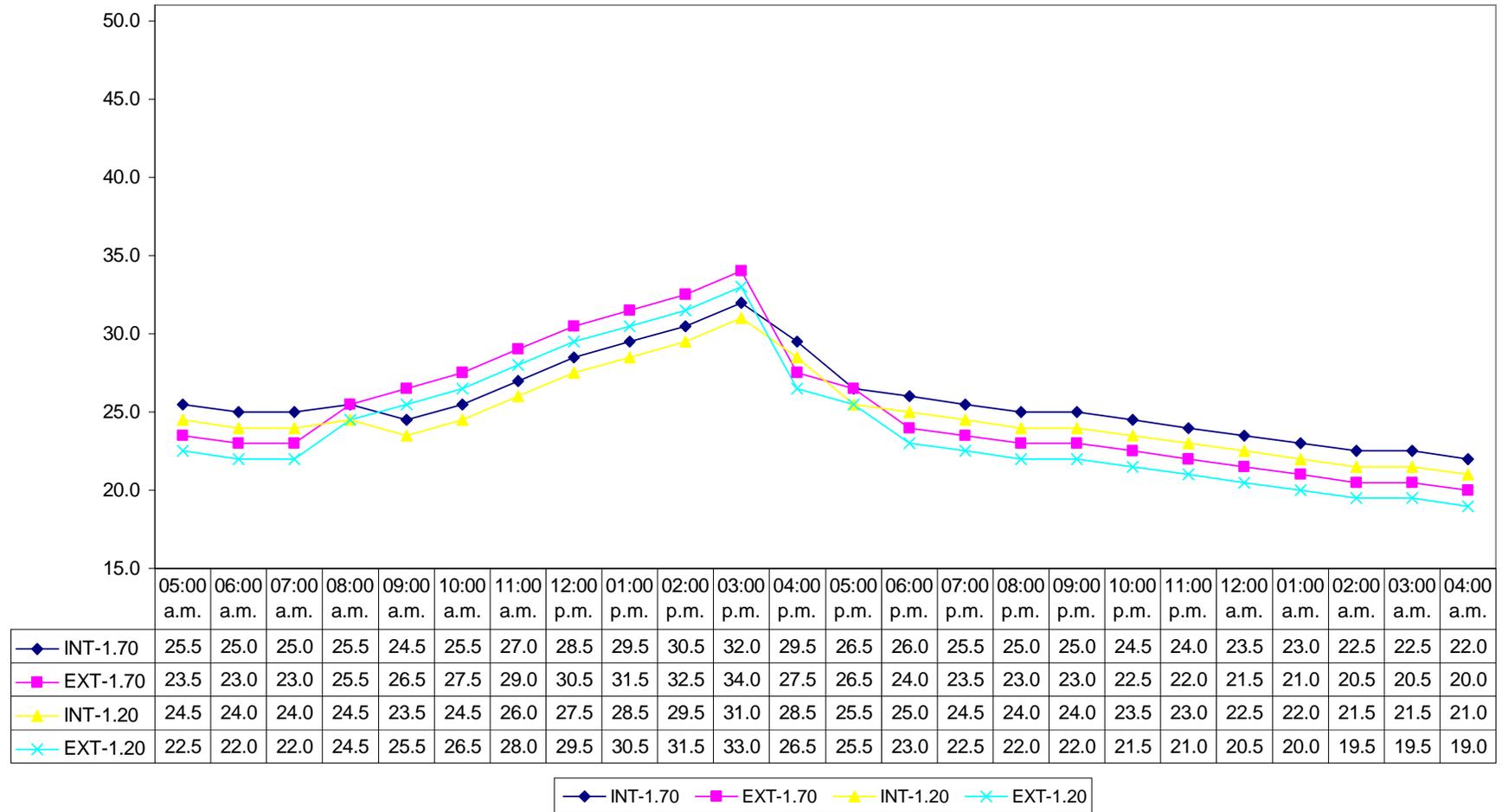
FACHADA PRINCIPAL - CASA LOSA PLANA - LOSA CON POLIURETANO ESPREADO



FACHADA POSTERIOR - CASA LOSA PLANA - LOSA CON POLIURETANO ESPREADO



FACHADA ESTE - CASA LOSA PLANA - LOSA CON POLIURETANO ESPREADO

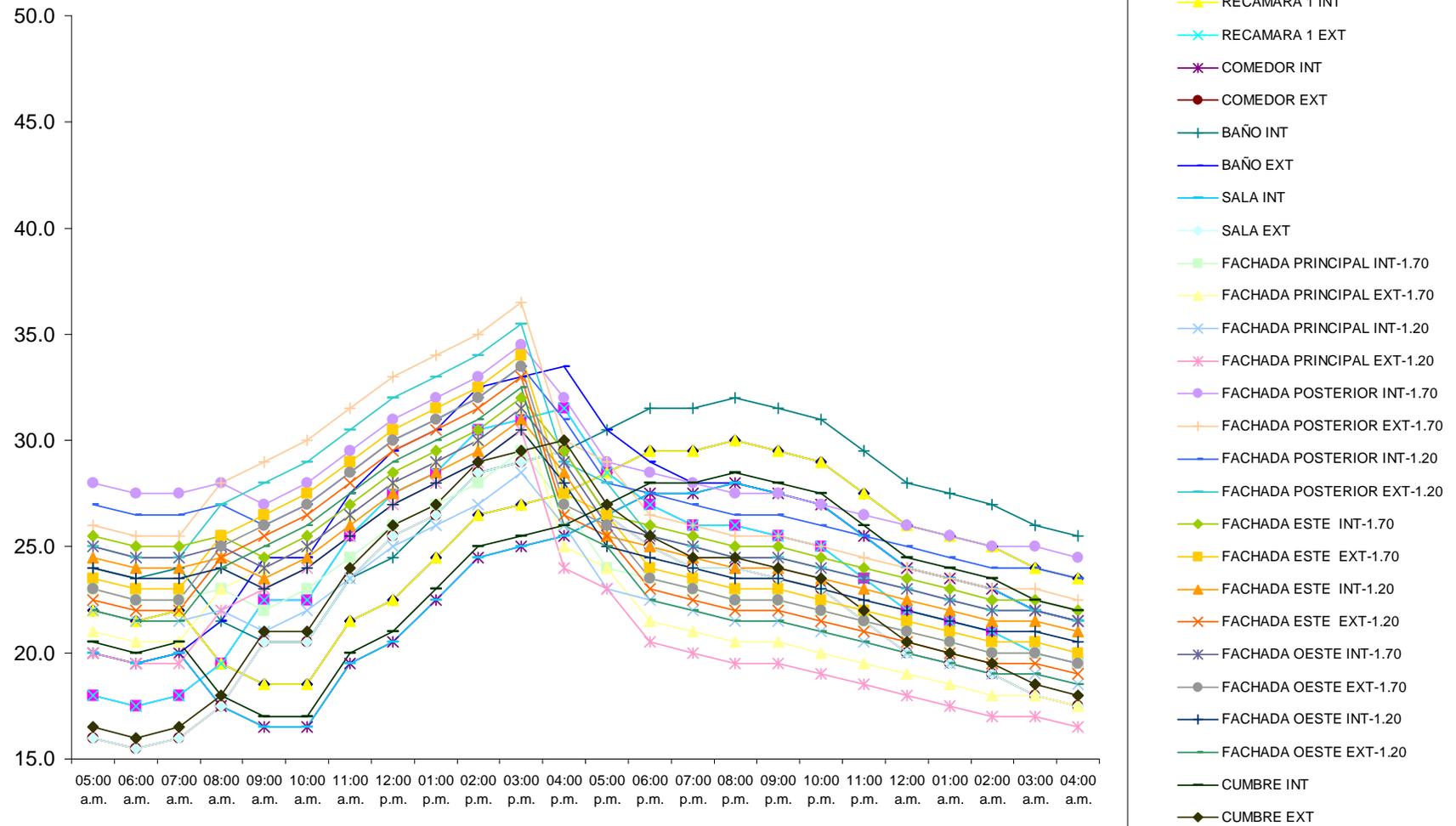


FACHADA OESTE - CASA LOSA PLANA - LOSA CON POLIURETANO ESPREADO

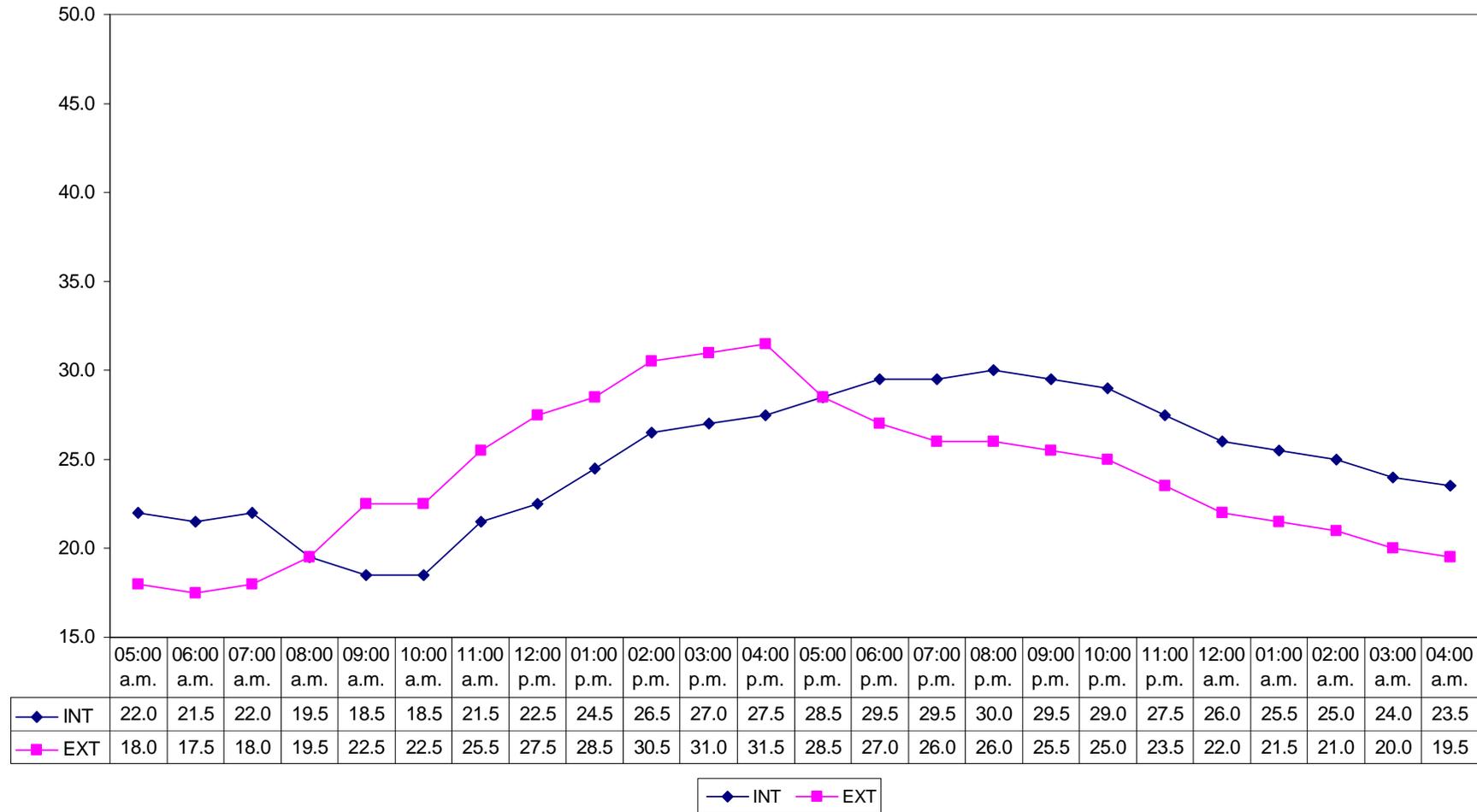


CASA CON LOSA A DOS AGUAS																												
ORIENTACION NORTE - SUR													LOSA CON POLIURETANO ESPREADO DE 1 CM DE ESPESOR															
HORAS	COCINA		RECAMARA 1		COMEDOR		BAÑO		SALA		FACHADA PRINCIPAL				FACHADA POSTERIOR				FACHADA ESTE				FACHADA OESTE				CUMBRE	
	INT	EXT	INT	EXT	INT	EXT	INT	EXT	INT	EXT	INT-1.70	EXT-1.70	INT-1.20	EXT-1.20	INT-1.70	EXT-1.70	INT-1.20	EXT-1.20	INT-1.70	EXT-1.70	INT-1.20	EXT-1.20	INT-1.70	EXT-1.70	INT-1.20	EXT-1.20	INT	EXT
05:00 a.m.	22.0	18.0	22.0	18.0	20.0	16.0	24.0	20.0	20.0	16.0	23.0	21.0	22.0	20.0	28.0	26.0	27.0	25.0	25.5	23.5	24.5	22.5	25.0	23.0	24.0	22.0	20.5	16.5
06:00 a.m.	21.5	17.5	21.5	17.5	19.5	15.5	23.5	19.5	19.5	15.5	22.5	20.5	21.5	19.5	27.5	25.5	26.5	24.5	25.0	23.0	24.0	22.0	24.5	22.5	23.5	21.5	20.0	16.0
07:00 a.m.	22.0	18.0	22.0	18.0	20.0	16.0	24.0	20.0	20.0	16.0	22.5	20.5	21.5	19.5	27.5	25.5	26.5	24.5	25.0	23.0	24.0	22.0	24.5	22.5	23.5	21.5	20.5	16.5
08:00 a.m.	19.5	19.5	19.5	19.5	17.5	17.5	21.5	21.5	17.5	17.5	23.0	23.0	22.0	22.0	28.0	28.0	27.0	27.0	25.5	25.5	24.5	24.5	25.0	25.0	24.0	24.0	18.0	18.0
09:00 a.m.	18.5	22.5	18.5	22.5	16.5	20.5	20.5	24.5	16.5	20.5	22.0	24.0	21.0	23.0	27.0	29.0	26.0	28.0	24.5	26.5	23.5	25.5	24.0	26.0	23.0	25.0	17.0	21.0
10:00 a.m.	18.5	22.5	18.5	22.5	16.5	20.5	20.5	24.5	16.5	20.5	23.0	25.0	22.0	24.0	28.0	30.0	27.0	29.0	25.5	27.5	24.5	26.5	25.0	27.0	24.0	26.0	17.0	21.0
11:00 a.m.	21.5	25.5	21.5	25.5	19.5	23.5	23.5	27.5	19.5	23.5	24.5	26.5	23.5	25.5	29.5	31.5	28.5	30.5	27.0	29.0	26.0	28.0	26.5	28.5	25.5	27.5	20.0	24.0
12:00 p.m.	22.5	27.5	22.5	27.5	20.5	25.5	24.5	29.5	20.5	25.5	26.0	28.0	25.0	27.0	31.0	33.0	30.0	32.0	28.5	30.5	27.5	29.5	28.0	30.0	27.0	29.0	21.0	26.0
01:00 p.m.	24.5	28.5	24.5	28.5	22.5	26.5	26.5	30.5	22.5	26.5	27.0	29.0	26.0	28.0	32.0	34.0	31.0	33.0	29.5	31.5	28.5	30.5	29.0	31.0	28.0	30.0	23.0	27.0
02:00 p.m.	26.5	30.5	26.5	30.5	24.5	28.5	28.5	32.5	24.5	28.5	28.0	30.0	27.0	29.0	33.0	35.0	32.0	34.0	30.5	32.5	29.5	31.5	30.0	32.0	29.0	31.0	25.0	29.0
03:00 p.m.	27.0	31.0	27.0	31.0	25.0	29.0	29.0	33.0	25.0	29.0	29.5	31.5	28.5	30.5	34.5	36.5	33.5	35.5	32.0	34.0	31.0	33.0	31.5	33.5	30.5	32.5	25.5	29.5
04:00 p.m.	27.5	31.5	27.5	31.5	25.5	29.5	29.5	33.5	25.5	29.5	27.0	25.0	26.0	24.0	32.0	30.0	31.0	29.0	29.5	27.5	28.5	26.5	29.0	27.0	28.0	26.0	26.0	30.0
05:00 p.m.	28.5	28.5	28.5	28.5	26.5	26.5	30.5	30.5	26.5	26.5	24.0	24.0	23.0	23.0	29.0	29.0	28.0	28.0	26.5	26.5	25.5	25.5	26.0	26.0	25.0	25.0	27.0	27.0
06:00 p.m.	29.5	27.0	29.5	27.0	27.5	25.0	31.5	29.0	27.5	25.0	23.5	21.5	22.5	20.5	28.5	26.5	27.5	25.5	26.0	24.0	25.0	23.0	25.5	23.5	24.5	22.5	28.0	25.5
07:00 p.m.	29.5	26.0	29.5	26.0	27.5	24.0	31.5	28.0	27.5	24.0	23.0	21.0	22.0	20.0	28.0	26.0	27.0	25.0	25.5	23.5	24.5	22.5	25.0	23.0	24.0	22.0	28.0	24.5
08:00 p.m.	30.0	26.0	30.0	26.0	28.0	24.0	32.0	28.0	28.0	24.0	22.5	20.5	21.5	19.5	27.5	25.5	26.5	24.5	25.0	23.0	24.0	22.0	24.5	22.5	23.5	21.5	28.5	24.5
09:00 p.m.	29.5	25.5	29.5	25.5	27.5	23.5	31.5	27.5	27.5	23.5	22.5	20.5	21.5	19.5	27.5	25.5	26.5	24.5	25.0	23.0	24.0	22.0	24.5	22.5	23.5	21.5	28.0	24.0
10:00 p.m.	29.0	25.0	29.0	25.0	27.0	23.0	31.0	27.0	27.0	23.0	22.0	20.0	21.0	19.0	27.0	25.0	26.0	24.0	24.5	22.5	23.5	21.5	24.0	22.0	23.0	21.0	27.5	23.5
11:00 p.m.	27.5	23.5	27.5	23.5	25.5	21.5	29.5	25.5	25.5	21.5	21.5	19.5	20.5	18.5	26.5	24.5	25.5	23.5	24.0	22.0	23.0	21.0	23.5	21.5	22.5	20.5	26.0	22.0
12:00 a.m.	26.0	22.0	26.0	22.0	24.0	20.0	28.0	24.0	24.0	20.0	21.0	19.0	20.0	18.0	26.0	24.0	25.0	23.0	23.5	21.5	22.5	20.5	23.0	21.0	22.0	20.0	24.5	20.5
01:00 a.m.	25.5	21.5	25.5	21.5	23.5	19.5	27.5	23.5	23.5	19.5	20.5	18.5	19.5	17.5	25.5	23.5	24.5	22.5	23.0	21.0	22.0	20.0	22.5	20.5	21.5	19.5	24.0	20.0
02:00 a.m.	25.0	21.0	25.0	21.0	23.0	19.0	27.0	23.0	23.0	19.0	20.0	18.0	19.0	17.0	25.0	23.0	24.0	22.0	22.5	20.5	21.5	19.5	22.0	20.0	21.0	19.0	23.5	19.5
03:00 a.m.	24.0	20.0	24.0	20.0	22.0	18.0	26.0	22.0	22.0	18.0	20.0	18.0	19.0	17.0	25.0	23.0	24.0	22.0	22.5	20.5	21.5	19.5	22.0	20.0	21.0	19.0	22.5	18.5
04:00 a.m.	23.5	19.5	23.5	19.5	21.5	17.5	25.5	21.5	21.5	17.5	19.5	17.5	18.5	16.5	24.5	22.5	23.5	21.5	22.0	20.0	21.0	19.0	21.5	19.5	20.5	18.5	22.0	18.0

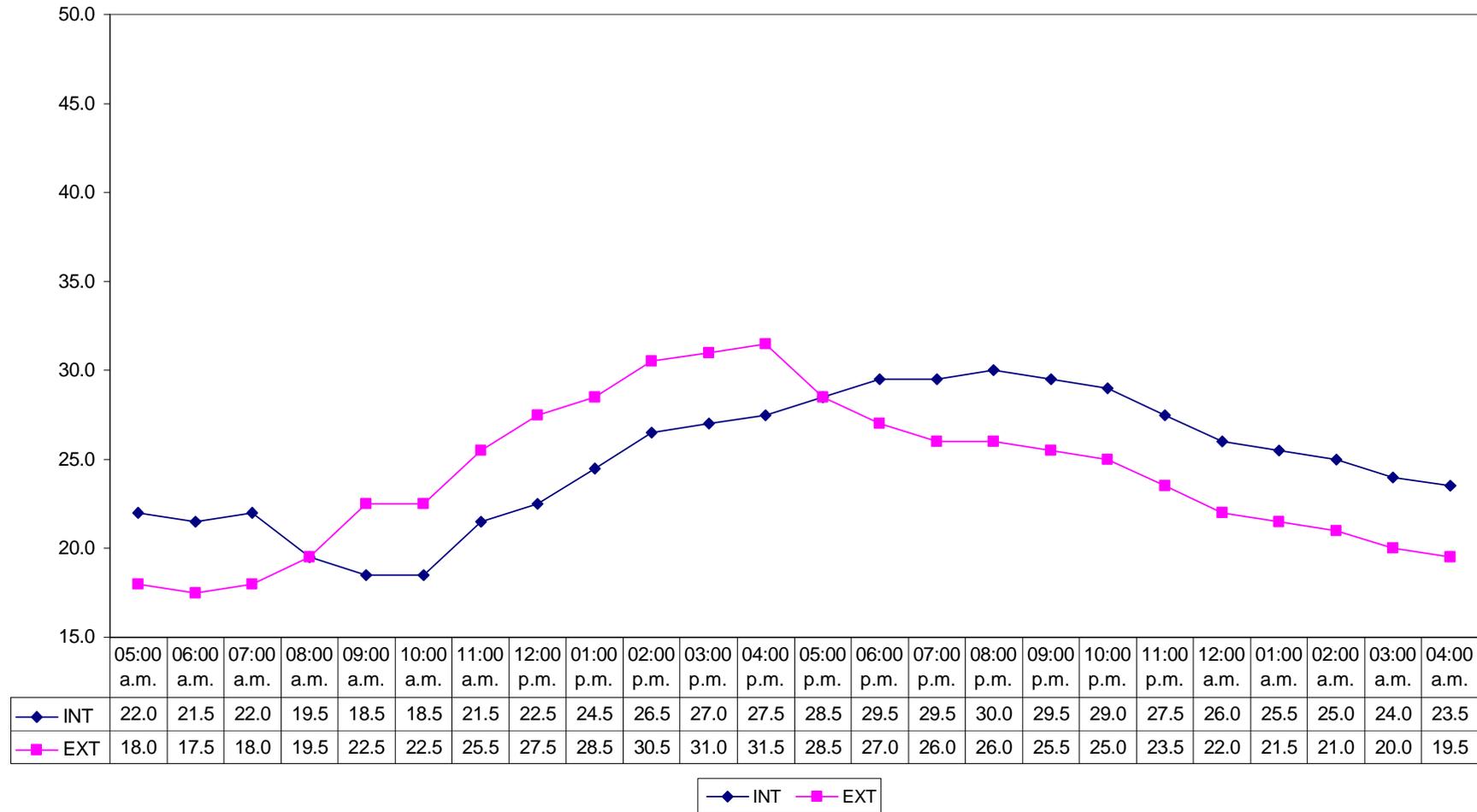
GRAFICA GENERAL - CASA LOSA DOS AGUAS - LOSA CON POLIURETANO ESPREADO



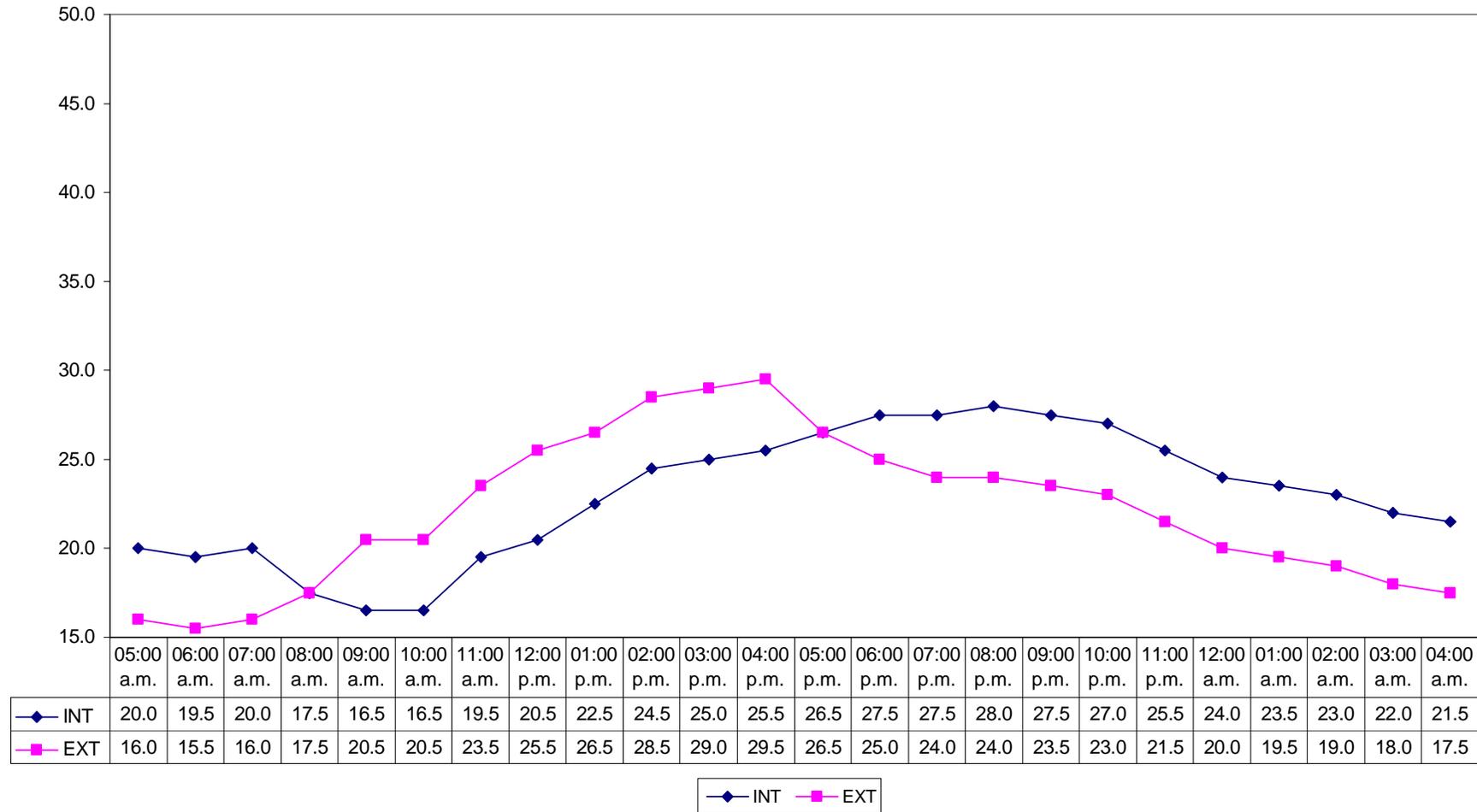
COCINA - CASA LOSA A DOS AGUAS - LOSA CON POLIURETANO ESPREADO



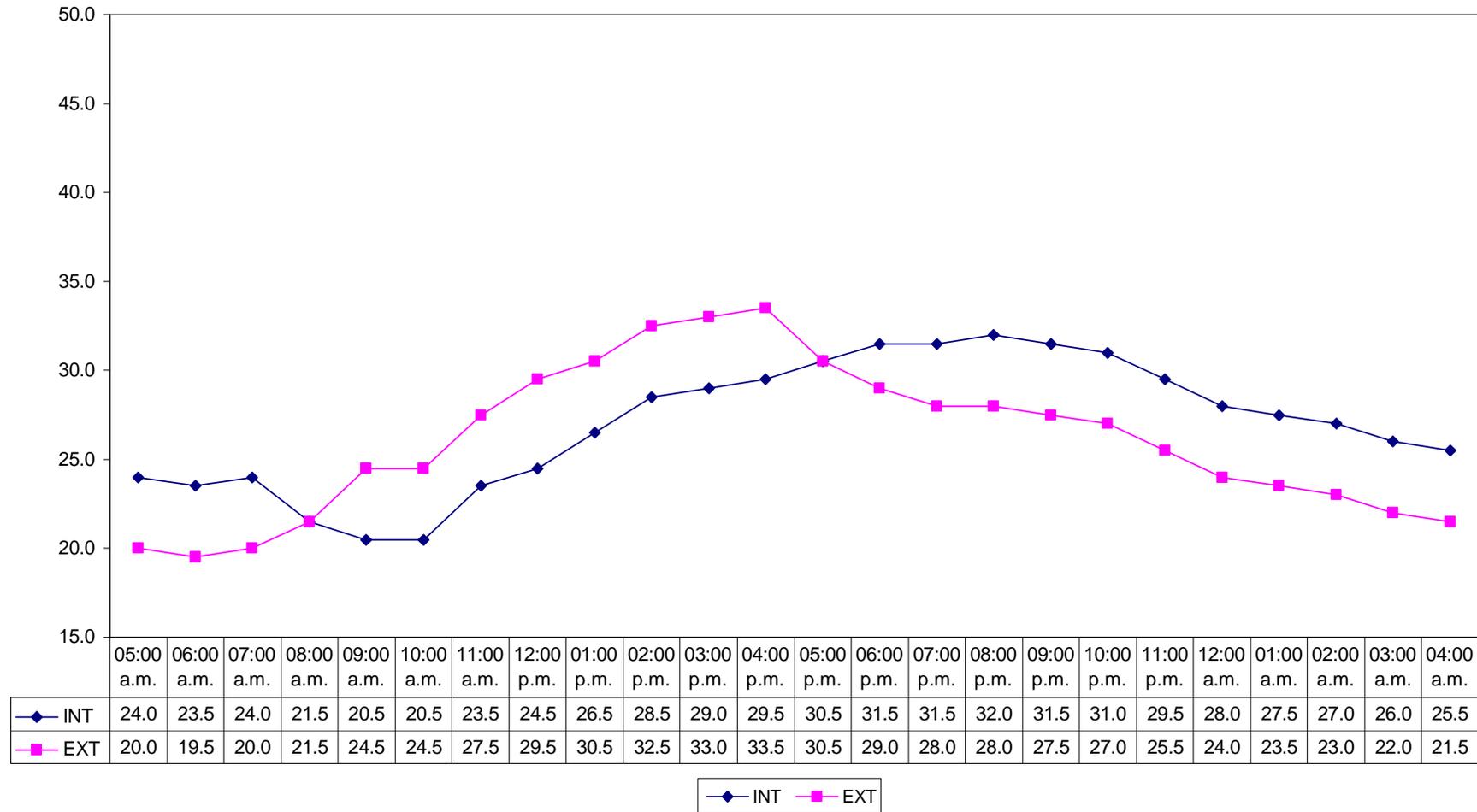
RECAMARA - CASA LOSA A DOS AGUAS - LOSA CON POLIURETANO ESPREADO



COMEDOR - CASA LOSA A DOS AGUAS - LOSA CON POLIURETANO ESPREADO



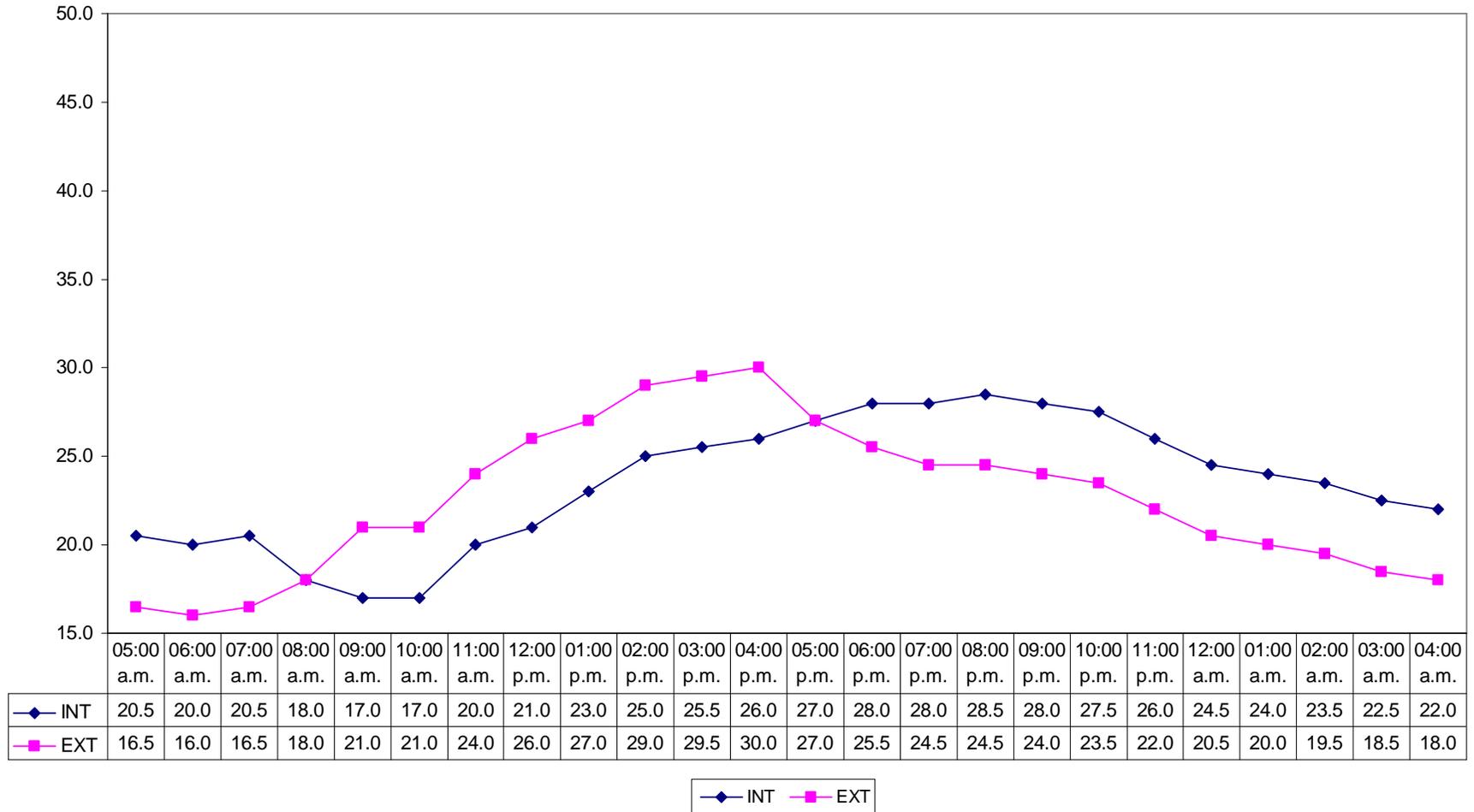
BAÑO - CASA LOSA A DOS AGUAS - LOSA CON POLIURETANO ESPREADO



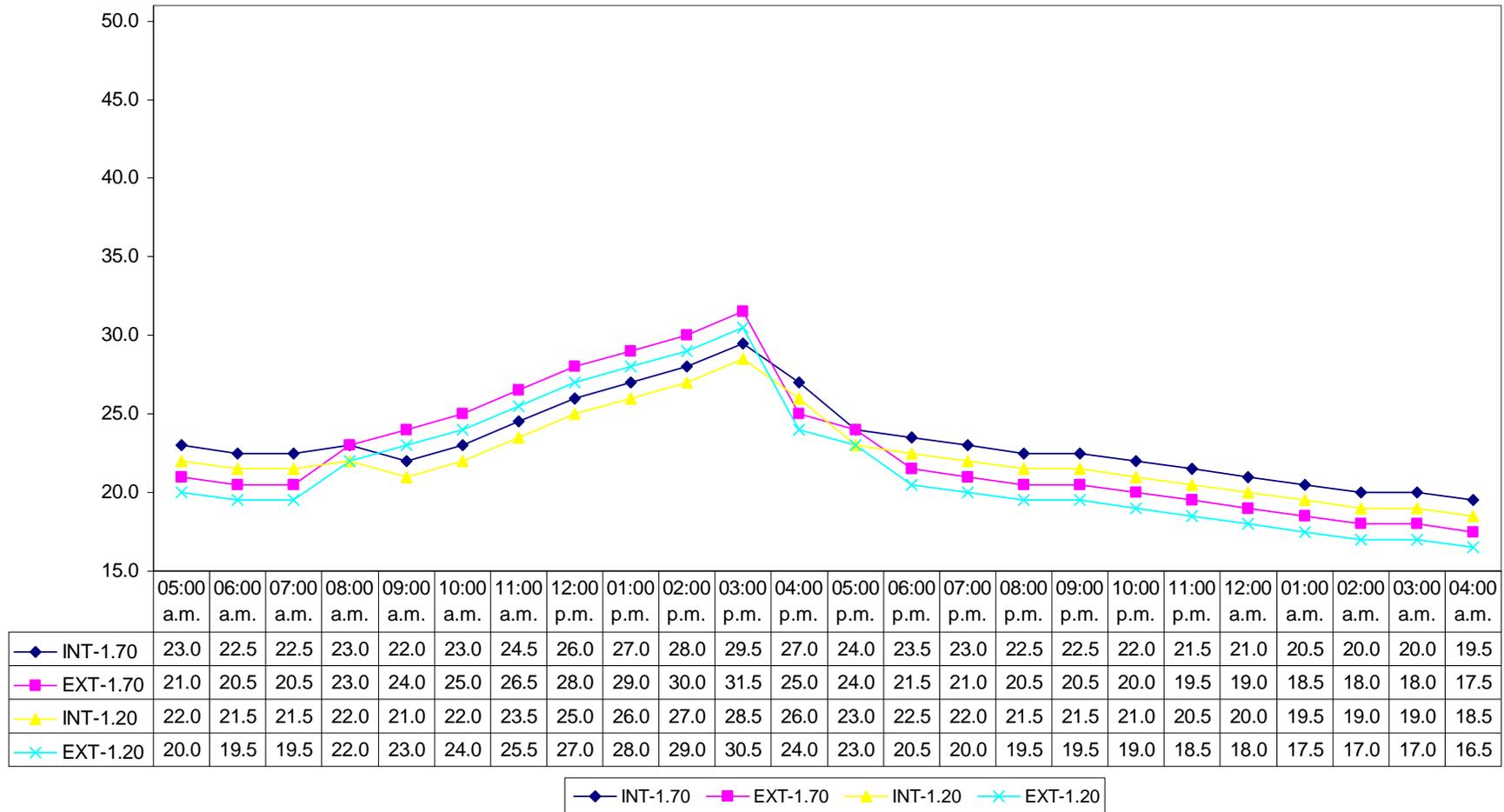
SALA - CASA LOSA A DOS AGUAS - LOSA CON POLIURETANO ESPREADO



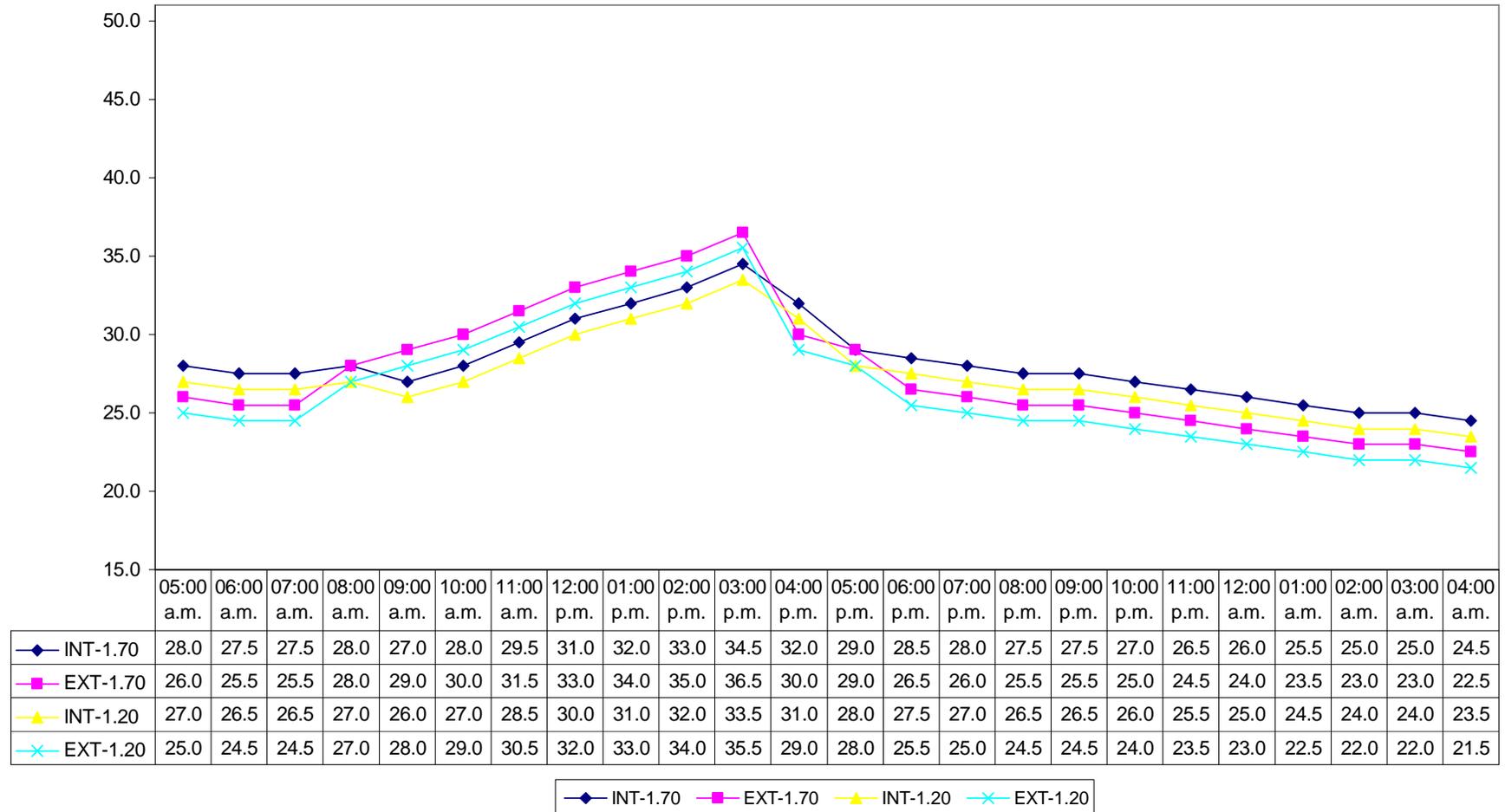
CUMBRE - CASA LOSA A DOS AGUAS - LOSA CON POLIURETANO ESPREADO



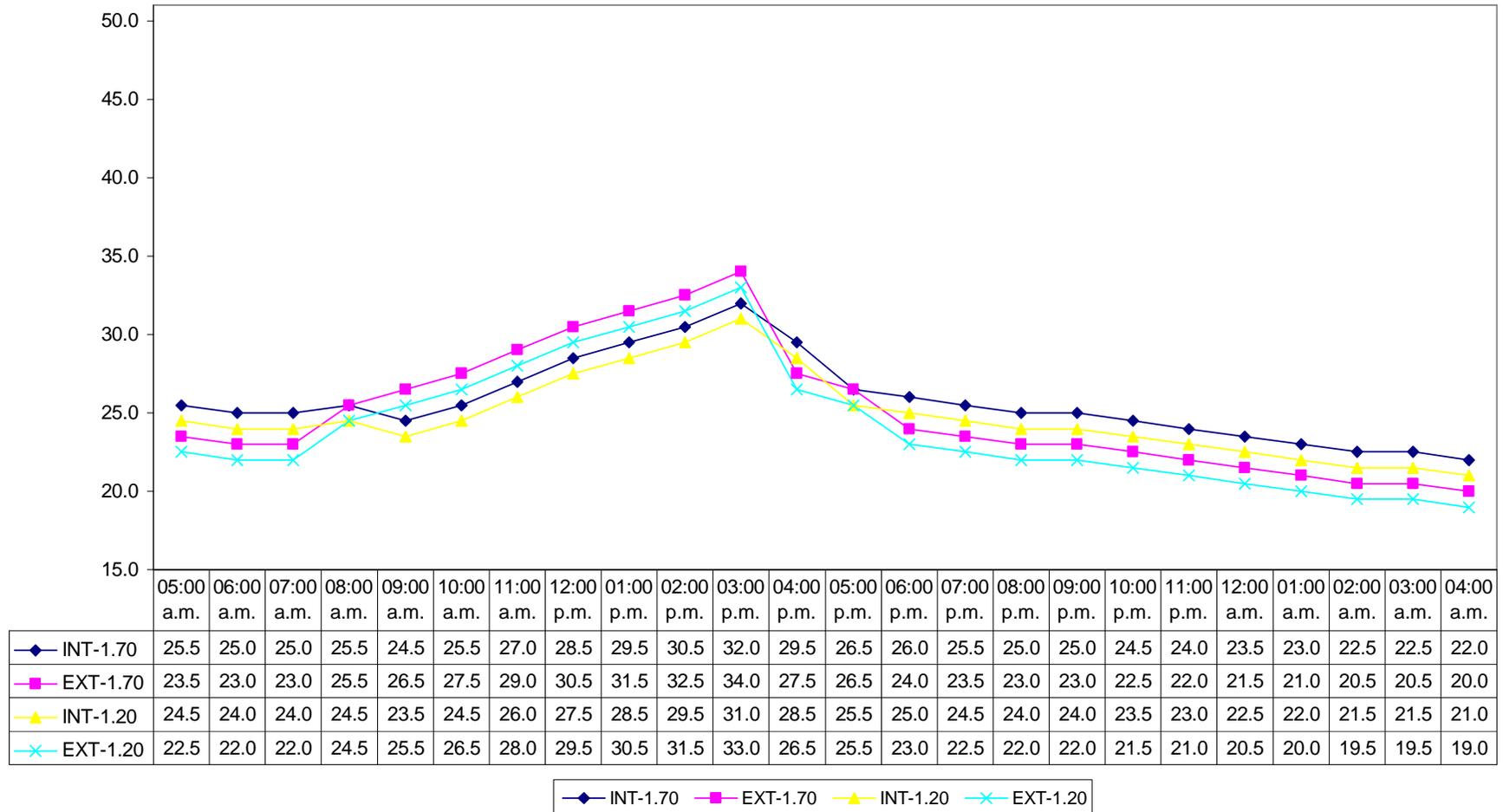
FACHADA PRINCIPAL - CASA LOSA A DOS AGUAS - LOSA CON POLIURETANO ESPREADO



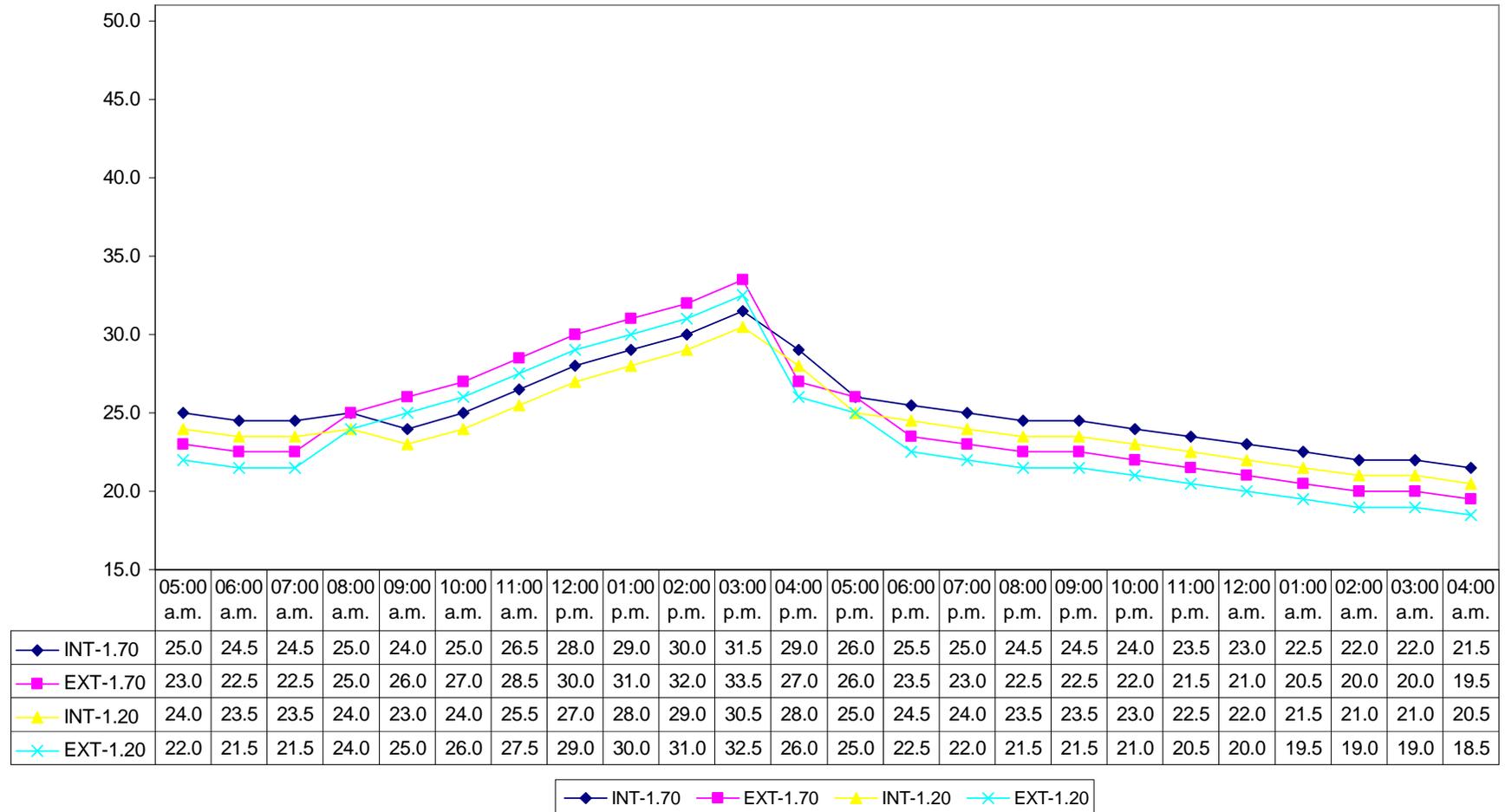
FACHADA POSTERIOR - CASA LOSA A DOS AGUAS - LOSA CON POLIURETANO ESPREADO



FACHADA ESTE - CASA LOSA A DOS AGUAS - LOSA CON POLIURETANO ESPREADO



FACHADA OESTE - CASA LOSA A DOS AGUAS - LOSA CON POLIURETANO ESPREADO



6.3 – Calculo de carga térmica en las viviendas.

6.3.1 – Bases para el cálculo de la carga térmica.

Al ser el ahorro de energía, una de las hipotes planteadas en esta tesis, el calculo de la carga térmica de las viviendas es un punto primordial en la investigación, ya que este nos estará demostrar cuanto calor esta entrando al interior de la vivienda, así como la cantidad de energía que se necesita retirar del interior, para poder llegar a una temperatura confortable de 23° C.

A continuación se muestran los cálculos efectuados para determinar la carga térmica en el interior de las viviendas, se realizo el calculo mediante dos estándares y/o formatos, los primeros cálculos mostrados, se obtuvieron mediante la metodología de Carrier y los segundos mediante el puro calculo de la conducción entre los elementos que integran la vivienda.

Debamos tomar en cuenta que el manual de Carrier o cualquier otro contemplan más variables de cálculo que no se están considerando en este estudio., como es la humedad, la renovación de aire, las infiltraciones, el calor latente y sensible, entre otras.

6.3.2 – Calculo de carga térmica mediante parámetros del manual Carrier.

Para este cálculo, se uso el formato y el manal proporcionado por Carrier, así como las variables de calor latente y calor interno, para una vivienda en la zona de Monterrey y de interés social. Debemos mencionar que los paramentos y valores que se usaron en este cálculo son los que se presentan en el manual para las condiciones ya mencionadas previamente. El valor resultante es el número de toneladas necesarias para enfriar el espacio analizado bajo las condiciones establecidas.

Casa Losa Plana - Testigo - Valores de Diseño - Manual Carrier												
Área		412.65 ft ²	Altura		27 ft	Volumen		11100 ft ³		Monterrey, N.L Julio 23, 4 pm		
Muros						Calor latente						
	Áreas	Δt	Transmitancia U BTU/(ft ² .hr.°F)	Q (área × Δt × U)	Concepto	Cantidad	Δt	Q - definida	Q (Q × cantidad)			
Norte	97.54 ft ²	20 °F	0.824 BTU/(ft ² .hr.°F)	1607.4592 BTU/hr	Personas (1)	4	0 °F	205 BTU/hr	820 BTU/hr			
Este	172.16 ft ²	22 °F		3120.9165 BTU/hr	Calor interno							
Sur	147.95 ft ²	36 °F		4388.7888 BTU/hr	Concepto	Valor		Q - definida				
Oeste	174.85 ft ²	36 °F		5186.7504 BTU/hr	Personas (1)	4	0	245 BTU/hr	980 BTU/hr			
Total				14303.915 BTU/hr	Aparatos (2)		500 W	3.4 BTU	1700 BTU/hr			
Ventanas						Iluminación (3)						
	Áreas	Δt	Transmitancia U BTU/(ft ² .hr.°F)	Q (área × Δt × U)		BTU/hr	Ton	%	Total			
Norte	21.52 ft ²	25 °F	3.340 BTU/(ft ² .hr.°F)	1796.92 BTU/hr	Muros	14303.91	1.2	32.0	4448.68 BTU/hr			
Este	2.69 ft ²	15 °F		134.769 BTU/hr	Ventanas	5390.76	0.4	12.1				
Sur	10.76 ft ²	15 °F		539.076 BTU/hr	Techo	19761.40	1.6	44.2				
Oeste	0.00 ft ²	184 °F		0 BTU/hr	Puertas	3.20	0.0	0.0				
Total				2470.765 BTU/hr	Calor latente	820.00	0.1	1.8				
Techo						Calor interno		4448.68				
					Total	44,727.95	3.7	100.0				
Norte	412.65 ft ²	51 °F	0.939 BTU/(ft ² .hr.°F)	19761.396 BTU/hr	Factor de seguridad por rotos y riegas 10%							
Este							4,472.79					
Sur												
Oeste												
Total						49,200.74	4.1					
Puertas Exteriores						Total		14,405.98				
	Áreas	Δt	Transmitancia U BTU/(ft ² .hr.°F)	Q (área × Δt × U)			w					
Norte	19.98 ft ²	10 °F	0.016 BTU/(ft ² .hr.°F)	3.1968 BTU/hr	(1) ganancia debida a los ocupantes, se consideramos 1 adulto a pie de marcha hasta una temperatura seca del exterior a 75 F = 24 °C							
Este					(2) ganancia debida a los aparatos (notas), valor dado en BTU/hr o kcal/hr. Valor aproximado para casa habitación 500 W							
Sur					(3) valor aproximado en WATTS de una casa habitación. = 289 W							
Oeste					(4) factor = suma del factor de almacenamiento sobre carga térmica, aportaciones solares + factor de almacenamiento de la carga, debido a las luces + ganancia debida a focos fluorescentes. (se consideran focos fluorescentes no fluorescentes). wpl2							
Ganancia por transmisión												
	Áreas	Δt	Transmitancia U	Q (área × Δt × U)								
Ventanas	34.97 ft ²	25 °F	3.34 BTU/(ft ² .hr.°F)	2919.995 BTU/hr								

Casa Losa Plana - Losa Impermeabilizante Elastomerico - Valores de Diseño - Manual Carrier											
Área	412.65 ft ²	Altura	27 ft	Volumen	11100 ft ³	Monterrey, N.L Julio 23, 4 pm					
Muros					Calor latente						
	Áreas	Δt	Transmitancia U BTU/(ft ² .hr.°F)	Q (área × Δt × U)	Concepto	Cantidad	Δt	Q - definida	Q (Q × cantidad)		
Norte	97.54 ft ²	20 °F	0.824 BTU/(ft ² .hr.°F)	1607.4592 BTU/hr	Personas (1)	4	0 °F	205 BTU/hr	820 BTU/hr		
Este	172.16 ft ²	22 °F		3120.9165 BTU/hr	Calor interno						
Sur	147.95 ft ²	36 °F		4388.7888 BTU/hr	Concepto	Valor		Q - definida			
Oeste	174.85 ft ²	36 °F		5186.7504 BTU/hr	Personas (1)	4	0	245 BTU/hr	980 BTU/hr		
Total				14303.915 BTU/hr	Aparatos (2)		500 W	3.4 BTU	1700 BTU/hr		
Ventanas					Iluminación (3)	289	1.8 factor*	3.4 BTU	1788.68 BTU/hr		
	Áreas	Δt	Transmitancia U BTU/(ft ² .hr.°F)	Q (área × Δt × U)		BTU/hr	Ton	%	Total		
Norte	21.52 ft ²	25 °F	3.340 BTU/(ft ² .hr.°F)	1796.92 BTU/hr	Muros	14303.91	1.2	33.1	4448.68 BTU/hr		
Este	2.69 ft ²	15 °F		134.769 BTU/hr	Ventanas	5390.76	0.4	12.5			
Sur	10.76 ft ²	15 °F		539.076 BTU/hr	Techo	18245.15	1.5	42.2			
Oeste	0.00 ft ²	184 °F		0 BTU/hr	Puertas	3.20	0.0	0.0			
Total				2470.765 BTU/hr	Calor latente	820.00	0.1	1.9			
Techo					Calor interno	4448.68	0.4	10.3			
					Total	43,212.70	3.6	100.0			
Norte	412.65 ft ²	51 °F	0.867 BTU/(ft ² .hr.°F)	18248.145 BTU/hr	Factor de seguridad por rotos y fugas 10%						
Este						4,321.27					
Sur											
Oeste											
Total						47,533.97	4.0				
Puertas Exteriores					Total	13,917.95	w				
	Áreas	Δt	Transmitancia U BTU/(ft ² .hr.°F)	Q (área × Δt × U)							
Norte	19.98 ft ²	10 °F	0.016 BTU/(ft ² .hr.°F)	3.1968 BTU/hr	(1) ganancia debida a los ocupantes, se consideramos invierno y ple de marzo hasta una temperatura seca del exterior a 75 F = 24 °C						
Este					(2) ganancia debida a los aparatos (notre s), valor dado en BTU/hr o kcal/hr. Valor aproximado para casa habitación 500 W						
Sur					(3) valor aproximado en WATTS de una casa habitación. = 289 W						
Oeste					(* factor) = suma del factor de almacenamiento sobre carga térmica, aportaciones solares + factor de almacenamiento de la carga, debido a las luces + ganancia debida a los focos fluorescentes. (se contemplan la caída de los focos no fluorescentes), w/pe2						
Ganancia por transmisión											
	Áreas	Δt	Transmitancia U	Q (área × Δt × U)							
Ventanas	34.97 ft ²	25 °F	3.34 BTU/(ft ² .hr.°F)	2919.995 BTU/hr							

Casa Losa Plana - Losa Impermeabilizante Asfáltico - Valores de Diseño - Manual Carrier												
Área		412.65 ft ²	Altura		27 ft	Volumen		11100 ft ³		Monterrey, N.L Julio 23, 4 pm		
Muros					Calor latente							
	Aéreas	Δt	Transmitancia U BTU/(ft ² .hr.°F)	Q (área × Δt × U)	Concepto	Cantidad	Δt	Q - definida	Q (Q × cantidad)			
Norte	97.54 ft ²	20 °F	0.824 BTU/(ft ² .hr.°F)	1607.4592 BTU/hr	Personas (1)	4	0 °F	205 BTU/hr	820 BTU/hr			
Este	172.16 ft ²	22 °F		3120.9165 BTU/hr	Calor interno							
Sur	147.95 ft ²	36 °F		4388.7888 BTU/hr	Concepto	Valor			Q - definida			
Oeste	174.85 ft ²	36 °F		5186.7504 BTU/hr	Personas (1)	4	0		245 BTU/hr	980 BTU/hr		
Total				14303.915 BTU/hr	Aparatos (2)			500 W	3.4 BTU	1700 BTU/hr		
Ventanas					Iluminación (3)							
	Aéreas	Δt	Transmitancia U BTU/(ft ² .hr.°F)	Q (área × Δt × U)		BTU/hr	Ton	%	Total	4448.68 BTU/hr		
Norte	21.52 ft ²	25 °F	3.340 BTU/(ft ² .hr.°F)	1796.92 BTU/hr	Muros	14303.91	1.2	27.0				
Este	2.69 ft ²	15 °F		134.769 BTU/hr	Ventanas	5390.76	0.4	10.2				
Sur	10.76 ft ²	15 °F		539.076 BTU/hr	Techo	27926.91	2.3	52.8				
Oeste	0.00 ft ²	184 °F		0 BTU/hr	Puertas	3.20	0.0	0.0				
Total				2470.765 BTU/hr	Calor latente	820.00	0.1	1.6				
Techo					Calor interno							
	Aéreas	Δt	Transmitancia U BTU/(ft ² .hr.°F)	Q (área × Δt × U)	Total	52,893.47		4.4	100.0			
Norte	412.65 ft ²	51 °F	1.327 BTU/(ft ² .hr.°F)	27926.914 BTU/hr	Factor de seguridad por rotos y n gas 10%	5,289.35						
Este					Total		58,182.81		4.8			
Sur					Total		17,035.93		W			
Oeste					Total							
Puertas Exteriores												
	Aéreas	Δt	Transmitancia U BTU/(ft ² .hr.°F)	Q (área × Δt × U)								
Norte	19.98 ft ²	10 °F	0.016 BTU/(ft ² .hr.°F)	3.1968 BTU/hr	(1) ganancia debida a las corporales, se consideraron en el ejemplo de muestra en esta a una temperatura seca del exterior a 75 F = 24 °C							
Este					(2) ganancia debida a los aparatos (motor, valor dado en BTU por hora). Valor aproximado para casa habitación 500 W							
Sur					(3) valor aproximado en WATTS de una casa habitación. = 289 W							
Oeste					(4) factor = suma del factor de almacenamiento sobre carga térmica, aportaciones solares + factor de almacenamiento de la carga, debido a los techos + ganancia de los techos (caída de los techos). (se con templar los techos de los techos). w/pla2							
Ganancia por transmisión												
	Aéreas	Δt	Transmitancia U	Q (área × Δt × U)								
Ventanas	34.97 ft ²	25 °F	3.34 BTU/(ft ² .hr.°F)	2919.995 BTU/hr								

Casa Losa Plana - Losa con Placas de Poliestireno - Valores de Diseño - Manual Carrier												
Área		412.65 ft ²	Altura		27 ft	Volumen		11100 ft ³		Monterrey, N.L Julio 23, 4 pm		
Muros					Calor latente							
	Áreas	Δt	Transmitancia U BTU/(ft ² .hr.°F)	Q (área × Δt × U)	Concepto	Cantidad	Δt	Q - definida	Q (Q × cantidad)			
Norte	97.54 ft ²	20 °F	0.824 BTU/(ft ² .hr.°F)	1607.4692 BTU/hr	Personas (1)	4	0 °F	205 BTU/hr	820 BTU/hr			
Este	172.16 ft ²	22 °F		3120.9165 BTU/hr	Calor interno							
Sur	147.95 ft ²	36 °F		4388.7888 BTU/hr	Concepto	Valor	Q - definida					
Oeste	174.85 ft ²	36 °F		5186.7504 BTU/hr	Personas (1)	4	0	245 BTU/hr	980 BTU/hr			
Total				14303.915 BTU/hr	Aparatos (2)		500 W	3.4 BTU	1700 BTU/hr			
Ventanas					Iluminación (3)	289	1.8 factor *	3.4 BTU	1768.68 BTU/hr			
	Áreas	Δt	Transmitancia U BTU/(ft ² .hr.°F)	Q (área × Δt × U)		BTU/hr	Ton	%	Total	4448.68	BTU/hr	
Norte	21.52 ft ²	25 °F	3.340 BTU/(ft ² .hr.°F)	1796.92 BTU/hr	Muros	14303.91	1.2	46.6				
Este	2.69 ft ²	15 °F		134.769 BTU/hr	Ventanas	5390.76	0.4	17.6				
Sur	10.76 ft ²	15 °F		539.076 BTU/hr	Techo	5745.33	0.5	18.7				
Oeste	0.00 ft ²	184 °F		0 BTU/hr	Puertas	3.20	0.0	0.0				
Total				2470.765 BTU/hr	Calor latente	820.00	0.1	2.7				
Techo					Calor interno	4448.68	0.4	14.5				
	Áreas	Δt	Transmitancia U BTU/(ft ² .hr.°F)	Q (área × Δt × U)	Total	30,711.88	2.6	100.0				
Norte	412.65 ft ²	51 °F	0.273 BTU/(ft ² .hr.°F)	5745.326 BTU/hr	Factor de seguridad							
Este					por rotos y fugas							
Sur					10%	3,071.19						
Oeste					Total	33,783.07	2.8					
Puertas Exteriores					Total	9,891.68	W					
	Áreas	Δt	Transmitancia U BTU/(ft ² .hr.°F)	Q (área × Δt × U)								
Norte	19.98 ft ²	10 °F	0.016 BTU/(ft ² .hr.°F)	3.1968 BTU/hr	(1) ganancia debida a los cuerpos, se consideraron ambiente eople de marcia lita a una temperatura seca del exterior a 75 F = 24 °C							
Este					(2) ganancia debida a los aparatos (motor e s), valor dado e i BTU/hr o kcal/hr. Valor aproximado para casa lab facta 500 W							
Sur					(3) valor aproximado en WATTS de una casa lab facta = 289 W							
Oeste					(*) factor = suma del factor de almaceamiento sobre carga térmica, aportaciones solares + factor de almaceamiento de la carga, debido a las lices + ganancia debida a los lices de soe rtes. (se con templar lices lica de soe rtes no fijos e soe rtes). w/pla2							
Ganancia por transmisión												
	Áreas	Δt	Transmitancia U	Q (área × Δt × U)								
Ventanas	34.97 ft ²	25 °F	3.34 BTU/(ft ² .hr.°F)	2919.995 BTU/hr								

Casa Losa Plana - Losa con Espuma de Poliuretano - Valores de Diseño - Manual Carrier									
Área	412.65 ft ²	Altura	27 ft	Volumen	11100 ft ³	Monterrey, N.L Julio 23, 4 pm			
Muros					Calor latente				
	Áreas	Δt	Transmitancia U BTU/(ft ² .hr.°F)	Q (área × Δt × U)	Concepto	Cantidad	Δt	Q - definida	Q (Q × cantidad)
Norte	97.54 ft ²	20 °F	0.824 BTU/(ft ² .hr.°F)	1607.4592 BTU/hr	Personas (1)	4	0 °F	205 BTU/hr	820 BTU/hr
Este	172.16 ft ²	22 °F		3120.9165 BTU/hr	Calor interno				
Sur	147.95 ft ²	36 °F		4388.7888 BTU/hr	Concepto	Valor		Q - definida	
Oeste	174.85 ft ²	36 °F		5186.7504 BTU/hr	Personas (1)	4	0	245 BTU/hr	980 BTU/hr
Total				14303.915 BTU/hr	Aparatos (2)		500 W	3.4 BTU	1700 BTU/hr
Ventanas					Iluminación (3)	289	1.8 factor *	3.4 BTU	1768.68 BTU/hr
	Áreas	Δt	Transmitancia U BTU/(ft ² .hr.°F)	Q (área × Δt × U)		BTU/hr	Ton	%	Total
Norte	21.52 ft ²	25 °F	3.340 BTU/(ft ² .hr.°F)	1796.92 BTU/hr	Muros	14303.91	1.2	54.2	Total
Este	2.69 ft ²	15 °F		134.769 BTU/hr	Ventanas	5390.76	0.4	20.4	
Sur	10.76 ft ²	15 °F		539.076 BTU/hr	Techo	1431.07	0.1	5.4	
Oeste	0.00 ft ²	184 °F		0 BTU/hr	Puertas	3.20	0.0	0.0	
Total				2470.765 BTU/hr	Calor latente	820.00	0.1	3.1	
Techo					Calor interno	4448.68	0.4	16.9	
Norte	412.65 ft ²	51 °F	0.068 BTU/(ft ² .hr.°F)	1431.0702 BTU/hr	Total	26,397.62	2.2	100.0	
Este					Factor de seguridad por rotos y fugas 10%	2,639.76			
Sur					Total	29,037.38	2.4		
Oeste									
Puertas Exteriores					Total	8,502.15		W	
	Áreas	Δt	Transmitancia U BTU/(ft ² .hr.°F)	Q (área × Δt × U)					
Norte	19.98 ft ²	10 °F	0.016 BTU/(ft ² .hr.°F)	3.1968 BTU/hr	(1) ganancia debida a los cuerpos, se consideramos interior e íp de marcia l e rta a una temperatura seca del exterior a 75 F = 24 °C				
Este					(2) ganancia debida a los aparatos (notre s), valor dado en BTU/hr localit r. Valor aproximado para casa habitada 500 W				
Sur					(3) valor aproximado en WATTS de una casa habitada = 289 W				
Oeste					(4) factor = suma del factor de aislamiento sobre carga térmica, aportaciones solares + factor de aislamiento de la carga , debido a las lices + ganancia debida a los lices de sertes . (se con tem plan lices lices de sertes no lices de sertes). w/plc2				
Ganancia por transmisión									
	Áreas	Δt	Transmitancia U	Q (área × Δt × U)					
Ventanas	34.97 ft ²	25 °F	3.34 BTU/(ft ² .hr.°F)	2919.995 BTU/hr					

Casa Losa a Dos Aguas - Testigo - Valores de Diseño - Manual Carrier											
Área	391.88 ft ²	Altura	3.1 ft	Volumen	12,148.24 ft ³	Monterrey, N.L Julio 23, 4 pm					
Muros					Calor latente						
	Áreas	Δt	Transmitancia U BTU/(ft ² .hr.°F)	Q (área × Δt × U)	Concepto	Cantidad	Δt	Q - definida	Q (Q × cantidad)		
Norte	111.94 ft ²	20 °F	0.824 BTU/(ft ² .hr.°F)	1844.7712 BTU/hr	Personas (1)	4	0 °F	205 BTU/hr	820 BTU/hr		
Este	203.86 ft ²	22 °F		3695.5741 BTU/hr	Calor interno						
Sur	129.16 ft ²	36 °F		3831.4022 BTU/hr	Concepto	Valor		Q - definida			
Deste	193.10 ft ²	36 °F		5728.1184 BTU/hr	Personas (1)	4	0	245 BTU/hr	980 BTU/hr		
Total				15099.866 BTU/hr	Aparatos (2)		500 W	3.4 BTU	1700 BTU/hr		
Ventanas					Iluminación (3)	289	1.8 factor *	3.4 BTU	1768.68 BTU/hr		
	Áreas	Δt	Transmitancia U BTU/(ft ² .hr.°F)	Q (área × Δt × U)		BTU/hr	Ton	%	Total		
Norte	10.76 ft ²	25 °F	3.340 BTU/(ft ² .hr.°F)	898.46 BTU/hr	Muros	15099.87	1.3	30.0	Total		
Este	0.00 ft ²	15 °F		0 BTU/hr	Ventanas	11119.66	0.9	22.1			
Sur	13.56 ft ²	15 °F		679.356 BTU/hr	Techo	18766.74	1.6	37.3			
Deste	10.76 ft ²	184 °F		6612.6656 BTU/hr	Puertas	3.20	0.0	0.0			
Total				8190.4816 BTU/hr	Calor latente	820.00	0.1	1.6			
					Calor interno	4448.68	0.4	8.9			
Techo					Total	50,258.15	4.2	100.0			
Norte	391.88 ft ²	51 °F	0.939 BTU/(ft ² .hr.°F)	18766.741 BTU/hr	Factor de seguridad por rotos y n gas 10%						
Este						5,025.81					
Sur											
Deste											
Total						55,283.96	4.6				
Puertas Exteriores					Total	16,187.14	W				
	Áreas	Δt	Transmitancia U BTU/(ft ² .hr.°F)	Q (área × Δt × U)							
Norte	19.98 ft ²	10 °F	0.016 BTU/(ft ² .hr.°F)	3.1968 BTU/hr	(1) ganancia debida a las carpinterías, se consideraron aluminio y pte de marcia lita a una temperatura seca del exterior a 75 F = 24 °C						
Este					(2) ganancia debida a los aparatos (nobre g), valor dado en BTU/h o kcal/h. Valor aproximado para casa habitacion 500 W						
Sur					(3) valor aproximado en WATTS de una casa habitado = 289 W						
Deste					(4) factor = suma del factor de almacenamiento sobre carga térmica, aportaciones solares + factor de almacenamiento de la carga, debido a las lras + ganancia debida a los lcos lica de ser lras. (se con templar lica lica de ser lras no fto e ser lras), w/pk2						
Ganancia por transmisión											
	Áreas	Δt	Transmitancia U	Q (área × Δt × U)							
Ventanas	35.08 ft ²	25 °F	3.34 BTU/(ft ² .hr.°F)	2929.18 BTU/hr							

Casa Losa a Dos Aguas - Losa Impermeabilizante Elastomerico - Valores de Diseño - Manual Carrier												
Área		391.88 ft ²	Altura		31 ft	Volumen		12,148.24 ft ³		Monterrey, N.L Julio 23, 4 pm		
Muros					Calor latente							
	Áreas	Δt	Transmitancia U BTU/(ft ² .hr.°F)	Q (área × Δt × U)	Concepto	Cantidad	Δt	Q - definida	Q (Q × cantidad)			
Norte	111.94 ft ²	20 °F	0.824 BTU/(ft ² .hr.°F)	1844.7712 BTU/hr	Personas (1)	4	0 °F	205 BTU/hr	820 BTU/hr			
Este	203.86 ft ²	22 °F		3695.5741 BTU/hr	Calor interno							
Sur	129.16 ft ²	36 °F		3831.4022 BTU/hr								
Oeste	193.10 ft ²	36 °F		5728.1184 BTU/hr								
Total				15099.866 BTU/hr	Personas (1)	4	0	246 BTU/hr	980 BTU/hr			
					Aparatos (2)		500 W	3.4 BTU	1700 BTU/hr			
					Iluminación (3)	289	1.8 factor *	3.4 BTU	1768.68 BTU/hr			
					Total					4448.68 BTU/hr		
Ventanas												
	Áreas	Δt	Transmitancia U BTU/(ft ² .hr.°F)	Q (área × Δt × U)		BTU/hr	Ton	%				
Norte	10.76 ft ²	25 °F	3.340 BTU/(ft ² .hr.°F)	898.46 BTU/hr	Muros	15099.87	1.3	30.9				
Este	0.00 ft ²	15 °F		0 BTU/hr	Ventanas	11119.66	0.9	22.8				
Sur	13.56 ft ²	15 °F		679.356 BTU/hr	Techo	17327.76	1.4	35.5				
Oeste	10.76 ft ²	184 °F		6612.6656 BTU/hr	Puertas	3.20	0.0	0.0				
Total				8190.4816 BTU/hr	Calor latente	820.00	0.1	1.7				
					Calor interno	4448.68	0.4	9.1				
					Total	48,819.16	4.1	100.0				
					Factor de seguridad por rotos y n gas 10%	4,881.92						
					Total	53,701.08	4.5					
Puestas Exteriores												
	Áreas	Δt	Transmitancia U BTU/(ft ² .hr.°F)	Q (área × Δt × U)								
Norte	19.98 ft ²	10 °F	0.016 BTU/(ft ² .hr.°F)	3.1968 BTU/hr	Total		15,723.68	W				
Este												
Sur												
Oeste												
Ganancia por transmisión												
	Áreas	Δt	Transmitancia U	Q (área × Δt × U)								
Ventanas	35.08 ft ²	25 °F	3.34 BTU/(ft ² .hr.°F)	2929.18 BTU/hr								

(1) ganancia debida a las personas, se consideramos invierno y se toma la temperatura seca del exterior a 75 F = 24 °C
 (2) ganancia debida a los aparatos (notas), valor dado es 1 BTU por kcal/hr. Valor aproximado para casa habitada 500 W
 (3) valor aproximado es WATTS de una casa habitada, = 289 W
 (* factor) = suma del factor de almacenamiento sobre carga térmica, aportaciones solares + factor de almacenamiento de la carga, debido a las masas + ganancia debida a focos fluorescentes (se contemplan focos fluorescentes no fijos e incandescentes).

Casa Losa a Dos Aguas - Losa Impermeabilizante Elastomerico - Valores de Diseño - Manual Carrier										
Área	391.88 ft ²	Altura	31 ft	Volumen	12,148.24 ft ³	Monterrey, N.L Julio 23, 4 pm				
Muros					Calor latente					
	Áreas	Δt	Transmitancia U BTU/(ft ² .hr.°F)	Q (área x Δt x U)	Concepto	Cantidad	Δt	Q - definida	Q (Q x cantidad)	
Norte	111.94 ft ²	20 °F	0.824 BTU/(ft ² .hr.°F)	1844.7712 BTU/hr	Personas (1)	4	0 °F	205 BTU/hr	820 BTU/hr	
Este	203.86 ft ²	22 °F		3695.5741 BTU/hr	Calor interno					
Sur	129.16 ft ²	36 °F		3831.4022 BTU/hr	Concepto	Valor		Q - definida		
Oeste	193.10 ft ²	36 °F		5728.1184 BTU/hr	Personas (1)	4	0	245 BTU/hr	980 BTU/hr	
Total				15099.866 BTU/hr	Aparatos (2)		500 W	3.4 BTU	1700 BTU/hr	
Ventanas					Iluminación (3)		289	1.8 factor *	3.4 BTU	1768.68 BTU/hr
	Áreas	Δt	Transmitancia U BTU/(ft ² .hr.°F)	Q (área x Δt x U)		BTU/hr	Ton	%	Total	4448.68 BTU/hr
Norte	10.76 ft ²	25 °F	3.340 BTU/(ft ² .hr.°F)	898.46 BTU/hr	Muros	15099.87	1.3	26.0		
Este	0.00 ft ²	15 °F		0 BTU/hr	Ventanas	11119.66	0.9	19.2		
Sur	13.56 ft ²	15 °F		679.356 BTU/hr	Techo	26521.26	2.2	45.7		
Oeste	10.76 ft ²	184 °F		6612.6656 BTU/hr	Puertas	3.20	0.0	0.0		
Total				8190.4816 BTU/hr	Calor latente	820.00	0.1	1.4		
Techo					Calor interno	4448.68	0.4	7.7		
	Áreas	Δt	Transmitancia U BTU/(ft ² .hr.°F)	Q (área x Δt x U)	Total		58,012.67	4.8	100.0	
Norte	391.88 ft ²	51 °F	1.327 BTU/(ft ² .hr.°F)	26521.263 BTU/hr	Factor de seguridad por rotos y fugas 10%		5,801.27			
Este					Total		63,813.93	5.3		
Sur					Total		18,684.72	W		
Oeste					Total					
Puertas Exteriores					Total		18,684.72	W		
	Áreas	Δt	Transmitancia U BTU/(ft ² .hr.°F)	Q (área x Δt x U)						
Norte	19.98 ft ²	10 °F	0.016 BTU/(ft ² .hr.°F)	3.1968 BTU/hr	(1) ganancia debida a los cuerpos, se consideramos interior e interior de marzo hasta a una temperatura seca del exterior a 75 F = 24 °C					
Este					(2) ganancia debida a los aparatos (notas), valor dado es 1 BTU/(hr.ocal) = Valor aproximado para casa habitada 500 W					
Sur					(3) valor aproximado es WATTS de una casa habitada = 289 W					
Oeste					(4) factor = suma del factor de almacenamiento sobre carga térmica, aportaciones solares + factor de almacenamiento de la carga, debido a las luces + ganancia debida a los focos fluorescentes. (se contemplan focos fluorescentes no frotoes) w/pla2					
Ganancia por transmisión										
	Áreas	Δt	Transmitancia U	Q (área x Δt x U)						
Ventanas	35.08 ft ²	25 °F	3.34 BTU/(ft ² .hr.°F)	2929.18 BTU/hr						

Casa Losa a Dos Aguas - Losa con Placas de Poliestireno - Valores de Diseño - Manual Carrier													
Área	391.88 ft ²	Altura	31 ft	Volumen	12,148.24 ft ³	Monterrey, N.L Julio 23, 4 pm							
Muros					Calor latente								
	Áreas	Δt	Transmitancia U BTU/(ft ² .hr.°F)	Q (área × Δt × U)	Concepto	Cantidad	Δt	Q - definida	Q (Q × cantidad)				
Norte	111.94 ft ²	20 °F	0.824 BTU/(ft ² .hr.°F)	1844.7712 BTU/hr	Personas (1)	4	0 °F	205 BTU/hr	820 BTU/hr				
Este	203.86 ft ²	22 °F		3695.5741 BTU/hr	Calor interno								
Sur	129.16 ft ²	36 °F		3831.4022 BTU/hr	Concepto	Valor		Q - definida					
Oeste	193.10 ft ²	36 °F		5728.1184 BTU/hr	Personas (1)	4	0	245 BTU/hr	980 BTU/hr				
Total				15099.866 BTU/hr	Aparatos (2)		500 W	3.4 BTU	1700 BTU/hr				
Ventanas					Iluminación (3)								
	Áreas	Δt	Transmitancia U BTU/(ft ² .hr.°F)	Q (área × Δt × U)		BTU/hr	Ton	%					
Norte	10.76 ft ²	25 °F	3.340 BTU/(ft ² .hr.°F)	898.46 BTU/hr	Muros	15099.87	1.3	40.9	Total	4448.68	BTU/hr		
Este	0.00 ft ²	15 °F		0 BTU/hr	Ventanas	11119.66	0.9	30.1					
Sur	13.56 ft ²	15 °F		679.356 BTU/hr	Techo	5456.15	0.5	14.8					
Oeste	10.76 ft ²	194 °F		6612.6656 BTU/hr	Puertas	3.20	0.0	0.0					
Total				8190.4816 BTU/hr	Calor latente	820.00	0.1	2.2					
Techo					Calor interno								
					Total	36,947.55	3.1	100.0					
Norte	391.88 ft ²	51 °F	0.273 BTU/(ft ² .hr.°F)	5456.1452 BTU/hr	Factor de seguridad por rotos y flugas 10%								
Este													
Sur													
Oeste									Total	40,642.30	3.4		
Puertas Exteriores													
	Áreas	Δt	Transmitancia U BTU/(ft ² .hr.°F)	Q (área × Δt × U)	Total	11,900.07	w						
Norte	19.98 ft ²	10 °F	0.016 BTU/(ft ² .hr.°F)	3.1968 BTU/hr									
Este													
Sur													
Oeste													
Ganancia por transmisión													
	Áreas	Δt	Transmitancia U	Q (área × Δt × U)									
Ventanas	35.08 ft ²	25 °F	3.34 BTU/(ft ² .hr.°F)	2929.18 BTU/hr									

(1) ganancia debida a las ocupantes, se consideraron 4 personas y se aplicó de norma ASHRAE a una temperatura seca del exterior a 75 F = 24 °C

(2) ganancia debida a los aparatos (notas), valor dado es en BTU/hr o kcal/hr. Valor aproximado para casa habitación 500 W

(3) valor aproximado en WATTS de una casa habitación = 289 W

(Factor) = suma del factor de almacenamiento sobre carga térmica, aportaciones solares + factor de almacenamiento de la carga, debido a las masas + ganancia debida a focos fluorescentes, (se contempló focos fluorescentes no fluorescentes), w/pla2

Casa Losa a Dos Aguas - Losa con Espuma de Poliuretano - Valores de Diseño - Manual Carrier												
Área		391.88 ft ²	Altura		31 ft	Volumen		12,148.24 ft ³	Monterrey, N.L Julio 23, 4 pm			
Muros						Calor latente						
	Áreas	Δt	Transmitancia U BTU/(ft ² .hr.°F)	Q (área × Δt × U)		Concepto	Cantidad	Δt	Q - definida	Q (Q × cantidad)		
Norte	111.94 ft ²	20 °F	0.824 BTU/(ft ² .hr.°F)	1844.7712 BTU/hr		Personas (1)	4	0 °F	205 BTU/hr	820 BTU/hr		
Este	203.86 ft ²	22 °F		3695.5741 BTU/hr		Calor interno						
Sur	129.16 ft ²	36 °F		3831.4022 BTU/hr		Concepto	Valor	Q - definida				
Oeste	193.10 ft ²	36 °F		5728.1184 BTU/hr		Personas (1)	4	0	245 BTU/hr	980 BTU/hr		
Total				15099.866 BTU/hr		Aparatos (2)		500 W	3.4 BTU	1700 BTU/hr		
Ventanas						Iluminación (3)		289	1.8 factor	3.4 BTU		
	Áreas	Δt	Transmitancia U BTU/(ft ² .hr.°F)	Q (área × Δt × U)			BTU/hr	Ton	%	Total		
Norte	10.76 ft ²	25 °F	3.340 BTU/(ft ² .hr.°F)	898.46 BTU/hr		Muros	15099.87	1.3	46.0	4448.68 BTU/hr		
Este	0.00 ft ²	15 °F		0 BTU/hr		Ventanas	11119.66	0.9	33.8			
Sur	13.56 ft ²	15 °F		679.356 BTU/hr		Techo	1359.04	0.1	4.1			
Oeste	10.76 ft ²	184 °F		6612.6656 BTU/hr		Puertas	3.20	0.0	0.0			
Total				8190.4816 BTU/hr		Calor latente	820.00	0.1	2.5			
Techo						Calor interno	4448.68	0.4	13.5			
						Total	32,850.44	2.7	100.0			
Norte	391.88 ft ²	51 °F	0.068 BTU/(ft ² .hr.°F)	1359.0398 BTU/hr		Factor de seguridad por rotos y fugas 10%						
Este												
Sur												
Oeste												
						Total	36,135.49	3.0				
Puertas Exteriores						Total	10,580.47	W				
	Áreas	Δt	Transmitancia U BTU/(ft ² .hr.°F)	Q (área × Δt × U)		(1) ganancia debida a las cortinas, se consideramos interior a pie de maraca hasta una temperatura seca del exterior a 75 F = 24 °C						
Norte	19.98 ft ²	10 °F	0.016 BTU/(ft ² .hr.°F)	3.1968 BTU/hr		(2) ganancia debida a los aparatos (motores), valorado en BTU/hr kcal/hr. Valor aproximado para casa habitación 500 W						
Este						(3) valor aproximado en WATTS de una casa habitación. = 289 W						
Sur						(4) factor = suma del factor de almacenamiento sobre carga térmica, aportaciones solares + factor de almacenamiento de la carga, debido a las llores + ganancia debida a los focos incandescentes (se contemplan focos incandescentes no fro e secables), w/pe2						
Oeste												
Ganancia por transmisión												
	Áreas	Δt	Transmitancia U	Q (área × Δt × U)								
Ventanas	35.08 ft ²	25 °F	3.34 BTU/(ft ² .hr.°F)	2929.18 BTU/hr								

Después de presentar las tablas, calculadas mediante los estándares y parámetros del manual Carrier, podemos notar que las toneladas necesarias para mantener el interior de la vivienda a una temperatura confortable van disminuyendo a medida que le colocamos un material térmico a la vivienda, los valores resultantes nos comprueban que la peor solución, en cuanto a las condiciones térmicas, es la implementación de un impermeabilizante asfáltico en la losa y que la mejor solución probada en esta evaluación es la espuma de poliuretano ya que tiene un coeficiente de transmisión muy bajo. Hay que mencionar que todos estos cálculos fueron hechos mediante las mismas condicionantes, solo modificando el coeficiente de transmisión de cada uno de los materiales.

6.3.3 – Calculo de carga térmica con valores arrojados por sensores.

En este punto de la investigación se calculo la carga térmica que se presenta por conducción en las paredes y techo de la vivienda mediante la formula $Q = A.U.\Delta t.$, en donde A es el área real que le corresponde a cada espacio analizado. U es la transmisión térmica del material y Δt la diferencia de temperatura entre el exterior y el interior.

El calculo parte de las temperaturas exteriores e interiores arrojadas por los sensores puestos en los prototipos, calculando así una carga térmica Q, para posteriormente realizar el mismo calculo pero con la suposición de que la temperatura adecuada en el interior deberá ser de 23° C, calculando así la energía excedente que se tiene, a continuación se muestra un ejemplo del calculo y el resumen del análisis, para los 6 meses de calor.

Losa Plana Sin Aislamiento Termico																													
Cocina																													
Hora	5:00a m	6:00a m	7:00a m	8:00a m	9:00a m	10:00 am	11:00 am	12:00 pm	1:00p m	2:00p m	3:00p m	4:00p m	5:00p m	6:00p m	7:00p m	8:00p m	9:00p m	10:00 pm	11:00 pm	12:00 am	1:00a m	2:00a m	3:00a m	4:00a m					
Int	30.0	29.5	30.0	27.5	26.5	26.5	29.5	30.5	32.5	34.5	35.0	35.5	36.5	37.5	37.5	38.0	37.5	37.0	35.5	34.0	33.5	33.0	32.0	31.5	°C				
Ext	26.0	25.5	26.0	27.5	30.5	30.5	33.5	35.5	36.5	38.5	39.0	39.5	36.5	35.0	34.0	34.0	33.5	33.0	31.5	30.0	29.5	29.0	28.0	27.5	°C				
Δt (Ext-Int)	-7.2	-7.2	-7.2	0.0	7.2	7.2	7.2	9.0	7.2	7.2	7.2	0.0	-4.5	-6.3	-7.2	-7.2	-7.2	-7.2	-7.2	-7.2	-7.2	-7.2	-7.2	°F					
Q1 = A x U x Δt	-281	-281	-281	0	281	281	281	351.2	281	281	281	281	0	-176	-245.9	-281	-281	-281	-281	-281	-281	-281	-281	BTU	-1,475.14				
Int	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	°C					
Ext	26.0	25.5	26.0	27.5	30.5	30.5	33.5	35.5	36.5	38.5	39.0	39.5	36.5	35.0	34.0	34.0	33.5	33.0	31.5	30.0	29.5	29.0	28.0	27.5	°C				
Δt (Ext-Int)	5.4	4.5	5.4	8.1	13.5	13.5	18.9	22.5	24.3	27.9	28.8	29.7	24.3	21.6	19.8	19.8	18.9	18.0	15.3	12.6	11.7	10.8	9.0	8.1	°F				
Q2 = A x U x Δt	211	176	211	316	527	526.8	737.6	878.1	948	1089	1124	1159	948	843	772.7	772.7	737.6	702.4	597.1	491.7	467	421	351	316	BTU	15,313.35			
Qt = Q2-Q1	492	457	492	316	246	245.9	466.6	526.8	667	808	842.9	878	948	1019	1019	1054	1019	983.4	878.1	772.7	738	702	632	597	BTU	16,789.49			

Recamara 2																													
Hora	5:00a m	6:00a m	7:00a m	8:00a m	9:00a m	10:00 am	11:00 am	12:00 pm	1:00p m	2:00p m	3:00p m	4:00p m	5:00p m	6:00p m	7:00p m	8:00p m	9:00p m	10:00 pm	11:00 pm	12:00 am	1:00a m	2:00a m	3:00a m	4:00a m					
Int	30.0	29.5	30.0	27.5	26.5	26.5	29.5	30.5	32.5	34.5	35.0	35.5	36.5	37.5	37.5	38.0	37.5	37.0	35.5	34.0	33.5	33.0	32.0	31.5	°C				
Ext	26.0	25.5	26.0	27.5	30.5	30.5	33.5	35.5	36.5	38.5	39.0	39.5	36.5	35.0	34.0	34.0	33.5	33.0	31.5	30.0	29.5	29.0	28.0	27.5	°C				
Δt (Ext-Int)	-7.2	-7.2	-7.2	0.0	7.2	7.2	7.2	9.0	7.2	7.2	7.2	0.0	-4.5	-6.3	-7.2	-7.2	-7.2	-7.2	-7.2	-7.2	-7.2	-7.2	-7.2	°F					
Q1 = A x U x Δt	-651	-651	-651	0	651	650.6	650.6	813.2	651	651	650.6	651	0	-407	-569.3	-651	-650.6	-651	-651	-651	-651	-651	-651	BTU	-3,415.61				
Int	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	°C					
Ext	26.0	25.5	26.0	27.5	30.5	30.5	33.5	35.5	36.5	38.5	39.0	39.5	36.5	35.0	34.0	34.0	33.5	33.0	31.5	30.0	29.5	29.0	28.0	27.5	°C				
Δt (Ext-Int)	5.4	4.5	5.4	8.1	13.5	13.5	18.9	22.5	24.3	27.9	28.8	29.7	24.3	21.6	19.8	19.8	18.9	18.0	15.3	12.6	11.7	10.8	9.0	8.1	°F				
Q2 = A x U x Δt	488	407	488	732	1220	1220	1708	2033	2196	2521	2602	2684	2196	1952	1789	1789	1708	1626	1383	1139	1057	976	813	732	BTU	35,457.25			
Qt = Q2-Q1	1139	1057	1139	732	569	569.3	1057	1220	1545	1870	1952	2033	2196	2358	2358	2440	2358	2277	2033	1789	1708	1626	1464	1383	BTU	38,872.86			

Q en 6 meses en Losa Plana Sin Aislamiento Termico			
Lugar	Q1 Sensores	Q2 para 23°C	Q Exedente
Abril	-968,558.95	9,914,369.14	10,882,928.09
Mayo	-937,315.11	9,594,560.78	10,531,865.90
Junio	-968,558.95	9,914,369.14	10,882,928.09
Julio	-937,315.11	9,594,560.78	10,531,865.90
Agosto	-968,558.95	9,914,369.14	10,882,928.09
Septiembre	-937,315.11	9,594,560.78	10,531,865.90
TOTAL	-5,717,622.20	58,526,759.78	64,244,381.98
TOTAL Ton	-476.47	4,877.23	5,353.70
TOTAL W	-1,674,119.78	17,136,635.26	18,810,755.04

Q en 6 meses en Losa Plana Con Impermeabilizante Asfatico			
Lugar	Q1 Sensores	Q2 para 23°C	Q Exedente
Abril	-1,368,962.48	21,538,796.44	22,907,758.88
Mayo	-1,324,802.36	20,843,996.56	22,168,798.91
Junio	-1,368,962.48	21,538,796.44	22,907,758.88
Julio	-1,324,802.36	20,843,996.56	22,168,798.91
Agosto	-1,368,962.48	21,538,796.44	22,907,758.88
Septiembre	-1,324,802.36	20,843,996.56	22,168,798.91
TOTAL	-8,081,294.37	127,148,379.01	135,229,673.38
TOTAL Ton	-673.44	10,595.70	11,259.14
TOTAL W	-2,366,202.99	37,229,045.37	39,595,248.37

Q en 6 meses Losa Plana Con Espuma de Poliuretano			
Lugar	Q1 Sensores	Q2 para 23°C	Q Exedente
Abril	-67,887.39	124,800.56	192,687.94
Mayo	-70,150.30	128,960.58	199,110.87
Junio	-67,887.39	124,800.56	192,687.94
Julio	-70,150.30	128,960.58	199,110.87
Agosto	-67,887.39	124,800.56	192,687.94
Septiembre	-70,150.30	128,960.58	199,110.87
TOTAL	-414,113.05	761,283.40	1,175,395.45
TOTAL Ton	-345.1	63.44	97.95
TOTAL W	-121,252.30	222,903.78	344,156.08

Q en 6 meses en Losa Plana Con Impermeabilizante Elastomero			
Lugar	Q1 Sensores	Q2 para 23°C	Q Exedente
Abril	-894,416.30	8,540,804.49	9,435,220.79
Mayo	-865,564.16	8,265,294.67	9,130,858.83
Junio	-894,416.30	8,540,804.49	9,435,220.79
Julio	-865,564.16	8,265,294.67	9,130,858.83
Agosto	-894,416.30	8,540,804.49	9,435,220.79
Septiembre	-865,564.16	8,265,294.67	9,130,858.83
TOTAL BTU/hrs	-5,279,941.38	50,418,297.46	55,698,238.84
TOTAL Ton	-440.00	4,201.52	4,641.52
TOTAL W	-1,546,966.84	14,762,477.50	16,308,444.33

Q en 24hrs en Losa Plana Con Placas de Poliestireno			
Lugar	Q1 Sensores	Q2 para 23°C	Q Exedente
Abril	-281,632.81	1,435,131.91	1,716,764.73
Mayo	-272,547.88	1,388,837.33	1,661,385.22
Junio	-281,632.81	1,435,131.91	1,716,764.73
Julio	-272,547.88	1,388,837.33	1,661,385.22
Agosto	-281,632.81	1,435,131.91	1,716,764.73
Septiembre	-272,547.88	1,388,837.33	1,661,385.22
TOTAL	-1,662,542.10	8,471,907.73	10,134,449.83
TOTAL Ton	-138.55	705.99	844.54
TOTAL W	-486,792.33	2,480,574.58	2,967,366.91

Losa a Dos Aguas Sin Aislamiento Termico

Cocina																								
Hora	5:00a	6:00a	7:00a	8:00a	9:00a	10:00	11:00	12:00	1:00p	2:00p	3:00p	4:00p	5:00p	6:00p	7:00p	8:00p	9:00p	10:00	11:00	12:00	1:00a	2:00a	3:00a	4:00a
	m	m	m	m	m	am	am	pm	m	m	m	m	m	m	m	m	m	pm	pm	am	m	m	m	m
Int	28.0	27.5	28.0	25.5	24.5	24.5	27.5	28.5	30.5	32.5	33.0	33.5	34.5	35.5	35.5	36.0	35.5	35.0	33.5	32.0	31.5	31.0	30.0	29.5
Ext	24.0	23.5	24.0	25.5	28.5	28.5	31.5	33.5	34.5	36.5	37.0	37.5	34.5	33.0	32.0	32.0	31.5	31.0	29.5	28.0	27.5	27.0	26.0	25.5
Δt (Ext-Int)	-7.2	-7.2	-7.2	0.0	7.2	7.2	7.2	9.0	7.2	7.2	7.2	7.2	0.0	-4.5	-6.3	-7.2	-7.2	-7.2	-7.2	-7.2	-7.2	-7.2	-7.2	-7.2
Q1 = A x U x Δt	-30.3	-30.3	-30.3	0	30.3	302.7	302.7	378.4	303	303	302.7	303	0	-189	-264.9	-303	-302.7	-303	-303	-303	-303	-303	-303	-303
Int	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0
Ext	24.0	23.5	24.0	25.5	28.5	28.5	31.5	33.5	34.5	36.5	37.0	37.5	34.5	33.0	32.0	32.0	31.5	31.0	29.5	28.0	27.5	27.0	26.0	25.5
Δt (Ext-Int)	1.8	0.9	1.8	4.5	9.9	9.9	15.3	18.9	20.7	24.3	25.2	26.1	20.7	18.0	16.2	16.2	15.3	14.4	11.7	9.0	8.1	7.2	5.4	4.5
Q2 = A x U x Δt	75.7	37.8	75.7	189	416	416.3	643.3	794.7	870	1022	1060	1097	870	757	681.2	681.2	643.3	605.5	492	378.4	341	303	227	189
Qt = Q2-Q1	378	341	378	189	114	113.5	340.6	416.3	568	719	756.9	795	870	946	946.1	983.9	946.1	908.2	794.7	681.2	643	605	530	492

Recamara 1																								
Hora	5:00a	6:00a	7:00a	8:00a	9:00a	10:00	11:00	12:00	1:00p	2:00p	3:00p	4:00p	5:00p	6:00p	7:00p	8:00p	9:00p	10:00	11:00	12:00	1:00a	2:00a	3:00a	4:00a
	m	m	m	m	m	am	am	pm	m	m	m	m	m	m	m	m	m	pm	pm	am	m	m	m	m
Int	28.0	27.5	28.0	25.5	24.5	24.5	27.5	28.5	30.5	32.5	33.0	33.5	34.5	35.5	35.5	36.0	35.5	35.0	33.5	32.0	31.5	31.0	30.0	29.5
Ext	24.0	23.5	24.0	25.5	28.5	28.5	31.5	33.5	34.5	36.5	37.0	37.5	34.5	33.0	32.0	32.0	31.5	31.0	29.5	28.0	27.5	27.0	26.0	25.5
Δt (Ext-Int)	-7.2	-7.2	-7.2	0.0	7.2	7.2	7.2	9.0	7.2	7.2	7.2	7.2	0.0	-4.5	-6.3	-7.2	-7.2	-7.2	-7.2	-7.2	-7.2	-7.2	-7.2	-7.2
Q1 = A x U x Δt	-648	-648	-648	0	648	647.7	647.7	809.6	648	648	647.7	648	0	-405	-565.7	-648	-647.7	-648	-648	-648	-648	-648	-648	-648
Int	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0
Ext	24.0	23.5	24.0	25.5	28.5	28.5	31.5	33.5	34.5	36.5	37.0	37.5	34.5	33.0	32.0	32.0	31.5	31.0	29.5	28.0	27.5	27.0	26.0	25.5
Δt (Ext-Int)	1.8	0.9	1.8	4.5	9.9	9.9	15.3	18.9	20.7	24.3	25.2	26.1	20.7	18.0	16.2	16.2	15.3	14.4	11.7	9.0	8.1	7.2	5.4	4.5
Q2 = A x U x Δt	162	81	162	405	891	890.6	1376	1700	1862	2186	2267	2348	1862	1619	1457	1457	1376	1295	1052	809.6	729	648	486	405
Qt = Q2-Q1	810	729	810	405	243	242.9	728.6	890.6	1214	1538	1619	1700	1862	2024	2024	2105	2024	1943	1700	1457	1376	1295	1133	1052

Q 6 mese en Losa a Dos Aguas Sin Aislamiento Termico			
Lugar	Q1 Sensores	Q2 para 23°C	Q Exedente
Abril	-971,817.51	7,160,513.71	8,132,331.21
Mayo	-1,004,211.42	7,399,197.50	8,403,408.92
Junio	-971,817.51	7,160,513.71	8,132,331.21
Julio	-1,004,211.42	7,399,197.50	8,403,408.92
Agosto	-971,817.51	7,160,513.71	8,132,331.21
Septiembre	-1,004,211.42	7,399,197.50	8,403,408.92
TOTAL	-5,928,086.78	43,679,133.62	49,607,220.40
TOTAL Ton	-494.01	3,639.93	4,133.94
TOTAL W	-1,735,743.81	12,789,250.32	14,524,994.13

Q 6 meses en Losa a Dos Aguas Con Impermeabilizante Asfáltico			
Lugar	Q1 Sensores	Q2 para 23°C	Q Exedente
Abril	-1,373,377.88	16,841,090.39	18,214,468.27
Mayo	-1,419,157.14	17,402,460.07	18,821,617.21
Junio	-1,373,377.88	16,841,090.39	18,214,468.27
Julio	-1,419,157.14	17,402,460.07	18,821,617.21
Agosto	-1,373,377.88	16,841,090.39	18,214,468.27
Septiembre	-1,419,157.14	17,402,460.07	18,821,617.21
TOTAL	-8,377,605.07	102,730,651.38	111,108,256.46
TOTAL Ton	-698.13	8,560.89	9,259.02
TOTAL W	-2,452,962.76	30,079,534.72	32,532,497.49

Q 6 meses en Losa a Dos Aguas Con Espuma de Poliuretano			
Lugar	Q1 Sensores	Q2 para 23°C	Q Exedente
Abril	-67,594.65	143,079.26	210,673.91
Mayo	-69,847.81	147,848.57	217,696.38
Junio	-67,594.65	143,079.26	210,673.91
Julio	-69,847.81	147,848.57	217,696.38
Agosto	-67,594.65	143,079.26	210,673.91
Septiembre	-69,847.81	147,848.57	217,696.38
TOTAL	-412,327.39	872,783.48	1,285,110.87
TOTAL Ton	-34.36	72.73	107.09
TOTAL W	-120,729.46	255,551.00	376,280.46

Q 6 meses en Losa a Dos Aguas Con Aislamiento Elastomero			
Lugar	Q1 Sensores	Q2 para 23°C	Q Exedente
Abril	-897,301.15	5,998,145.19	6,895,446.34
Mayo	-927,211.19	6,198,083.36	7,125,294.55
Junio	-897,301.15	5,998,145.19	6,895,446.34
Julio	-927,211.19	6,198,083.36	7,125,294.55
Agosto	-897,301.15	5,998,145.19	6,895,446.34
TOTAL	-5,473,537.00	36,588,685.65	42,062,222.64
TOTAL Ton	-456.13	3,049.06	3,505.19
TOTAL W	-1,602,851.63	10,713,167.16	12,315,818.79

Q 6 meses en Losa a Dos Aguas Con Placas de Poliestireno			
Lugar	Q1 Sensores	Q2 para 23°C	Q Exedente
Abril	-282,541.19	1,455,807.59	1,738,348.78
Mayo	-291,959.23	1,504,334.51	1,796,293.74
Junio	-282,541.19	1,455,807.59	1,738,348.78
Julio	-291,959.23	1,504,334.51	1,796,293.74
Agosto	-282,541.19	1,455,807.59	1,738,348.78
Septiembre	-291,959.23	1,504,334.51	1,796,293.74
TOTAL	-1,723,501.27	8,880,426.27	10,603,927.54
TOTAL Ton	-143.63	740.04	883.66
TOTAL W	-504,641.17	2,600,188.81	3,104,829.98

Se puede notar que la tendencia en ambos tipos de losas se mantiene demostrando nuevamente que el cálculo de energía excedente con la espuma de poliuretano es el más bajo y el del impermeabilizante asfáltico el más alto, lo que conlleva a concluir que el tener un impermeabilizante asfáltico como solución en la losa al final de cuentas es más caro, por toda la radiación solar que atrae y por consiguiente toda la energía que deja pasar al interior de la vivienda.

6.3.4 – Cálculo de carga térmica asumiendo la temperatura más elevada registrada en los 6 meses de más calor.

Nuevamente se utiliza la fórmula $Q = A.U.\Delta t$, para calcular la carga térmica que se presenta por conducción en las paredes y techo de la vivienda, en donde A es el área real que le corresponde a cada espacio analizado. U es la transmisión térmica del material y Δt la diferencia de temperatura entre el exterior y el interior.

El cálculo parte de la adaptación de las temperaturas arrojadas por los sensores a los valores más altos registrados en Monterrey, al sol, (encontrando una diferencia de 8° C más al sol que a la sombra) esto se hizo mediante un escalamiento en los valores de los sensores, calculando así la carga térmica mensual, considerando que todos los días de ese mes se tuvo la temperatura máxima registrada.

Los excedentes nuevamente se obtuvieron de restar la ganancia obtenida con las temperaturas exteriores e interiores, menos la ganancia de calor para llegar a la temperatura deseada de 23 grados.

Losa Plana Testigo			
Q semestral (contemplando el mes completo con la temperatura mas alta)			
	Q1 Sensores	Q2 para 23°C	Q Excedente
Abril	-937,315.11	6,856,092.12	7,793,407.24
Mayo	-968,558.95	9,348,421.02	10,316,979.97
Junio	-937,315.11	10,142,242.52	11,079,557.63
Julio	-968,558.95	11,612,213.51	12,580,772.46
Agosto	-937,315.11	11,237,625.98	12,174,941.09
Septiembre	-937,315.11	9,046,859.05	9,984,174.17
			63,929,832.56

Losa Plana Placas de Poliestireno			
Q semestral (contemplando el mes completo con la temperatura mas alta)			
	Q1 Sensores	Q2 para 23°C	Q Excedente
Abril	-272,547.88	1,576,127.37	1,848,675.25
Mayo	-281,632.81	2,402,797.09	2,684,429.90
Junio	-272,547.88	2,699,867.57	2,972,415.46
Julio	-281,632.81	3,176,929.23	3,458,562.04
Agosto	-272,547.88	3,074,447.64	3,346,995.52
Septiembre	-272,547.88	2,325,287.50	2,597,835.39
			16,908,913.56

Losa Plana Imp Elastomerico			
Q semestral (contemplando el mes completo con la temperatura mas alta)			
	Q1 Sensores	Q2 para 23°C	Q Excedente
Abril	-865,564.16	5,886,093.80	6,751,657.96
Mayo	-894,416.30	8,540,804.49	9,435,220.79
Junio	-865,564.16	9,454,895.10	10,320,459.26
Julio	-894,416.30	10,999,312.05	11,893,728.35
Agosto	-865,564.16	10,644,495.53	11,510,059.70
Septiembre	-865,564.16	8,265,294.67	9,130,858.83
			59,041,984.88

Losa Plana Espuma de Poliuretano			
Q semestral (contemplando el mes completo con la temperatura mas alta)			
	Q1 Sensores	Q2 para 23°C	Q Excedente
Abril	-67,887.39	358,055.54	425,942.93
Mayo	-70,150.30	562,814.85	632,965.15
Junio	-67,887.39	637,961.53	705,848.91
Julio	-70,150.30	755,638.98	825,789.27
Agosto	-67,887.39	731,263.52	799,150.91
Septiembre	-67,887.39	544,659.53	612,546.92
			4,002,244.10

Losa Plana Imp Asfáltico			
Q semestral (contemplando el mes completo con la temperatura mas alta)			
	Q1 Sensores	Q2 para 23°C	Q Excedente
Abril	-1,324,802.36	9,009,050.14	10,333,852.49
Mayo	-1,368,962.43	13,072,257.85	14,441,220.28
Junio	-1,324,802.36	14,471,333.10	15,796,135.46
Julio	-1,368,962.43	16,835,163.89	18,204,126.33
Agosto	-1,324,802.36	16,292,094.09	17,616,896.44
Septiembre	-1,324,802.36	12,650,572.11	13,975,374.47
			90,367,605.46

Losas Planas Dos Aguas Testigo			
Q semestral (contemplando el mes completo con la temperatura mas alta)			
	Q1 Sensores	Q2 para 23°C	Q Excedente
Abril	-971,817.51	6,424,040.50	7,395,858.00
Mayo	-1,004,211.42	9,348,207.24	10,352,418.67
Junio	-971,817.51	10,482,862.10	11,454,679.60
Julio	-1,004,211.42	12,058,239.31	13,062,450.73
Agosto	-971,817.51	11,811,801.45	12,783,618.96
Septiembre	-971,817.51	9,046,652.17	10,018,469.68
			65,067,495.64

Losas Planas Dos Aguas Placas de Poliestireno			
Q semestral (contemplando el mes completo con la temperatura mas alta)			
	Q1 Sensores	Q2 para 23°C	Q Excedente
Abril	-282,541.19	1,648,992.06	1,931,533.25
Mayo	-291,959.23	2,502,454.29	2,794,413.52
Junio	-282,541.19	2,808,098.91	3,090,640.10
Julio	-291,959.23	3,300,950.12	3,592,909.36
Agosto	-282,541.19	3,194,467.86	3,477,009.05
Septiembre	-282,541.19	2,421,729.96	2,704,271.15
			17,590,776.44

Losas Planas Dos Aguas Imp Elastomérico			
Q semestral (contemplando el mes completo con la temperatura mas alta)			
	Q1 Sensores	Q2 para 23°C	Q Excedente
Abril	-897,301.15	5,997,944.81	6,895,245.95
Mayo	-927,211.19	8,733,758.66	9,660,969.85
Junio	-897,301.15	9,679,064.37	10,576,365.51
Julio	-927,211.19	11,269,641.03	12,196,852.21
Agosto	-897,301.15	10,906,104.22	11,803,405.37
Septiembre	-897,301.15	8,452,024.51	9,349,325.66
			60,482,164.55

Losas Planas Dos Aguas Espuma Poliuretano			
Q semestral (contemplando el mes completo con la temperatura mas alta)			
	Q1 Sensores	Q2 para 23°C	Q Excedente
Abril	-67,594.65	383,675.31	451,269.96
Mayo	-69,847.81	595,357.22	665,205.03
Junio	-67,594.65	672,390.57	739,985.22
Julio	-69,847.81	794,249.95	864,097.76
Agosto	-67,594.65	768,628.99	836,223.64
Septiembre	-67,594.65	576,152.15	643,746.80
			4,200,528.42

Losas Planas Dos Aguas Imp Asfáltico			
Q semestral (contemplando el mes completo con la temperatura mas alta)			
	Q1 Sensores	Q2 para 23°C	Q Excedente
Abril	-1,373,377.88	9,180,245.40	10,553,623.28
Mayo	-1,419,157.14	13,367,586.79	14,786,743.93
Junio	-1,373,377.88	14,814,438.77	16,187,816.65
Julio	-1,419,157.14	17,248,920.00	18,668,077.14
Agosto	-1,373,377.88	16,692,503.23	18,065,881.11
Septiembre	-1,373,377.88	12,936,374.31	14,309,752.19
			92,571,894.30

Nuevamente vemos que la tendencia se repite dejándonos ver una vez más que la espuma de poliestireno es la mejor opción para mantener el confort térmico dentro de una vivienda, ya que es la que nos presenta el menor coeficiente de transmisión.

6.3.5 – Cálculo de carga térmica asumiendo la temperatura diaria registrada en los 6 meses de más calor.

El cálculo se genera mediante la misma fórmula antes mencionada $Q = A \cdot U \cdot \Delta t$, para calcular la carga térmica que se presenta por conducción en las paredes y techo de la vivienda, en donde A es el área real que le corresponde a cada espacio analizado. U es la transmisión térmica del material y Δt la diferencia de temperatura entre el exterior y el interior.

Ahora para el cálculo se tomó la temperatura que se registró cada día del mes y se hizo el cálculo n veces que tiene el mes, con el fin de conocer la carga térmica real de una vivienda con las condiciones analizadas. Estos valores son los que se analizarán para obtener el consumo anual y el tiempo de recuperación de la inversión en el capítulo 8.

Ya que los cálculos previamente mostrados, fueron meramente comparativos, para ver cómo se comporta la carga térmica con diferentes variables de temperatura, comprobar que los valores muestran una coherencia y un patrón similar, en donde el impermeabilizante asfáltico es el método menos recomendable para una vivienda ya que representa los valores más altos de reflexión, ya que los tonos oscuros, son los que absorben mayormente los rayos solares y los claros son los que reflejan la mayor parte de la luz.

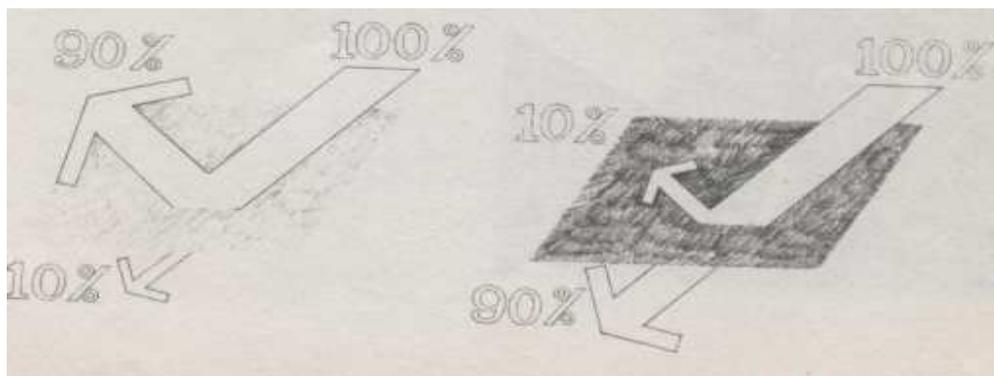


Imagen 56 - Reflexión de los rayos solares

Los valores en la losa a dos aguas son mayores que en la losa plana, pues el área de esta es mayor que en la primera, sería conveniente que para evaluaciones futuras se contemplara la misma área y se experimentara con los dos tipos de techos para así determinar cuanta ganancia tenemos en cada una de las losas, aunque debemos mencionar que en las mediciones de los sensores en los prototipos la losa a dos aguas muestra valores mas bajos que en la losa plana, esto se debe a que la intensidad de la radiación en la losa depende del ángulo de incidencia, ya que a mayor perpendicularidad de los rayos solares con respecto a la superficie, mayor es la intensidad de la radiación.

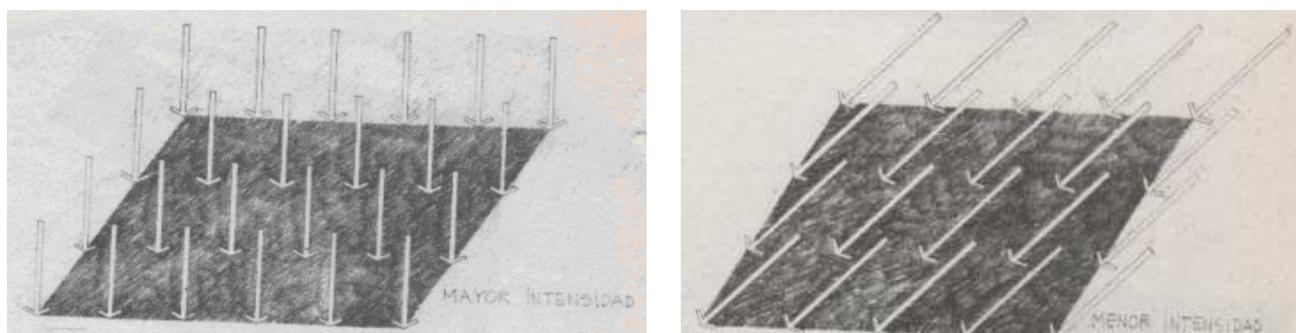


Imagen 57 - Intensidad de la radiación solar

Losa Plana Testigo			
Q semestral (contemplando la temperatura real de cada mes)			
	Q1 Sensores	Q2 para 23°C	Q Excedente
Abril	-937,315.11	5,042,924.67	5,980,239.78
Mayo	-968,558.95	8,218,244.32	9,186,803.27
Junio	-937,315.11	10,195,708.95	11,133,024.06
Julio	-968,558.95	10,880,516.20	11,849,075.15
Agosto	-937,315.11	11,097,446.20	12,034,761.31
Septiembre	-937,315.11	6,932,278.90	7,869,594.01
			58,053,497.60

Losa Plana Placas de Poliestireno			
Q semestral (contemplando la temperatura real de cada mes)			
	Q1 Sensores	Q2 para 23°C	Q Excedente
Abril	-272,547.88	1,189,061.30	1,461,609.18
Mayo	-281,632.81	2,103,133.03	2,384,765.84
Junio	-272,547.88	2,687,381.57	2,959,929.45
Julio	-281,632.81	2,877,265.17	3,158,897.98
Agosto	-272,547.88	2,949,587.62	3,222,135.50
Septiembre	-272,547.88	1,738,445.40	2,010,993.28
			15,198,331.26

Losa Plana Imp Elastomerico			
Q semestral (contemplando la temperatura real de cada mes)			
	Q1 Sensores	Q2 para 23°C	Q Excedente
Abril	-865,564.16	5,196,859.05	6,062,423.21
Mayo	-894,416.30	7,731,546.74	8,625,963.04
Junio	-865,564.16	9,243,147.77	10,108,711.93
Julio	-894,416.30	9,822,129.25	10,716,545.55
Agosto	-865,564.16	9,951,248.30	10,816,812.46
Septiembre	-865,564.16	6,680,498.25	7,546,062.41
			53,876,518.61

Losa Plana Espuma de Poliuretano			
Q semestral (contemplando la temperatura real de cada mes)			
	Q1 Sensores	Q2 para 23°C	Q Excedente
Abril	-67,887.39	261,643.48	329,530.87
Mayo	-70,150.30	488,173.26	558,323.56
Junio	-67,887.39	634,851.46	702,738.85
Julio	-70,150.30	680,997.38	751,147.68
Agosto	-67,887.39	700,162.86	768,050.25
Septiembre	-67,887.39	398,486.41	466,373.80
			3,576,164.99

Losa Plana Imp Asfáltico			
Q semestral (contemplando la temperatura real de cada mes)			
	Q1 Sensores	Q2 para 23°C	Q Excedente
Abril	-1,324,802.36	5,074,885.49	6,399,687.85
Mayo	-1,368,962.43	11,615,649.06	12,984,611.49
Junio	-1,324,802.36	14,410,641.07	15,735,443.43
Julio	-1,368,962.43	15,378,555.10	16,747,517.53
Agosto	-1,324,802.36	15,685,173.76	17,009,976.12
Septiembre	-1,324,802.36	9,798,046.56	11,122,848.92
			80,000,085.33

Losas Planas Dos Aguas Testigo			
Q semestral (contemplando la temperatura real de cada mes)			
	Q1 Sensores	Q2 para 23°C	Q Excedente
Abril	-971,817.51	5,122,806.69	6,094,624.20
Mayo	-1,004,211.42	8,440,199.99	9,444,411.41
Junio	-971,817.51	10,438,564.12	11,410,381.63
Julio	-1,004,211.42	11,008,078.71	12,012,290.13
Agosto	-971,817.51	11,328,821.67	12,300,639.18
Septiembre	-971,817.51	7,692,089.45	8,663,906.96
			59,926,253.50

Losas Planas Dos Aguas Placas de Poliestireno			
Q semestral (contemplando la temperatura real de cada mes)			
	Q1 Sensores	Q2 para 23°C	Q Excedente
Abril	-282,541.19	1,249,744.15	1,532,285.34
Mayo	-291,959.23	2,206,238.10	2,498,197.33
Junio	-282,541.19	2,795,219.95	3,077,761.14
Julio	-291,959.23	2,978,976.00	3,270,935.23
Agosto	-282,541.19	3,065,678.21	3,348,219.40
Septiembre	-282,541.19	1,996,724.12	2,279,265.31
			16,006,663.76

Losas Planas Dos Aguas Imp Elastomericas			
Q semestral (contemplando la temperatura real de cada mes)			
	Q1 Sensores	Q2 para 23°C	Q Excedente
Abril	-897,301.15	4,730,003.63	5,627,304.78
Mayo	-927,211.19	7,793,028.11	8,720,239.30
Junio	-897,301.15	9,638,163.04	10,535,464.19
Julio	-927,211.19	10,247,107.82	11,174,319.01
Agosto	-897,301.15	10,497,090.93	11,394,392.08
Septiembre	-897,301.15	7,102,280.67	7,999,581.82
			55,451,301.16

Losas Planas Dos Aguas Espuma Poliuretano			
Q semestral (contemplando la temperatura real de cada mes)			
	Q1 Sensores	Q2 para 23°C	Q Excedente
Abril	-67,594.65	284,228.94	351,823.59
Mayo	-69,847.81	521,574.43	591,422.24
Junio	-67,594.65	669,182.62	736,777.27
Julio	-69,847.81	714,051.27	783,899.08
Agosto	-67,594.65	736,549.52	804,144.17
Septiembre	-67,594.65	470,289.89	537,884.54
			3,805,950.90

Losas Planas Dos Aguas Imp Asfáltico			
Q semestral (contemplando la temperatura real de cada mes)			
	Q1 Sensores	Q2 para 23°C	Q Excedente
Abril	-1,373,377.88	7,239,578.79	8,612,956.67
Mayo	-1,419,157.14	11,927,737.37	13,346,894.51
Junio	-1,373,377.88	14,751,836.62	16,125,214.50
Julio	-1,419,157.14	15,683,866.29	17,103,023.43
Agosto	-1,373,377.88	16,066,481.74	17,439,859.62
Septiembre	-1,373,377.88	10,870,503.41	12,243,881.29
			84,871,830.03

Capítulo 7

TÉCNICAS PARA LA EVALUACIÓN ECONOMICA

Capítulo 7 – Técnica para la Evaluación Económica.

7.1 – Introducción.

Uno de los principales problemas al implementar materiales térmicos en una vivienda de interés social, es el incremento de la misma, aunque se tenga la conciencia de que existen muchos otros mas beneficios, en la evaluación del costo debemos considerar que la inversión inicial se recuperara en el transcurso de algunos años, además de con la implementación de los materiales térmicos, el ahorro de energía será evidente y es así como se ira pagando el costo inicial de la inversión. Además del problema del incremento del costo de la vivienda, existe la confusión de que material es el que se debe de implementar y donde es donde se debe de colocar.

El objetivo de esta técnica de evaluación es el proporcionar un método sencillo para evaluar el monto de inversión, el lapso de recuperación y el ahorro al implementar un material térmico en la vivienda. La evaluación de cual es el mejor material térmico para colocar en la misma se presenta en la parte del diseño del experimento de los materiales.

Se puede utilizar cualquier técnica de evaluación económica, pero la que se utiliza en esta investigación y la que se recomienda es el “Análisis de costo en el ciclo de vida”. En este tipo de análisis se consideran únicamente los beneficios y costos económicos; dejando de lado los aspectos ambientales, ya que aunque son muy importantes en el confort térmico, son muy difíciles de evaluar pues representan un costo externo y por lo tanto no son un factor a consideran por los inversionistas para ver la factibilidad de un proyecto, por lo que se puede concluir que el medio ambiente es un factor que no se considera en la evaluación.

La forma menos compleja de evaluar los elementos antes propuestos, es el modelo del costo anual en base a un análisis incrementa de costo beneficio. “Para la identificación de los costos y beneficios del proyecto que son pertinentes para su

evaluación, es necesario definir una situación base o situación sin proyecto; la comparación de lo que sucede con proyecto versus lo que hubiera sucedido sin proyecto, definirá los costos y beneficios pertinentes del mismo” (Fontaine, 1984: 27).

En la evaluación costo beneficio deben de considerarse o evaluarse diversos puntos, dejando de lado los que nos causan un gasto externo y que no podemos alterar como es el caso de los factores ambientales, que aunque no los podemos altera, podemos trabajar con ellos con el fin de buscar la optimización de los mismos, los factores a evaluar serian:

- Identificar las necesidades de confort
- Identificar las condiciones climáticas del lugar
- Calcular el incremento de la vivienda al implementar materiales térmicos
- Calcular la cantidad de energía ahorrada (watts)
- Calcular las unidades de combustible ahorradas (gas, electricidad, aceite, etc).
- Calcular los beneficios económicos (pesos).
- Calcular en costo de la inversión inicial.
- Comparar el costo de la inversión en relación a las beneficios obtenidos.

7.2 – Evaluación del ciclo de vida.

La necesidad de aplicar este tipo de evaluación, se debe que usualmente la rama del diseño y la construcción, los inversionistas se enfocan en los montos iniciales de la inversión, y aquí surgirían los problemas ya que estamos considerando este estudio para viviendas de interés social, en donde lo que mas le importa a los inversionistas es el poder construir una vivienda en el menor tiempo posible y al menor costo de inversión inicial. Aunque la inversión en los materiales térmicos se

repercute directamente en ahorros energéticos durante el ciclo de vida de la vivienda, los cuales a la larga pueden ser mucho mayores que los costos iniciales, o pueden representar una tasa de retorno mayor, que la tasa de retorno del que vaya a realizarla inversión, esto dependerá de la técnica de evaluación que se vaya a utilizar.

La técnica de análisis de costo de ciclo de vida, considera la totalidad de costos relevantes a lo largo de la vida de todo el sistema, incluyendo el costo de adquisición, mantenimiento, operación y recuperación.

7.3 – Análisis incremental.

Este tipo de análisis, implica que la evaluación realizada para la toma de decisiones se hará comparando los costos extras de una alternativa sobre la otra, contra los beneficios extras recibidos.

En el caso de la implementación de materiales térmicos o de un diseño bioclimático adecuado lo que se pretende evaluar y demostrar es los beneficios extras que pueden generar estos en pro de un costo extra de inversión. Tomando en cuenta que los materiales térmicos o el diseño bioclimáticos son las variables en la evaluación. Por lo tanto debe de considerarse:

- El costo adicional de la implementación de la estrategia.
- Los beneficios que la estrategia aportara a la construcción.

7.4 – Modelo de costo anual.

Los costos operacionales de una vivienda ya habitada, se presentan de forma periódica y representan un costo muy importante para la familias, con este tipo de evaluación lo que se pretende es que las familias vean los beneficios económicos, ya que es la manera mas fácil de mostrarles la relación costo – beneficio, tasa de

retorno o valor presente, por lo cual el costo anual facilita que las familias vean lo beneficios y ahorros en su presupuesto familiar.

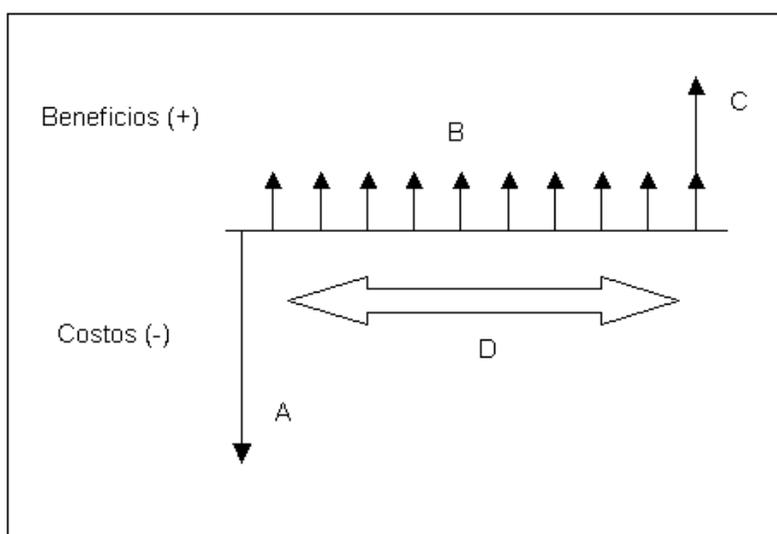
Este sistema representa la comparación de los beneficios y costos que se tendrán en forma periódica, puede ser anual, mensual, etc. Como el costo operacional anual se supone igual todos los años, esta técnica nos facilita el análisis.

7.5 – Formulas de evaluación económica.

Ya que se tenga el costo extra de lo requerido para realizar la propuesta y los beneficios económicos resultados del ahorro energético, se aplican las formulas para calcular el beneficio o costo anual resultante, si se obtiene un valor mayor a “0”, significa que la propuesta representa una buena inversión.

Datos requeridos:

- Costo inicial de la inversión
- Costo de operación anual estimado
- Valor de recuperación
- Ciclo de vida



Grafica 4- Costo – beneficio

7.6 – Formula para el cálculo del costo anual ignorando factores externos (inflación).

$$AW = B + A (AW/P, i, N) + C (AW/F, i, N)$$

Donde:

i = tasa de interés

n = numero de periodos con interés

AW = beneficio anual \$

$$AW/P, i, N = \frac{i (1+i)^n}{i (1+i)^{n-1}}$$

$$AW/F, i, N = \frac{i}{i (1+i)^{n-1}}$$

7.7 – Inflación.

Al generar una evaluación en el tiempo, existen muchos factores que influyen, además de la tasa de interés, como son: inflación, impuestos (depreciaciones), el valor del dinero en el futuro, entre otros. En el caso de las viviendas, es importante considerar la inflación, ya que no podemos aislar los beneficios o costos, de la inflación.

La inflación es el aumento sostenido y generalizado del nivel de precios de bienes y servicios, medido frente a un poder adquisitivo. Se define también como la caída en el valor de mercado o del poder adquisitivo de una moneda en una economía en particular, lo que se diferencia de la devaluación, dado que esta última

se refiere a la caída en el valor de la moneda de un país en relación con otra moneda cotizada en los mercados internacionales.

Por lo tanto para incorporar la inflación en el calculo de costo anual, solo hay que sustituir la tasa i (sin inflación) por la u (con inflación) en las formulas descritas anteriormente.

$$u = i + f + if$$

Donde:

f = Tasa de inflación.

i = Tasa e interés (costo de oportunidad), dinero constante, sin inflación.

u = Tasa para dinero corriente (considera inflación).

Las técnicas aquí propuestas son muy simples, y están basadas en las formulas de evaluación y factibilidad económica de los proyectos, existen muchas otras que pueden ser usadas, que ayudaran a determinar los años de recuperación de la inversión. O el tiempo esperado de retorno, o mismo el valor de la vivienda en el futuro. Pero el método de costo anual o el de costo – beneficio son las que nos muestran mas fácil los resultados para la evolución y la toma de decisiones. En este caso para la justificación económica de la vivienda, no intervienen muchas variables, en donde lo más importante es el costo anual o mensual y el grado de confort de las familias que habitaran estas viviendas.

7.8 – Monto inicial de inversión.

En este punto de la investigación se muestra cuanto se tendría que invertir para implementar alguno de los sistemas analizados. Se contempla la mano de obra, así como el material y la herramienta necesaria para su aplicación.

Casa Losa Plana Con Placas de Poliestireno de 3"					
Área de Losa	Costo m2		Subtotal	IVA	Total
	Material	Mano de Obra y Herramienta			
38.35 m2	\$32.00	\$30.00	\$2,377.70	\$356.66	\$2,734.36

Casa Losa Plana Con Espuma de Poliuretano de 2"					
Área de Losa	Costo m2		Subtotal	IVA	Total
	Material	Mano de Obra y Herramienta			
38.35 m2	\$55.00	\$30.00	\$3,259.75	\$488.96	\$3,748.71

Casa Losa Plana Con Impermeabilización Asfáltico					
Área de Losa	Costo m2		Subtotal	IVA	Total
	Material	Mano de Obra y Herramienta			
38.35 m2	\$95.00	\$30.00	\$4,793.75	\$719.06	\$5,512.81

Casa Losa Plana Con Impermeabilización Elastomérico					
Área de Losa	Costo m2		Subtotal	IVA	Total
	Material	Mano de Obra y Herramienta			
38.35 m2	\$75.00	\$30.00	\$4,026.75	\$604.01	\$4,630.76

Casa con Losa a Dos Aguas Con Placas de Polietileno de 3"					
Área de Losa	Costo m2		Subtotal	IVA	Total
	Material	Mano de Obra y Herramienta			
34.92 m2	\$32.00	\$30.00	\$2,165.04	\$324.76	\$2,489.80

Casa con Losa a Dos Aguas Con Espuma de Poliuretano de 2"					
Área de Losa	Costo m2		Subtotal	IVA	Total
	Material	Mano de Obra y Herramienta			
34.92 m2	\$55.00	\$30.00	\$2,968.20	\$445.23	\$3,413.43

Casa con Losa a Dos Aguas Con Impermeabilizante Asfáltico					
Área de Losa	Costo m2		Subtotal	IVA	Total
	Material	Mano de Obra y Herramienta			
34.92 m2	\$95.00	\$30.00	\$4,365.00	\$654.75	\$5,019.75

Casa con Losa a Dos Aguas Con Impermeabilizante Elastomérico					
Área de Losa	Costo m2		Subtotal	IVA	Total
	Material	Mano de Obra y Herramienta			
34.92 m2	\$75.00	\$30.00	\$3,666.60	\$549.99	\$4,216.59

Se puede ver que los costos de los materiales térmicos no son tan elevados como se esperaba, lo que hace muy factible que se puedan implementar en las viviendas de interés social. Debemos considerar que en los costos antes mencionados no se considera el costo de la preparación de la superficie para la aplicación de los materiales mencionados.

7.9 – Costo anual.

En el cálculo del costo anual, se consideran los valores excedentes calculados en el capítulo 6.3.5, pero se le incrementa el consumo promedio anual, referente a los aparatos y luminarias que se encuentran en una vivienda de interés social, con el fin de poder calcular el tiempo de recuperación de inversión. Se considera que en los 6 meses restantes, donde hace frío no se usa el aire acondicionado y el único consumo eléctrico es el de los aparatos y luminarias.

Casa Losa Plana - Tarifa Mínima Verano - Cálculo Bimestral - Carga Excedente											
	ΔQ x semestre		ΔQ x semestre		Concepto	KW/H	Costo	Total	Importe	IVA	TOTAL
Imp Asfáltico	80,000,085.33	BTU	23,446.68	KW/H	Básico	300	\$ 0.59	\$ 177.90	\$53,764.25	\$8,064.64	\$61,828.88
					Intermedio	600	\$ 0.89	\$ 534.00			
					Excedente	adicional	\$ 2.35	\$ 53,052.35			
Sin Aislamiento	58,053,497.60	BTU	17,014.51	KW/H	Básico	300	\$ 0.59	\$ 177.90	\$38,629.33	\$5,794.40	\$44,423.73
					Intermedio	600	\$ 0.89	\$ 534.00			
					Excedente	adicional	\$ 2.35	\$ 37,917.43			
Imp Elastomérico	53,876,518.61	BTU	15,790.30	KW/H	Básico	300	\$ 0.59	\$ 177.90	\$35,748.79	\$5,362.32	\$41,111.10
					Intermedio	600	\$ 0.89	\$ 534.00			
					Excedente	adicional	\$ 2.35	\$ 35,036.89			
Placas Poliestireno	15,198,331.26	BTU	4,454.38	KW/H	Básico	300	\$ 0.59	\$ 177.90	\$9,075.35	\$1,361.30	\$10,436.65
					Intermedio	600	\$ 0.89	\$ 534.00			
					Excedente	adicional	\$ 2.35	\$ 8,363.45			
Espuma Poliuretano	3,576,164.90	BTU	1,048.11	KW/H	Básico	300	\$ 0.59	\$ 177.90	\$1,060.41	\$159.06	\$1,219.47
					Intermedio	600	\$ 0.89	\$ 534.00			
					Excedente	adicional	\$ 2.35	\$ 348.51			

Casa Losa Plana - Tarifa Alto Consumo Verano - Calculo Bimestral - Carga Excedente											
	ΔQ x semestre		ΔQ x semestre		Concepto	KW/H	Costo	Total	Importe	IVA	TOTAL
Imp Asfáltico	80,000,085.33	BTU	23,446.68	KW/H	Básico	150	\$ 0.68	\$ 101.85	\$55,415.27	\$8,312.29	\$63,727.56
					Intermedio	50	\$ 1.12	\$ 56.05			
					Excedente	adicional	\$ 2.38	\$ 55,257.37			
Sin Aislamiento	58,053,497.60	BTU	17,014.51	KW/H	Básico	150	\$ 0.68	\$ 101.85	\$40,125.98	\$6,018.90	\$46,144.88
					Intermedio	50	\$ 1.12	\$ 56.05			
					Excedente	adicional	\$ 2.38	\$ 39,968.08			
Imp Elastomerico	53,876,518.61	BTU	15,790.30	KW/H	Básico	150	\$ 0.68	\$ 101.85	\$37,216.05	\$5,582.41	\$42,798.46
					Intermedio	50	\$ 1.12	\$ 56.05			
					Excedente	adicional	\$ 2.38	\$ 37,058.15			
Placas Poliestireno	15,198,331.26	BTU	4,454.38	KW/H	Básico	150	\$ 0.68	\$ 101.85	\$10,270.55	\$1,540.58	\$11,811.13
					Intermedio	50	\$ 1.12	\$ 56.05			
					Excedente	adicional	\$ 2.38	\$ 10,112.65			
Espuma Poliuretano	3,576,164.90	BTU	1,048.11	KW/H	Básico	150	\$ 0.68	\$ 101.85	\$2,173.87	\$326.08	\$2,499.95
					Intermedio	50	\$ 1.12	\$ 56.05			
					Excedente	adicional	\$ 2.38	\$ 2,015.97			

Tipo	Total Anual -Tarifa Minima	Total Anual -Tarifa Alto Consumo
Imp Asfáltico	\$73,828.88	\$75,727.56
Sin Aislamiento	\$56,423.73	\$58,144.88
Imp Elastomerico	\$53,111.10	\$54,798.46
Placas Poliestireno	\$22,436.65	\$23,811.13
Espuma Poliuretano	\$13,219.47	\$14,499.95

Casa Losa a Dos Aguas - Valores Sensores - Sin Calor Latente e Interno - Tarifa Minima Verano - Calculo Bimestral - Carga Excedente-Temperatura Real											
	ΔQ x semestre		ΔQ x semestre		Concepto	KW/H	Costo	Total	Importe	IVA	TOTAL
Imp Asfáltico	84,871,830.03	BTU	24,874.51	KW/H	Básico	300	\$ 0.59	\$ 177.90	\$57,123.92	\$8,568.59	\$65,692.51
					Intermedio	600	\$ 0.89	\$ 534.00			
					Excedente	adicional	\$ 2.35	\$ 56,412.02			
Sin Aislamiento	59,926,253.50	BTU	17,563.38	KW/H	Básico	300	\$ 0.59	\$ 177.90	\$39,920.83	\$5,988.13	\$45,908.96
					Intermedio	600	\$ 0.89	\$ 534.00			
					Excedente	adicional	\$ 2.35	\$ 39,208.93			
Imp Elastomérico	55,451,301.16	BTU	16,251.85	KW/H	Básico	300	\$ 0.59	\$ 177.90	\$36,834.80	\$5,525.22	\$42,360.01
					Intermedio	600	\$ 0.89	\$ 534.00			
					Excedente	adicional	\$ 2.35	\$ 36,122.90			
Placas Poliestireno	16,006,663.76	BTU	4,691.28	KW/H	Básico	300	\$ 0.59	\$ 177.90	\$9,632.79	\$1,444.92	\$11,077.71
					Intermedio	600	\$ 0.89	\$ 534.00			
					Excedente	adicional	\$ 2.35	\$ 8,920.89			
Espuma Poliuretano	3,805,950.90	BTU	1,115.46	KW/H	Básico	300	\$ 0.59	\$ 177.90	\$1,218.88	\$182.83	\$1,401.71
					Intermedio	600	\$ 0.89	\$ 534.00			
					Excedente	adicional	\$ 2.35	\$ 506.98			

Casa Losa a Dos Aguas - Valores Sensores - Sin Calor Latente e Interno - Tarifa Alto Consumo Verano - Calculo Bimestral - Carga Excedente-Temperatura Real											
	ΔQ x semestre		ΔQ x semestre		Concepto	KW/H	Costo	Total	Importe	IVA	TOTAL
Imp Asfáltico	84,871,830.03	BTU	24,874.51	KW/H	Básico	150	\$ 0.68	\$ 101.85	\$58,809.21	\$8,821.38	\$67,630.59
					Intermedio	50	\$ 1.12	\$ 56.05			
					Excedente	adicional	\$ 2.38	\$ 58,651.31			
Sin Aislamiento	59,926,253.50	BTU	17,563.38	KW/H	Básico	150	\$ 0.68	\$ 101.85	\$41,430.65	\$6,214.60	\$47,645.25
					Intermedio	50	\$ 1.12	\$ 56.05			
					Excedente	adicional	\$ 2.38	\$ 41,272.75			
Imp Elastomérico	55,451,301.16	BTU	16,251.85	KW/H	Básico	150	\$ 0.68	\$ 101.85	\$38,313.14	\$5,746.97	\$44,060.11
					Intermedio	50	\$ 1.12	\$ 56.05			
					Excedente	adicional	\$ 2.38	\$ 38,155.24			
Placas Poliestireno	16,006,663.76	BTU	4,691.28	KW/H	Básico	150	\$ 0.68	\$ 101.85	\$10,833.68	\$1,625.05	\$12,458.74
					Intermedio	50	\$ 1.12	\$ 56.05			
					Excedente	adicional	\$ 2.38	\$ 10,675.78			
Espuma Poliuretano	3,805,950.90	BTU	1,115.46	KW/H	Básico	150	\$ 0.68	\$ 101.85	\$2,333.95	\$350.09	\$2,684.04
					Intermedio	50	\$ 1.12	\$ 56.05			
					Excedente	adicional	\$ 2.38	\$ 2,176.05			

Tipo	Total Anual -Tarifa Mínima	Total Anual -Tarifa Alto Consumo
Imp. Asfáltico	\$77,692.51	\$79,630.59
Sin Aislamiento	\$57,908.96	\$59,645.25
Imp. Elastomérico	\$54,360.01	\$56,060.11
Placas Poliestireno	\$23,077.71	\$24,458.74
Espuma Poliuretano	\$13,401.71	\$14,684.04

7.10 – Tiempo de Recuperación de la Inversión.

El tiempo de recuperación de la inversión se calcula mediante el ahorro que se presenta en el consumo energético anual, el cual estaría pagando la inversión que se hizo para la implementación de los materiales térmicos.

Se puede notar que los materiales térmicos traen un fuerte ahorro en el consumo de energía lo que hace que la inversión se pague en los primeros meses, en cambio el usar un impermeabilizante asfáltico es más caro y aparte aumenta el costo, al consumir más energía para poder enfriar la vivienda.

Después de este análisis se recomienda el uso de materiales térmicos en las losas de las viviendas, aunque hay que considerar que cualquier material debe de ser aplicado adecuadamente y que tiene un periodo de vida.

Casa Losa Plana - Tarifa Consumo Mínimo							
	Q		Tarifa anual	Ahorro	Inversión Inicial	Tiempo de Recuperación	
Sin Aislamiento	58,053,497.60	BTU/H	\$ 56,423.73				
Imper Elastomerico	53,876,518.61	BTU/H	\$ 53,111.10	\$ 3,312.63	\$ 4,630.76	1.398	años
Imper Asfáltico	80,000,085.33	BTU/H	\$ 73,828.88	-\$ 17,405.15	\$ 5,512.81	aumenta	
Placas Poliestireno	15,198,331.26	BTU/H	\$ 22,436.65	\$ 33,987.09	\$ 2,734.36	0.080	años
Espuma Poliuretano	3,576,164.99	BTU/H	\$ 13,219.47	\$ 43,204.26	\$ 3,748.71	0.087	años

Casa Losa Plana - Tarifa Alto consumo							
	Q		Tarifa anual	Ahorro	Inversión Inicial	Tiempo de Recuperación	
Sin Aislamiento	58,053,497.60	BTU/H	\$ 58,144.88				
Imper Elastomerico	53,876,518.61	BTU/H	\$ 54,798.46	\$ 3,346.42	\$ 4,630.76	1.384	años
Imper Asfáltico	80,000,085.33	BTU/H	\$ 75,727.56	-\$ 17,582.68	\$ 5,512.81	aumenta	
Placas Poliestireno	15,198,331.26	BTU/H	\$ 23,811.13	\$ 34,333.75	\$ 2,734.36	0.080	años
Espuma Poliuretano	3,576,164.99	BTU/H	\$ 14,499.95	\$ 43,644.93	\$ 3,748.71	0.086	años

Casa Losa Dos Aguas - Tarifa Consumo Mínimo							
	Q		Tarifa anual	Ahorro	Inversión Inicial	Tiempo de Recuperación	
Sin Aislamiento	59,926,253.50	BTU/H	\$ 57,908.96				
Imper Elastomerico	55,451,301.16	BTU/H	\$ 54,360.01	\$ 3,548.94	\$ 4,216.59	1.188	años
Imper Asfáltico	84,871,830.03	BTU/H	\$ 77,692.51	-\$ 19,783.55	\$ 5,019.75	aumenta	
Placas Poliestireno	16,006,663.76	BTU/H	\$ 23,077.71	\$ 34,831.25	\$ 2,489.80	0.071	años
Espuma Poliuretano	3,805,950.90	BTU/H	\$ 13,401.71	\$ 44,507.25	\$ 3,413.43	0.077	años

Casa Losa Dos Aguas - Tarifa Alto Consumo							
	Q		Tarifa anual	Ahorro	Inversión Inicial	Tiempo de Recuperación	
Sin Aislamiento	59,926,253.50	BTU/H	\$ 59,645.25				
Imper Elastomerico	55,451,301.16	BTU/H	\$ 56,060.11	\$ 3,585.14	\$ 4,216.59	1.176	años
Imper Asfáltico	84,871,830.03	BTU/H	\$ 79,630.59	-\$ 19,985.34	\$ 5,019.75	aumenta	
Placas Poliestireno	16,006,663.76	BTU/H	\$ 24,458.74	\$ 35,186.52	\$ 2,489.80	0.071	años
Espuma Poliuretano	3,805,950.90	BTU/H	\$ 14,684.04	\$ 44,961.21	\$ 3,413.43	0.076	años

Capítulo 8

CONCLUSIONES Y RESULTADOS

Capítulo 8 – Conclusiones y Resultados.

A lo largo del capítulo 5 y 6 se fueron dando conclusiones, por lo tanto el objetivo de este capítulo es mostrar un resumen de esas conclusiones y verificar que las hipótesis se cumplieron, además de hacer recomendaciones que puedan ser útiles para futuras investigaciones.

Como ya se mencionó y mostró previamente **el comportamiento térmico** de la vivienda está dado por el intercambio de calor que se realiza entre el interior y el exterior a través de la envolvente (techos, muros, ventanas y pisos). Al ser las condiciones externas muy variables, la casa presenta diferentes fenómenos tanto de ganancia como de pérdida de energía.

Nº	Tipo de Fenómeno y/o Transferencia de Calor	Dónde se Presenta
1	Radiación Solar	Es la emitida por el sol y que pega en la losa de la vivienda principalmente.
2	Reflexión	Es la radiación que rebota al tocar el material.
3	Transmisión	Es el paso de la radiación, en cuerpos transparentes, esto se da en las ventanas.
4	Absorción	Es la porción de la radiación que penetra a través de los materiales, se da principalmente en paredes y techos.
5	Conducción	Es la energía que pasa a través del mismo material, en paredes.
6	Convección	Se da en el aire que se encuentra en el interior de la vivienda, en donde el aire frío baja por su gravedad, y el caliente sube por ser más ligero.
7	Emisión	Es la irradianción de la energía absorbida, al presentarte dos diferentes temperaturas.
8	Ventilación	Es el intercambio térmico que se logra por medio de la ventilación, el cual ayuda a perder calor radiante
9	Infiltración	Es el flujo de calor que ocurre en todas las ranuras de puertas y/o ventanas, que tienen contacto con el exterior.
10	Calor latente y calor interno	Es el calor generado por los ocupantes, aparatos eléctricos y luces, que se encuentran en el interior de la vivienda.

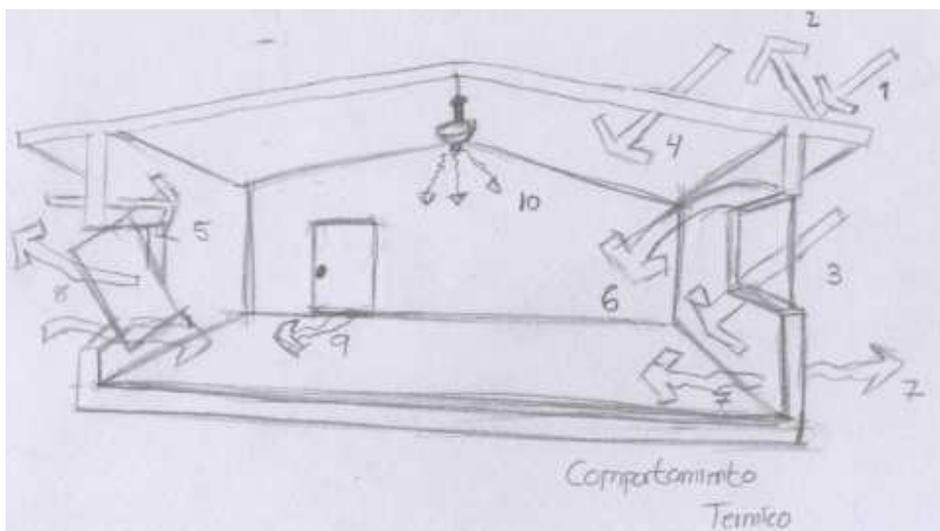


Imagen 58 - Esquema del comportamiento térmico

Por lo tanto podemos determinar que la **geometría del techo** si ayuda a que las condiciones térmicas en el interior sean mejores, ya que la inclinación de la losa, permite que los rayos del sol tengan menor intensidad, así como el tener un **color claro aparente** ayuda a que la absorción de los rayos solares sea menor, además el tener un material térmico en la losa hace que la conducción de calor se propague mas lentamente y se pierda en el camino, tomando en cuenta que la **conducción depende mucho de la conductividad térmica** que tenga cada uno de los materiales.

Recordemos que el comportamiento térmico de una pared esta dado por su factor de transmisión y el tiempo de retraso térmico, es decir el tiempo que tarda en pasar el calor por dicha pared, así que mientras **menor sea el coeficiente de transmisión del material mejor será el comportamiento térmico de éste.**

Hay que contemplar que para el **cálculo de ganancia térmica** que se practicó en está investigación no se tomaron en cuenta todas las variables que afectan en una vivienda. A continuación se enlistan las variables que deben ser consideradas, en esta evaluación solo contemplamos la conducción, transmisión y el calor latente e interno.

Nº	Tipo de Ganancia y/o Pérdida	Donde se Presenta
1	Ganancia por conducción	Muros, techos, puertas y ventanas
2	Ganancia por transmisión	Ventanas
3	Pérdida por conducción	Pisos
4	Ganancia y pérdida por infiltraciones	Ventanas
5	Ganancia por calor latente e interno	Personas, aparatos y lámparas
6	Pérdida por ventilación	Ventanas

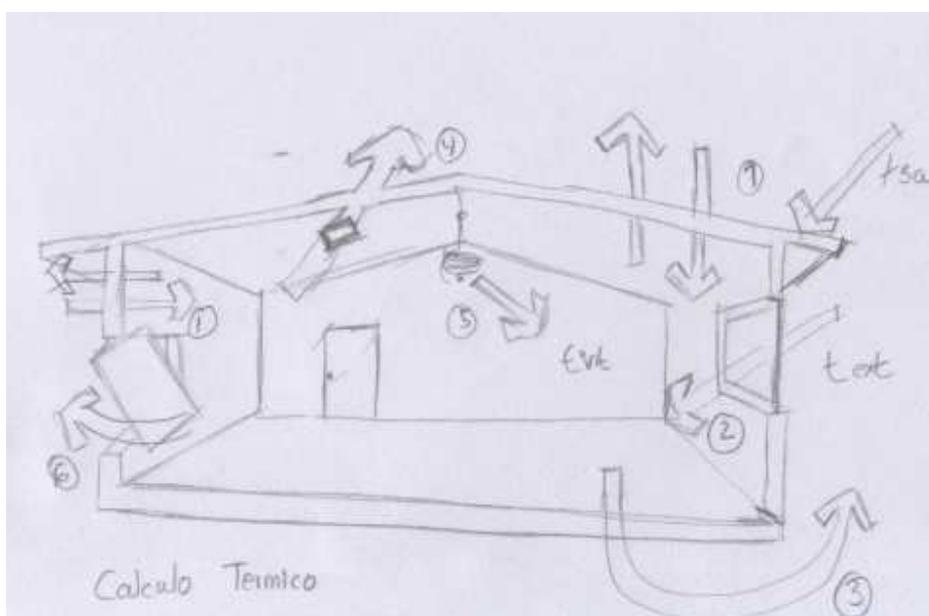


Imagen 59 - Esquema del cálculo térmico

Aunque sin considerar las variables antes enlistadas, podemos tener una gran noción de cómo se refleja la ganancia térmica en los sistemas evaluados, para futuras evaluaciones sería conveniente tomar en cuenta estas variables así como la orientación de la vivienda, también debemos recordar que en esta evaluación sólo se planteó la aplicación de materiales térmicos en la losa, ya que ésta es uno de los elementos que transmiten más calor al interior de la vivienda, pero si aún se desea más minimizar el flujo térmico, se pueden implementar materiales aislantes en muros y pisos, ya que este tipo de materiales son pobres conductores de calor.

Para la zona de Monterrey se podría concluir que la **losa y la fachada oeste** son las que deberían ser aisladas primeramente con el fin de incrementar la resistencia térmica de la vivienda.

En cuanto a los **materiales térmicos** analizados, hay tres que tienen los valores de **conducción térmica muy bajo**, por lo cual **incrementan la resistencia térmica** de la vivienda.

Aislante	Presentación	Resistencia térmica	Donde se usan	Propiedades
Fibra de vidrio	Rollo película placas	1 - menor resistencia, mejor comportamiento térmico.	Sobrepuesta en muros y cielos, en celdas de block, estructuras de madera.	- Difícil de colocar en construcciones terminadas. - No apta para exteriores - Alto grado de combustibilidad. - Muy flexible y manejable.
Poliestireno	Placas	3 – mayor resistencia térmica.	Sobrepuesta en superficies interiores o exteriores.	- Alta resistencia a la intemperie y humedad. - Fácil de quebrarse, y no muy flexible.
Poliuretano	Espuma placas	2 - resistencia térmica media.	Lanzado en superficies interiores o exteriores.	- Cubre cualquier hueco o superficie. - Peligrosa, al quemarse desprende gases venenosos. - Muy flexible y fácil de aplicar.

La fibra de vidrio se eliminó del alcance de la evaluación experimental, por no ser muy utilizada en exteriores ya que, este material se usa más en los sistemas tipo sándwich. En cambio el comportamiento térmico que se muestra en las gráficas obtenidas de los sensores, podemos determinar que la mejor solución tanto, en

ahorro, como en costo y comportamiento térmico es el uso de la **espuma de poliuretano**, esto se confirma debido a que se presenta las temperaturas más confortables en las mediciones de temperatura, así como la carga térmica más baja, por su pobre conducción térmica, lo que hace que exista una resistencia térmica mas alta en la losa, lo cual se ve reflejado en el ahorro anual que se tendría en el consumo de energía.

La **ganancia térmica** se reflejó en función al **consumo energético**, con las tarifas estipuladas de CFE, con el fin de poder ver numéricamente cuál es el ahorro energético que se presenta en cada uno de los sistemas, ya que al implementar tanto el poliestireno como el poliuretano, el uso del aire acondicionado disminuye considerablemente, llegando al punto de no ser mas necesario en la aplicación del poliuretano, lo que por consiguiente trae una gran aportación en el ahorro del consumo de energía, lo que hace que en el tiempo de vida del material se recupere el monto de la inversión y se tenga ganancia en el decremento del costo de la energía.

Referente a los objetivos de esta investigación podríamos decir que fueron satisfactorios, pues mediante el cálculo térmico y el monitoreo de los prototipo pudimos comprobar las hipótesis planteadas, y determinar métodos y procedimientos que se pueden aplicar, para mejorar el confort térmico de las viviendas de interés social.

Regulando la construcción de las viviendas de interés social mediante el uso de materiales térmicos, se generaría una mejor calidad de vida a sus habitantes, mediante el mejoramiento del grado de confort en el interior de la vivienda, sin dejar de lado el beneficio que se estaría obteniendo al disminuir el consumo de energía a un 50% o más.

A continuación se muestran las hipótesis planteadas al inicio de la investigación y las conclusiones y comentarios de cada una de ellas, pudiendo decir que el resultado final favorece a la mayoría de éstas.

Aspectos	Nº	Hipótesis	Conclusiones y/o comentarios
General	H1	El evaluar los prototipos de las viviendas con materiales térmicos, desde un punto de vista experimental permitirá la ejecución de graficas de desempeño con el monitoreo de las variables que afectan el confort térmico, para en un futuro poder establecer estándares de construcción, para optimizar el confort térmico en el interior.	La hipótesis se cumple, ya que las graficas nos arrojaron valores muy representativos del comportamiento térmico de cada uno de los sistemas evaluados. Con estos resultados podemos determinar parámetros y regulaciones para las construcciones de nuevas viviendas, como para las ya existentes.
Materiales	H2	Al implementar materiales térmicos en las viviendas se vera afectada la temperatura en el interior de las mismas.	Visiblemente se pueden notar estos cambios de temperatura en las gráficas, evidenciando que la inclinación de la losa, el color aparente y el uso de materiales térmicos, son indispensables para mejorar las temperaturas en el interior de las viviendas.
	H3	Los materiales y/o sistemas constructivos con los que están fabricadas las viviendas, afectan el grado de confort de las mismas.	Evidentemente el grado de confort depende de la conductividad térmica de los materiales que componen las viviendas, recordemos que a menor conductividad térmica del material mayor resistencia térmica. Por lo tanto más grado de confort, para los habitantes.
	H4	Se eleva el costo de una vivienda de interés social al implementar materiales térmicos.	Claramente el costo se ve afectado, pero no como se imaginaba al inicio, pues resultó ser más caro el colocar un impermeabilizante asfáltico que una espuma de poliuretano. Al final de cuentas la inversión se cubre con el ahorro que implica la implementación de un material térmico.
	H5	El aprovechamiento de las condiciones térmicas de los materiales, minimizan el consumo de energía en el interior de la vivienda.	Evidentemente el ahorro de energía es muy significativo, por lo cual es sumamente recomendable el aislar las viviendas, cuando menos en los techos.
Diseño	H6	Al implementar sistemas pasivos de enfriamiento y otros criterios de diseño sustentable, mejora el grado de confort térmico.	No se llegó a experimentar con los sistemas pasivos de enfriamiento ni con la orientación de la vivienda, ya que varias variables que afectan el grado de confort de una vivienda fueron dejadas de lado, como los vientos, humedad relativa y presión atmosférica, entre otras.
	H7	Se incrementan los beneficios tanto térmicos como de ahorro al mezclar los sistemas pasivos de enfriamiento, como los materiales térmicos.	Como ya se comentó no se llegó a experimentar con los sistemas pasivos, por las limitantes de los prototipos y el domo, por lo cual se recomienda que en futuras investigaciones, este estudio se implemente en escala 1:1.
Clima	H8	Al analizar el comportamiento del ambiente en el interior de una de las casas, podemos analizarlo, e implementarlo en los estudios a escala de las viviendas, obteniendo los resultados equivalentes.	Si esto fue lo que se hizo, primeramente se analizaron los prototipos y los valores obtenidos fueron transportados a las escalas y temperaturas reales, con el fin de poder tener la carga térmica real de las viviendas de estudio.
	H9	Mediante estudio de confort, datos de la temperatura y condiciones ambientales de cada región, se podrán determinar las necesidades térmicas de las viviendas, para así evaluar las variables que afectan el grado de confort en el interior de las viviendas	Claramente, esto se comprobó ya que los valores y las tablas pueden ser manipuladas a cualquier temperatura que se presente y de acuerdo a cada región se podría implementar los materiales térmicos, en las fachadas mas castigadas por la radiación solar.

Capítulo 9

NOMENCLATURA

Capítulo 9 – Nomenclatura.

9.1 -Términos, Definiciones y Formulas.

SIMB.	TERMINOS Y DEFINICIONES	FORMULAS	UNIDADES
I_g	Densidad de flujo de la radiación solar global recibida o transmitida en la unidad de tiempo y por unidad de área.	$I_g = I_{dir} + I_{dif}$	W/m^2
I_{dir}	Densidad de flujo de la radiación solar directa.		W/m^2
I_{dif}	Densidad de flujo de la radiación solar difusa.		W/m^2
Q_g	Cantidad de radiación solar global recibida o transmitida en un período de tiempo por unidad de superficie.	$Q_g = Q_{dir} + Q_{dif}$	Wh/m^2
Q_{dir}	Cantidad de radiación solar directa recibida o transmitida en un período de tiempo por unidad de superficie.		Wh/m^2
Q_{dif}	Cantidad de radiación solar difusa recibida o transmitida en un período de tiempo por unidad de superficie.		Wh/m^2
t	Temperatura		$^{\circ}C$
t_e	Temperatura exterior		$^{\circ}C$
t_i	Temperatura interior		$^{\circ}C$
t_m	Temperatura media exterior. Media aritmética de las temperaturas exteriores registradas en un período determinado.		$^{\circ}C$
t_n	Temperatura mínima absoluta. Menor valor registrado de la temperatura exterior en un período determinado.		$^{\circ}C$
t_{nm}	Temperatura mínima media. Media aritmética de las temperaturas mínimas exteriores registradas en cada uno de los días de un período determinado.		$^{\circ}C$
t_x	Temperatura máxima absoluta. Mayor valor registrado de las temperaturas exteriores registradas en un período determinado.		$^{\circ}C$
t_{xm}	Temperatura máxima media. Media aritmética de las temperaturas máximas exteriores registradas en cada uno de los días de un período determinado.		$^{\circ}C$
HR	Humedad relativa. Relación entre la masa de vapor de agua presente en un volumen de aire y la masa de vapor de agua contenida en un volumen igual de aire saturado, a la misma temperatura y presión barométrica.		%
ρ	Densidad. Relación entre la masa y el volumen de un cuerpo.		kg/m^3
K	Conductividad térmica. Calor transmitido en régimen estacionario desde una superficie a otra paralela a través de un cuerpo homogéneo de espesor igual a la unidad, en la unidad de tiempo y por unidad de área, cuando la diferencia entre las temperaturas de ambas superficies es igual a la unidad.		$W/(m.K)$
R	Resistencia térmica. Valor inverso de la conductancia térmica.	$R = 1/C$	$(m^2.K)/W$
R_{se}	Resistencia térmica superficial exterior. Resistencia de una capa teórica de aire adherida al exterior.		$(m^2.K)/W$
R_{si}	Resistencia térmica superficial interior. Resistencia de una capa teórica de aire adherida al interior.		$(m^2.K)/W$
R_t	Resistencia térmica total. Suma de la resistencia térmica y de la resistencias superficiales.	$R_t = R_{si} + R + R_{se}$	$(m^2.K)/W$

SIMB.	TERMINOS Y DEFINICIONES	FORMULAS	UNIDADES
λ	Cantidad de calor transmitida. A Area de paso del calor. Dt Diferencia de temperaturas U Coeficiente de transmisión de calor.	$\lambda = U \times A \times Ut$	W/(m ² K)
q	Densidad de flujo térmico. Calor recibido, emitido o transmitido en la unidad de tiempo y por unidad de área.		W/m ²
ϕ	Flujo térmico potencial. Calor recibido, emitido o transmitido en la unidad de tiempo.		W
Q	Cantidad de calor. Calor recibido, emitido o transmitido por una superficie en un periodo de tiempo	$Q = m \times c.p : Dt$	Wh
q _t	Densidad de flujo térmico por transparencia.		W/m ²
ϕ_t	Flujo térmico por transparencia.		W
Q _t	Cantidad de calor transmitido por transparencia.		Wh
t'	Temperatura rigurosa del aire exterior.		°C
t' _m	Temperatura rigurosa media.		°C
t' _{nm}	Temperatura rigurosa mínima media.		°C
t' _{xm}	Temperatura rigurosa máxima media.		°C
θ'_i	Amplitud inferior de t'.		°C
θ'_s	Amplitud superior de t'.		°C
t _q	Temperatura rigurosa del aire exterior.		°C
t _{qm}	Temperatura equivalente media. Valor medio de la temperatura equivalente.		°C
t _{qn}	Temperatura equivalente mínima. Menor valor de la temperatura equivalente.		°C
t _{qx}	Temperatura equivalente máxima. Mayor valor de temperatura equivalente.		°C
θ_i	Amplitud inferior de la temperatura equivalente.	$\theta_i = t_{qm} - t_{qn}$	°C
θ_s	Amplitud superior de la temperatura equivalente.	$\theta_s = t_{qx} - t_{qm}$	°C
t _{si}	Temperatura superficial interior. Temperatura de la superficie interior.		°C
t _{sm}	Temperatura superficial interior media. Valor medio de t _{si}		°C
t _{sn}	Temperatura superficial interior mínima. Menor valor de t _{si}		°C
t _{sx}	Temperatura superficial interior máxima. Mayor valor de t _{si}		°C
μ	Coeficiente de amortiguación térmica. Cociente entre las amplitudes superiores o inferiores de t _s y t _q .		sin dim.

SIMB.	TERMINOS Y DEFINICIONES	FORMULAS	UNIDADES
Φ	Retardo térmico. Tiempo que media entre el momento en que se produce la temperatura equivalente máxima t_{eq} y la temperatura superficial interior máxima t_{si} . Análogamente tiempo que media entre el momento que se produce la temperatura equivalente mínima t_{eq} y la temperatura superficial interior mínima t_{si} .		horas
$c.p$	Calor específico volumétrico. Cantidad de calor necesario para elevar en una unidad la temperatura de un cuerpo de volumen igual a la		$\text{kJ}/(\text{m}^3.\text{K})$
CT	Capacidad térmica. Cantidad de calor necesaria para elevar en una unidad la temperatura de una superficie de área igual a la unidad y espesor E	$CT = Q / Dt$ $CT = m \times c.p$	$\text{kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$
F_s	Factor Solar. Fracción de la energía radiante incidente en una superficie que pasa al interior.		sin dim.
α	Absortancia. Relación entre la energía radiante absorbida por una superficie y la energía radiante incidente.		sin dim.
ϵ	Emitancia. Relación entre el total de energía radiante emitida por una superficie y la energía radiante total emitida por un cuerpo negro, cuando las áreas y las temperaturas de ambos son iguales.		sin dim.
ρ	Reflectancia. Relación entre la energía radiante reflejada por una superficie y la energía radiante incidente.		sin dim.
τ	Coefficiente de transmisión de radiación. Relación entre la energía radiante transmitida por una superficie transparente y la energía radiante		sin dim.
P	Presión del vapor en el aire.		Pa
δ	Permeabilidad al vapor de agua de un material homogéneo.		$\text{kg} / (\text{Pa}.\text{m}.\text{s})$
R_v	Resistencia a la transmisión de vapor de agua de un material no homogéneo, de barreras y películas.		$(\text{Pa}.\text{m}^2.\text{s}) / \text{kg}$
Dt	Diferencia de temperaturas		$^{\circ}\text{C}$
Ct	Capacitancia térmica	$Ct = Q / Dt$ $Ct = m \times c.p$	
A	Amplitud media de la temperatura exterior.	$A = t_{em} - t_{im}$	$^{\circ}\text{C}$
HA	Humedad absoluta. Masa de vapor de agua contenida en un volumen de aire seco cuya masa es igual a la unidad.		g/Kg
c	Calor específico. Cantidad de calor necesaria para elevar en una unidad la temperatura de un cuerpo de masa igual a la unidad.		$\text{kJ}/(\text{kg}.\text{K})$

SIMB.	TERMINOS Y DEFINICIONES	FORMULAS	UNIDADES
ω_i	Amplitud inferior de la temperatura superficial interior.	$\omega_i = t_{si} - t_{in}$	$^{\circ}\text{C}$
ω_s	Amplitud superior de la temperatura superficial interior.	$\omega_s = t_{ex} - t_{si}$	$^{\circ}\text{C}$
C	Conductancia térmica. Calor transmitido de una superficie a otra de espesor e, en régimen estacionario, por unidad de tiempo y por unidad de área cuando la diferencia entre las temperaturas de las dos superficies es igual a la unidad.		$\text{W}/(\text{m}^2.\text{K})$
U	Transmitancia térmica o coeficiente de transmisión de calor. Calor transmitido de un medio a otro a través de una superficie, en régimen estacionario, en la unidad de tiempo y por unidad de área, cuando la diferencia entre la temperatura de los dos medios es igual a la unidad. h_0 Coeficiente de película externa t_1 Espesor del material 1 K_1 Conductividad térmica del material 1 h_1 Coeficiente de película interna.	$U = \frac{1}{\frac{1}{h_0} + \frac{t_1}{K_1} + \frac{1}{h_1}}$	$\text{W}/(\text{m}^2.\text{K})$

9.2 - Unidades Básicas.

UNIDADES BASICAS

MAGNITUD	DENOMINACIÓN	SIMBOLOS		
		S.I.	TECNICO	INGLES
LONGITUD	metro pulgada 1 in = 0,0254 m pie 1 ft = 12 in = 0,3048 m	m - -	m - -	- in ft
MASA	kilogramo libra 1 lb = 0,4536 kg	kg -	kg -	- lb
TIEMPO	segundo minuto hora día	s min h d	s min h d	s min h d
TEMPERATURA	Kelvin grado Celsius 1 °C = 1 K grado Fahrenheit	K °C -	- °C -	- - °F

9.3. Unidades Derivadas.

UNIDADES DERIVADAS

MAGNITUD	DENOMINACIÓN	SIMBOLOS		
		S.I.	TÉCNICO	INGLÉS
ENERGIA CALOR	Joule Wh 1 Wh = 3,6 kJ caloría 1 cal = 4,1868 J kilocaloría 1 kcal = 1000 cal unidad térmica 1 Btu = 252 cal británica	J Wh - - -	J - cal kcal -	- - - - Btu
FLUJO DE CALOR POTENCIA	Watt 1 W = 1 J/s	W - - -	W cal/min kcal/h -	- - - Btu/h
PRESION DE VAPOR	Pascal 1 P = 1 N/m ²	Pa	mmHg	-

9.4 - Factores de Conversión entre Sistemas de Medidas.

FACTORES DE CONVERSIÓN ENTRE SISTEMAS DE MEDIDA

LONGITUD

m	ft	in
1	3,28	39,37

SUPERFICIE

m ²	ft ²	in ²
1	10,76	1550,0

VOLUMEN

m ³	ft ³	in ³
1	31,31	61023,38

MASA

kg	lb
1	2,20

DENSIDAD

kg/m ³	lb/ft ³
1	0,06

VOLUMEN / TIEMPO

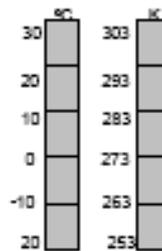
m ³ /s	m ³ /h	ft ³ /min
1	3600	3118,88

VELOCIDAD

m/s	km/h	ft/min
1	3,60	196,85

TEMPERATURA

°C Grado Celsius	K Kelvin	°F Fahrenheit
t	t + 273	32 + 9t / 5
t - 273	t	32 + 9(t - 273) / 5
5(t - 32) / 9	5(t - 32) / 9 + 273	t



CALOR=ENERGIA=TRABAJO

kJ	Wh	kcal	Btu
1	0,278	0,239	0,948
3,6	1	0,860	3,412

CONDUCTIVIDAD TERMICA (λ)

W/(m.K)	Kcal/(m.h.°C)	Btu/(ft.h°F)
1	0,86	0,58

TRANSMITANCIA (U)

W/(m ² .K)	kcal/(m ² .h.K)	Btu/(ft ² .h°F)
1	0,86	0,18

CAPACIDAD TERMICA (CT)

kJ/(m ² .K)	kcal/(m ² .°C)	Btu/(ft ² .°F)
1	0,24	0,05

DENSIDAD DE FLUJO TERMICO

W/m ²	kcal/(m ² .h)	Btu/(ft ² .h)
1	0,86	0,32

FLUJO TERMICO=POTENCIA

W	kcal/h	Btu/h
1	0,86	3,41

CALOR ESPECIFICO

cal/(g°C), Btu/lb°F	kJ/(kg°C)
1	4,19

PERMEABILIDAD AL VAPOR

kg/(Pa.m.s)	kg.m/(N.s)	ng/(Pa.m.s)
1	1	10 ⁻¹²

RESISTENCIA AL VAPOR

Pa.m ² /kg	N.s/kg	Pa.m ² /c/mg
1	1	10 ¹²

PRESIÓN DE VAPOR

Pa	mmHg	N/m ²
1	0,0075	1

Capítulo 10

BIBLIOGRAFÍA

Capítulo 10 – Bibliografía.

10.1 - Libros

- Brown G.Z, **Sun, Wind And Light, Architectural Design Strategies**, Illustration y Cartwright, 1995.
- Cabtarell Lara Jorge, **Geometría Energía Solar Y Arquitectura**, trillas, 1990.
- ASHRAE, **ASHRAE Guide And Data book, Fundamentals**, AHRAE, 1972.
- Buruch Givoni, **Climate Considerations In Building And Urban Design**, Edit, Van Nostrand Reinhold, USA, 1997.
- Bruce Anderson, **Solar Energy Fundamentals In Building Design**, McGraw-Hill, USA, 1997
- Pedraza Barreda Luis, **Confort En La Vivienda**, Universidad Mexicana del Noreste. México, 1999.
- Calvillo Jorge, **La Casa Ecológica**, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, México, 1999.
- Vale Brenda y Brenda, **La Casa Autosuficiente**, Bulfich book, 1991.
- Guyot Alain, **Arquitectura Bioclimática**, Gustavo Gili, Barcelona, 1980.
- Vélez González Roberto, **La Ecología En El Diseño Bioclimático**, Trillas, México, 1996.
- Puppo Ernesto y Alberto, **Acondicionamiento Natural Y Arquitectura**, Marcombo, España, 1972.
- De la Cruz, Ana Maria, **Acondicionamiento Térmico**, ITESM, México, 1985.
- Ruegg Rosalie, **Solar Heating and Cooling in Buildings**, USA, 1975.
- Oberlander, Garold, **Project Management for Engineering and Construction**, McGraw-Hill, Book Company, USA, 1996.
- Peña Carrera Pablo, **Análisis y Control del Asolamiento**, Instituto Politécnico Nacional.
- Cazares Armando, **Tesis Diseño Bioclimático, Vivienda Mexicali**, ITESM, México, 1984.

- González Arechiga de la Cueva José Antonio, **Tesis Aplicación de la Ingeniería Térmica en el Mejoramiento de la Vivienda**, ITESM, México, 1976.
- Urrutia José Antonio, **Tesis Capacitación Térmica de una Casa Habitación**, ITESM, México, 1972.
- Valdez Juan Manuel, **Tesis Capacitación Térmica**, ITESM, México, 1974.
- Catejon Emilio, **Confort Térmico, Método de FRANGER** para su evaluación, instituto de higiene y salud, España, 2002.
- Chávez José Francisco, **Zonas Variables**, Universidad Politécnica de Cataluña, España, 2002.
- Evans Martín, **Zonificación Bioambiental en Latino América**, para una Arquitectura Sustentable, Argentina, 2004.
- Huerta, **Tesis Simulación del Consumo Eléctrico en Edificaciones**, ITESM, México, 2003.
- Morrillón David, **Diseño De Dispositivo Y Método Para Medición De Conductividad Térmica De Materiales De Construcción**, Universidad de Colima, México, 1990.
- Olgyay Victor, **Arquitectura y Clima**, Gustavo Gill, España, 1963.
- Terrón Contreras Dense, **Tesis El Confort Térmico Como Medida De Evaluación Experimenta Y Analítica En La Vivienda De Interés Social**, ITESM, México, 2005.
- Manrique,
- Donald Kern, **Procesos de Transferencia de Calor**, CECOSA, México, 1981.
- Manrique José, **Transferencia de Calor**, Harla, México, 1981.
- González de Posada Francisco. **Teorías Termológicas: Aplicación A La Arquitectura Y A Las Ingenierías**, Pearson, España, 2007.
- Carrier, **Manual de Aire Acondicionado**, marcombo, España.

Índice diagramas, tablas e imágenes

Diagrama 1 – Esquema de relación de capítulos	12
Diagrama 2 – Esquema metodología general	26
Tabla 1 – Calculo de la estimación de la carga de refrigeración	36
Tabla 2-Valores para calcular el flujo de calor	39
Imagen 1 – Zona de confort	42
Imagen 2 – Grafica bioclimática de los hermanos Olgyay	43
Imagen 3 – Análisis higrótermico	44
Imagen 4 – Índice psicométrico de Giovani	45
Imagen 5 – Grafica de confort PMV yPPD	48
Imagen 6 – Escala de PMV	48
Imagen 7 – Carga térmica emitida por la radiación solar	49
Tabla 3 – Formas de transmisión o transferencia de calor...	50
Tabla 4 – Fenómenos de relación de transferencia de energía	51
Imagen 8 – Pared simple	55
Imagen 9 – Pared compuesta	56
Imagen 10 – Variación de la conductividad térmica con la temperatura	65
Imagen 11 – Espesor del material	71
Imagen 12 – Consumo de energía	74
Imagen 13 – Consumo de energía en la vivienda	74
Imagen 14 – Representación grafica del consumo de energía en el hogar	74
Imagen 15 – Consumo de sistemas artificiales	75
Imagen 16 – Demanda de electricidad	77
Diagrama 3 – Tipos de materiales aislantes	78
Diagrama 4 – Estructura del análisis	98
Tabla 5 – Temperatura anual del estado	100
Grafica 1 – Temperatura máxima y mínima	100
Grafica 2 – Precipitación anual	101
Tabla 6 – Monitoreo mensual de vientos	102
Tabla 7 – Media mensual de vientos	102
Tabla 8 – Cálculo de los ángulos de incidencia solar	103
Imagen 18 – Gráfica solar	104
Tabla 9 – Porcentaje diario de radiación	108
Tabla 10 – Grafica de la media relativa de humedad	109
Tabla 11 – Evaporación mensual	109
Tabla 12 – Evaporación anual	110
Grafica 3 – Evaporación Anual	110
Tabla 13 – Carta Bioclimática	112
Imagen 19 – Orientación de la vivienda	116
Tabla 14 – Ganancia típica de verano	116
Tabla 15 – Ejemplo de cálculo de energía	117
Tabla 16 – Dimensiones y coeficientes de transmisión por orientación	118
Tabla 17 – Ganancia total de calor	118
Tabla 18 – Ganancia mixta de calor	118
Tabla 19 – Total de calor	119
Imagen 20 – Papel reciclado	122

Imagen 21 – Sistemas alternos de construcción	124
Imagen 22 – Sistemas alternos de construcción	125
Imagen 23 – Fibra de vidrio	128
Imagen 24 – Espuma de poliuretano	129
Imagen 25 – Planta Arquitectónica	130
Imagen 26 – Desplante de muros	132
Imagen 27 – Elevación principal	134
Imagen 28 – Elevación posterior	134
Imagen 29 – Isometría	134
Imagen 30 – Vista aérea	134
Imagen 31 – Fachada posterior	135
Imagen 32 – Fachada principal	135
Imagen 33 – Plantas arquitectónicas	136
Imagen 34 – Elevación	136
Imagen 35 – Tecnovivienda	137
Imagen 36 – Tecnovivienda	137
Imagen 38 – Prototipo vivienda losa plana	156
Imagen 40 – Prototipo vivienda a dos aguas	156
Imagen 41 – Domo fibra de vidrio	157
Imagen 43 – Duración del día	158
Imagen 44 – Representación del solsticio de verano	158
Imagen 45 – Inclinación de los rayos del sol	158
Imagen 46 – Representación del sol con el domo	159
Imagen 47 – Tipos de losa a estudiar	160
Imagen 49 – Losa plana testigo	197
Imagen 50 – Losa a dos aguas testigo	197
Imagen 51- Losa plana impermeabilizante elastomerico	221
Imagen 52 – Losa a dos aguas con impermeabilizante elastomerico	221
Imagen 53 – Losa plana impermeabilizante asfáltico	245
Imagen 54 – Losa a dos aguas impermeabilizante asfáltico	245
Imagen 55 – Losa plana con placas de poliestireno	269
Imagen 56 – Losa a dos aguas con placas de poliestireno	269
Imagen 57 – Losa plana con espuma de poliuretano	311
Imagen 57 – Losa a dos aguas con espuma de poliuretano	311
Grafica 4 – Costo beneficio	318
Imagen 58 – Esquema comportamiento térmico	329
Imagen 59 - Esquema de calculo térmico	330