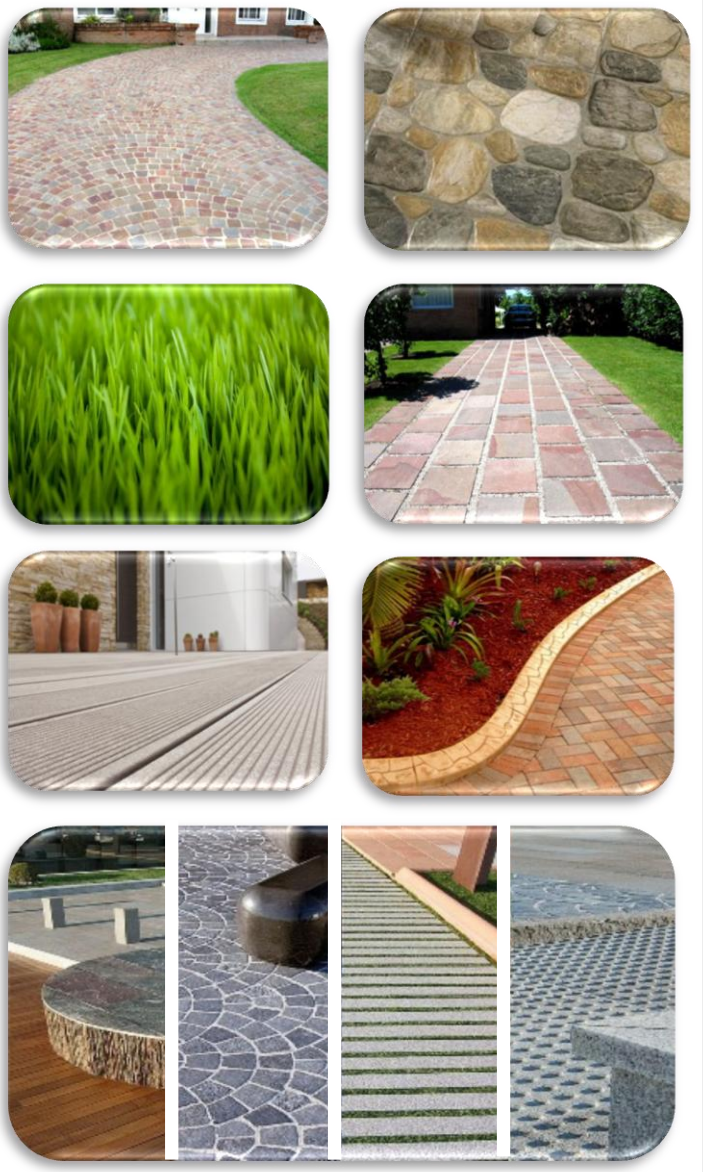
Universidad Politécnica de Cataluña
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona
Departamento de Construcciones Arquitectónicas I
Máster en Arquitectura, Energía y Medio Ambiente

"INCIDENCIA TERMICA Y LUMINICA DE LOS PAVIMENTOS EXTERIORES EN EL INTERIOR DE LA VIVIENDA; PARA CLIMA CALIDO-HUMEDO" CASO SANTO DOMINGO, REPUBLICA DOMINICANA.



Tutores:
Dra. Helena Coch Roura
Dr. Jaime Roset Calzada

Autora:
Hypatia H. Caminero Peña
Barcelona, Septiembre 2012

UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONA**TECH**
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona
Departamento de Construcciones Arquitectónicas I
Máster en Arquitectura, Energía y Medio Ambiente
Tesina final de máster
Curso académico 2011-2012

"INCIDENCIA TERMICA Y LUMINICA DE LOS PAVIMENTOS EXTERIORES EN EL INTERIOR DE LA VIVIENDA; PARA CLIMA CALIDO-HUMEDO" CASO SANTO DOMINGO, REPUBLICA DOMINICANA.

Tutores:
Dra. Helena Coch Roura
Dr. Jaime Roset Calzada

Autora:
Hypatia H. Caminero Peña
Barcelona, Septiembre 2012

AGRADECIMIENTOS

A Dios por haberme dado la disposición y fuerza para la realización de esta tarea académica profesional, por ser siempre mi talón de Aquiles, mi roca y mi fortaleza, siempre mi norte a seguir. Gracias a Él estoy aquí.

A mis tutores Helena Coch y Jaime Roset por la dedicación y supervisión durante toda la realización de esta tesina de fin de máster.

Al Ministerio de Educación Superior Ciencia y Tecnología MESCYT por darme la oportunidad de ser beneficiaria del plan de becas 2011-2012.

Al Instituto Tecnológico de Santo Domingo INTEC, por la ayuda brindada y por el interés mostrado en esta investigación, mediante el encargado del departamento de Laboratorio de ahorro y eficiencia energética, Luis Guillermo.

A la oficina nacional de meteorología de la Republica Dominicana ONAMET, por los datos suministrado y poner a mi disposición todo lo requerido para la realización de esta investigación.

A mis padres, familiares y amigos que aun en la distancia me dieron su amor y apoyo incondicional en los momentos que más lo necesite.

Al Arq. Mario Frías Ducoudray por la ayuda desinteresada durante todo el proceso de mediciones, levantamientos y estudios en Santo Domingo.

A todos mis compañeros de máster que durante un año compartimos, reímos y sobre todo aprendimos cosas que nos llevaremos como una experiencia única e inigualable a cada uno de nuestros países.

INDICE

INTRODUCCION 5

I. RESUMEN 7

II. JUSTIFICACION 8

III. ANTECEDENTES 9

IV. HIPOTESIS 9

V. OBJETIVOS 10

VI. METODOLOGIA 11

1. PAVIMENTOS 15

1.1 DEFINICIÓN 15

1.2. EXIGENCIAS Y FUNCIONES DE LOS PAVIMENTOS 16

2. CLASIFICACIÓN DE LOS PAVIMENTOS 19

2.1 CLASIFICACIÓN SEGÚN SU UBICACIÓN 19

2.2 CLASIFICACIÓN SEGÚN SU USO 19

2.2.1 UTILITARIOS 19

2.2.2 RESISTENTES 20

2.2.3 DECORATIVOS 20

2.3. CLASIFICACIÓN SEGÚN EL MÉTODO DE CONSTRUCCIÓN 21

2.3.1 PAVIMENTOS CONTINUOS 21

2.3.1. PAVIMENTOS DISCONTINUOS 21

2.4. CLASIFICACIÓN SEGÚN MATERIAL 22

2.4.1 PAVIMENTOS PÉTREOS 22

2.4.2 PAVIMENTOS DE MADERA 29

2.4.3 PAVIMENTOS VEGETALES 31

2.4.4 PAVIMENTOS ASFALTICOS 38

2.5 MATERIALIDADES DE LOS PAVIMENTOS 40

2.5.1 PROPIEDADES DE LOS MATERIALES 40

3. CONFORT 45

3.1. DEFINICIÓN DE CONFORT 45

3.2. CONFORT VISUAL 46

3.3. CONFORT TÉRMICO 47

3.4. EL CLIMA EN SANTO DOMINGO 50

3.4.1 TEMPERATURAS DE SANTO DOMINGO 51

3.4.2 RADIACIÓN SOLAR 52

3.4.3 NUBOSIDAD PROMEDIO MENSUAL 53

3.4.4 VIENTOS 53

3.5. PARÁMETROS PRINCIPALES DEL CONFORT EN SANTO DOMINGO 54

3.6. ISLA DE CALOR 55

4. EVALUACIÓN TÉRMICA Y LUMÍNICA DE LOS PAVIMENTOS EN SANTO DOMINGO, REP. DOM. 59

4.1 LOS PAVIMENTOS EXTERIORES EN LA REPUBLICA DOMINICANA 59

4.2 CASOS DE ESTUDIO 61

4.2.1 DESCRIPCIÓN DE LOS CASOS DE ESTUDIO 61

4.3. MEDICIONES TÉRMICAS Y LUMÍNICAS 72

4.3.1 PROCEDIMIENTO 72

4.4 RESULTADOS 74

4.4.1 CASO #1 VIVIENDA PAVIMENTO DE GRAVA 77

4.4.2 CASO #2 VIVIENDA PAVIMENTO DE CÉSPED 82

4.4.3 CASO #3 VIVIENDA PAVIMENTO DE HORMIGÓN 86

4.5 ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS 91

5. CONCLUSIONES 101

BIBLIOGRAFIA 103

LISTADO DE FIGURAS 107

LISTADO DE TABLAS 111

ANEXOS 113

INTRODUCCION

I. RESUMEN

Los pavimentos exteriores ocupan un porcentaje considerable del área total en las zonas residenciales, lo que confirma la influencia de los mismos como condicionantes para el confort. En esta investigación se tratan las incidencias térmicas y lumínicas de los pavimentos, cómo influyen en el aumento de las temperaturas en las ciudades y, posteriormente en la vivienda, lo que se conoce comúnmente como islas de calor. Un breve análisis tipológico, histórico y científico previamente introducido junto a otros estudios realizados sobre el comportamiento de los pavimentos y los distintos parámetros que influyen en el confort enmarcan el contexto de la investigación.

Palabras clave:

Pavimentos, reflectancia, emisividad, isla de calor

II. JUSTIFICACION

Considerando el incremento de las temperaturas a nivel mundial, el comportamiento de estas y los factores que contribuyen al calentamiento global, el área de pavimentación exterior urbana-publica y residencial influye de manera notoria en dicho aumento. Estos son los responsables de las temperaturas altas en las ciudades y con ello la creación de la isla de calor, siendo en el centro de las mismas mucho más altos que su periferia.

El aumento de las temperaturas tiene una relación directa con la cantidad de energía consumida por los usuarios y a la vez con el confort dentro de la vivienda, siendo los distintos tipos de pavimentos uno de los principales agentes causantes de dicho incremento junto al notable porciento reducido de áreas verdes en las ciudades.

Como nos expresa el investigador del instituto de astronomía y meteorología de la UdeG (Universidad de Guadalajara México), Ulises Ramírez, *"Tenemos muchas zonas pavimentadas, de manera que no dejamos transpirar a la tierra, situación que genera islas de calor". ([1])* afirma.

Esto nos hace pensar y analizar la incidencia y responsabilidad de los distintos pavimentos en el incremento de las temperaturas y con ello su influencia en el confort en los espacios arquitectónicos.

Como nos expresa el "*Instituto de Investigaciones en Energías No Convencionales"* INENCO *"Las características ópticas de los materiales usados para la construcción del medioambiente urbano, especialmente el albedo solar y la emisividad infrarroja tienen un impacto importante en el balance energético de las ciudades".([2]). P*or esto el interés del estudio del comportamiento de los materiales de los distintos pavimentos en las ciudades y el caso en concreto de las viviendas unifamiliares en la ciudad de Santo Domingo para poder contabilizar el impacto de estos en el incremento de las temperaturas y su perjuicio al confort.

Según la Ley 675 sobre Construcción y Ornato Público de 1944 de la Rep. Dom. Sólo se exige el 8% de superficie no construida del total a edificar en un lote. Esto conlleva a una cantidad desmesurada de pavimentos en la ciudad de Santo Domingo lo cual resulta alarmante.

Según Fariña* "*los materiales urbanos se caracterizan por una mayor capacidad calorífica que depende del hecho de poseer, por norma general, albedos menores que los de las superficies rurales, a lo cual se une el efecto de captura señalado de la geometría. Frente a un menor albedo, el mayor calor específico aumenta el porcentaje de la energía absorbida y desprendida posteriormente, aunque haya tardado más tiempo en calentarse".* ([3]) Este hecho provoca que se calienten las superficies lentamente durante el día y transmiten esta energía con mayor lentitud llevándonos a orientar en torno a dicho planteamiento.

III. ANTECEDENTES

Se ha estudiado el pavimento desde distintas vertientes como es el caso del artículo publicado por N. Alchapar señala: *"Los materiales utilizados en la envolvente edilicia y estructura urbana desempeñan un papel muy importante en el balance térmico de una ciudad y por ende en una vivienda. Ellos absorben la radiación solar e infrarroja y disipan parte del calor acumulado (Santamouris M.et al., 2011). El rendimiento térmico de los materiales está determinado principalmente por sus características ópticas y térmicas. El albedo y emisividad térmica, son los factores más importantes".* Como bien señala Alchapar estos fenómenos nos hacen preocuparnos e investigar sobre el tema pero en el clima cálido- húmedo. ([4])

Otro estudio a considerar es el realizado en la ciudad de Santo Domingo por el Arq. Marcos Barinas en colaboración con la Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra PUCMM cuyo tema es "La industria de la vivienda ante el mercado emergente de la arquitectura verde" en el cual se analizo el impacto de la vivienda en Santo Domingo. Es gracias a este que se origina el punto de partida de esta investigación con respecto a las superficies permeables y no permeables en la ciudad, qué parte pertenece al sector público y cuál corresponde a las viviendas unifamiliares, a las superficies construidas y a las no construidas, entre otros. Este estudio presenta una idea aproximada sobre cómo son tratadas las superficies exteriores en Santo Domingo. ([5])

IV. HIPOTESIS

Los pavimentos exteriores están conformados en general por capas sucesivas apoyadas en una explanada, dicha explanada natural consiste en la superficie de apoyo del firme y debe tener resistencia para soportar los esfuerzos de las capas superiores del pavimento.

A diferencia de los elementos verticales o edificaciones, a los pavimentos no se les otorga la importancia requerida, siendo éstos parte importante del desarrollo de las necesidades humanas que se buscan satisfacer, como es el caso del confort.

Existe una gran variedad de recubrimientos para los pavimentos exteriores que pueden ofrecer distintas alternativas de textura, color, geometría, etc., y enaltecer el espacio que se proyecte y, a la vez, influir en el confort interior. Es preciso desarrollar un mayor criterio en la elección del tipo de pavimento exterior a seleccionar y de los materiales que los componen (características físicas, químicas y mecánicas) para crear consciencia del impacto no sólo estético, sino medioambiental.

El incremento de las temperaturas en la urbe de Santo Domingo nos lleva a suponer dos factores importantes generadores del aumento de las temperaturas en las ciudades y por consiguiente en las viviendas; por un lado tenemos la falta de suelos permeables y poca arborización, por otro lado el aumento desmedido en la utilización de pavimentos con alta reflectividad y emisividad lo cual

suponemos son algunos de los varios agentes causantes de la ausencia de confort térmico y visual en la vivienda.

En la actualidad existe en el mercado un amplio renglón de tipologías de pavimentos exteriores y, por consiguiente un abanico de posibles materiales ofertados en el sector de la construcción, hecho éste que conduce a orientar ésta investigación hacia los pavimentos exteriores más utilizados en viviendas unifamiliares en Santo Domingo, República Dominicana.

Como primera aproximación se enumeran los 9 pavimentos más utilizados en Santo Domingo y, luego, se analizan los 3 pavimentos exteriores más usados. Las tipologías seleccionadas se clasifican según el tipo de material que los conforme, informándonos el origen de dicho material (pétreo, vegetal, orgánico o bituminoso).

Otra condicionante que nos hace caer en el estudio es la cantidad de radicación que recibe la ciudad de Santo Domingo, lo cual nos lleva a evaluar a nivel numérico que tanto influye esto en el interior de la vivienda.

Nos planteamos la siguiente hipótesis basada en los puntos de vista antes mencionados:

"Los pavimentos exteriores influyen de manera evaluable en el aumento de la temperatura interior y también tienen una influencia en las condiciones lumínicas de la vivienda"

V. OBJETIVOS

General

- Evaluar los aportes térmicos y lumínicos de los pavimentos exteriores de viviendas unifamiliares y su influencia en el confort interior; para llegar a cuantificar el aumento o disminución de la temperatura interior y proponer el pavimento más idóneo que influya lo menos posible en la transferencia de calor hacia el interior.

Específico

- Investigar los pavimentos más comunes utilizados en áreas residenciales unifamiliares en Republica Dominicana.
- Identificar las características físicas, químicas y mecánicas de los materiales de los pavimentos.
- Clasificar los pavimentos según características y material.
- Realizar un estudio de 2 o 3 pavimentos a casos en concreto y comparar su incidencia térmica y lumínica en el interior de la vivienda.

VI. METODOLOGIA

Luego de analizar los distintos artículos y estudios encontrados sobre los pavimentos, sus funciones, sus componentes, comportamiento, factores ambientales que influyen en su comportamiento térmico y analizando las distintas formas de cómo se le ha estudiado considero que podría abordar la investigación y posterior ejecución de la incidencia térmica de los pavimentos exteriores en el interior de la vivienda en un clima cálido húmedo de la siguiente forma:

- Ubicación del estudio; Me propongo analizar este comportamiento en tres viviendas iguales, pero con distintos materiales de pavimentos.
- Toma de datos del lugar, mediante fotografías y muestras de las tipologías y sus características.
- Hacer mediciones de los distintos pavimentos en cada zona seleccionada y luego compararlas entre sí.
- Basados en los resultados obtenidos proponer o señalar cuál de los pavimentos analizados sería el más adecuado para el clima cálido-húmedo que pueda mitigar las condiciones térmicas hacia el interior de la vivienda.

Marco Teórico

CAPITULO I

1. PAVIMENTOS

1.1 DEFINICIÓN

Aquí más que a los pavimentos de transito pesado nos vamos a enfocar en los pavimentos peatonales exteriores definiéndolos como estructuras de 2 o varias capas de espesores finos, construidos sobre la superficie final de terreno compactado. Estos se pueden destinar a permitir la libre circulación de las personas en los espacios urbanos, en zonas residenciales y comerciales con confort, economía y seguridad, cuya finalidad es rematar un piso por medio de una superficie plana, en ocasiones dura y decorativa que no solo sirva para caminar con comodidad sino que perdura lo máximo posible a través del tiempo. Los pavimentos exteriores deberían resistir a las acciones del clima y de otros factores exteriores que actúan en su durabilidad.

Una de las primeras formas de pavimentación fue la calzada romana, modelo de camino usado por Roma para comunicar y expandir su imperio. Construida con varias capas de material, esta gran obra de ingeniería logro que muchos tramos hayan resistido durante siglos, hasta la actualidad.

Figura 1: Calzada Romana de piedra y tierra
Fuente: http://www.artehistoria.jcyl.es (Junio 2012)

Tenemos actualmente posibilidades de pavimentos exteriores, derivados de diferentes materiales: pavimentos pétreos (piedra natural, prefabricados de hormigón, cerámicos, hormigón in situ, árido compactado); pavimentos orgánicos (madera); pavimentos sintéticos (plástico); pavimentos mixtos (aglomerado asfáltico), entre otros

1.2. EXIGENCIAS Y FUNCIONES DE LOS PAVIMENTOS

Evidentemente, no requeriremos las mismas condiciones a un pavimento interior que a uno exterior; a un pavimento doméstico que a uno destinado a un uso comercial, industrial, o de oficinas.

A modo de resumen, puede concretarse que un pavimento exterior debe:

- Ofrecer una **superficie plana**, encima de la cual se pueda caminar sin dificultad.
- Ser **resistentes al uso**, tanto a la abrasión por el rozamiento al que se ve sometido, como a las cargas que debe soportar, y en algunos tipos de pavimento, a agresiones químicas o a impactos a los que pueda estar sometido.
- Ser **resistentes a los cambios bruscos de la temperatura** y a los impactos de algún cuerpo proyectado con violencia, sobre todo cuando se trata de pavimentos exteriores.
- No crear problemas de posible **deslizamiento** de los usuarios, en especial en aquellos pavimentos que sean exteriores.
- Ofrecer un aspecto **decorativo**, aprovechando en cada caso el mejor partido posible de los materiales disponibles.

Además, muchos pavimentos tienen que ser inmunes a la acción de agentes químicos, como agua, aceites, sales o ácidos, a las agresiones de seres vivos e incluso a la propia luz solar.

Los materiales con los que suelen construirse los pavimentos pueden ser elaborados en el propio lugar donde se levanta la obra, como las soleras de hormigón, los pavimentos asfálticos o los terrazos realizados in situ; o bien materiales prefabricados como la cerámica, los conglomerados, el linóleum, las losetas asfálticas o los pavimentos vinílicos, etc.

Capítulo II

Clasificación de los pavimento

2. CLASIFICACIÓN DE LOS PAVIMENTOS

2.1 CLASIFICACIÓN SEGÚN SU UBICACIÓN

Los pavimentos podemos clasificarlos de muchas maneras distintas y diversos autores los agrupan en distintas ramas como son:

Pavimentos Exteriores	**Vías Públicas**
	Calzadas
	Terrazas
	Terrados
Pavimentos Interiores	**Locales**
	Habitaciones de edificios

2.2 CLASIFICACIÓN SEGÚN SU USO

Aparte de esta clasificación general encontramos otra clasificación según el uso que se piensa extraer de cada de uno de los tipos de pavimentos empleados,

2.2.1 Utilitarios

Estos se refieren a cuando se pretende obtener de ellos la máxima relación entre resistencia, calidad y precio. Como son:

- De tierra apisonada y chapa de cemento
- De grava y chapa alquitranada
- De piedra natural sin pulir
- De fábrica de ladrillo
- De loseta de barro colado
- Entarimados

_*Ver anexo Página 116.*

2.2.2 Resistentes

Siendo su característica más notoria la duración y la disposición del desgaste. Como son:

- De chapa de hormigón
- De moldeados prefabricados de hormigón
- De adoquines de piedra natural y artificial
- De tarugos de madera
- De gres.

2.2.3 Decorativos

Estos que aparte de tener cualidades de los pavimentos antes mencionados toman en cuenta el aspecto estético y formal sin descuidar las demás características:

- De mosaico hidráulico
- De cerámica
- De piedra natural pulimentada
- De piedra regenerada y aglomerada en fabrica
- De terrazo
- De vidrio
- De linóleo
- De caucho
- De corcho
- De plástico

_Ver anexo Página 116.

2.3. CLASIFICACIÓN SEGÚN EL MÉTODO DE CONSTRUCCIÓN

2.3.1 Pavimentos Continuos

Hacen referencia a cuando el pavimento no se ve separado por nada o simplemente no contiene juntas formando así un solo plano sobre el terreno.

Figura 2: pavimentos continuos exteriores
Fuente: http://www.pavimentosonline.com/niberma/composan.htm (julio 2012)

2.3.1. Pavimentos Discontinuos

Contrario a los continuos este tipo de pavimento está compuesto por sucesión de piezas que provocan que se formen juntas.

Figura 3: Pavimentos discontinuos exteriores
Fuente: http://www.construmatica.com/construpedia (julio 2012)

Estas clasificaciones nos dan una idea a modo general de la clasificación del pavimento; en los últimos años debido a los avances tecnológicos y concientización del reciclado y uso de materiales encontramos otras tipologías como son: los pavimentos plásticos, los reciclados, los metálicos, etc.

2.4. CLASIFICACIÓN SEGÚN MATERIAL

Para el estudio térmico a realizar he de adoptar en agrupar los pavimentos según el tipo de material. Esta clasificación permite exponer las características propias de cada material y así poder analizar las repercusiones que estos tienen hacia el confort interior de la vivienda. (*)
A groso modo se clasificarían en 5 grandes grupos:

2.4.1 Pavimentos pétreos
2.4.2 Pavimentos Madera
2.4.3 Pavimentos vegetales
2.4.4 Pavimentos asfalticos

2.4.1 Pavimentos Pétreos

Los Suelos Pétreos, tal como su nombre lo indica son suelos de piedra; este grupo de revestimientos puede ser para interiores tanto como para exteriores. Los cuales pueden ser de piedra natural o piedras artificiales. Los suelos de piedra se colocan en interiores sobre los forjados y en exteriores, sobre terreno estabilizado y consolidado.

Se pueden clasificar en:

- Piedra natural
- Piedra artificial y prefabricado de hormigón
- Hormigón in situ
- Pavimentos cerámicos
- Porosos

Pavimentos de piedra natural

Son aquellos que están compuestos por piezas de cantería, es decir, procedentes de canteras y elaborados manualmente. Por lo general estos pavimentos de piedra se colocan sobre lecho de arena con espesores, según cada caso. Este material es uno de los más tradicionales y antiguos de la construcción y tiene una gran variedad de aplicaciones (pavimentos, revestimientos, detalles constructivos, etc.) presentan alta calidad, resistencia y durabilidad con relación a otros materiales de construcción.

En general se considera que los pavimentos de piedra natural pueden ser relativamente económicos comparados con otros y sobre todo abunda como materia prima en la localidad donde será utilizado, en caso contrario a esto puede que se convierta en un material de precio elevado.

Ver anexo Página 117.

Dentro los pavimentos de piedra natural podemos encontrar:

- Adoquines
- Morillos
- Grava y gravilla
- Composiciones mixtas

Adoquinado de piedra natural: Es una pieza elaborada de piedra natural en forma de cubo o paralelepípedo. Como se muestra en la *figura 4* Los adoquines son flexibles y permiten muchas composiciones y se han usado a través de la historia. Presentan mucho más rugosidad que los demás tipos de pavimentos de piedra natural y deben colocarse de tal manera que no sean capaces de acumular agua. Se pueden utilizar para el tránsito rodado y peatonal.

Figura 4: piedra natural
Fuente: *http://www.guiaverde.com*
(Julio 2012)

Morillos: Son una variante muy conocida del adoquinado, de tipo rural, consiste en utilizar, en lugar de piezas cubicas de labra, cantos rodados escogidos como se muestra en la *figura 5*. Estos forman parte de los pavimentos de larga duración y sin duda alguna de presencia pintoresca, aunque poca acogedora para el peatón, ya que caminar por este tipo de pavimento resulta penoso, cansa innecesariamente y destroza el calzado. Fue muy utilizado en épocas anteriores y lo podemos encontrar en villas y ciudades que tienen una historia.

Figura 5: Pavimentos de canto rodados
Fuente: http://www.hormigonesvicente.com
(Julio 2012)

Grava y Gravilla: Son pavimentos de tipo redondos sueltos, son familia del que puede formarse con chinas, del que a su vez deriva el de grava y gravilla. Estos por su formación no se le catalogarían como pavimento tal cual sino más bien como una capa superficial que haría cierta función de pavimento. Como podemos apreciar en la *figura 6* está compuesta únicamente de cantos rodados de pequeño tamaño, relacionados manualmente. Es normal, sin embargo, que lleven mezclados arena gruesa e incluso pedazos de piedra machacada. Es uno de los sistemas más elemental.

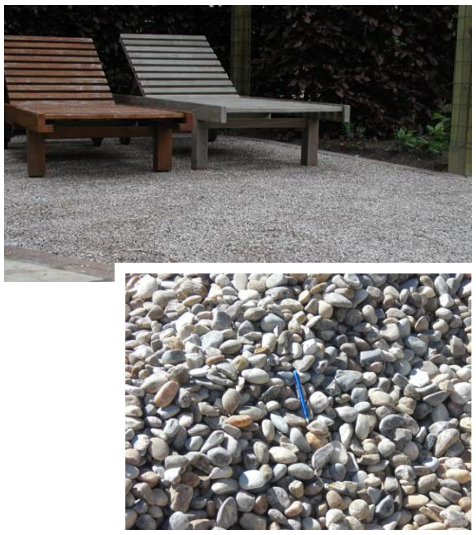


Figura 6: Pavimentos de grava/gravilla
Fuente: http://www.hormigonesvicente.com
(julio 2012)

Composiciones Mixtas: En el caso de la piedra natural se puede mezclar con otros muchos materiales, como la cerámica, el ladrillo, los tacos de maderas, etc., para formar pavimentos ornamentales. Las combinaciones más usadas suelen ser las de losas de piedra natural y ladrillo como se muestra en la *figura 7*, así como las de canto rodado y baldosas de barro colado.

Figura 7: Pavimentos de losa de piedra natural y ladrillo
Fuente: http://www.pinacal.es (Julio 2012)

Pavimentos artificiales y prefabricado de Hormigón

El hormigón el cual se conoce comúnmente como piedra artificial el cual se elabora en fabrica tratando de tener el aspecto y propiedades de la piedra natural y a la vez reunir todas sus cualidades de dureza, cohesión, resistencia, etc. Este tiene una gran aplicación a nivel de pavimentación y constituye uno de los grupos más extensos y conocidos, teniendo un amplio conjunto de pavimentos derivados de este.

Pavimentos de prefabricados de hormigón

Es el material más habitual en un pavimento urbano, normalmente estos prefabricados de piedra artificial son moldeados de hormigón, es decir materiales para pavimentos que adquieren su forma por medio del vertido del hormigón en moldes sometidos a presión en prensa. El hecho de ser prefabricado posibilita el control de sus características químicas y físicas, como la capacidad de absorción de agua. Es de simple mantenimiento, por hacer fácil la sustitución de piezas prefabricadas y a la vez de una fácil limpieza ya que este material permite tratamientos que pueden deteriorar otros materiales.

La ejecución de los prefabricados de hormigón es similar a las de las piezas de piedra natural: se pueden rejuntar con material asfaltico, también se pueden disponer piezas sobre arena o tierra; todo esto según el tipo de pieza o tipo de uso. Bajo este criterio clasificamos los pavimentos prefabricados de hormigón de la siguiente forma:

- **Losetas**
- **Baldosas**
- **Adoquines**
- **Bordillos**
- **Moldeados decorativos**

Definiremos tres de los más comúnmente usados de esta tipología:

Losetas de hormigón: Son elementos más sencillos de todos los mencionados de los prefabricados de hormigón, de uso prácticamente limitado para pavimentar parcialmente jardines y patios.se suministran de manera rectangular (Ver figura 8) y de forma irregular. Se pueden utilizar también para pavimentación de calles de alto transito.

Con las de forma irregular se pretende imitar las lajas de piedra natural sin labrar, para componer pavimentos de cantos concertados. Su textura y color es muy parecido a los de procedencia natural.

Figura 8: Losetas de hormigón
Fuente: http://www.archiexpo.es (Julio 2012)

Baldosas: Son piezas más finas que los adoquines y posibilitan el tráfico peatonal y rodado. Estas tienen su mayor aplicación en el pavimento de aceras públicas, y en menor cantidad en las restantes manifestaciones como pueden ser: patios, almacenes, pasajes, etc. (Ver figura 9).

Figura 9: Baldosas de hormigón
Fuente: www.soloarquitectura.com (julio 2012)

Adoquines: Son piezas prismáticas prefabricadas de hormigón y en general, con una geometría tal que permita el ensamblaje con otras idénticas, pero estas no admiten el calificativo de pavimento rígido y tampoco puede considerarse como continúo.

El adoquín de hormigón se elabora industrialmente por vibro compresión de hormigones muy secos. Es muy adecuado para calzadas pequeñas en las que se pretenda reducir la velocidad del tráfico, o para superficies de tránsito de peatones.

Figura 10: Pavimento de adoquines
Fuente: http://www.clave.com.ec (julio 2012)

Pavimentos de hormigón in situ

Se ejecutan con hormigón en masa, con juntas longitudinales o transversales. Este tipo de pavimento suele ser rígido y continuo, pudiéndose utilizar para el tráfico peatonal y para el tráfico rodado. La textura de este es muy variable según el tratamiento que el profesional le proporcione este puede ser pulido, cepillado, impreso con plantilla, etc. También según el árido y los aditivos utilizados (color) se pueden usar una gran variedad de hormigones según el grado de exposición, textura, imagen final, función, tensiones o precio. Dentro de los pavimentos de hormigón in situ podemos establecer los siguientes según nuestro objeto de estudio.

Pavimento de hormigón armado: Son cuya base estructural está compuesta por una capa de hormigón armado a parte de una capa de grava. Ver figura 11.

Figura 11: Pavimento de hormigón armado
(Izquierda) puesta en obra, (derecha) pavimento terminado
Fuente: http://www.paranacampana.com.ar (julio 2012)

Pavimento de hormigón impreso: Comprenden una de las técnicas decorativas para pavimentos de hormigón de mucho auge, que consiste en usar moldes que aplican a la superficie del hormigón con el fin de darle un acabado semejante a una piedra, pizarra, adoquín, etc. Los diseños de línea recta se pueden aplicar por a través de cortes y ranuras practicados a mano en el hormigón. Estos tipos de pavimentos se pueden realizar tanto para interiores como para exteriores y combinan la resistencia, durabilidad y menor coste del hormigón con la estética de los pavimentos a los que se asemejan. Ver figura 12.

Figura 12: Pavimento de hormigón impreso
Fuente: http://www.hotfrog.es (julio 2012)

Pavimentos Cerámicos

Los materiales cerámicos en general y el ladrillo, son materiales de construcción muy versátiles que pueden utilizarse también en pavimento exterior. Estas piezas prefabricadas son realizadas a partir de arcilla y otros materiales arcillosos y en ocasiones se le agrega aditivos. Las piezas pasan por un proceso de modelado, secado y cocción, a una temperatura que permite la creación de elementos cerámicos resistentes.

Solo se pueden utilizarse materiales cerámicos resistentes a la intemperie, como:

- **Ladrillo cara vista**
- **Clinker**
- **Baldosa de gres**
- **Porcelanico**

Su colocación es muy similar al de los pavimentos anteriores, son de fácil mantenimiento y de fácil sustitución en caso de deterioro, por lo general su vida útil es muy buena. *Ver Figura 13*

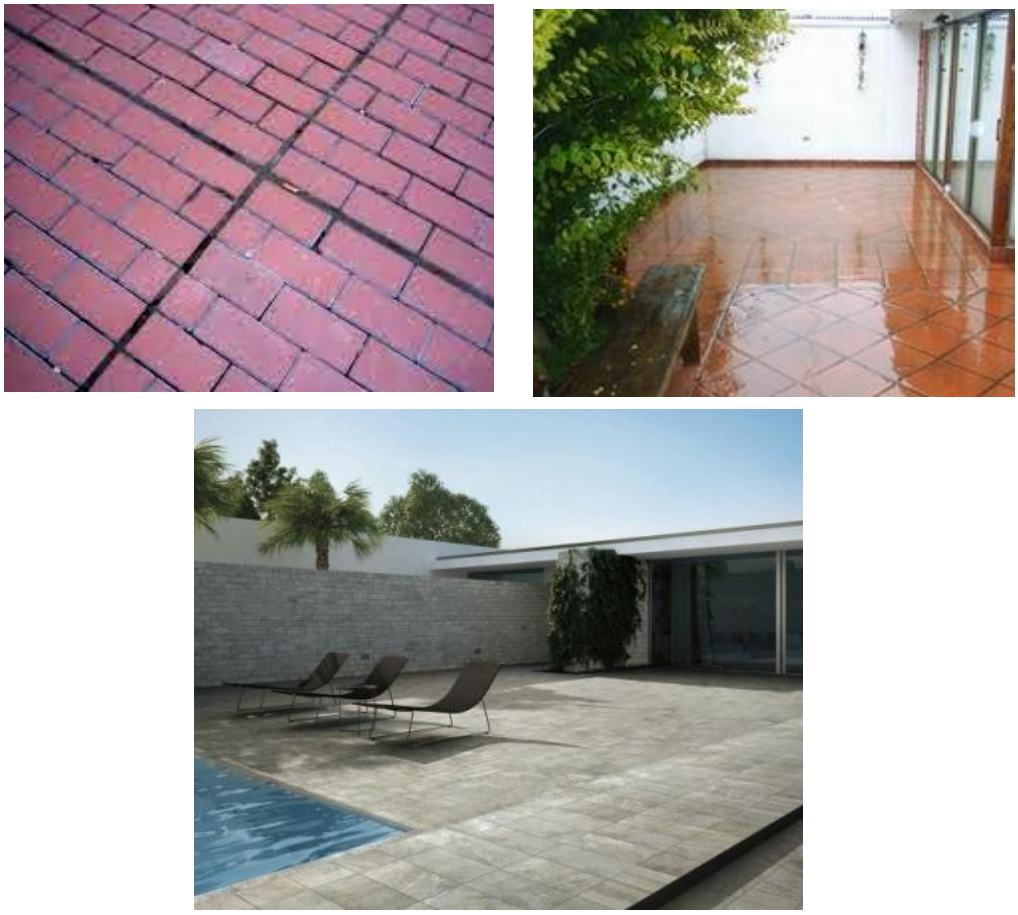


Figura 13: Pavimentos cerámicos, Ladrillo, gres, porcelanico
Fuente: http://www.skyscrapercity.com (Julio 2012)

Figura 14: Ladrillos perforados para pavimento drenante y con césped
Fuente: Revista Tectónica #30

Figura 15: Pavimento poroso

Pavimentos Porosos

La mayoría de los pavimentos se han diseñado para repeler el agua de su superficie y evitar que penetre en su interior, así como para prevenir los riesgos del ciclo de hielo y deshielo en sus diversas capas. Sin embargo, la preocupación por el nivel de las aguas subterráneas, con el descenso del nivel de los acuíferos y la reducción del caudal de arroyos y ríos ha llevado al desarrollo de pavimentos porosos, tanto en variedades continúas como discontinuas.

En la actualidad, existen diversos pavimentos porosos formados por los siguientes materiales:

- Bloques de hormigón.
- Pavimentos cerámicos permeables.
- Macadán permeable.
- Macadán permeable con base de resina.
- Pavimentos celulares (como césped reforzado con hormigón)
- Hormigón sin finos.

También se han utilizado pavimentos discontinuos porosos con bloques de hormigón prefabricados sin finos y piezas cerámicas con juntas generosas y abiertas. El macadán con base de resina es un tipo especial de macadán que usa una resina como aglomerante. La porosidad de todos estos pavimentos depende de que la base sea abierta y granulada.

2.4.2 Pavimentos de madera

La madera durante mucho tiempo ha sido catalogada como un buen material para pavimentación y aun hoy se sigue empleando como tal. Este se caracteriza por ser un material ligero, fácil de ser trabajado y de una muy buena resistencia mecánica. Tiene tolerancia a los esfuerzos de tracción y de comprensión. Una característica que lo hace bueno a la hora ser utilizado es su capacidad de ser un material renovable ocasionando el menor daño posible al medio ambiente siempre que su extracción sea adecuada.

Se define pavimento de madera o parquet, al elemento horizontal no estructural de la edificación, formado por piezas individuales madera maciza o madera laminada, colocado a modo de revestimiento sobre un soporte estructural.

Figura 16: Pavimentos de madera
Fuente: http://www.neoture.es/ (julio 2012)

La madera de pavimentos exteriores es comúnmente aplicada en lugares como: porches, piscinas, pasarelas, paseos peatonales, instalaciones deportivas exteriores, etc. Estas estructuras de maderas tienen tamaños y formato variable según sea el uso. Ver figura 16 y 17.

Se pueden clasificar en:

- **Entablado**
- **Entarimado**
- **Parquet**

Figura 17: Pavimento de madera en piscinas
Fuente: http://madrid.kezka.es/pavimentos-exteriores-en-madrid (julio 2012)

Entablado: Es el pavimento de madera constituido por tablas adosadas por sus cantos, generalmente de mayor anchura que la tarima (por encima de los 12 cm), que se fijan con clavos o tornillos directamente sobre un soporte de viguetas de madera. Regularmente se usa en lugares que requieran soportar cargas importantes. *Ver figura 18.*

Figura 18: Pavimento entablado
Fuente: http://pavimentos-tarima.es/tarima/ (julio 2012)

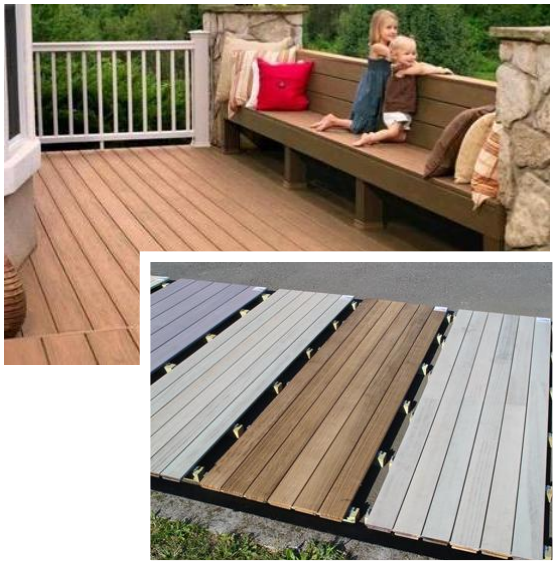


Figura 19: pavimento entarimado
Fuente: http://www.tecnisuelos.es (Julio 2012)

Entarimado: Es el pavimento de madera constituido por tablas de madera maciza, de grosores superiores a 18mm, formando figuras geométricas y machihembradas en todo su perímetro o por lo menos en sus cantos. Según el sistema de poyo sobre el soporte se distingue entre:

Entarimado tradicional: Cuando las tablas se fijan sobre rastreles. A su vez los rastreles se pueden fijar mediante diferentes sistemas o quedar flotantes. Se diferencian entre tablas de machihembrado a derechas, y de machihembrado a izquierdas. Esto tiene importancia para la colocación en espiga.

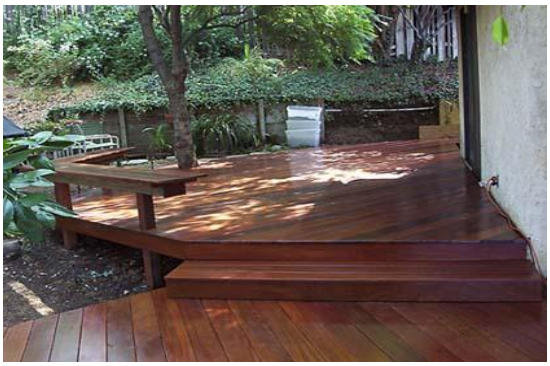


Figura 20: Entarimado
Fuente: http://www.tecnisuelos.es (julio 2012)

Tarima flotante: Cuando las tablas se apoyan directamente sobre el soporte y se unen entre si por encolado, grapas metálicas, etc.

Parquet: El parquet o parquet mosaico (termino procedente del francés) que se traduce como entablado. Es un suelo de madera constituido por tablas o tablillas adosadas unas a otras por sus cantos, pero nunca unidas, formando determinadas figuras geométricas, y que va a ser encolado al soporte. Dentro del parquet mosaico se distinguen según el tamaño de la tablilla los siguientes:

Figura 21: Pavimento de Parquet
Fuente. http://www.tecnisuelos.es (julio 2012)

Lamparquet: Para tablillas de longitud mínima de 200 mm (generalmente por encima de los 250mm)

Parquet taraceado: Para tablillas menores de 200 mm de longitud (generalmente por debajo de 160mm) a diferencia del anterior se fabrica en paneles de dimensión variable siendo frecuentes las de 40x40 cm2 hasta 60x60 cm2, en los que las tablillas se agrupan según diversos diseños. El conjunto se arma mediante una malla termoplástica o un papel kraft en su contracara.

2.4.3 Pavimentos Vegetales

Los pavimentos vegetales se refieren a los proporcionados por la naturaleza específicamente referidos a los tipo césped, también entrarían en lo que se llaman pavimentos ecológicos o verdes a la fusión entre hormigón y césped; donde se presentan distintos adoquines porosos y permeables que permiten el paso del agua y el crecimiento del césped para el menor calentamiento del pavimento. La utilización de hormigón-césped, permite conseguir revestimientos ecológicos que pueden ser utilizados en aparcamientos, calzadas, accesos a urbanizaciones, etc.

Figura 22: Pavimentos vegetales
Fuente: http://gardenmarket.es/gal/pavimentos (Julio 2012)

Césped

Un buen césped natural se debe distinguir por un color verde intenso, textura fina que forme una densa y continua capa vegetal con rapidez, persistencia, hábitos rastreros, etc. Sin embargo las condiciones climáticas de la zona, las características del suelo, insolación, cuidados posteriores o el tipo de uso que vayamos a darle nos obligarían a escoger el tipo de césped más adecuado entre la variedad existente.

Las más de 10,000 variedades de césped natural pertenecen a la familia de las gramíneas.
Cada variedad de césped tiene sus propias características y en función de ellas haremos diferentes clasificaciones.
El césped es el cubre suelos por excelencia y la transición entre otras superficies de pavimentos (concreto, piedra, ladrilla o madera).

Los céspedes pueden ser diseñados y plantados combinando diferentes variedades y especies.
Entre los factores a tomar en cuenta para escoger un tipo de césped están: disponibilidad de agua, tipo de suelo, disposición para el mantenimiento, salinidad del suelo o el agua de riego y cercanía al mar, y las sombras que se proyecten en el terreno. (Adolph Gottschalk M.)

Clasificación del Césped

Cada variedad de césped tiene sus propias características y en función de ellas y otros factores haremos diferentes clasificaciones.

Por uso:

- **Ornamental:** Tienen un alto nivel estético, de hoja muy fina y gran densidad y homogéneo. Permanece verde todo el año y aguanta siegas bajas y frecuentes (cada 2 o 3 días en verano). Por contra su mantenimiento suele ser alto. Suele ocupar un lugar preferente en el jardín, normalmente la zona central o entrada de la vivienda. No soporta el pisoteo frecuente. La semilla o tepe es caro. Tarda en formar una cubierta tupida.
- **Deportivo:** Tienen cierto nivel estético. Son muy resistentes al pisoteo y uso diario. También resistentes a enfermedades y plagas. Su mantenimiento es medio-alto.
- **Familiar:** Es un césped resistente al pisoteo, de mantenimiento cómodo y de estética más o menos atractiva, en función de las especies que se seleccionen. El césped familiar es adecuado para la mayoría de espacios del jardín.
- En este tipo de césped suelen predominar Lolium perenne L (Raigrás ingles) y Poa pratensis, además de poder incluir Festuca rubra, Stenotaphrum secundatum y Zoysia japónica.
- **Sombra:** Césped de estética variable. Resistentes a la sombra intensa. De mantenimiento medio- bajo.
- **Duro:** De calidad estética medio-alto. De muy alta resistencia a situaciones extremas: sequia, altas temperaturas, salinidad, pisoteo, suelos malos, falta de abono, enfermedades etc. Necesitan muy poco mantenimiento. De hoja ancha. Algunas especies quedan latentes en invierno o verano y pierden algo de color.

Ornamental	Sport	Familiar	Sombra	Duro
Agrostis estolonifera (Agrostis)	Ray-grass	Poas	Festuca arundinacea	Festuca arundinacea
Festuca rubra y similares	Festuca arundinacea	Ray-grass	Festuca ovina	Cynodon dactylon
Ray-grass	Poa pratensis	Agrostis	Festuca rubra	Stenotaphrum secundatum
	Agrostis		Zoysia japónica	Pennisetum clandestinum
			Poa nemoralis	
			Stenotaphum secundatum	

Tabla 1: Especies de césped según uso
Fuente: http://www.cesped.es (Junio 2012)

Por Clima:

Para nuestro objeto de estudio nos concentraremos en la clasificación en el clima cálido – húmedo:

Césped de Clima Cálido: Son especies para climas mediterráneos tropicales y subtropicales. Pueden resistir heladas moderadas. Durante el frio entran en letargo y las hojas se amarronan pero con la llegada de la primavera recuperan su esplendor. También soportan condiciones de aridez y salinidad, por lo que son ideales para zonas costeras. Entre sus características

- Hojas gruesas y anchas, suelen ser rastreras.
- soporta veranos calurosos e inviernos suaves.
- Crece durante el verano y queda latente en otoño e invierno.
- Prospera a partir de 25 Cº.
- Resistente a sequias. Precisa poco riego.
- Corte de siega bajo.
- Se combinan con otras especies para conseguir un color verde todo el año.

Las especies más utilizadas en este clima son las siguientes:

Cálidos
Cynodon dactylon (Bermuda)
Paspalum notatum (Hierba de Bahía)
Pennisetum clandestinum (Kikuyu)
Stenotaphrum secundatum (Gramón ó Hierba de San Agustín)
Zoysia Japónica (Zoysia)

Tabla 2: Tipos de especies
Fuente: http://paisajismotropical.blogspot.com.es/ (junio 2012)

Criterios para Selección de Especies

Para que en un futuro podamos disponer de un césped natural en las mejores condiciones hay que elegir la especie adecuada atendiendo a los siguientes factores con los que deberá convivir:

- Clima
- Suelo
- Agua disponible
- Drenaje
- Climatología
- Sombra
- Posibilidades económicas
- Uso

_Ver anexo Página 118.

Características de un césped Natural o Mezcla:

- **Finura de la hoja:** Un césped ornamental no debe de tener Stenotaphum secudatum, una de las variedades con hoja más gruesa.
- **Rapidez de instalación:** El Rye-grass inglés es de los más rápidos.
- **Tolerancia a cortes bajos:** La agrostis se corta a pocos milímetros del suelo.
- **Resistencia a la sequía:** El Stenotaphrum secundatum es resistente a la falta de agua.
- **Resistencia a los hongos.**
- **Resistencia a la sombra:** No la soporta el Cynodon Dactylon y sí la Zoysia japónica.
- **Resistencia al pisoteo y uso.**
- **Resistencia al encharcamiento**

Especies de bajo consumo de agua, resistente a sequias y salinidad:

En ciertos lugares de frecuentes sequías, con poca disponibilidad de agua de riego, suelos muy áridos o con elevada salinidad, se hace aconsejable plantar especies que toleren tales situaciones, aunque las mismas se utilizan en clima cálido- húmedo. Estas son las especies que mejor se adaptan:

Espercies	Sequía	Salinidad
Cynodon dactylon	Excelente	Excelente
Paspalum notatum	Excelente	Alta
Pennisetum clandestinum	Excelente	Excelente
Stenotaphrum secundatum	Excelente	Alta
Zoysia japónica	Excelente	Excelente
Festuca arundinacea	Alta	Alta

Tabla 3: Especies para clima cálido -húmedo y resistente a sequias
Fuente: http://paisajismotropical.blogspot.com.es/ (junio 2012)

A continuación una breve descripción de los tipos de césped más usados en los climas cálidos-húmedo:

BERMUDA, Cynodon dactylon

Hojas suaves y finas, de color oscuro y opaco. Compacto. Crecimiento por rizomas y estolones. Rastrero, rápido y agresivo, competidora con la maleza impidiéndole su crecimiento, y si aparecieran, se pueden tratar con herbicidas selectivos. Su sistema radicular es profundo y potente.

Figura 23: Césped tipo Bermuda
Fuente: http://paisajismotropical.blogspot.com.es (Julio 2012)

BAHÍA-GRASS, Paspalum notatum:

Este tipo de césped está compuesto por hojas gruesas, bastas y con rizomas. Forma una cubierta poco densa y es propia de climas tropicales pero adaptándose muy bien a los climas cálidos y húmedos. De la misma forma es apta para todo tipo de suelos, tolerante a las sequias debido a sus raíces profundas *(Ver figura 24)* y a la vez gran tolerante a los pisoteos y sombras. Este tipo de césped se puede utilizar para estabilizar suelo.

Figura 24: Césped bahía
Fuente: http://www.cesped.es (julio2012)

KIKUYO, Pennisetum clandestinum

Tipo de césped de las estaciones primavera-otoño-verano con una germinación muy lenta pero con un crecimiento muy agresivo e invasivo, rastrero y compacto (forma una alfombra muy tupida si se corta bajo) *ver figura 25*. Sus hojas son un poco más gruesas que las de la bermuda y su color es un verde muy intenso. Tolera muy bien el calor y la sequia, pero en épocas cálidas necesita riegos abundantes.

Requiere de suelos húmedos, textura media y alta fertilidad. No tolera la sombra, ni las bajas temperaturas.

Figura 25: Césped pennisetum clandestinum
Fuente: http://www.cesped.es (Julio 2012)

Stenotaphrun secundatum

El césped de este tipo es basto, de hoja gruesa y ancha, no es agradable de pisar. Resistente al calor intenso, sequías, pisoteo, sombras densas y hongos. Se implanta por gajos o estolones. De rápido crecimiento. Precisa abundante riego en tiempos de sequía. Se adapta a muchos tipos de suelos, pero prefiere los ácidos, arenosos, húmedos pero bien drenados y moderada o alta fertilidad.

Figura 26: Césped Stenotaphrun Secundatum
Fuente: http://paisajismotropical.blogspot.com.es/ (julio2012)

Es el más apto a suelos y aguas salobres aunque su crecimiento mejora con un pH 6.5 a 7.5 .Buen desarrollo en zonas costeras. Tolera muy bien los suelos malos y húmedos en cambio no tolera el frío. Requiere inviernos suaves y un mantenimiento moderado.

Figura 27: Césped stenotaphrun secundatum

ZOYSIA, Zoysia japónica

Césped de hoja fina y color oscuro. Típica de climas cálidos y se adapta también a climas tropicales y subtropicales. Resiste muy bien al pisoteo y a las sequias dado a las fuertes raíces que tiene. Soporta muy bien la sombra y las altas temperaturas.

Se adapta a muchos tipos de suelos, pero los prefiere bien drenados, requiere de riegos en tiempo de sequia. (Ver figura 28).

Figura 28: césped Zoysia
Fuente: http://paisajismotropical.blogspot.com (julio 2012)

FESTUCA, Festuca arundinacea

Césped muy rustico que crece rápidamente. Hojas de textura media y color oscuro. Su crecimiento es alto puede llegar a tener hasta un metro de altura teniendo poca densidad. Resistente al calor, la compactación y al pisoteo. Soporta suelos secos y áridos así como encharcadizos o alcalinos. No se adapta bien a la altitud. (Ver figura 29)

Estas especies son las más recomendadas para el clima cálido y húmedo dado a su alta resistencia y poco mantenimiento que conllevan.

Figura 29: Césped festuca arundinacea
Fuente: http://paisajismotropical.blogspot.com.es/ (julio 2012)

Algunas aplicaciones del césped

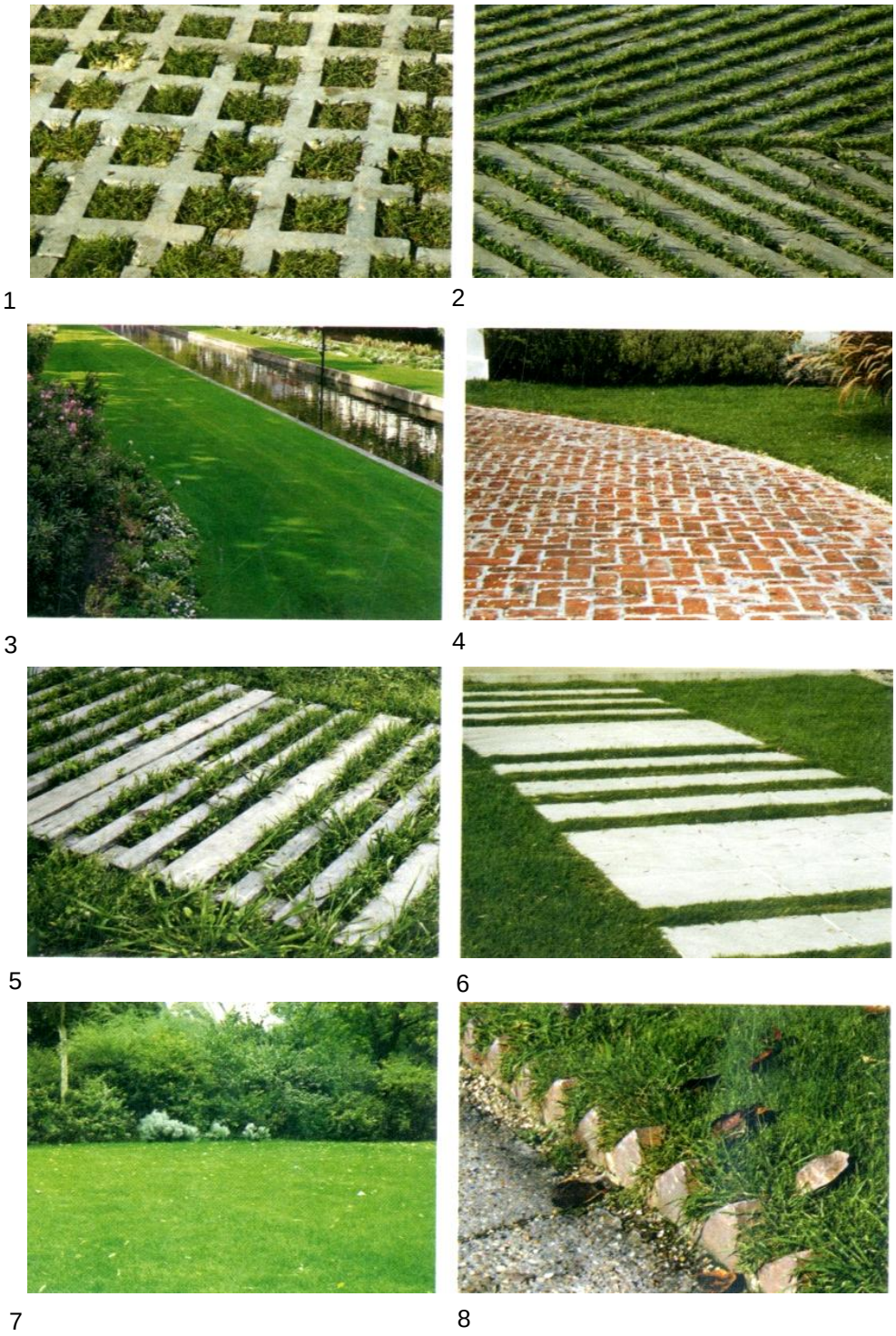


Figura 30: Aplicaciones del césped

1. Césped sobre bloques perforados de hormigón, 2.cesped entre listones de madera, 3.cesped brillante bordeando un canal, 4.acceso a garaje combinación de césped con cemento y ladrillo, 5.listones de madera rustica intercalados con césped, 6.combinacion de césped y placas de piedras en sendero de paso, 7-8.Cesped en patio

Fuente: CESPED-guía esencial para el cuidado y renovación del césped- Martha Álvarez. Pag.97

2.4.4 Pavimentos Asfalticos

Los pavimentos asfalticos son aquellos derivados del petróleo. Constituyen mezclas bituminosas porosas, como betún modificado a base de morteros especiales fluidos de muy altas prestaciones. Estos pavimentos están destinados al alto tránsito rodado y se caracteriza por ser un pavimento continuo. Se llego a la solución de crear un pavimento mixto con una mezcla bituminosa con alto porcentaje de huecos a la que se le vierte un mortero de cemento, donde se saturan los huecos existentes entre los áridos. Estos pueden ejecutarse en caliente o frio.

Figura 31: Pavimento asfaltico
Fuente: http://www.pavicret.cl/pavimentos-asfalticos.php (julio 2012)

Sobre estos pavimentos es habitual pintar señales o dibujos utilizando pintura plástica aplicable en frio o en caliente. Además de color, las pinturas pueden ofrecer otros efectos, como mayor reflectancia, conseguida mediante micro esferas de vidrio o árido de cuarzo. Una sub base de arena incrementa también la capacidad reflectante. Dentro de estos pavimentos podemos encontrar los siguientes:

- Slurries:
- Base granular
- Base de Hormigón en masa
- Base de Hormigón Armado
- Otros

Slurries: Este es otro tipo de pavimento de aglomerado asfaltico que está constituido por una emulsión asfáltica mezclada con cargas minerales. Este pavimento se utiliza en espesores de 1-2 cm, para tráfico ligero o peatonal. Ver figura 32

Figura 32: Pavimento slurry
Fuente: http://www.gruposiresa.net/pavimentos-exteriores.php (julio 2012)

Base granular: El aglomerado de este tipo de se caracteriza como un pavimento flexible. Los esfuerzos del tráfico son absorbidos por las diferentes capas que componen su estructura. Se constituye de base y sub-base granular sobre el terreno compactado reforzado. El revestimiento superficial puede presentar capa de imprimación con posterior acabado de aglomerado asfaltico.

Base de hormigón en masa: Los pavimentos de aglomerados asfalticos de base de hormigón en masa se caracterizan como pavimentos semi-rigidos. Esta base es también aplicada directamente sobre el terreno compactado reforzado. Se presenta otra alternativa de recubrimiento del pavimento, que es la aplicación de una capa de rodadura bituminosa sobre la capa de aglomerado asfaltico.

Base de hormigón armado: Este tipo de pavimento también se caracteriza por ser semi-rigido. Se ejecuta la base de hormigón armado directamente sobre el terreno compactado reforzado, con una capa posterior de recubrimiento compuesta de imprimación y de aglomerado asfaltico. El acabado se le puede dar con una capa de slurry bituminoso.

Otros tipos:

- **Producto asfáltico de imprimación:** asfalto líquido de baja viscosidad que penetra en una superficie no bituminosa cuando se aplica a ella.3.
- **Pintura asfáltica:** producto asfáltico líquido que a veces contiene pequeñas cantidades de otros materiales como negro de humo, polvo de aluminio y pigmentos minerales.4.

Algunas aplicaciones de estos tipos de pavimentos asfalticos son las siguientes:

Figura 33: Algunas aplicaciones de los pavimentos asfalticos
Fuente: Revista tectónica #30

2.5 MATERIALIDADES DE LOS PAVIMENTOS

2.5.1 Propiedades de los materiales

Se pueden considerar tres tipos de propiedades: mecánicas, físicas y químicas.

- Las propiedades **mecánicas** determinan como responde un material cuando se aplica una fuerza y la facilidad con la que puede ser conformado. Estas fuerzas pueden aplicarse mediante choque (impacto), a tracción, a compresión, con esfuerzos cíclicos (fatiga), a temperaturas elevadas (termofluencia), o con acciones abrasivas (desgaste). Las propiedades mecánicas más comunes son: **resistencia, ductilidad, rigidez y dureza.**
- Las propiedades físicas incluyen los comportamientos: **eléctrico, magnético, óptico y térmico.**
- Las propiedades **químicas** comprenden las fuerzas de enlace (función de la composición) y su comportamiento frente a los agentes exteriores como disolventes o el medio ambiente (corrosión).

En función al tipo de material las propiedades serán bastantes diferentes por eso citamos los materiales más usados y los que se tomaron en cuenta para nuestro estudio:

Piedra Natural:

- Material natural inorgánico
- Alta densidad
- Dureza
- Resistencia a la compresión
- Resistencia a la conductividad y capacidades térmicas
- Resistencia a la intemperie
- Extracción y procesado elaborados, que pueden crear distintos tipos de acabados.
-

Hormigón:

Comparte propiedades a las de la piedra natural, dichas propiedades se pueden modificar con aditivos; el hormigón necesita un sistema secundario durante su puesta en obra: el encofrado.

Enlucidos y revoques/ Pavimentos:

- Según el agente aglomerante;
- Resistencia alta
- Estanquidad alta
- Dureza superficial alta
- Inhibición de la humedad y permeabilidad al vapor
- Los aditivos le proporcionan flexibilidad

Cerámica/ Ladrillo:

- Material inorgánico de gran resistencia,
- Gran dureza
- Gran conductividad térmica

Estos pueden reducirse con aditivos y a través de la forma

- Alta capilaridad en la arcilla
- Baja capilaridad en el gres
- Grandes tolerancias dimensionales relacionadas con la fabricación

Madera: madera natural,

- Con fibras orientadas
- Fácil de trabajar
- Alta resistencia a tracción y compresión en la dirección de la fibra
- Dilatación dependiente de la humedad
- Peso bajo
- Conductividad térmica baja
- Textura natural
- Resistente y áspera en madera de coníferas y roble
- Textura fina en arce, haya y abedul.
- Productos a Base de madera:
- Fabricados de madera, comparten sus propiedades; la estructura según fibras orientadas se reorganiza de acuerdo a las necesidades de la producción de paneles.

A continuación un cuadro con distintos materiales con su factor de reflexión y emisividad (*):

Factores de Reflexión y Emisividad			
Familia	**Material**	**Albedo (α)**	**Emisividad (ε)**
Bituminosos	**Asfaltico**	**0.05-0.15**	**0.90-0.98**
Pétreos	**Hormigón**	**0.10-0.90**	**0.71-0.90**
	Ladrillo	**0.20-0.50**	**0.90-0.92**
	Roca natural	**0.20-0.35**	**0.85-0.95**
	Grava	**0.15**	**0.28-0.44**
	Cerámica	**0.50**	**0.85-0.95**
Orgánico	**Madera clara**	**0.30-0.50**	**0.78-0.90**
	Madera oscura	**0.10-0.25**	**-**
	Madera Caoba	**0.15-0.40**	**-**
	Césped	**0.20-0.30**	**0.90-0.95**

Tabla 4: Factores de albedo y emisividad
Fuente: T.R.Oke 1987 y Propiedades de los materiales, Ramón Sastre

***** **E**n todas las tablas presentadas a continuación los materiales que se mencionan son estrictamente los tomados en cuenta en esta investigación y correspondiendo al carácter de uso que tienen en el emplazamiento escogido.

- **Factor de reflexión según el color:**

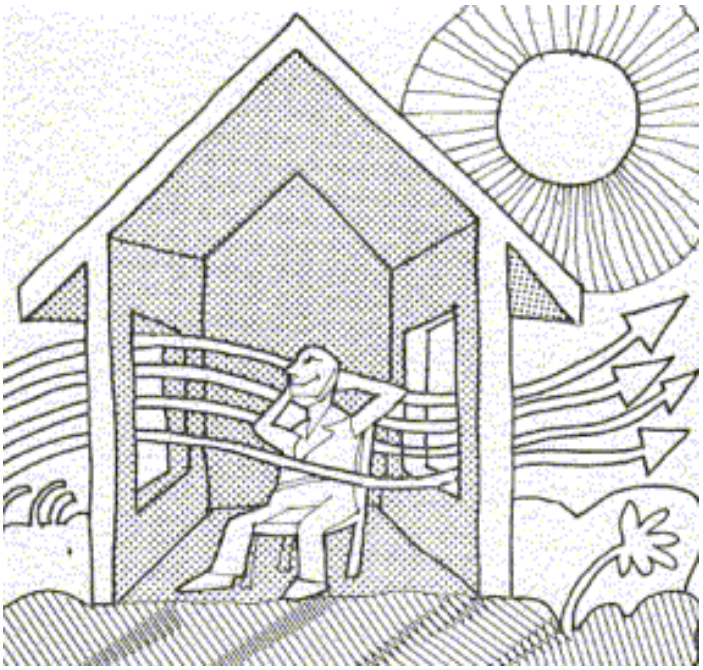
Factor de Reflexión	
Color	**Albedo (α)**
Blanco	0,70 - 0,85
Gris claro	0,40 - 0,50
Gris Oscuro	0,10 - 0,20
negro	0,03 - 0,07
Crema, amarillo claro	0,50 - 0,75
Marrón Claro	0,30 - 0,40
Marrón Oscuro	0,10 - 0,20
Rosa	0,45 - 0,55
Rojo Claro	0,30 - 0,50
Rojo Oscuro	0,10 - 0,20
Verde Claro	0,45 - 0,65
Verde Oscuro	0,10 - 0,20
Azul claro	0,40 - 0,55
Azul Oscuro	0,05 - 0,10

Tabla 5: factor de reflexión según color

- **Propiedades térmicas:**

Propiedades Térmicas					
Pavimentos			Densidad (kg/m3)	Calor especifico (J/(kg·K))	Conductividad Térmica (W/(m·K))
Familia	**Derivados**	**Tipología**			
Pétreos	Piedra Natural	Rocas Ígneas	400-3000	1000	0.12-3.5
		Rocas Sedimentarias	1200-2800	910-2500	0.85-3
		Rocas Metamórficas	2000-2900	1000	2.2-3.5
	Hormigón	Hormigones	1800-2600	1000	1.35-2.5
		Piezas prefabricadas	300-2400	1000	0.13-1.9
Cerámicos	Cerámicos	(Ladrillo, azulejo, etc)	910-2800	840-1000	0.28-1.3
		Gres	2000-2800	1000	1.9-2.6
Orgánicos	Madera	Madera Frondosa	435-870	1600	0.13-0.29
		Madera Conífera	435 - > 610	1600	0.13-0.23
	Césped/Terreno	Tierra vegetal	2050	1840	0.52
Asfalticos	Bituminosos	(Asfalto, asfalto arenoso, etc)	2120	1700	0,74-0,76

Tabla 6: Propiedades térmicas de los materiales
Fuente: CTE (junio 2012)



Capítulo III

Confort

3. CONFORT

3.1. DEFINICIÓN DE CONFORT

El ser humano suele buscar confort en todo momento y lugar. Esa necesidad de sentirse bien donde se encuentre, lo lleva a una búsqueda incesante de lo que es confortable para él.

¿Qué es el confort?

Podemos definir el confort como el grado de bienestar en que se encuentra una persona con respecto al ambiente que le rodea.

Cabe citar la definición que da la norma ISO 7730 a lo que es confort definiéndolo como "esa condición de mente en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico".

Según la real academia de la lengua española el confort se define como "a*quello que produce bienestar y comodidades".* ([6]) El arquitecto Rafael Serra define confort como "la molestia o comodidad que pueden producirnos las características ambientales de un espacio determinado". ([7])

Pero el confort engloba una serie de parámetros definidores de lo que es confort, haciendo de este un fenómeno muy complejo por intervenir parámetros distintos los cuales van más allá de los aspectos fisiológicos y perceptivos del individuo los cuales son los que permiten conocer el entorno que les rodea.

Dentro de esto cabe definir lo que sería el confort ambiental, este confort excluye algunos factores psicológico-sociales determinantes para el mismo, es decir que el confort ambiental define solo aquellos parámetros ambientales naturales o artificiales que determinan un estado de satisfacción o bienestar físico.

El confort se obtiene de la integración de todos los parámetros y para su mejor estudio se divide el confort en:

- Confort Visual
- Confort Acústico
- Confort Climático

En la presente investigación nos referiremos al confort visual y al confort climático o térmico esto por las variantes que intervienen en estos tipos de confort como lo es la temperatura y la iluminancia parámetros a analizar en el presente trabajo. Todos estos conceptos serán vistos a modo general ya

que el objeto principal del estudio no es el confort en su máxima expresión si no el comportamiento e incidencia de estos parámetros hacia el interior del espacio arquitectónico.

3.2. CONFORT VISUAL

"El Deslumbramiento es a la Iluminación lo que el Ruido es al Sonido" Veitch & Newsham, 1996 nada mas cierto que esta frase el deslumbramiento es uno de los parámetros que nos condiciona a sentir confort visual. Siendo el confort visual el conjunto de cosas que nos permiten ver bien.

La comodidad visual depende de la facilidad de nuestra visión para percibir aquello que le interesa. Este sentido, el primer requerimiento será que la cantidad de luz (iluminancia) sea la necesaria para que nuestra vista nos permita distinguir los detalles de aquello que miramos ([8]).

Por esta razón que el primer parámetro a tomar en cuenta es la ***iluminancia*** (lx) los cuales varían según las circunstancias y las condiciones de deslumbramiento siente este el segundo parámetro del confort visual.

Pero ¿a que llamamos deslumbramiento?

El ***deslumbramiento*** no es más que uno de los parámetros de confort que se refiere al excesivo contraste de luminancias en el campo visual haciendo que esto sea molesto para la visión. Este efecto surge debido a que existe una pequeña superficie con mucha claridad (luminancia) en un campo visual con un valor medio bastante más bajo, normalmente a causa de la presencia de una luminaria o de una ventana. ([9])

Existen dos tipos de deslumbramientos por *velo*: que es cuando se produce un punto luminoso sobre un fondo muy oscuro o el deslumbramiento por *adaptación* que es cuando el ojo se adapta a la luminancia promedio del campo visual. Cuando nos cambia la media ponderada del campo visual estamos deslumbrados.

En una aproximación se puede recomendar los valores adecuados como los siguientes según el grado de actividad o esfuerzo visual:

Actividades de esfuerzo visual	Valor de iluminancia (Lux)
Muy alto	1,000
Alto	750
Medio	500
Bajo	250

Tabla 7: Valores recomendados de iluminancias
Fuente: Libro Arquitectura y energía natural, ediciones UPC

El tercer y último parámetro del confort visual corresponde a el ***color de la luz*** en el cual influye la temperatura del color y el índice de rendimiento de color donde el primero nos indica que color se parece el cuerpo negro que es aquello que absorbe todo y nos da una señal de lo agradable o desagradable que puede ser una luz, mientras que el índice de rendimiento de color varía entre 0-100. El grafico de kruithof nos relaciona la temperatura del color de la luz con la iluminancia y define un campo de compatibilidad. *(Ver figura 34)* Donde **A** corresponde a una luz muy calida **B** a una comoda y **C** molesta es muy fria.

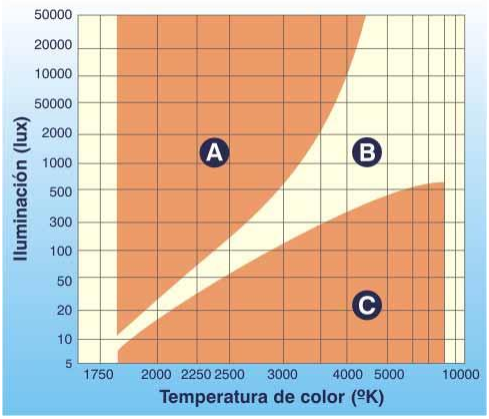


Figura 34: Grafica de Kruithof
Fuente: http://www.energiesrenouvelables.org (julio 2012)

3.3. CONFORT TÉRMICO

El confort térmico se refiere a la percepción del medio ambiente circundante que se da principalmente a través de la piel, aunque en el intercambio térmico entre el cuerpo y el ambiente los pulmones intervienen de manera importante; es la condición en la que el usuario siente satisfacción respecto al ambiente térmico en el que se encuentra. El ser humano mantiene una temperatura interior constante frente a las variaciones exteriores y usa para ello los mecanismos de regulación conocidos como homeostasis.

El cuerpo humano produce energía a través de la ingesta de alimentos, por procesos metabólicos que hacen funcionar el cuerpo. Normalmente el 20% de la energía usada se transforma en trabajo mecánico mientras que el resto se transforma en calor, esto cuando se está realizando alguna actividad física.

El cuerpo humano disipa el calor a través de la piel mediante el proceso de conducción- convección del aire y la radiación, también existe la eliminación del calor por evaporación mediante la transpiración y con el agua eliminada en la respiración, que es el calor latente.

La forma en que las personas responden al ambiente térmico depende del atuendo que lleve y de la actividad que esté realizando así como de otros factores como nos muestra la tabla más abajo.

Entre los factores de confort del usuario tenemos:

FACTORES DEL CONFORT	
Sociales	Vestido, educación, usos, posiciones
Fisiotemporales	Aclimatación en periodos cortos o largos
Fisiológicos	Actividad, anatomía y fisiología del usuario
Psicológicos	Tipo de carácter, sinestesia, expectativas

Tabla 8: Factores de confort
Fuente: Libro Arquitectura y energía natural, ediciones UPC

Con los sistemas de eliminación de energía que tiene el cuerpo humano, los parámetros térmicos serán los que influyan directamente sobre los mismos por ello tenemos los siguientes parámetros:

- Temperatura del aire (Ta).
- Humedad relativa (HR).
- Temperatura radiante (Tr).
- Velocidad del aire (v)

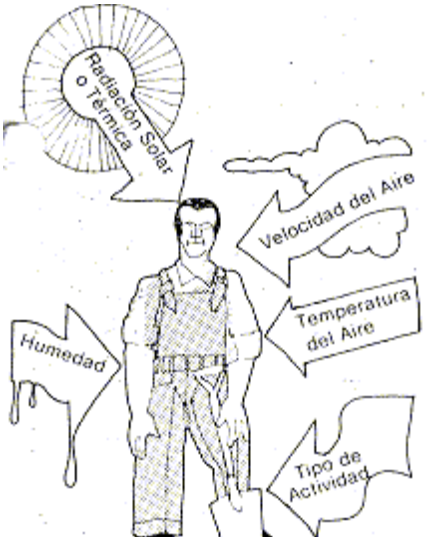


Figura 35: parámetros de confort
Fuente: http://www.arquinstal.com.ar/ Eficiencia (julio 2012)

Temperatura del aire: Envuelve el cuerpo, regula la cesión de calor por conducción-convección y por respiración.

Humedad relativa: Modifica las pérdidas por evaporación de transpiración y la humedad cedida por la respiración.

Temperatura radiante: Media ponderada de las superficies que envuelven el cuerpo, que influye sobre los intercambios radiantes.

Velocidad del aire: Respecto al cuerpo, influyente en la disipación por convección y en la velocidad de evaporación de la transpiración. ([10])

Estos cuatro parámetros actúan conjuntamente aunque actúen sobre mecanismo hasta cierto punto diferente.

En cuanto a los factores del confort térmico podemos decir que el más importante es el grado de actividad que influye directamente sobre el metabolismo, por igual es importante el tipo de vestimenta la edad, sexo y la educación, dependiendo además todos ellos del grado de habituación a unas determinadas circunstancias climáticas y por ello es que influye la situación geográfica.

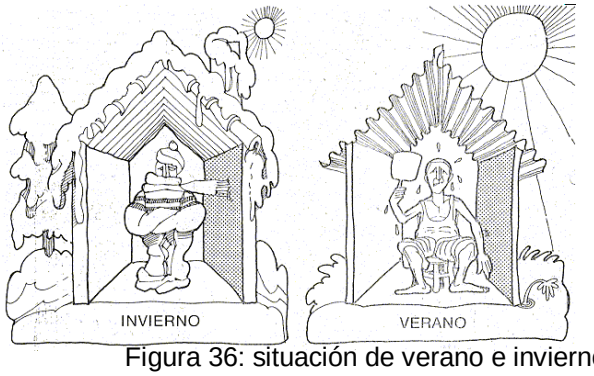


Figura 36: situación de verano e invierno
Fuente: http://www.arquinstal.com.ar/eficiencial (julio 2012)

A partir de todos estos factores y parámetros de confort térmico comentados anteriormente, se han realizado diversos intentos de cómo valorar el confort, dentro de dichos estudios tenemos la gráfica de *Victor Olgyay* que en general estudia el comportamiento del clima exterior, teniendo en cuenta dos

de los cuatros parámetros de confort térmico: la temperatura del aire y la humedad relativa. (Ver figura 37).

Otro grafico es el ***ábaco psicrométrico*** de Givoni, en este se hace una relación de los posibles sistemas de corrección mediante soluciones arquitectónicas, para condiciones fuera de la citada zona. Las posibles correcciones se definen en distintas zonas del ábaco donde se considera que se puede volver al confort usando según sea el caso, refrigeración evaporativa, ventilación o movimiento de aire, etc*. (Ver figura 38).*

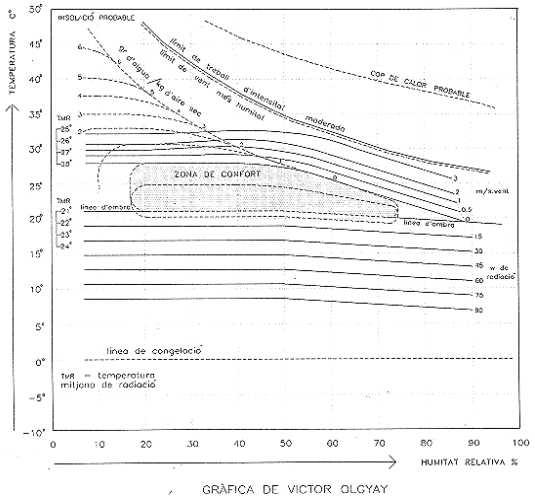


Figura 37: Grafico de Victor Olgyay
Fuente: http://www.coac.net/mediambient/Life/l3/l3120.htm

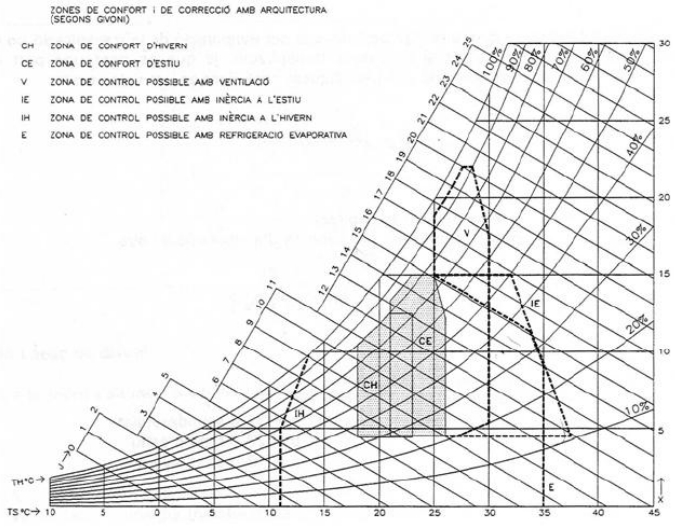


Figura 38: Abaco psicrometrico
Fuente: http://www.coac.net/mediambient/Life/l3/l3120.htm

3.4. EL CLIMA EN SANTO DOMINGO

Santo Domingo es la capital de la Rep. Dominicana encontrándose en la latitud 18° 28′36″ N y 69° 54′0″ W.

La ciudad de Santo Domingo se encuentra a 14 metros sobre el nivel del mar.

Figura 39: Mapa Rep. Dominicana

La República Dominicana tiene un clima tropical húmedo donde las lluvias son abundantes, una temperatura media entre los 25 y 35 °C, con pocas excepciones en regiones con una gran altitud, como en Valle Nuevo, donde la temperatura puede descender hasta -15 °C en invierno. El día tiene una duración entre 11 y 13 horas de sol al año *(Ver figura 38 y 39)*, según la temporada. Algunos copos de nieve pueden caer en raras ocasiones en la parte superior del Pico Duarte

La estación lluviosa abarca desde abril hasta noviembre destacándose mayo, agosto, y septiembre, y, debido a sus lluvias torrenciales, durante esta época se sufren numerosos corrimientos de tierra. La parte más seca del país se encuentra en el oeste. Es propensa al paso de huracanes y en promedio ocurre 2 u 3 cada año y una tormenta tropical cada año, e inundaciones. Los huracanes son más probables entre agosto y octubre

Por el clima que tiene la isla las temperaturas son altas y con poca variación entre el día y la noche y entre estaciones, la humedad es muy alta, lo cual provoca una alta nubosidad sobre el territorio nacional y en consecuencia radiación solar difusa.

Las precipitaciones son fuertes e irregulares y los vientos muy variables incluso pueden ser huracanados.

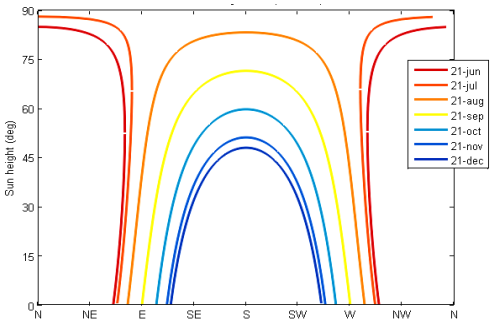


Figura 41: ábaco solar de Santo Domingo
Fuente: Elaborado en HELIODON

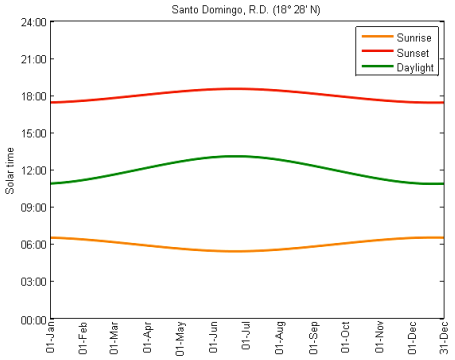
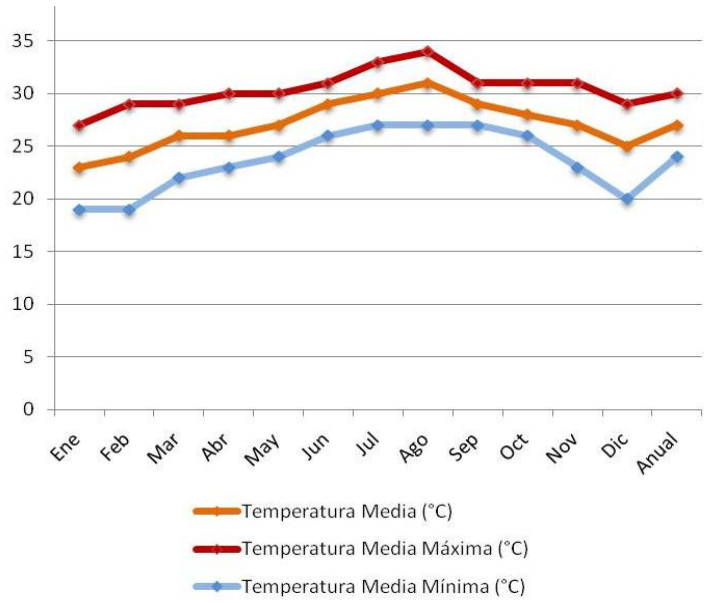


Figura 40: Grafica Salida y Puesta del sol
Fuente: Elaborado en HELIODON

3.4.1 Temperaturas de Santo Domingo

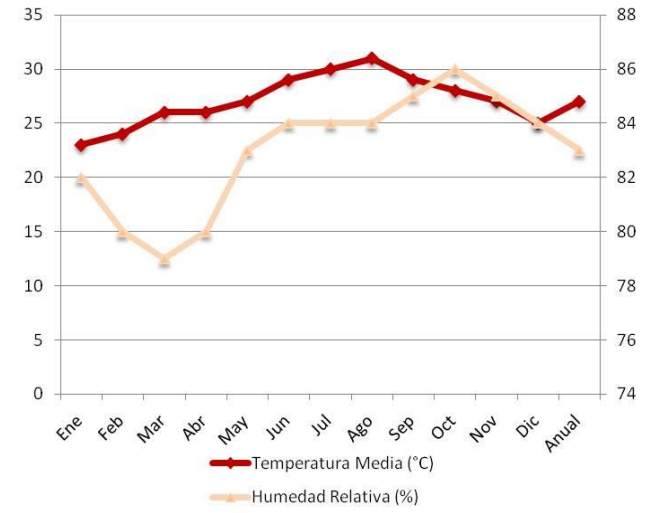
Preexistencias Climáticas (período 1961-1990)													
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura Media (°C)	23	24	26	26	27	29	30	31	29	28	27	25	27
Temperatura Media Máxima (°C)	27	29	29	30	30	31	33	34	31	31	31	29	30
Temperatura Media Mínima (°C)	19	19	22	23	24	26	27	27	27	26	23	20	24
Humedad Relativa (%)	82	80	79	80	83	84	84	84	85	86	85	84	83
Precipitación (mm)	64	56	53	71	188	140	145	178	180	188	99	84	1446

Tabla 9: Temperaturas, humedad y precipitación
Fuente: www.acqweather.com (Julio 2012)



En el siguiente gráfico podemos apreciar la relación entre las temperaturas medias, las máximas y las mínimas correspondientes al promedio de los años 1961-1990.

Figura 42: Temperaturas media, media máxima y media mínima
Fuente: www.acqweather.com (Julio 2012)



Relación entre la temperatura media y la humedad relativa de la ciudad de Santo Domingo durante el periodo 1961-1990, vemos como Santo Domingo cuenta con unos altos porcentajes de humedad que con las altas temperaturas hacen de la ciudad un lugar muy caluroso.

Figura 43: Relación temperatura del aire y humedad relativa
Fuente: www.acqweather.com (Julio 2012)

3.4.2 Radiación solar

En la Republica Dominicana la radiación solar ocurre entre 11 y 13 horas por día, dada su latitud y cercanía al ecuador. Sin embargo el número de horas con sol brillante, llamado insolación, solo es de 6 a 7 horas, aproximadamente. El sol alcanza su altura máxima sobre los meses de verano llegando a los 90^0.

Como podemos apreciar en el estereográfico *(ver figura 44)* nos muestra el trayecto solar así como las horas de sol a lo largo del año.

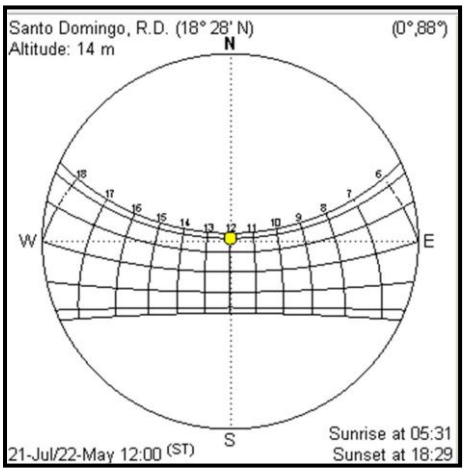


Figura 44: Estereográfico Santo Domingo
Fuente: Imagen extraída del programa Heliodon

Horas Calculadas de Sol Promedio Mensual (período 1961-1990)												
Ene	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**	**Anual**
238	229	253	248	234	232	229	236	220	230	231	224	2803

Tabla 10: Horas de sol promedio

Estos datos de radiación comprenden los años de 1961-1990, se ha querido introducir en la investigación porque son los datos más globales y promediados en un periodo de tiempo mayor. En el capítulo 3 concerniente a las mediciones se tomaron valores durante un día de la radiación global y los datos de radiación directa fueron suministrados por la ONAMET (Oficina Nacional de Meteorología). A continuación mostramos un cuadro de la radiación solar para la fecha anteriormente citada.

Meses/Horas	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
6:00	0	0	0	30	40	50	40	30	0	0	0	0
7:00	40	60	85	110	145	150	145	110	85	60	40	35
8:00	155	200	255	305	345	350	345	305	255	200	155	120
9:00	298	370	450	504	540	530	540	504	450	370	298	290
10:00	450	530	640	700	715	710	715	700	640	530	450	405
11:00	550	650	795	900	910	905	910	900	795	650	550	503
12:00	590	700	860	1020	1035	1020	1035	1020	860	700	590	550
13:00	550	650	795	900	910	905	910	900	795	650	550	503
14:00	450	530	640	700	715	710	715	700	640	530	450	405
15:00	298	370	450	504	540	530	540	504	450	370	298	290
16:00	155	200	255	305	345	350	345	305	255	200	155	120
17:00	40	60	85	110	145	150	145	110	85	60	40	35
18:00	0	0	0	30	40	50	40	30	0	0	0	0
TOTAL DIARIO	3576	4320	5310	6118	6425	6410	6425	6118	5310	4320	3576	3256

Los datos están en **W/m²**

Radiación Máxima
Radiacion Mínima

Tabla 11: Radiación Solar

3.4.3 Nubosidad promedio mensual

La nubosidad se presenta en un promedio anual de 5/8 de cobertura por encima del promedio, durante los meses de mayo, agosto y octubre y coincide con la época de lluvia. La siguiente tabla muestra la nubosidad promedio mensual donde estos valores corresponden al año 2000.

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
Santo Domingo	3.8	3.9	3.9	4.2	4.9	5.0	4.8	4.6	4.8	4.6	4.2	4.1	4.4

Tabla 12: Nubosidad mensual
Fuente: ONAMET

Figura 45: Vista aérea Santo Domingo
Fuente: Skyscrapercity.com

3.4.4 Vientos

La ciudad de Santo Domingo está localizada en la ruta de los vientos alisios del noroeste, cuya dirección esta a pequeños cambios producidos por la topografía del valle de Santo Domingo y por los edificios de la ciudad. Cerca de la costa, la dirección se modifica por el diferencial de temperatura entre las masas de tierra y agua, lo que hace que los vientos fluyan del mar hacia la tierra durante el día (SE) y de la tierra hacia el mar durante la noche (NE) siendo los vientos predominantes los provenientes del norte. El promedio anual de velocidad del viento en Santo Domingo es de 10.7 Km/h. (ver tabla13 y 14) La velocidad máxima se da a media tarde.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
1996	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↙	↓	↓	↓	↓	↓	↓
1997	↓	↓	↑	↑	↑ ↖	↓	↑ ↖	↓	↓	↓	↓	↓	↓
1998	↓	↓	↓	↓	↓	↖	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
1999	↓	↓	↓	↓	↑	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓
2000	↓	↓	↓	↑ ↖	↖	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
2001	↓	↓	↑	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
2002	↓	↓	↓	↓	↓	↖	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
2003	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
2004	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
2005	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	--	--	--	↓
Promedio	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓

Tabla 13: Dirección de los vientos promedio correspondiente a los años 1996-2005

Velocidad Promedio del Viento (kms/hora)												
Ene	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**	**Anual**
10.9	10.9	10.8	10.8	10.1	9.7	9.7	9.6	9.0	8.8	10.0	10.4	10.1

Tabla 14: velocidad promedio del viento
Fuente: ONAMET (julio 2012)

3.5. PARÁMETROS PRINCIPALES DEL CONFORT EN SANTO DOMINGO

En la republica dominicana influyen los cuatros parámetros del confort térmico:

- Temperatura del aire
- Humedad relativa
- Temperatura radiante
- Velocidad del aire

Pero cabe resaltar que por su posición geográfica y su latitud en la República Dominicana tenemos como casos especiales la ***humedad relativa*** la cual es muy alta donde la mínima llega a un 70%.

Otro parámetro a resaltar es la ***radiación solar*** el sol alcanza su altura máxima en el mes de julio llegando a los 90 grados incidiendo fuertemente en las cubiertas y superficies horizontales afectando por igual las fachadas este y oeste; la Republica Dominica cuenta con un campo nuboso muy alto donde en promedio tiene 5/8 de nubosidad fenómeno que hace aun más complejo el clima y la explicación de la cantidad de radiación incidente.

Dado los datos anteriormente mencionados en el punto 3.4 del capítulo III podemos ver como éstos son los dos parámetros más influyentes e importantes para evaluar en Santo Domingo ya que de esto se deriva el comportamiento de los demás parámetros.

Esta situación de la cantidad de radiación recibida mas la humedad es una de las razones que nos han llevado a investigar sobre la incidencia de los pavimentos exteriores en el interior de la vivienda en este tipo de clima ya que como superficies captadoras de calor de alguna manera inciden en el comportamiento de bienestar en la vivienda, a esto sumándole el reflejo de la luz solar según el material que se tenga en el exterior.

El clima en Santo Domingo por ser cálido húmedo y dada sus condiciones no requiere tantas soluciones, con unas pocas se podría estar en confort. Una de estas soluciones sería la ventilación cruzada ya que la inercia térmica no es ninguna ventaja en los edificios, por ser tan reducidas las variaciones de temperatura día-noche y entre estaciones.

Por otro lado el hecho de que tenga una radiación solar tan intensa hace muy crítico por no decir imposible, lograr la máxima protección posible, ya que se evita detener no sólo la radiación directa sino también la difusa la cual es muy importante.

3.6. ISLA DE CALOR

¿Qué es la isla de calor?

La isla de calor es una situación urbana, de acumulación de calor por la inmensa cantidad de hormigón y otros materiales absorbentes del calor.

Esto se conoce como el efecto "isla de calor" y está asociado a la atmósfera urbana debido a que en las ciudades se concentran elementos contaminantes que aumentan la capacidad de absorción de la radiación solar incidente. La temperatura suele ser varios grados superior en las ciudades mientras que en la zona rural, suele ser más fresca.

El calor, así generado, no tiene una vía fácil de escape ya que los edificios dificultan la circulación del viento, lo que ocasiona un aumento de temperatura que a su vez provoca una circulación especial del aire parecida a la que se establece entre el Ecuador y los polos. El aire que se calienta en la zona central, asciende, enfriándose y desciende luego en las afueras de la ciudad. El aire más fresco procedente de las afueras de la ciudad intenta compensar el vacío provocado por el aire ascendente cerrando así el ciclo de circulación del viento.

Figura 46: Skyline de la ciudad de Santo Domingo
Fuente: www.skyscrapercity.com (julio 2012)

La temperatura en algunas ciudades latinoamericanas ha aumentado en los últimos años a causa del crecimiento urbano desmedido y la reducción de espacio verdes.

Santo domingo no es ajeno a esta situación ya que las temperaturas han ido en aumento al pasar los años y principalmente en las áreas urbanas. Santo Domingo tiene un déficit en áreas verdes incluyendo las zonas residenciales donde cada día los habitantes optan por cambiar esto por áreas pavimentadas, uno de los causantes de este fenómeno.

Al efecto de isla de calor que se produce en la ciudad de Santo Domingo hay que agregarle el alto contenido de humedad del aire, lo que genera una sensación térmica caracterizada por este típico calor húmedo.

Hay ciertos conceptos a tener claro y en consideración, debido a que estos son protagonistas en el fenómeno de la isla de calor y en los parámetros del confort.

Albedo o reflectancia

La radiación solar incluye la luz visible, luz infrarroja cercana, y luz ultravioleta.

El albedo, o reflectancia solar, es la proporción de la radiación solar reflejada a la cantidad total que cae en una superficie, conocido como la radiación solar incidente. Así también el albedo espectral de una superficie es definida como la razón entre la irradiancia difusa espectral, que es el resultado de la reflexión sobre el suelo, y la irradiancia espectral. Los valores de albedo recorren de 0, para absorbentes perfectos, a 1, para reflectores perfectos (Feister et al, 1995).

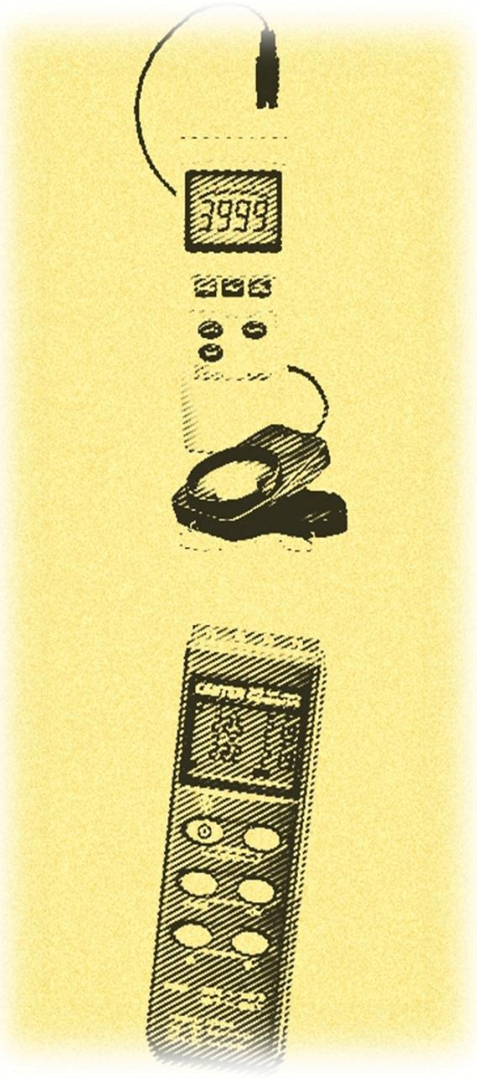
En estructuras de pavimento, la superficie más alta es la única capa que afecta albedo. Por lo tanto, la selección de tipo pavimento debe incluir también una consideración de albedo, ya que la generación de calor sobre la superficie es un tema importante. (Ver capítulo II acápite 2.5.1. propiedades de los materiales, pág. 35)

Emisividad

La emisividad ε de la superficie de un cuerpo es una medida de su capacidad de emitir radiación en comparación a la emitida por un cuerpo negro. En general la emisividad depende de la longitud de onda λ de emisión, del ángulo θ (polar) y φ (azimutal) en un sistema de coordenadas esféricas, y de la temperatura T.

Factor de visión de cielo

Es un número adimensional que representa la cantidad de cielo visible en una determinada ubicación. Este parámetro tiene una influencia significativa en la proporción de enfriamiento radiactivo nocturno y en las posibilidades de acceso al sol durante el día.



Capítulo IV
Evaluación Térmica y Lumínica

4. EVALUACIÓN TÉRMICA Y LUMÍNICA DE LOS PAVIMENTOS EN SANTO DOMINGO, REP. DOM.

4.1 LOS PAVIMENTOS EXTERIORES EN LA REPUBLICA DOMINICANA

En la República Dominicana se le otorga importancia a los pavimentos exteriores en las viviendas unifamiliares. Pero hay un problema, la importancia está mal orientada ya que no se busca asesoría adecuada para implementar el pavimento correcto y el que afecte menos el confort y el medio ambiente.

Normalmente se suelen usar pavimentos agresivos térmica y lumínicamente hablando.

El tipo de pavimento utilizado en una obra determinada, su composición y su colocación se adaptan al paisaje, clima y topografía, se alternan materiales, colores, texturas, escalas, etc.

Lugar de congregación, recreación, trabajo, servicios y de circulación, los espacios exteriores juegan una vital importancia en el desarrollo de la vida social dominicana. En una nación donde las construcciones de viviendas múltiples en altura han tomado un auge relativamente tardío (últimos 30 años). El dominicano guarda en su psicosis ese espacio abierto de la vivienda donde distenderse y desahogar su morada.

Las grandes urbanizaciones de la ciudad de Santo Domingo, capital de la República Dominicana, son el resultado de grandes migraciones rurales del siglo pasado, trayendo consigo esa necesidad del patio a que estaban acostumbrados en sus localidades de origen.

Las viviendas urbanas de carácter social de inicios y mediados del siglo XX, (época en que se inició el gran desarrollo urbano en la ciudad capital) fue proyectada en terrenos muy rectangulares, siendo el frente el lado corto y restando una gran cantidad de terreno en la parte trasera del lote. Esta situación fue aprovechada de distintas maneras: anexos a las viviendas, nuevas viviendas conectadas a la vía por callejones e incluso locales comerciales en estas grandes extensiones de terreno. Estas dieron como resultado pequeños patios o áreas exteriores entre la edificación original y la agregada.

Por una u otra razón, el hormigón se convirtió en el pavimento más utilizado en las áreas exteriores de las viviendas de las principales urbanizaciones de escasos recursos de nuestro país, y no el césped. Quizás por razones de circulación con las construcciones existentes, por razones de mantenimiento, por la cantidad de lluvia que cae la cual implica la entrada de fango a las casas y hasta por el uso (área de lavado, almacén), pavimentar con hormigón toda la extensión del área exterior, se tornó casi un estándar.

Para cubrir luego la necesidad del "verde" en sus patios, agregan maceteros para sembrar plantas.

Por razones económicas, otra alternativa de las viviendas unifamiliares de escasos recursos era la de no intervenir las áreas exteriores, manteniendo la tierra existente tal cual e incluso permitiendo, en muchos casos, el crecimiento de malezas salvajemente.

En la vivienda de clase media y media alta los pavimentos más utilizados en esta referida época fueron la piedra laja, los adoquines y losetas de arcilla.

En los últimos años, los desarrolladores y una cada vez mayor porción de los propietarios de viviendas han tomado consciencia sobre la incidencia térmica del pavimento exterior hacia el interior de la vivienda y del patio en sí, aunque el concepto de permeabilidad sigue siendo muy poco conocido y por razones de economía y rapidez optan por colocar materiales no muy buenos para mitigar el calor hacia el interior de la vivienda

Los propietarios de viviendas económicas están utilizando pavimentos mixtos (hormigón-césped, cerámica de exteriores-césped, hormigón frotado, etc.).

Entre los materiales de pavimentos exteriores más comúnmente utilizados en Santo Domingo y basados en la clasificación que realizamos en el capítulo II citaremos los siguientes en orden de uso, siendo el número uno el más utilizado.

1. Hormigón
2. Piso natural (tierra)
3. Césped
4. Grava/ gravilla
5. Pavimentos Cerámicos
6. Piedra laja
7. Adoquines
8. Pavimentos porosos
9. Madera

4.2 CASOS DE ESTUDIO

4.2.1 Descripción de los casos de estudio

De la tipología de pavimentos más usados en la Republica Dominicana y basados en investigaciones previas sobre dichos pavimentos, su comportamiento físico y químico; se ha optado por escoger tres pavimentos para analizar su incidencia lumínica y térmica hacia el interior de la vivienda; estos pavimentos son:

- Grava
- Césped
- Hormigón

La selección de estos pavimentos corresponde al alto uso de ellos con respecto a otros que pudieran ser mejores soluciones y por la poca conciencia que existe a la hora de emplear materiales de alta emisividad y reflectancia. Por estas razones decidimos analizarlos en una zona residencial, donde las personas son testigos fieles de las incidencias que presentan estos hacia el interior de sus viviendas y debido a los siguientes factores que lo consideramos importante para el desarrollo del mismo:

1. La ubicación dentro del gran Santo Domingo, dado al aumento de las temperaturas, ocasionada por la isla de calor y que ésta a su vez es ocasionada por una serie de condicionantes entre estas están la cantidad de pavimentación y/o suelo no permeable que forma la ciudad.
2. La tipología arquitectónica que sigue un patrón de forma y materiales manteniendo ambos muy similares en más de un 90% de las casas del residencial, donde los habitantes realizan la mínima intervención; en estos casos realizados al pavimento exterior del patio de la vivienda, muchas veces sin un criterio adecuado para su ejecución.

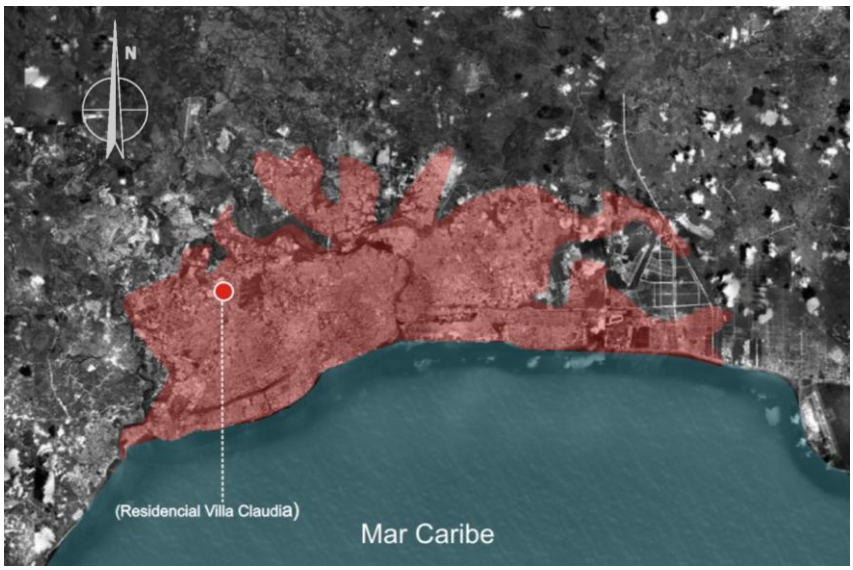


Figura 47: Ubicación residencial en la ciudad de Santo Domingo
Fuente: Google earth, manipulación de imagen por la autora.

Figura 48: Ubicación y tipologías del residencial
Fuente: Google earth, fotos tomadas por la autora (julio 2012)

La conformación espacial de las casas responde a un esquema usualmente utilizado en la mayoría de viviendas unifamiliares correspondiente a la clase media en la Rep. Dominicana, la cual se realiza en 1 o 2 niveles.

Teniendo el residencial seleccionado se hizo un estudio de campo para la selección de las 3 viviendas cuyos pavimentos exteriores nos proporcionaran los datos necesarios para nuestras posteriores comparaciones y mediciones.

Se seleccionaron las casas siguientes según los criterios antes mencionados:

- Casa con pavimento de césped.
- Casa con pavimento de grava
- Casa con pavimento de hormigón.

Se trató de conseguir un residencial que cumpliera con los lineamientos planteados en un inicio y con ello queriendo que las viviendas fueran lo más parecidas posibles para que las diferencias no influyeran directamente en la toma de medidas y los posteriores resultados a analizar.

La distribución en el interior de estas casas corresponde al siguiente esquema:

Primero Nivel:

Galería-sala- comedor-marquesina-cocina-terraza-área de lavado- habitación de servicio-patio

Segundo Nivel:

3 dormitorios-2 baños- sala familiar.

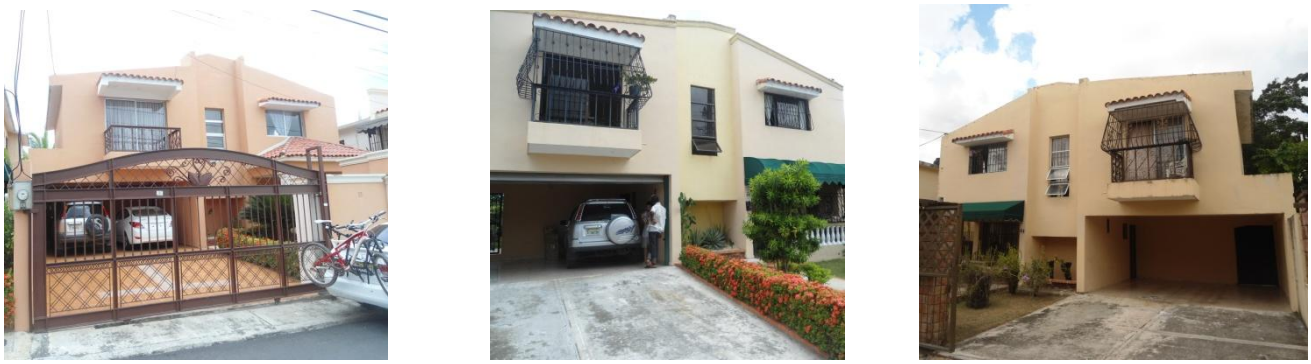


Figura 49: Fotos exteriores de los casos a estudiar
Fuente: Fotos tomadas por la autora (Julio 2012)

Caso #1 vivienda pavimento de grava

Esta vivienda corresponde a la vivienda de grava, anteriormente mencionamos los espacios que la componen; teniendo 280 m2 de lote. Esta casa presenta una terraza semi abierta lo cual nos obliga hacer mediciones en otro espacio colindante a este teniendo así resultados de 4 medidas.

A continuación presentaremos fotografías y los esquemas arquitectónicos de cómo está conformada la vivienda para tener una clara visión del porque de los resultados obtenidos en esta investigación, tanto a nivel lumínico como el térmico y los lugares específicos donde se realizaron dichas mediciones.

En el interior las medidas se realizaron a la altura del espacio de trabajo o de la actividad a realizar.

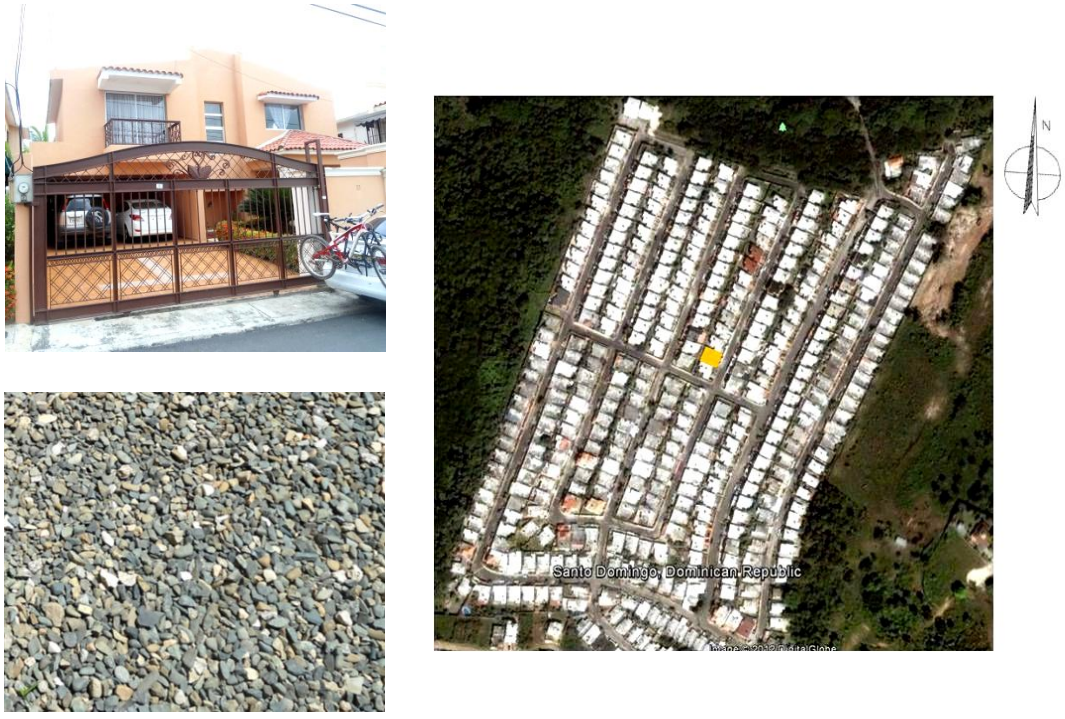


Figura 50: Foto exterior de la vivienda (Arriba Izquierda) Foto del pavimento (Abajo izquierda) Ubicación de la casa (derecha)
Fuente: Elaborado por la autora

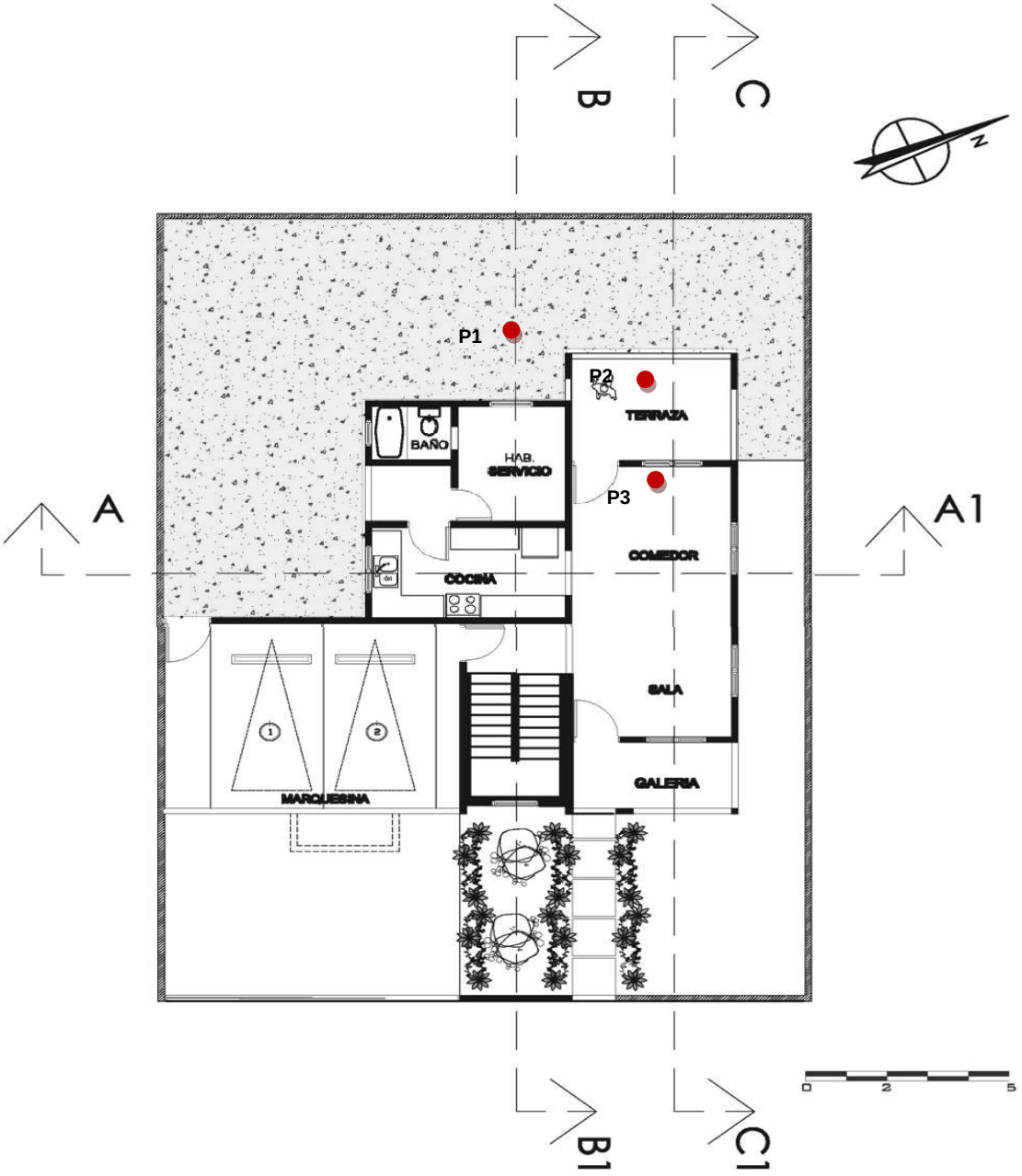


Figura 51: Planta arquitectónica primer nivel caso #1
Fuente: Elaborado por la autora

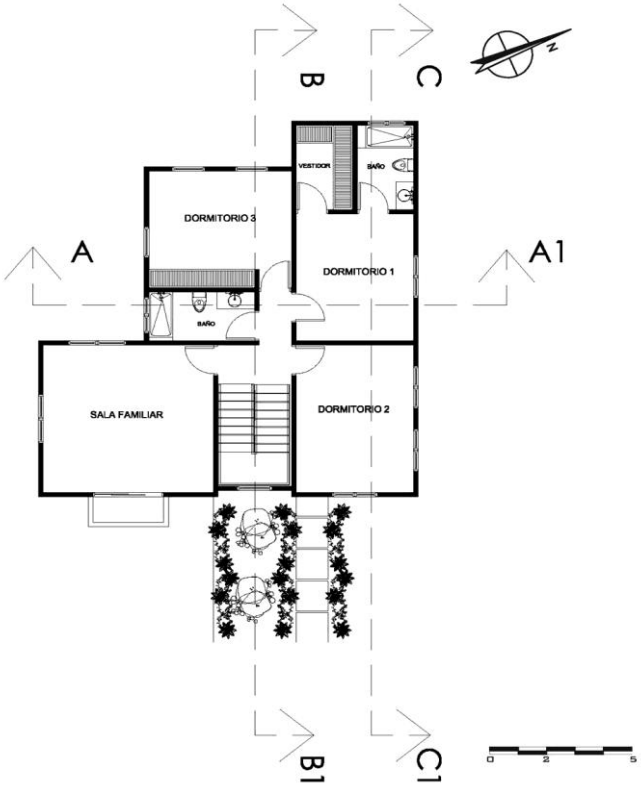


Figura 52: Planta segundo nivel
Fuente: Elaborado por la autora

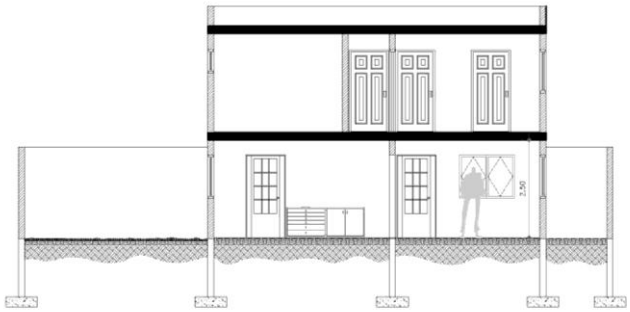


Figura 53: Sección A-A1
Fuente: Elaborado por la autora

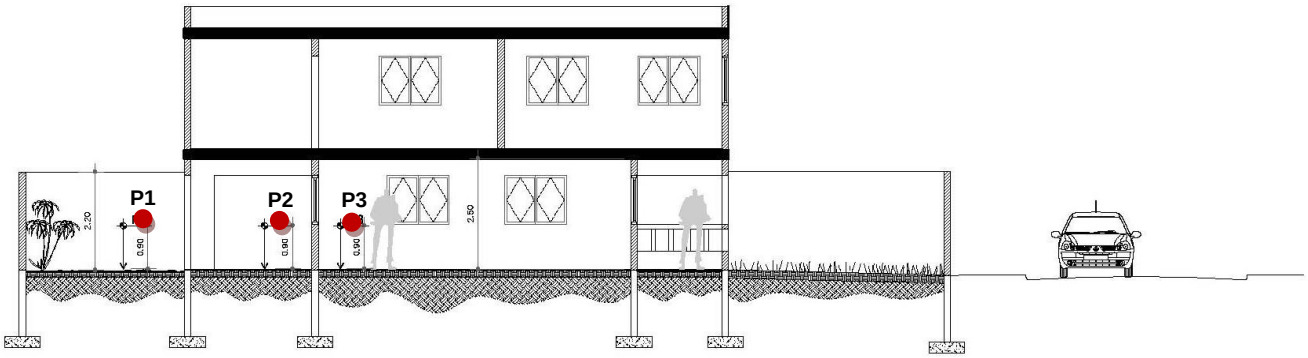


Figura 54: Sección C-C1
Fuente: Elaborado por la autora

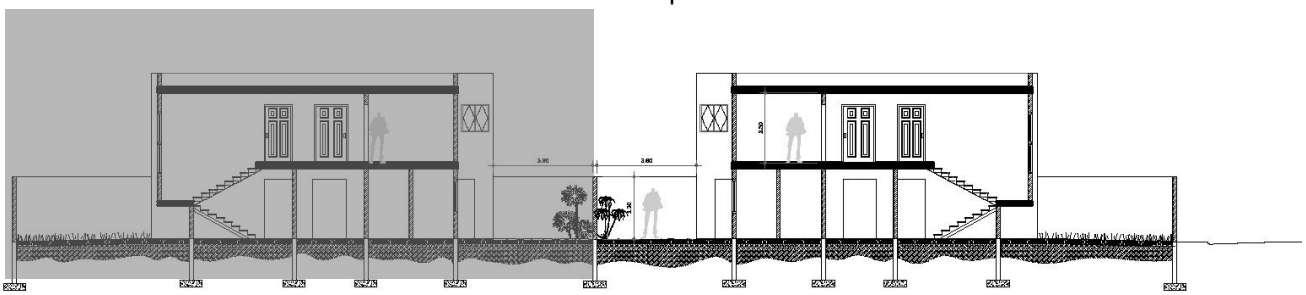


Figura 55: Sección B-B1
Fuente: Elaborado por la autora

Caso #2 vivienda pavimento de césped

Esta vivienda corresponde a la vivienda de césped, la que se encuentra en el estado más natural de cuando la adquirieron. Los espacios que la componen son los mismos que en la vivienda de grava, variando el tamaño del lote que asciende a 350 m2 y haciendo ligeras modificaciones. Esta casa presenta una terraza cerrada pero con posibilidades de apertura lo cual nos hizo hacer solamente 3 mediciones.

A continuación presentaremos fotografías y los esquemas arquitectónicos de cómo está conformada la vivienda para tener una clara visión del porque de los resultados obtenidos en esta investigación, tanto a nivel lumínico como en el aspecto térmico. Se presentan los lugares donde se realizaron las mediciones.

En el interior las medidas se realizaron a la altura del espacio de trabajo o de la actividad a realizar.

Figura 56: Ubicacion y material del caso 2
Fuente: Elaborado por la autora

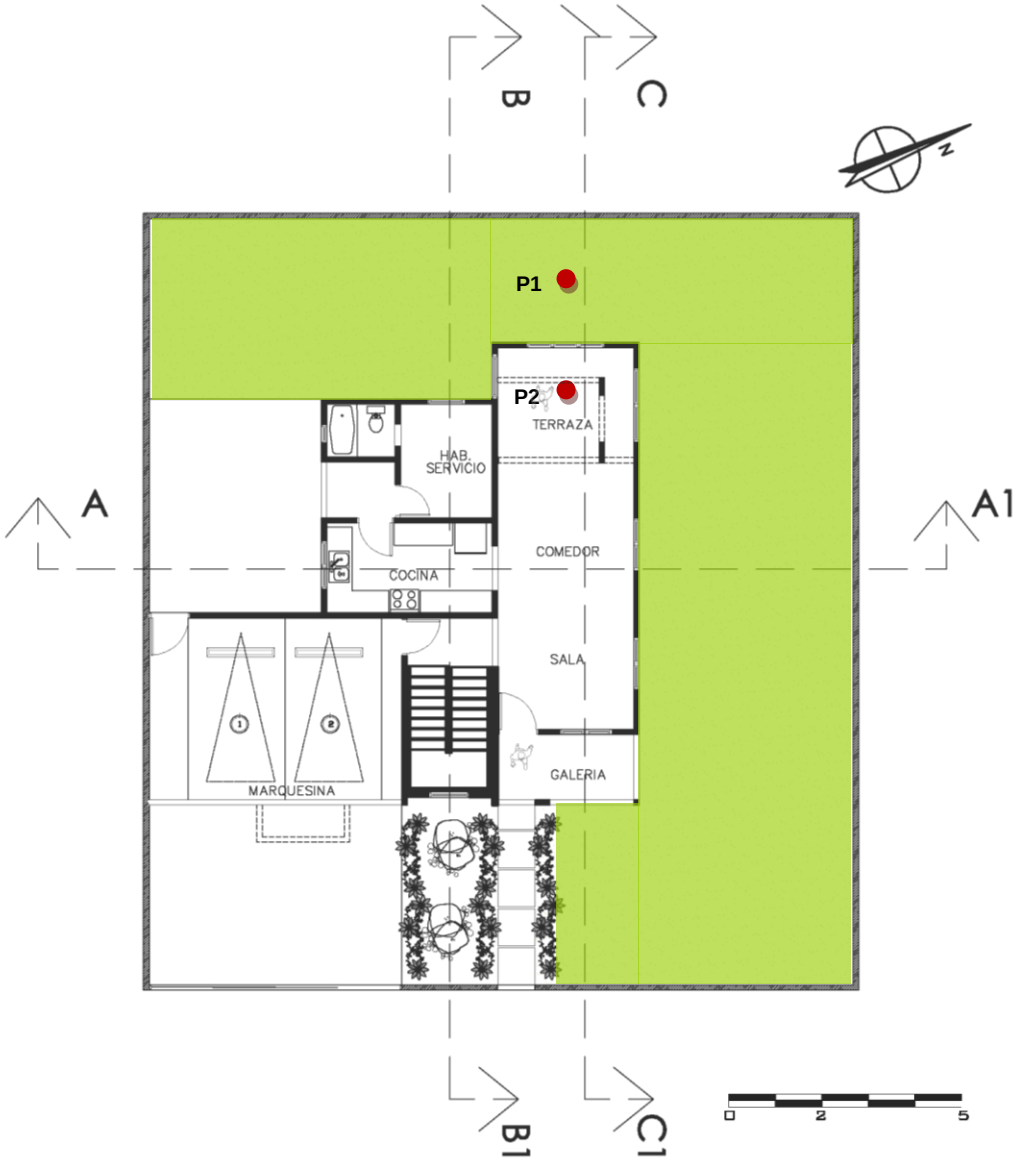


Figura 57: Planta arquitectónica primer nivel caso #2
Fuente: Elaborado por la autora

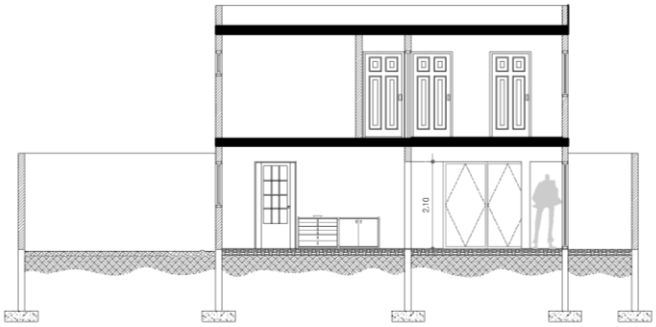


Figura 59: Sección A-A1
Fuente: Elaborado por la autora

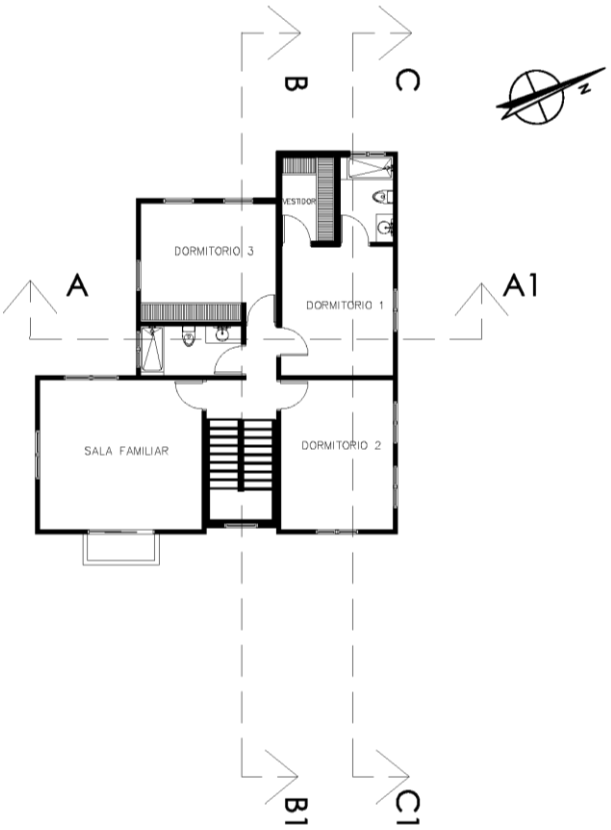


Figura 60: Planta arquitectónica segundo nivel
Fuente: Elaborado por la autora

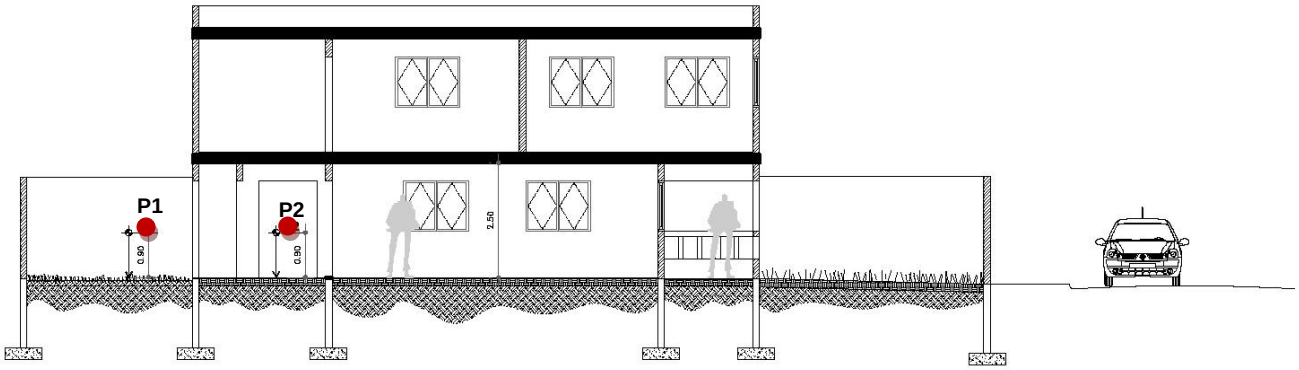


Figura 58: Sección C-C1
Fuente: Elaborado por la autora

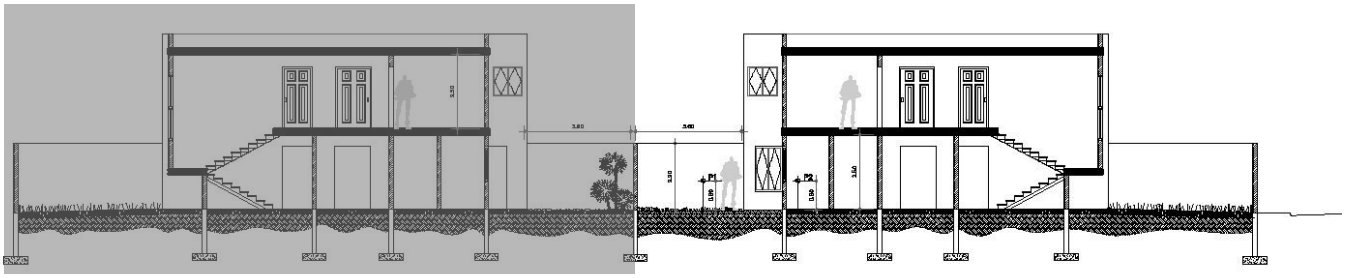


Figura 61: Sección B-B1
Fuente: Elaborado por la autora

Caso #3 vivienda pavimento de hormigón

Esta vivienda según pudimos constatar es muy caliente, anteriormente mencionamos los espacios que la componen; teniendo 280 m2 de lote. Esta casa presenta una terraza semi abierta lo cual nos obliga hacer mediciones en otro espacio colindante a este teniendo así resultados de 4 medidas.

A continuación presentaremos fotografías y los esquemas arquitectónicos de cómo está conformada la vivienda para tener una clara visión del porque de los resultados obtenidos en esta investigación, tanto a nivel lumínico como el térmico y los lugares específicos donde se realizaron dichas mediciones.

En el interior las medidas se realizaron a la altura del espacio de trabajo o de la actividad a realizar.

Presentaremos paralelamente unas secciones donde podremos ver el grado obstrucción que tiene la casa a la hora de medir el factor de iluminación.

Figura 62: Foto exterior de la vivienda (Arriba Izquierda) Foto del pavimento (Abajo izquierda) Ubicación de la casa (derecha)
Fuente. Elaborada por la autora

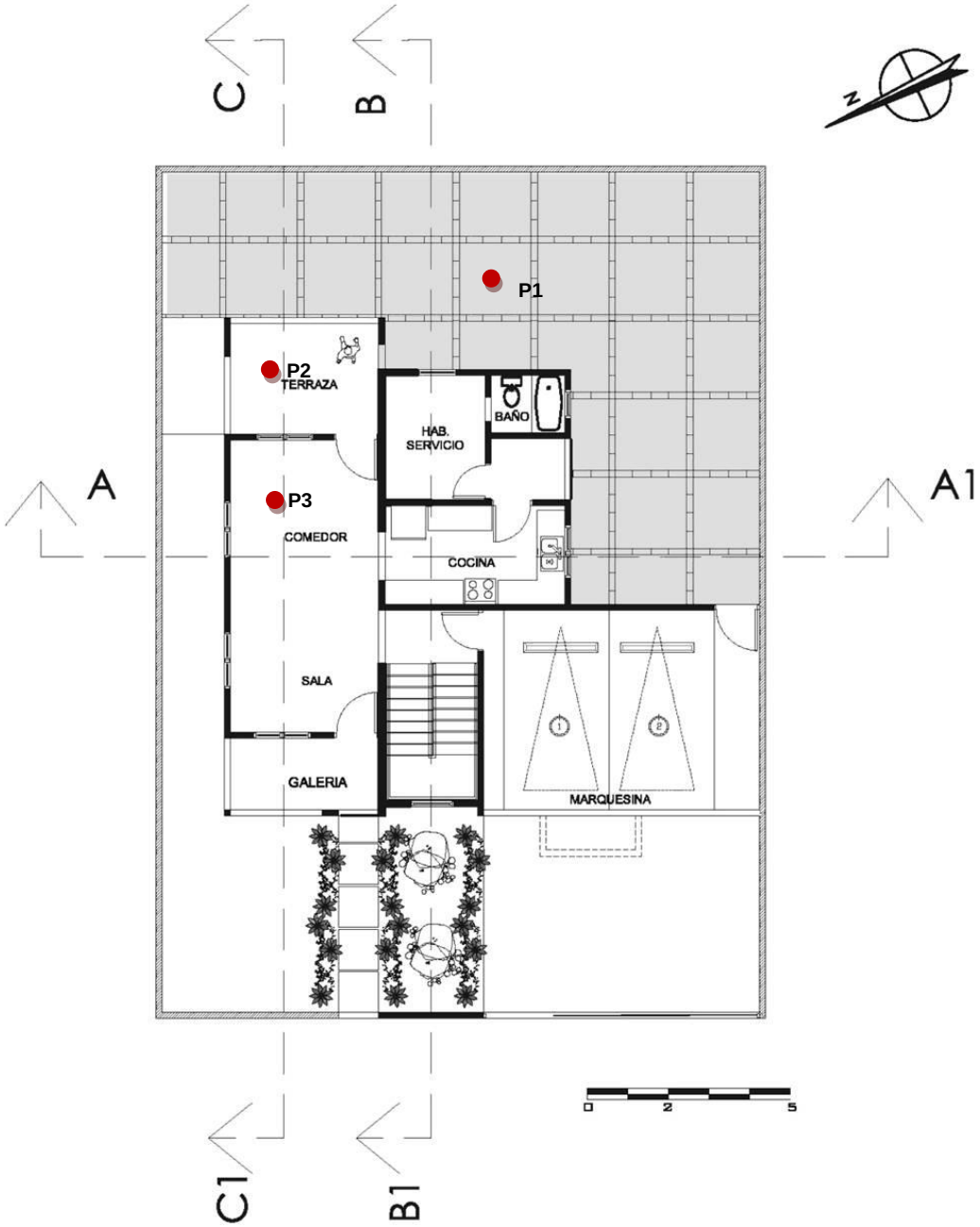


Figura 63: Planta arquitectónica primer nivel caso #3
Fuente. Elaborado por la autora.

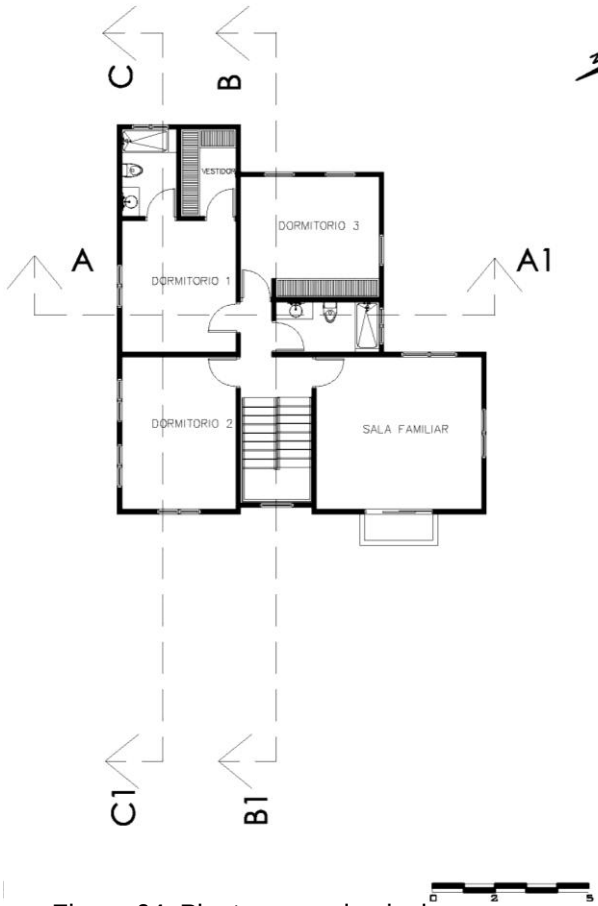


Figura 64: Planta segundo nivel
Fuente: Elaborado por la autora

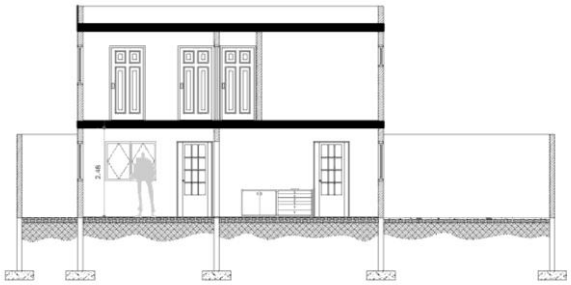


Figura 65: Sección A-A1
Fuente: Elaborada por la autora

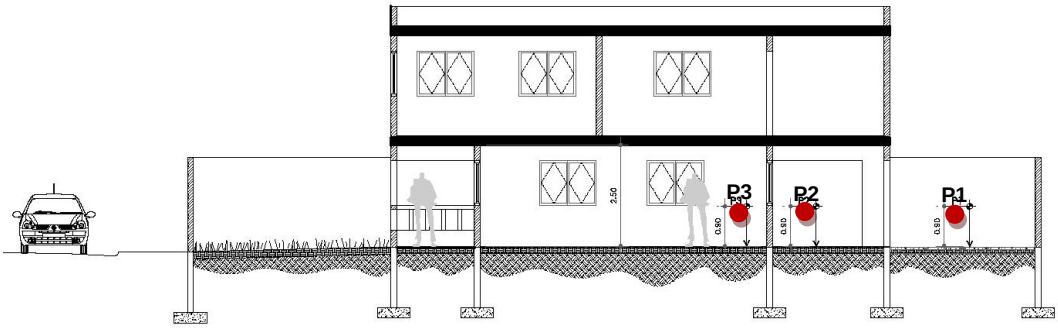


Figura 66: Sección C-C1
Fuente: Elaborado por la autora

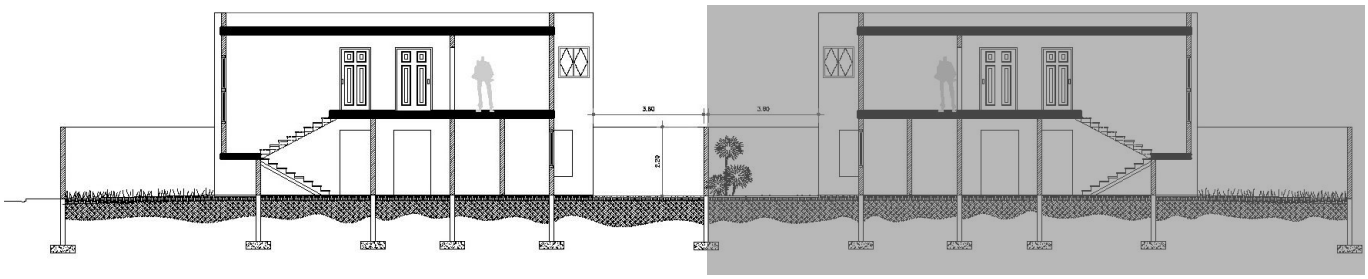


Figura 67: Sección B-B1
Fuente: Elaborado por la autora

4.3. MEDICIONES TÉRMICAS Y LUMÍNICAS

4.3.1 Procedimiento

El objeto de este estudio es la de analizar las cualidades ambientales y de los pavimentos exteriores en relación a la acción de éstos sobre el ambiente interior de la vivienda.

Antes de presentar y observar los resultados se hará una introducción general describiendo el método empleado en el estudio para tener presente las limitaciones y ventajas del sistema empleado.

Método cuantitativo:

Se realiza tomando mediciones "in situ" permitiéndonos examinar los datos de una manera científica y/o numérica mediante la ayuda de aparatos. Este método es el que más se acerca a la realidad y siempre dependerá de lo que se quiera medir, la precisión de los aparatos y su fiabilidad.

Hay un factor negativo de este método y es que se pueden presentar situaciones imprevisibles que dificultarían la toma de datos.

Posibles ventajas y desventajas que nos ofrece este método serian:

Ventajas	Posibles Desventajas
Objetivo	Complejidad
Confirmatorio	Imprevistos
Real	Aparatos mal calibrados
Generalizable	

Se realizó un plan de medidas donde se establecieron días, horas y zonas de mediciones

Mediciones lumínicas:

Tipo de medición: lumínica

Tiempo de medición: 1dia

Frecuencia: 4 intervalos durante el día

Periodo de medición: 10-17h

Equipos de medidas:

- Light meter Lux/ FC (sper scientific) No. Q439838(PPA078)
- Cámara Canon EOS

Consideraciones:

Se busca medir el nivel lumínico exterior e interior durante el periodo de luz natural y ver las iluminancias y luminancias a través de fotografías luego procesadas en software HDR y gráficos.

Mediciones Térmicas:

Tipo de medición: higrotérmica
Tiempo de medición: 1 día
Frecuencia: 4 intervalos durante el día
Periodo de medición: 10-17h

Equipos de medidas:

- Center thermometer 309
- Solarimeter SL 200 (kimo)
- VWR panel mount digital thermometer

Consideraciones:

Mediciones de la temperatura del aire exterior, humedad relativa, radiación global y la temperatura del aire interior de la vivienda, así como la temperatura superficial del pavimento.

Se realizaran mediciones en tres puntos, uno en la superficie del pavimento, en el ambiente exterior y otra en el interior de la vivienda. En dos de los 3 casos a estudiar tendremos 4 medidas debido a que la terraza es abierta y así podremos estudiar más a fondo el comportamiento en el interior.

4.4 RESULTADOS

- **Mediciones Térmicas:**

Al igual que en el caso de las mediciones lumínicas para obtener las graficas de relación entre temperatura del aire exterior, temperatura interior, temperatura superficial del pavimento exterior y la radiación global, se colocaron aparatos dentro y fuera de la vivienda para contabilizar el cambio de las temperaturas.

- **Mediciones Lumínicas:**

Para poder obtener las graficas de la cantidad de luz existente dentro y fuera de la vivienda, se colocaron en 3 puntos distintos. Se tomo nota de los valores, donde se puede visualizar como estos decrecen.

Resultados térmicos exteriores:

A continuación detallaremos a través de tablas y graficas los datos suministrados por la ONAMET (Oficina Nacional de Meteorología) de la Rep. Dominicana desde la estación del higüero, próximo a la localidad seleccionada. Veremos las oscilaciones de las temperaturas exteriores y de la humedad relativa cuyos resultados los relacionaremos con los medidos en campo.

Tabla 15: Relación temperatura del aire exterior y humedad relativa
Fuente: Oficina Nacional de Meteorología Santo Domingo

Hora	Temperatura del aire exterior ^{o}C	Humedad %
00:00:00	26	84.1
00:30:00	25	109.2
00:45:00	25	109.8
01:00:00	25	109.5
01:30:00	25	108.7
01:45:00	25	108.0
02:00:00	25	108.6
02:30:00	25	108.4
02:45:00	25	108.3
03:00:00	25	108.3
03:30:00	25	108.0
03:45:00	25	107.6
04:00:00	25	107.6
04:30:00	25	107.9
04:45:00	25	108.0
05:00:00	25	108.2
05:30:00	25	108.6
05:45:00	25	108.5
06:00:00	25	108.9
06:30:00	25	109.1
06:45:00	25	109.2
07:00:00	25	109.2

Hora	Temperatura del aire exterior °C	Humedad %
07:30:00	25	109.4
07:45:00	25	109.7
08:00:00	24	109.6
08:30:00	25	109.1
08:45:00	25	109.0
09:00:00	25	109.0
09:30:00	26	109.2
09:45:00	26	109.1
10:00:00	**27**	**89.0**
10:30:00	**27**	**88.0**
10:45:00	**27**	**85.0**
12:00:00	**32**	**80.0**
12:30:00	**32**	**79.0**
12:45:00	**32**	**78.0**
14:00:00	**29**	**94.2**
14:30:00	**29**	**89.0**
14:45:00	**29**	**87.0**
16:00:00	**31**	**75.0**
16:30:00	**32**	**77.0**
16:45:00	**32**	**81.2**
17:00:00	30	77.0
17:30:00	30	78.6
17:45:00	30	79.3
18:00:00	27	78.8
18:30:00	27	75.7
18:45:00	27	73.9
19:00:00	28	75.6
19:30:00	27	73.6
19:45:00	26	72.0
20:00:00	31	66.4
20:30:00	30	67.4
20:45:00	30	67.4
21:00:00	30	69.5
21:30:00	29	66.1
21:45:00	30	64.7
22:00:00	30	65.1
22:30:00	29	68.6
22:45:00	29	70.2
23:00:00	28	71.9
23:30:00	28	72.2
23:45:00	28	75.0
24:00:00	27	76.1

Renglón de horas en las que se tomo las iluminancias y la temperatura interior y de superficie del pavimento. (Ver datos globales en el anexo pagina 119)

Graficas temperatura del aire exterior:

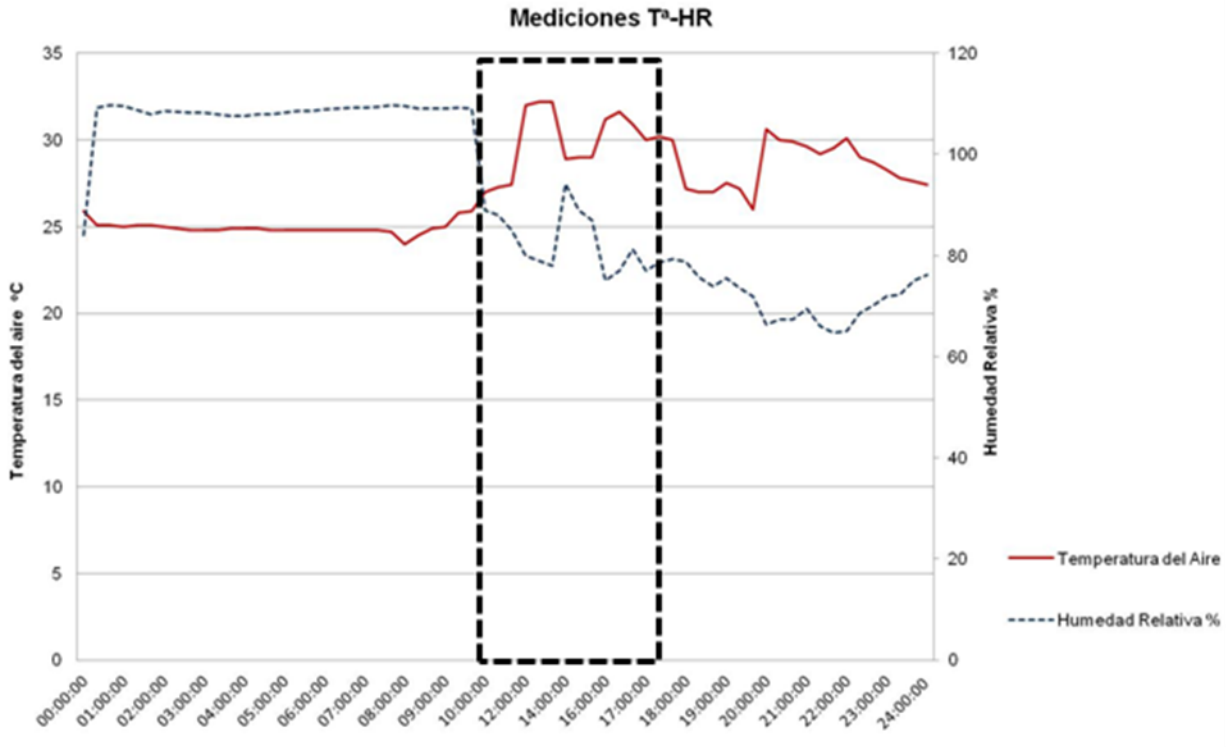


Figura 68 : Relación entre temperatura del aire y la humedad realtiv
Fuente: Oficina nacional de meteorología Santo Domingo, grafico elaborado por la autora

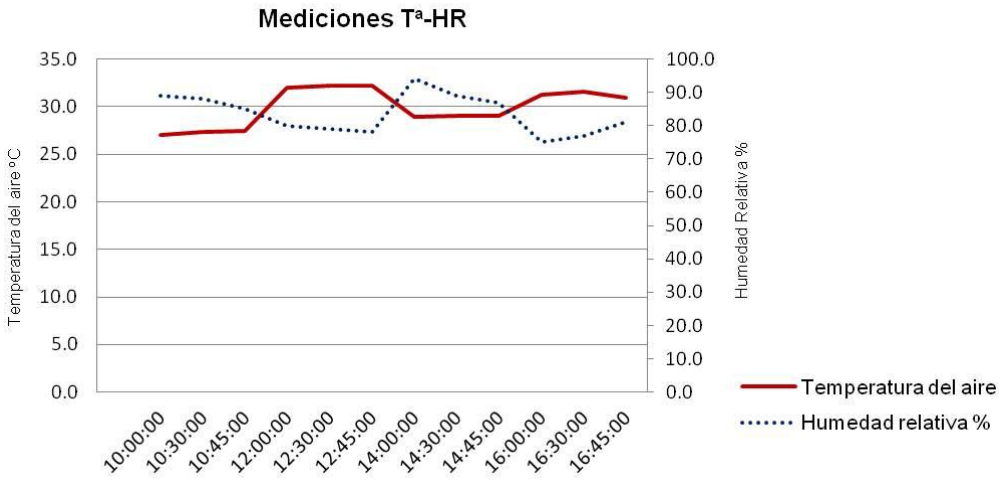


Figura 69: Relación entre temperatura del aire y humedad relativa en las horas medidas
Fuente: Oficina nacional de meteorología Santo Domingo, grafico elaborado por la autora

4.4.1 Caso #1 vivienda pavimento de grava

Esta vivienda es la primera en medirse en cada uno de los periodos de medición, siempre se inicia a la hora en punto ya pautada para medir iniciando a las 10:00 am y finalizando a las 16:00 pm del día 9 de julio del 2012, vimos en el plano como se distribuyeron los puntos a medir y a continuación la temperatura exterior existente a la hora de medir la temperatura interior.

Temperatura del aire exterior-interior del caso #1

Fecha	Hora	Temperatura Exterior °C	Temperatura Interior °C
09/07/09	10:00:00	27	30
09/07/09	12:00:00	32	33
09/07/09	14:00:00	29	34
09/07/09	16:00:00	31	32

Tabla 16: Temperatura del aire exterior –interior
Fuente: Oficina nacional de meteorología y datos tomados por la autora

Se puede apreciar como la temperatura interior se incrementa con respecto a la exterior de hasta un aumento de 5 grados en las horas más calurosas y donde el aumento menor es de 1 grado en las horas donde ya va descendiendo las temperaturas. Se hace la salvedad que en el espacio más próximo al pavimento se midió pero no consta en las tablas dado que es irrelevante ya que la temperatura se mantiene igual a la exterior.

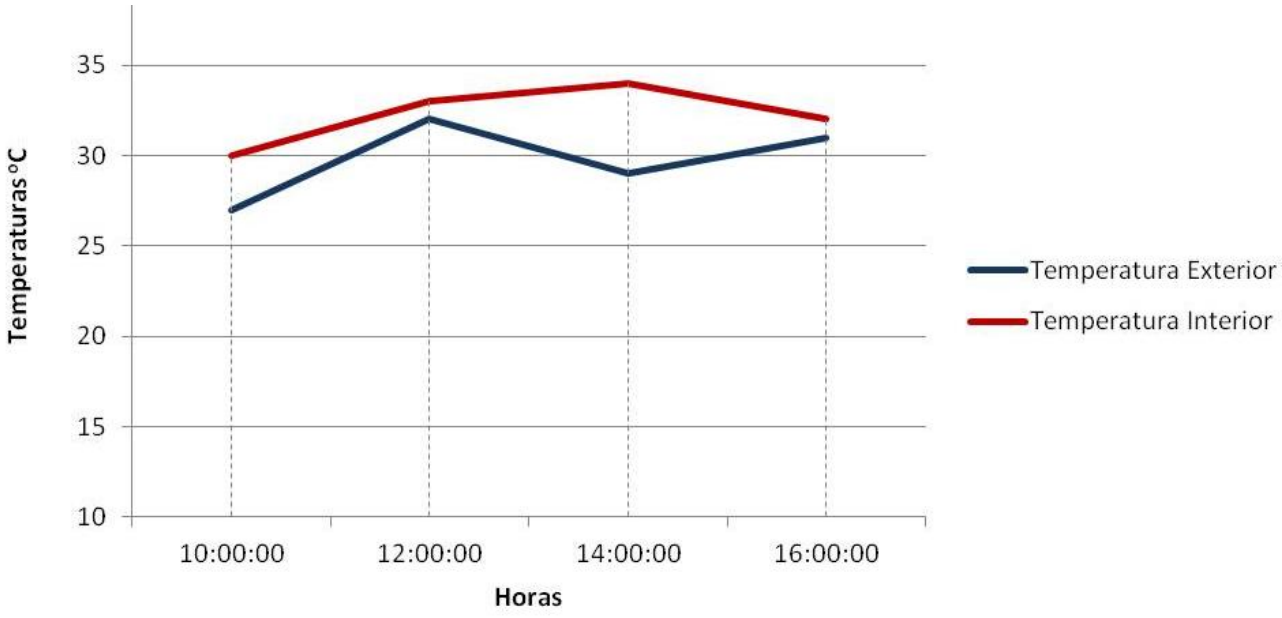


Figura 70: curva de la temperatura del aire exterior-interior
Fuente: Oficina nacional de meteorología y datos medidos por la autora

Temperatura superficial del caso #1

Vemos a continuación la temperatura superficial de la grava en los distintos horarios medidos, podemos observar que la hora en la que el pavimento emite más calor es la de las 14:00 pm seguida de las 16:00 pm.

Fecha	Hora	Temperatura Superficial Material °C	Radiación-Directa W/m2	Radiación (global) W/m2
09/07/09	10:00:00	36	4	623
09/07/09	12:00:00	41	121	733
09/07/09	14:00:00	49	777	989
09/07/09	16:00:00	46	265	769

Tabla 17: Temperatura superficial del pavimento de grava
Fuente: mediciones tomadas por la autora y por meteorología

La siguiente gráfica nos muestra la curva de la temperatura superficial donde vemos que va en aumento según pasa el día y el pico que se genera es en la hora más calurosa correspondiente a las 14:00 pm y luego va en descenso. Esto corresponde a las vez al factor de reflectancia y emisividad de este tipo de pavimento y al cumulo de calor a lo largo del día.

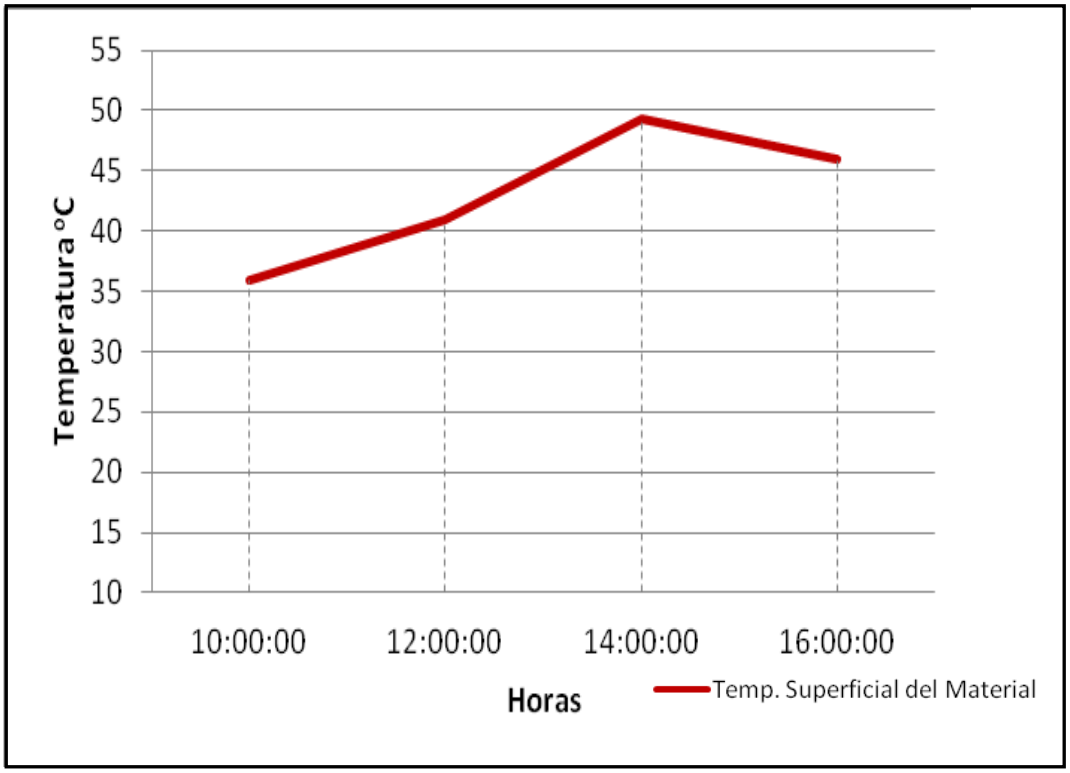


Figura 71: Curva de temperatura superficial del pavimento
Fuente: Elaborado por la autora

Iluminancias y daylight factor caso #1

En la siguiente tabla podemos apreciar la cantidad de iluminancia que existe dentro de la vivienda y la cantidad en el exterior, del mismo modo podemos observar el daylight factor correspondiente a dichas iluminancias expresado en porcentajes.

Hora	Iluminancia Exterior	Iluminancia Interior 1	Iluminancia Interior 2	Daylight Factor 1	Daylight Factor 2
10:00:00	7,400	1,080	150	14.59%	2.03%
12:00:00	46,500	2,750	265	5.91%	0.57%
14:00:00	11,200	3,700	280	33.04%	2.50%
16:00:00	8,150	1,100	150	13.50%	1.84%

Tabla 18: Iluminancias y daylight factor
Fuente: Elaborado por la autora

Al igual que en las temperaturas podemos observar que en la curva vemos dos picos considerables uno a las 12 que es cuando bajo un poco el daylight factor y el de las 14:00 pm que subió drásticamente, este caso es distinto ya que se realizaron mediciones fuera y en dos lugares de la vivienda, el que tenía contacto directo con el pavimento y el espacio contiguo a este.

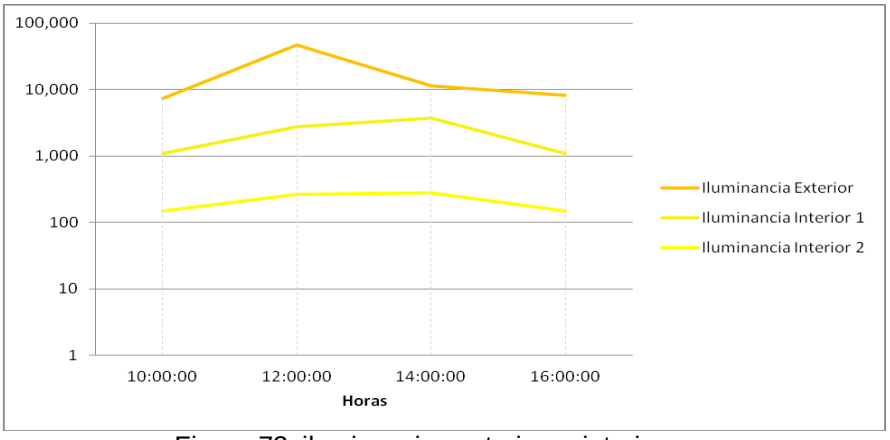


Figura 72: iluminancias exteriores-interiores
Fuente: Elaborado por la autora

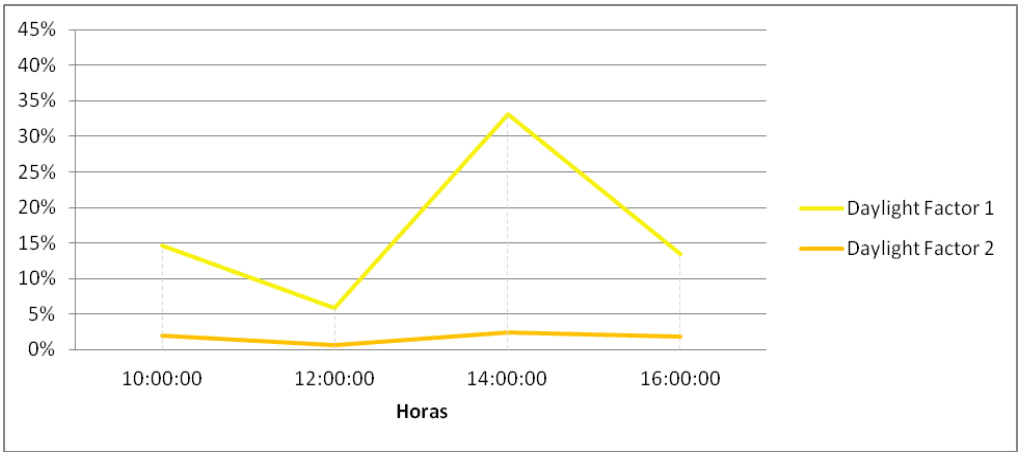


Figura 73: Daylight factor
Fuente: Elaborado por la autora

Representación de contraste de luminancias caso #1

Las luminancias de los espacios han sido realizadas con fotografías en secuencias y luego transformadas en HDR para saber las Cd/m2 que existe en los lugares medidos en los distintos horarios. Se procuró poner todas las fotografías a la misma escala grafica en cada caso.

Luminancias 10:00 am

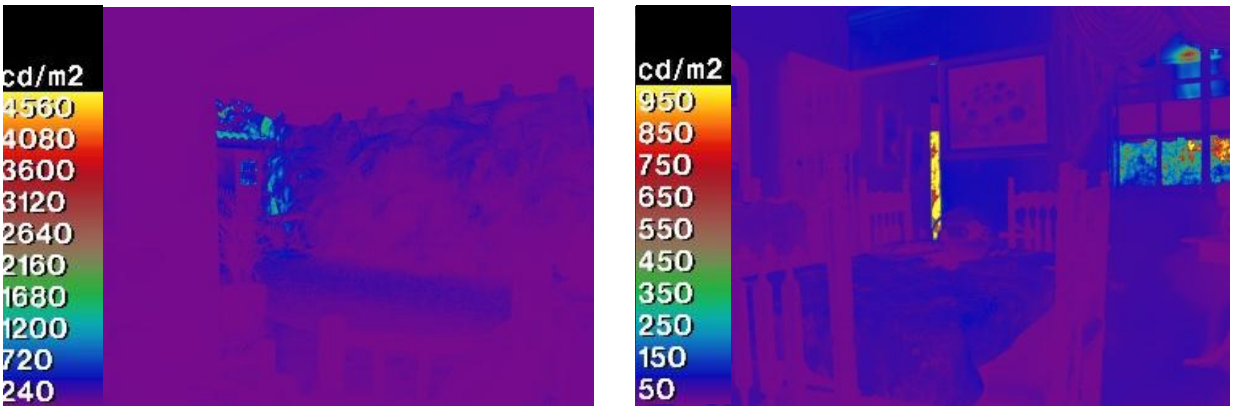


Figura 74: Luminancia exterior (Izquierda) luminancia interior (derecha)
Fuente: Fotografía tomada por la autora y editada en el programa http://www.jaloxa.eu/webhdr/roll-your-own.shtml (julio 2012)

Luminancias 12:00 am

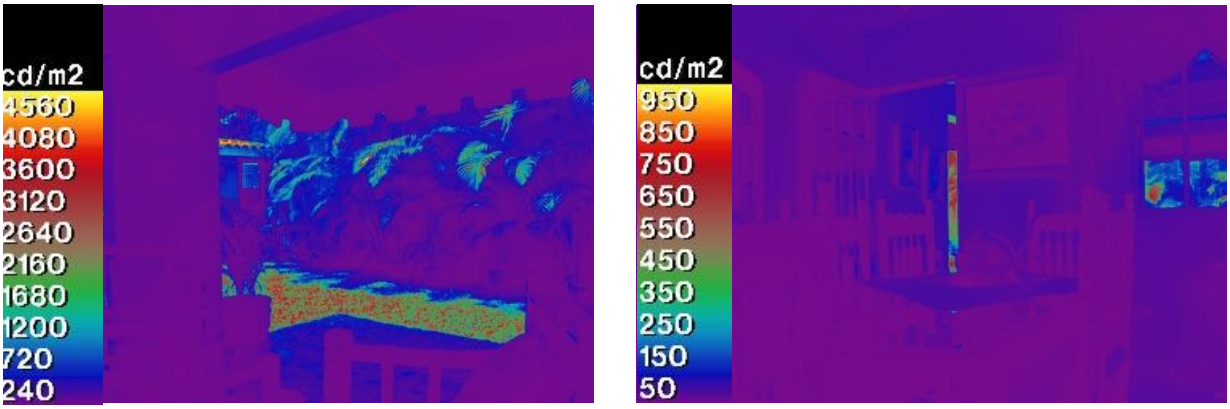


Figura 75: Luminancia exterior (izquierda) luminancia interior (derecha)
Fuente: Fotografía tomada por la autora y editada en el programa http://www.jaloxa.eu/webhdr/roll-your-own.shtml (julio 2012)

Luminancias 2:00 pm

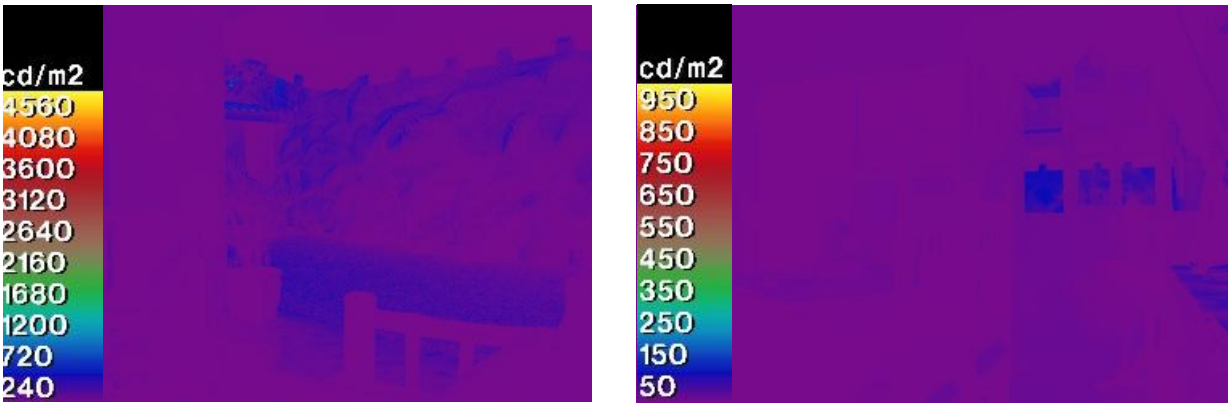


Figura 76: Luminancia exterior (izquierda) luminancia interior (derecha)
Fuente: Fotografía tomada por la autora y editada en el programa http://www.jaloxa.eu/webhdr/roll-your-own.shtml (julio 2012)

Luminancias 4:00 pm

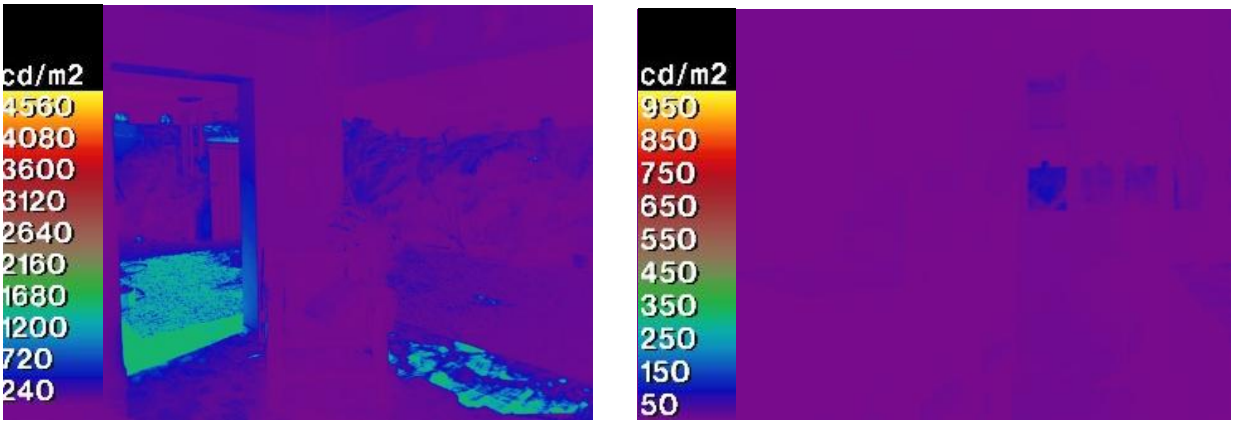


Figura 77: Luminancia exterior (izquierda) luminancia interior (derecha)
Fuente: Fotografía tomada por la autora y editada en el programa http://www.jaloxa.eu/webhdr/roll-your-own.shtml (julio 2012)

4.4.2 Caso #2 vivienda pavimento de césped

Esta vivienda fue la segunda en medirse en cada uno de los periodos de medición, siempre se inicia a la y media de cada hora ya pautada para medir iniciando a las 10:30 am y finalizando a las 16:30 pm del día 9 de julio del 2012, vimos en el plano como se distribuyeron los puntos a medir y a continuación la temperatura exterior existente a la hora de medir la temperatura interior.

Temperatura del aire exterior-interior del caso #2

Fecha	Hora	Temperatura Exterior °C	Temperatura Interior °C
09/07/09	10:30:00	27	28
09/07/09	12:30:00	32	32
09/07/09	14:30:00	29	30
09/07/09	16:30:00	32	31

Tabla 19: Relación de la temperatura del aire exterior- interior
Fuente: Oficina nacional de meteorología y datos tomados por la autora

Se puede apreciar como la temperatura interior se incrementa ligeramente con respecto a la exterior teniendo solo 1 grado de diferencia en las horas más calurosas; se aprecia un ligero descenso de 2 grados con respecto al valor anterior que corresponde a las 12:30. Como podemos ver en la figura la curva de temperatura interior se mantiene muy similar a la temperatura exterior.

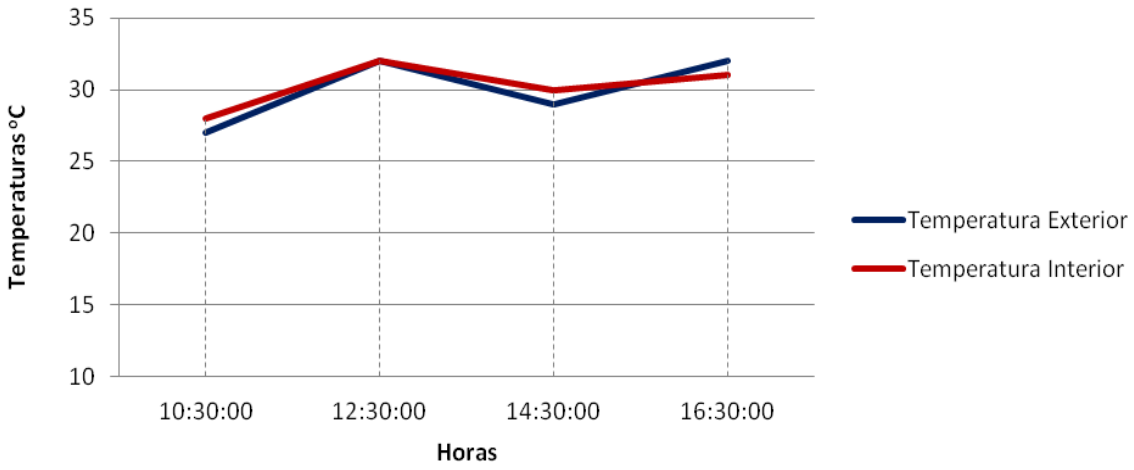


Figura 78: Curva de la temperatura del aire exterior-interior
Fuente: Oficina nacional de meteorología y datos tomados por la autora

Temperaturas superficiales del caso #2

Vemos a continuación la temperatura superficial del césped en los distintos horarios medidos, podemos observar que la hora en la que el pavimento emite más calor es la de las 14:30 pm seguida de las 16:30 pm.

Fecha	Horas	Temperatura Superficial Material °C	Radiación-Directa W/m2	Radiación (global) W/m2
09/07/09	10:30:00	30	28	872
09/07/09	12:30:00	37	205	983
09/07/09	14:30:00	44	753	1,099
09/07/09	16:30:00	40	919	602

Tabla 20: Temperatura superficial del pavimento de césped
Fuente: mediciones tomadas por la autora y por meteorología

La siguiente gráfica nos muestra la curva de la temperatura superficial donde vemos que va en aumento según pasa el día y el pico que se genera en la hora más calurosa del pavimento correspondiente a las 14:30 pm y luego va en descenso. Esto corresponde a la vez debido al factor de reflectancia y emisividad de este tipo de pavimento y al cúmulo de calor a lo largo del día y el no recibimiento de agua, ya que se trata de un pavimento vegetal en el cual intervienen otros procesos.

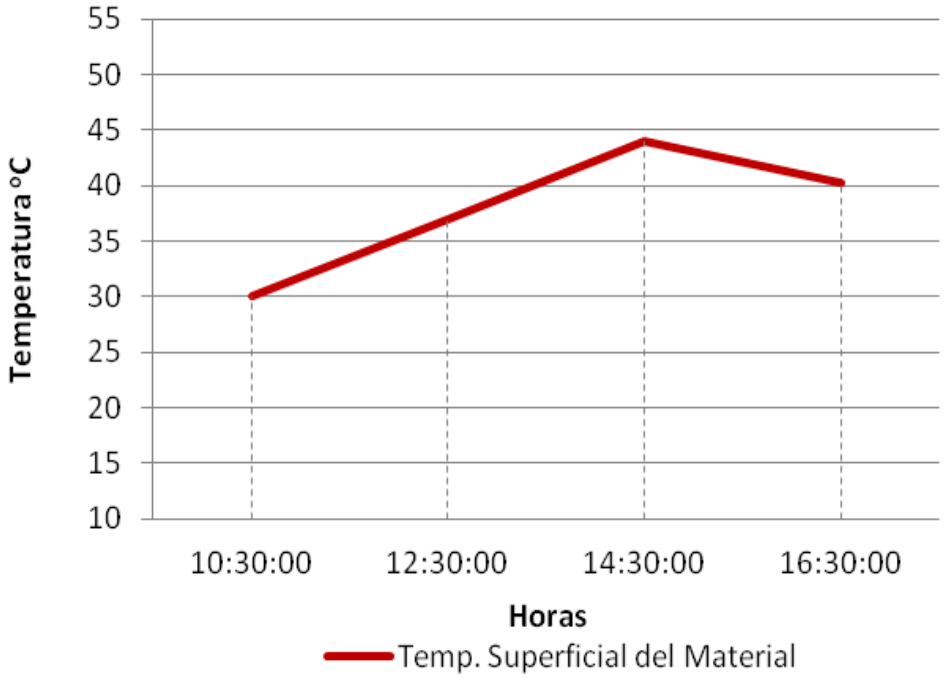


Figura 79: Curva de temperatura superficial del pavimento
Fuente: Elaborado por la autora

Iluminancias y daylight factor caso #2

En la siguiente tabla podemos apreciar la cantidad de iluminancia que existe dentro de la vivienda y la cantidad en el exterior expresado en lx, del mismo modo podemos observar el daylight factor correspondiente a dichas iluminancias expresado en porcentajes.

Hora	Iluminancia Exterior (lx)	Iluminancia Interior (lx)	Daylight factor
10:30:00	10,050	3,000	29.85%
12:30:00	11,850	4,250	35.86%
14:30:00	11,700	2,000	17.09%
16:30:00	8,950	700	7.82%

Tabla 21: Iluminancias y daylight factor
Fuente: Elaborado por la autora

Al igual que en las temperaturas podemos observar que en la curva vemos un pico considerable a las 12:30 que es cuando subió un poco el dayligt factor y el de las 16:30 pm que bajo drásticamente, este caso es distinto ya que se realizaron mediciones fuera y una dentro de la vivienda.

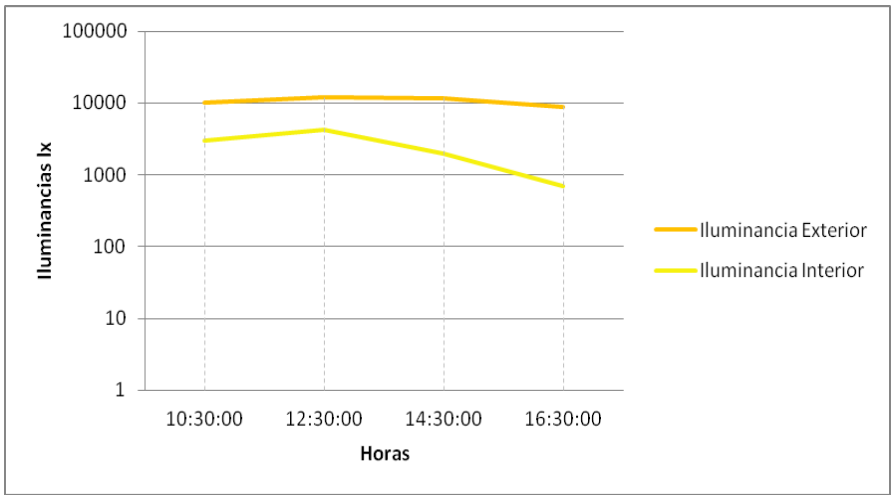


Figura 80: Iluminancias exterior-interior
Fuente: Elaborado por la autora

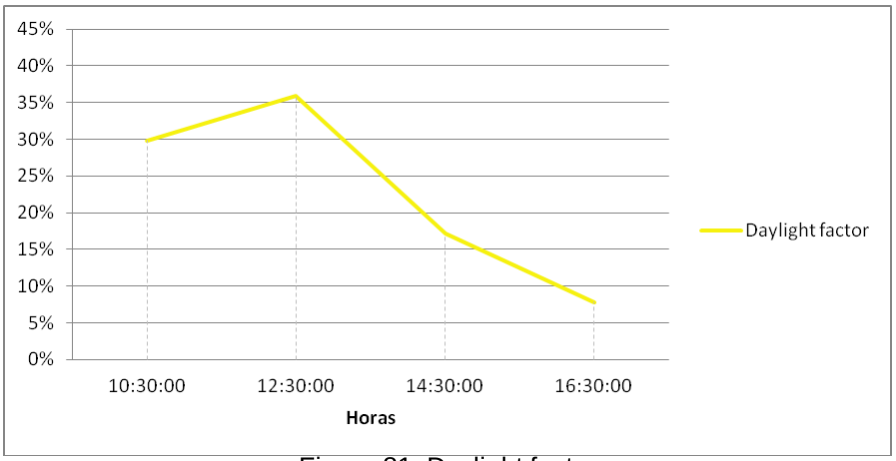


Figura 81: Daylight factor
Fuente: Elaborado por la autora

Representación de contrastes de luminancias caso #2

Las luminancias de los espacios han sido realizadas con fotografías en secuencia y luego transformadas en HDR para saber las Cd/m2 que existe en los lugares medidos en los distintos horarios. Se procuró poner todas las fotografías a la misma escala grafica en cada caso.

Luminancias 10:30 am **Luminancias 12:30 pm**

Figura 82: Luminancias horas distintas
Fuente: Fotografía tomada por la autora y editada en el programa http://www.jaloxa.eu/webhdr/roll-your-own.shtml (julio 2012)

Luminancias 2:30 am **Luminancias 4:30 pm**

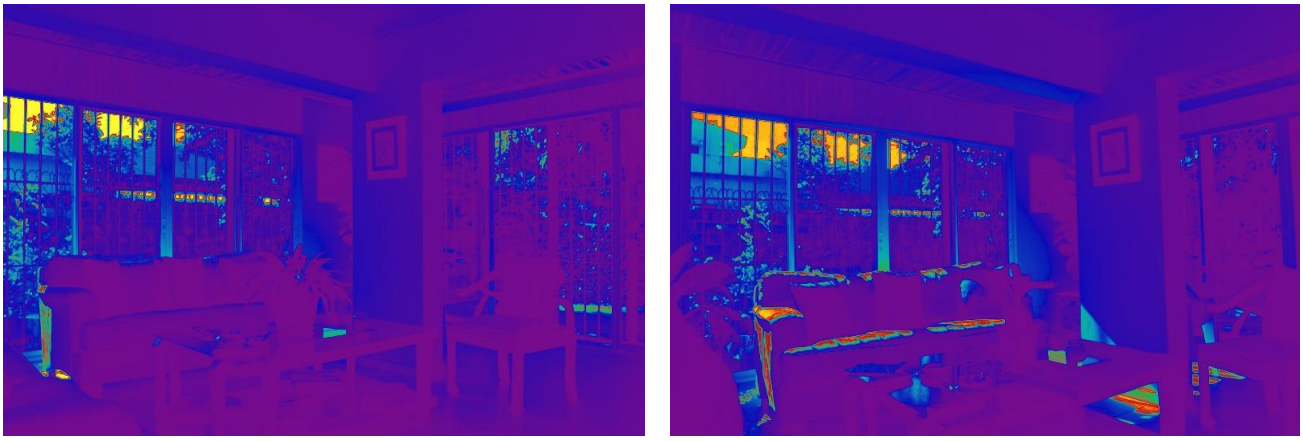


Figura 83: Luminancias horas distintas
Fuente: Fotografía tomada por la autora y editada en el programa http://www.jaloxa.eu/webhdr/roll-your-own.shtml (julio 2012)

4.4.3 Caso #3 vivienda pavimento de hormigón

Esta vivienda es la última en medirse, en cada uno de los períodos de medición. Siempre se inicia a la hora y tres cuarto ya pautada para medir iniciando a las 10:45 am y finalizando a las 16:45 pm del día 9 de julio del 2012, vimos en el plano como se distribuyeron los puntos a medir y a continuación la temperatura exterior existente a la hora de medir la temperatura interior.

Temperatura del aire exterior-interior del caso #3

Fecha	Hora	Temperatura Exterior °C	Temperatura Interior °C
09/07/09	10:45:00	27	31
09/07/09	12:45:00	32	35
09/07/09	14:45:00	29	34
09/07/09	16:45:00	32	33

Tabla 22: Relación de la temperatura del aire exterior-interior
Fuente: Oficina nacional de meteorología y datos tomados por la autora

Se puede apreciar como la temperatura interior se incrementa con respecto a la exterior de hasta 5 grados Celsius en las horas más calurosas y donde el aumento menor es de 1 grado en las horas donde ya va descendiendo las temperaturas, a diferencia las temperaturas interiores mantienen un aumento constante. Se hace la salvedad que en el espacio más próximo al pavimento se midió pero no consta en las tablas dado que es irrelevante ya que la temperatura se mantiene igual a la exterior. Podemos a preciar la distancias entre ambas curvas de temperatura entre el exterior y el interior y de cómo aumentan las temperaturas en el interior; reduciéndose y acercándose a la temperatura exterior según cae la tarde.

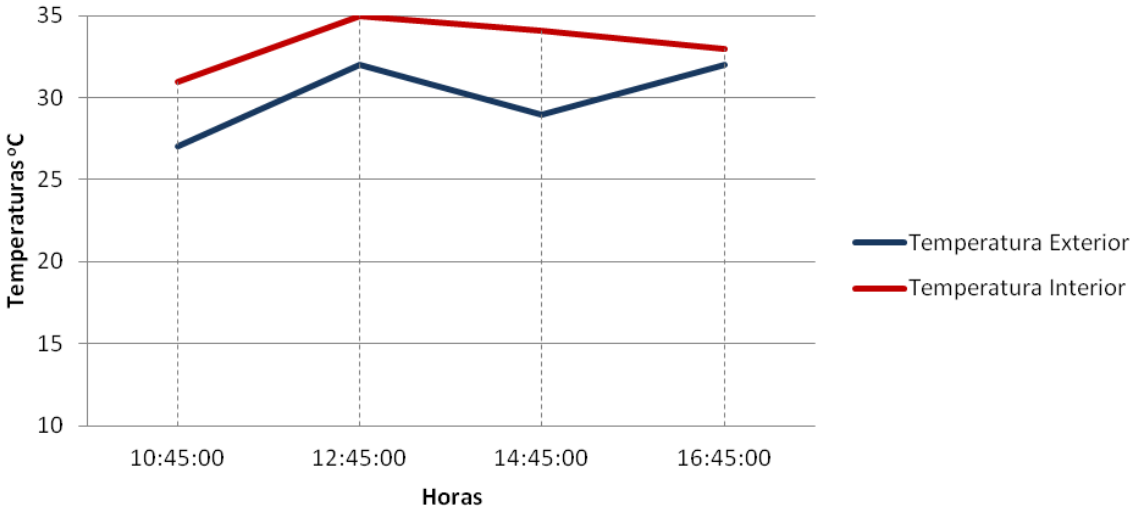


Figura 84: Curva de la temperatura del aire exterior-interior.
Fuente: Oficina nacional de meteorología y datos tomados por la autora.

Temperaturas superficiales del caso #3

Vemos a continuación la temperatura superficial del hormigón en los distintos horarios medidos, podemos observar que la hora en la que el pavimento emite más calor es la de las 14:45 pm seguida de las 16:45 pm. Este tipo de pavimento resulto ser el más caliente de todos transfiriendo y emitiendo calor hacia el interior de la vivienda.

Fecha	Hora	Temperatura Superficial Material °C	Radiación Directa W/m2	Radiación (global) W/m2
09/07/09	10:45:00	38	48	890
09/07/09	12:45:00	45	213	1,231
09/07/09	14:45:00	52	845	1,114
09/07/09	16:45:00	47	159	614

Tabla 23: Temperatura superficial del pavimento de hormigón
Fuente: Mediciones tomadas por la autora y meteorología

La siguiente gráfica nos muestra la curva de la temperatura superficial donde vemos que va en aumento según pasa el día y el pico que se genera en la hora más calurosa correspondiente a las 14:00 pm y luego va en descenso. Esto corresponde al factor de reflectancia y emisividad de este tipo de pavimento y al cúmulo de calor a lo largo del día.

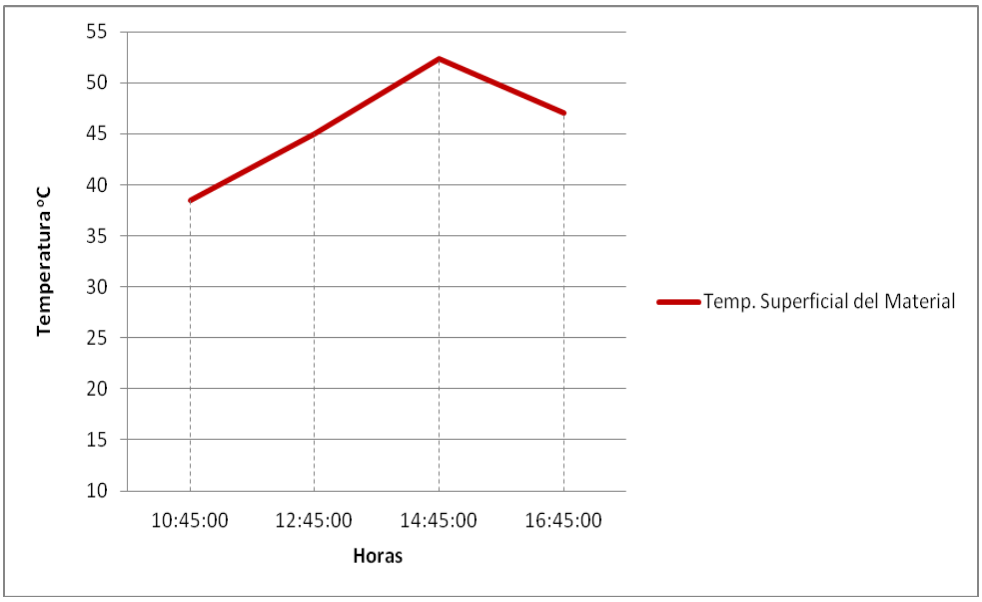


Figura 85: Curva de la temperatura superficial del pavimento
Fuente: Elaborado por la autora

Iluminancias y daylight factor caso #3

En la siguiente tabla podemos apreciar la cantidad de iluminancia que existe dentro de la vivienda y la cantidad en el exterior, del mismo modo podemos observar el daylight factor correspondiente a dichas iluminancias expresado en porcentajes.

Hora	Iluminancia Exterior	Iluminancia Interior 1	Iluminancia Interior 2	Daylight Factor 1	Daylight Factor2
10:45:00	10,500	3,500	300	33.33%	2.86%
12:45:00	13,920	5,750	231	41.31%	1.66%
14:45:00	12,300	4,000	125	32.52%	1.02%
16:45:00	5,350	800	120	14.95%	2.24%

Tabla 24: Iluminancias y daylight factor
Fuente: Elaborado por la autora

Al igual que en las temperaturas podemos observar que en la curva vemos dos picos considerables uno a las 12 que es cuando baja un poco el daylight factor y el de las 14:00 pm que subió drásticamente, este caso es distinto ya que se realizaron mediciones fuera y en dos lugares de la vivienda, el que tenía contacto directo con el pavimento y el espacio contiguo a este.

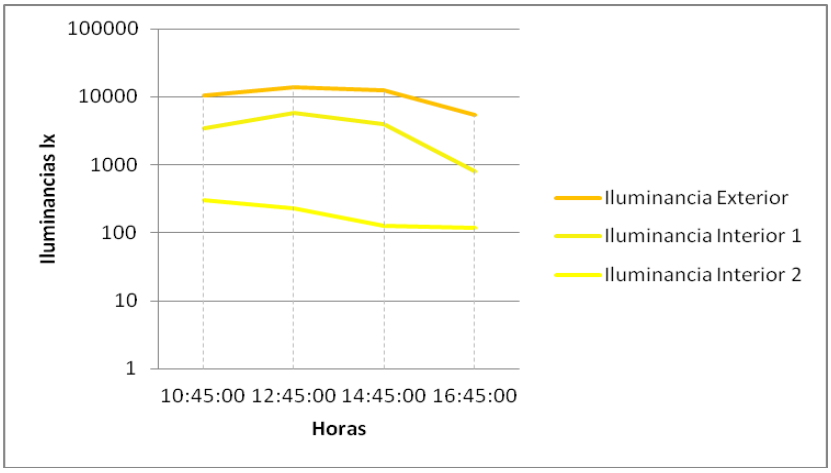


Figura 86: Iluminancias exterior-interior
Fuente: Elaborado por la autora

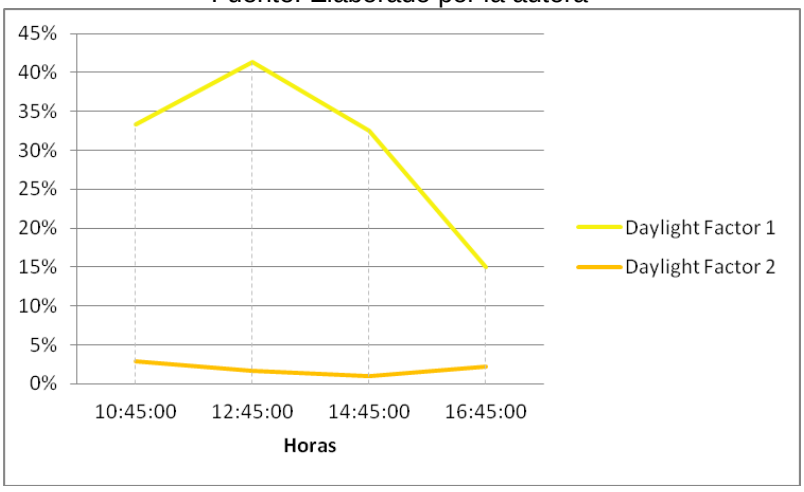


Figura 87: Daylight factor
Fuente: Elaborado por la autora

Representación de contraste de luminancias caso #3

Las luminancias de los espacios han sido realizadas con fotografías y luego transformadas en HDR para saber las Cd/m2 que existe en los lugares medidos en los distintos horarios. Se procuro poner todas las fotografías a la misma escala grafica en cada caso.

Luminancias 10:45 am

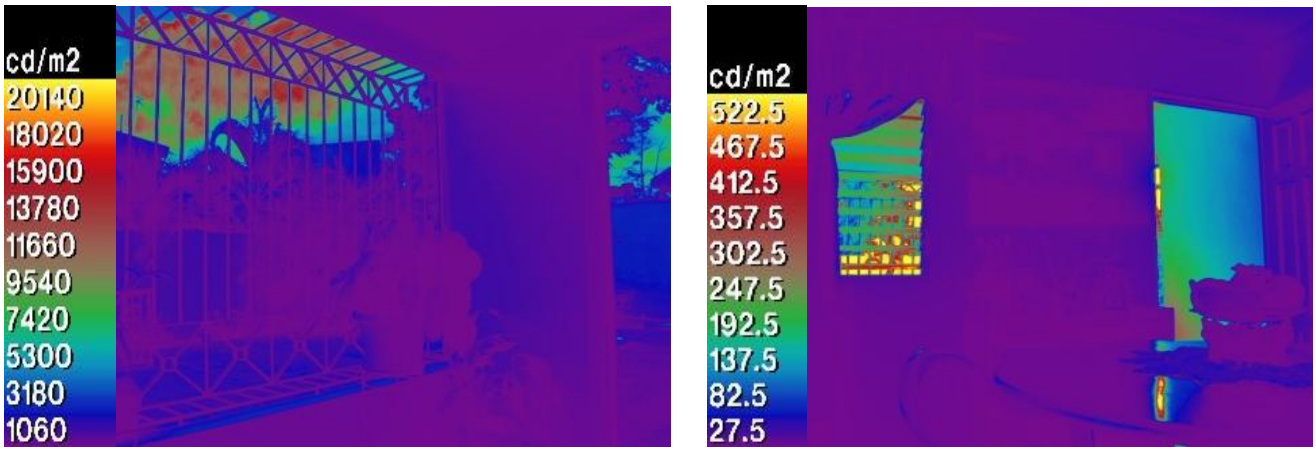


Figura 88: luminancia exterior (izquierda) luminancia interior (derecha)
Fuente: Fotografía tomada por la autora y editada en el programa http://www.jaloxa.eu/webhdr/roll-your-own.shtml (julio 2012)

Luminancias 12:45 pm

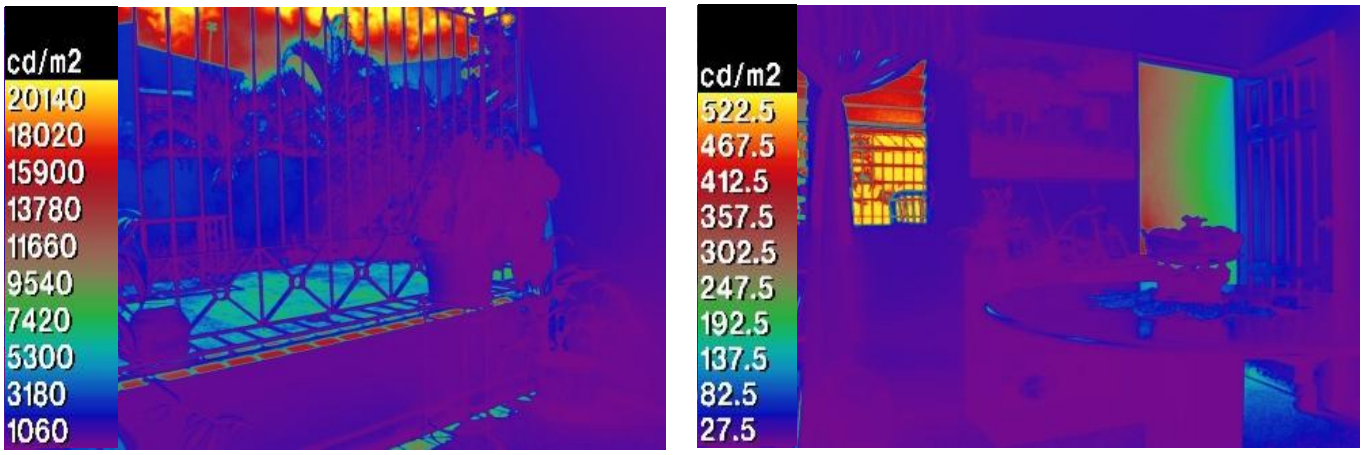


Figura 89: luminancia exterior (izquierda) luminancia interior (derecha)
Fuente: Fotografía tomada por la autora y editada en el programa http://www.jaloxa.eu/webhdr/roll-your-own.shtml (julio 2012)

Luminancias 2:45 pm

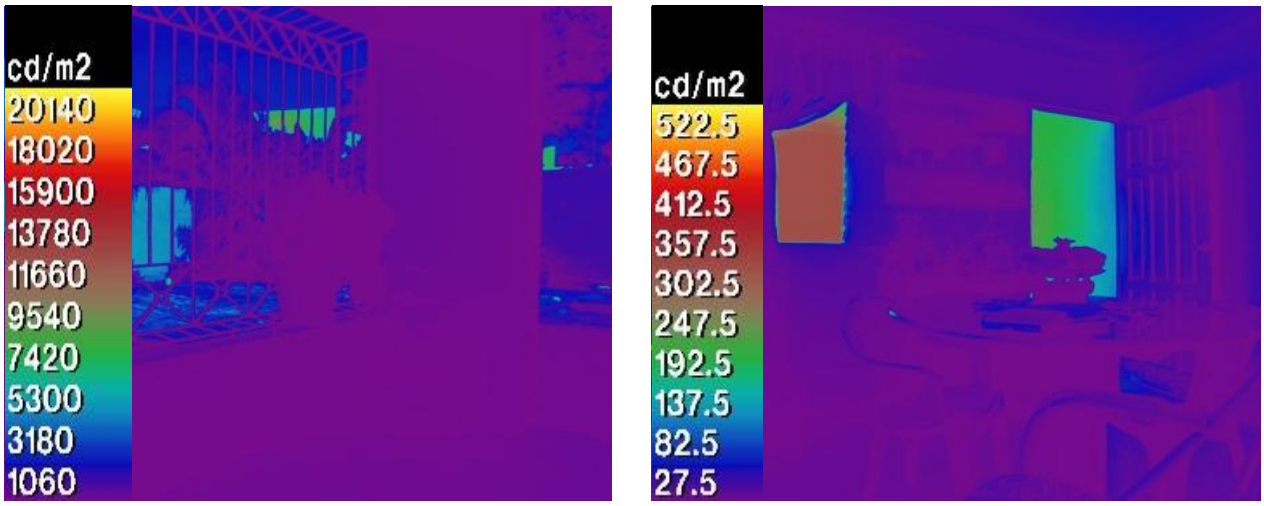


Figura 90: Luminancia exterior (izquierda) luminancia interior (derecha)
Fuente: Fotografía tomada por la autora y editada en el programa http://www.jaloxa.eu/webhdr/roll-your-own.shtml (julio 2012)

Luminancias 4:45 pm

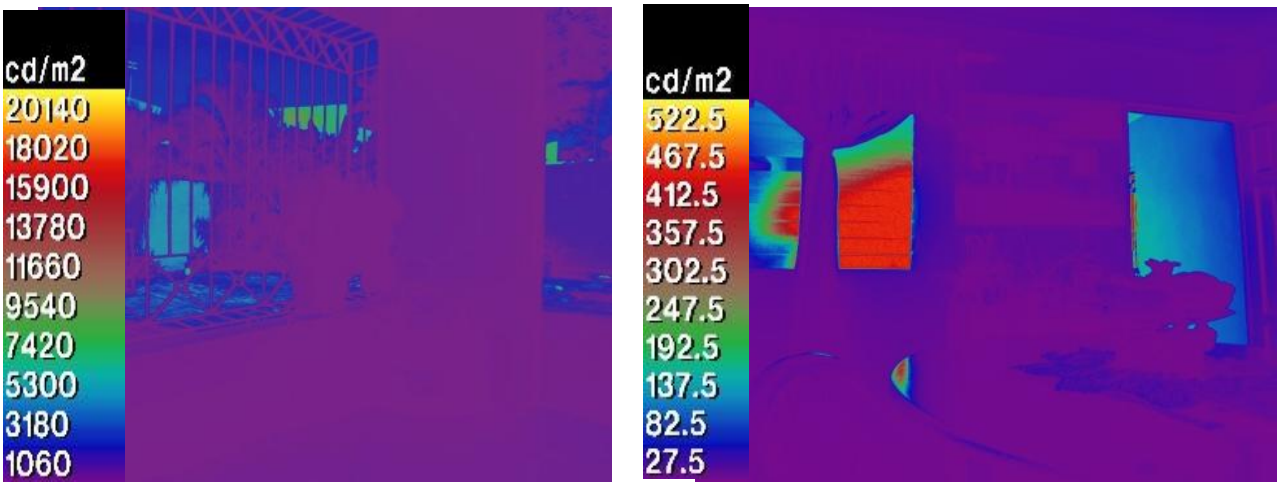


Figura 91: Luminancia exterior (izquierda) luminancia interior (derecha)
Fuente: Fotografía tomada por la autora y editada en el programa http://www.jaloxa.eu/webhdr/roll-your-own.shtml (julio 2012)

4.5 ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS

Luego de ver las gráficas lumínicas y térmicas de cada caso por separado procedemos hacer un pequeño análisis y comparación entre cada caso para cada parámetro, empezando con la temperaturas y terminando con las iluminancias y luminancias.

Temperatura del aire exterior-interior del caso #1 Grava

Fecha	Hora	Temperatura Exterior °C	Temperatura Interior °C
09/07/09	10:00:00	27	30
09/07/09	12:00:00	**32**	33
09/07/09	14:00:00	29	**34**
09/07/09	16:00:00	31	32

Temperatura del aire exterior-interior del caso # 2 Césped

Fecha	Hora	Temperatura Exterior °C	Temperatura Interior °C
09/07/09	10:30:00	27	28
09/07/09	12:30:00	**32**	**32**
09/07/09	14:30:00	29	30
09/07/09	16:30:00	32	31

Temperatura del aire exterior-interior del caso # 3 Hormigón

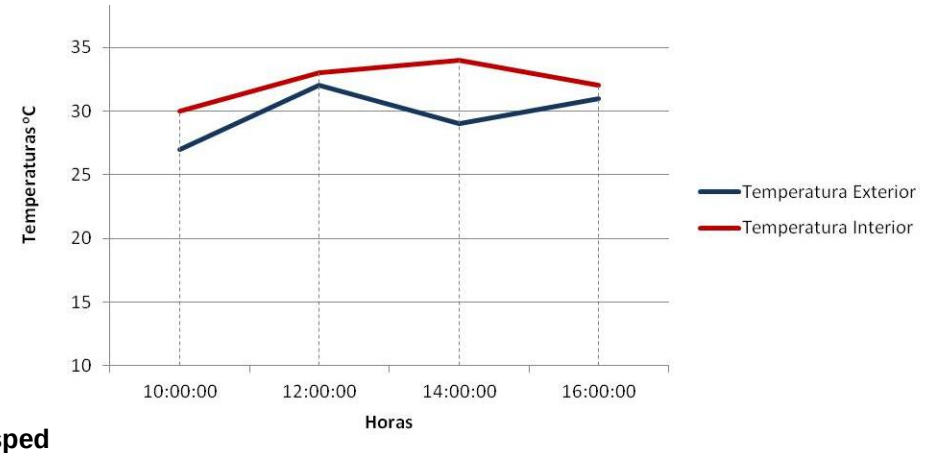
Fecha	Hora	Temperatura Exterior °C	Temperatura Interior °C
09/07/09	10:45:00	27	31
09/07/09	12:45:00	**32**	**35**
09/07/09	14:45:00	29	34
09/07/09	16:45:00	32	33

Tabla 25: Comparativas de temperaturas del aire exterior-interior casos 1,2 y 3
Fuente: Elaborado por la autora

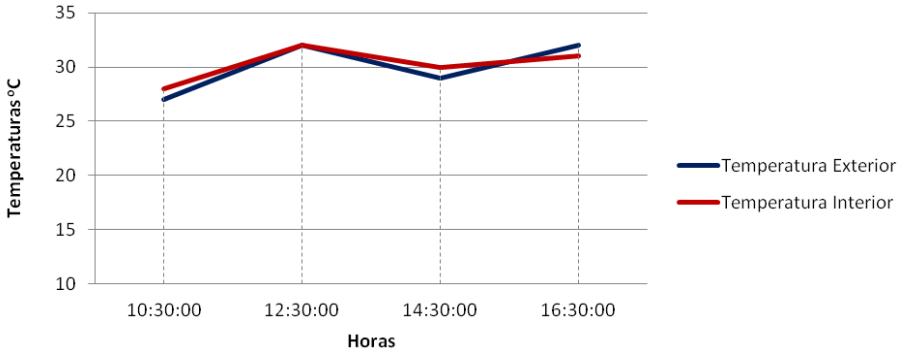
En las tablas anteriores pudimos ver como en el caso 1 la temperatura del aire exterior máxima es de 32 grados Celsius y la máxima de la temperatura del aire interior es de 34 grados Celsius, en el caso 2, la máxima exterior es de 32 grados Celsius y la máxima interior de 32 grados Celsius, coincidiendo que ambas pertenecen a la misma hora y misma temperatura; en el caso 3 cuando la temperatura del aire exterior alcanza los 32 grados Celsius la temperatura interior asciende a 35 grados Celsius, siendo esta las más alta de las tres.

Gráficas comparativas de temperaturas del aire exterior-interior.

Caso #1 grava



Caso #2 césped



Caso # 3 hormigón

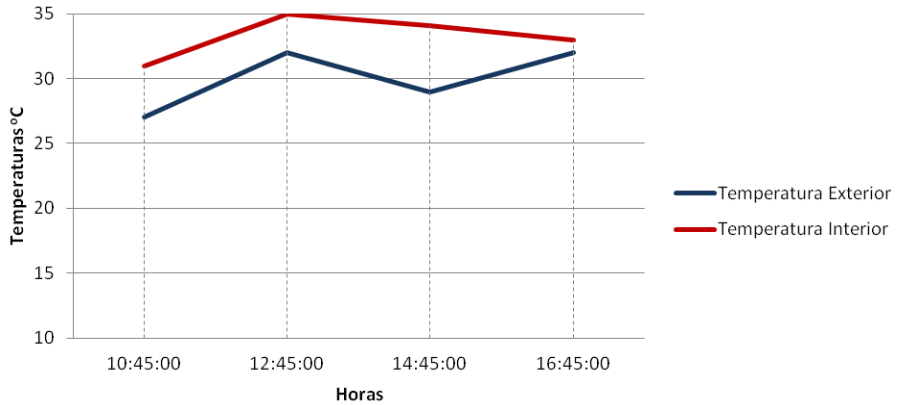


Figura 92: Gráficas comparativas de las curvas de la temperatura del aire exterior- interior entre casos
Fuente: Elaborado por la autora

Como podemos apreciar en las gráficas anteriores vemos claramente como las curvas del caso 2 son las que están más unidas, seguidas de las de grava y por último las de hormigón que son en las que el rango de temperatura es mayor y constante.

Tablas comparativas de las temperaturas superficiales de los distintos pavimentos

Temperatura superficial del caso #1 Grava

Fecha	Hora	Temperatura Superficial Material °C	Radiación-Directa W/m2	Radiación (global) W/m2
09/07/09	10:00:00	36	4	623
09/07/09	12:00:00	41	121	733
09/07/09	14:00:00	**49**	**777**	**989**
09/07/09	16:00:00	46	265	769

Temperatura superficial del caso #2 Césped

Fecha	Horas	Temperatura Superficial Material °C	Radiación-Directa W/m2	Radiación (global) W/m2
09/07/09	10:30:00	30	28	872
09/07/09	12:30:00	37	205	983
09/07/09	14:30:00	**44**	753	**1,099**
09/07/09	16:30:00	40	**919**	602

Temperatura superficial del caso #3 Hormigón

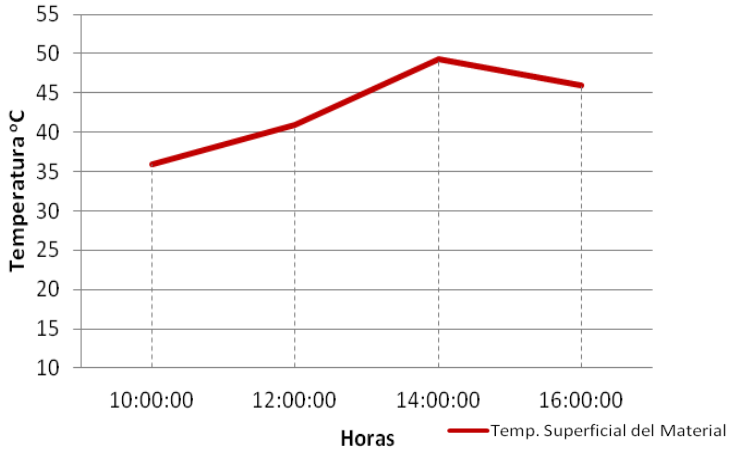
Fecha	Hora	Temperatura Superficial Material °C	Radiación Directa W/m2	Radiación (global) W/m2
09/07/09	10:45:00	38	48	890
09/07/09	12:45:00	45	213	**1231**
09/07/09	14:45:00	**52**	**845**	1114
09/07/09	16:45:00	47	159	614

Tabla 26: Comparativas de la cantidad de radiación directa y global que reciben los pavimentos y la temperatura superficial de cada caso.
Fuente: Elaborado por la autora

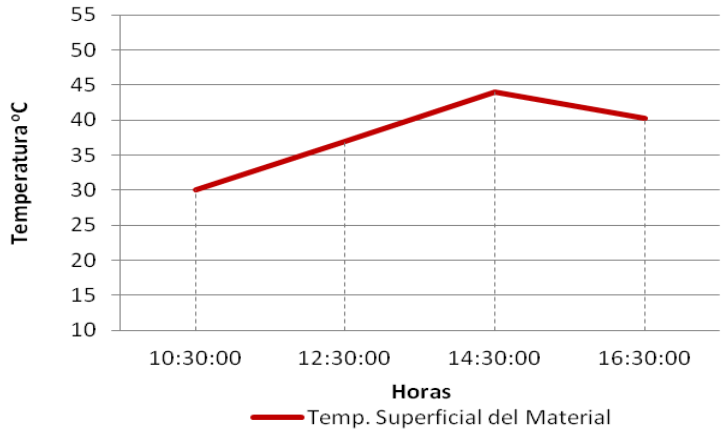
Estas tablas muestran las temperaturas superficiales de los pavimentos y de cómo influye la cantidad de radiación global y directa recibida sobre estas superficies. Se aprecia un aumento según pasan las horas, el calor se va acumulando y por ende las temperaturas aumentan, claramente observamos que el pavimento de césped es el que menos se calienta dado a procesos que el mismo realiza como lo es la fotosíntesis con una temperatura de unos 44 grados Celsius sorprendiéndonos con los resultados arrojados, en segundo lugar el pavimento de grava con una temperatura de 49 grados Celsius y por último el pavimento de hormigón que es el que más se calienta alcanzando una temperatura de 52 grados Celsius con 3 grados de diferencia con respecto al pavimento de grava.

Graficas comparativas de temperaturas superficiales

Caso #1 grava



Caso #2 césped



Caso #3 hormigón

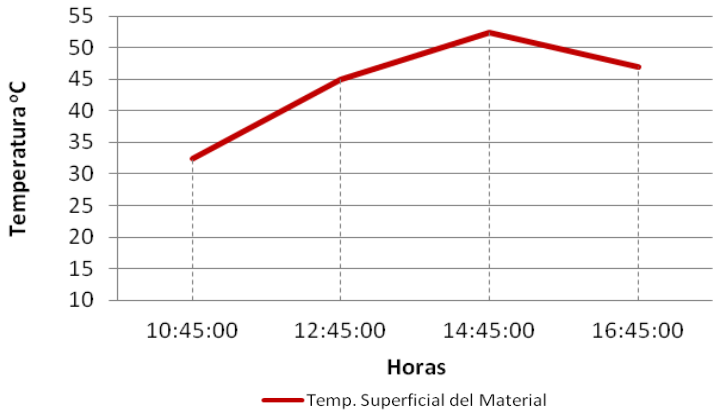


Figura 93: Graficas comparativas de las curvas de temperatura superficial de los pavimentos.
Fuente: Elaborado por la autora.

Como podemos apreciar en las gráficas anteriores vemos claramente como las curvas del caso 2 correspondiente al pavimento de césped son las que se mantienen con menos saltos de temperatura, seguidas del caso 1 que corresponde al pavimento de grava y por último las de hormigón que son en las que el rango es más alto, sin embargo son muy parecidas; las temperaturas comienzan bajas y van incrementando según pasan las horas hasta que al final de la tarde empiezan a descender.

Tablas comparativas de iluminancias exteriores-interiores

Iluminancia y daylight factor caso #1 Grava

Hora	Iluminancia Exterior	Iluminancia Interior 1	Iluminancia Interior 2	Daylight Factor 1	Daylight Factor 2
10:00:00	7,400	1,080	150	14.59%	2.03%
12:00:00	**46,500**	2,750	265	5.91%	0.57%
14:00:00	11,200	**3,700**	**280**	**33.04%**	**2.50%**
16:00:00	8,150	1,100	150	13.50%	1.84%

Iluminancia y daylight factor caso #2 césped

Hora	Iluminancia Exterior (lx)	Iluminancia Interior (lx)	Daylight factor
10:30:00	10,050	3,000	29.85%
12:30:00	**11,850**	**4,250**	**35.86%**
14:30:00	11,700	2,000	17.09%
16:30:00	8,950	700	7.82%

Iluminancia y daylight factor caso #3 hormigón

Hora	Iluminancia Exterior	Iluminancia Interior 1	Iluminancia Interior 2	Daylight Factor 1	Daylight Factor2
10:45:00	10,500	3,500	**300**	33.33%	**2.86%**
12:45:00	**13,920**	**5,750**	231	**41.31%**	1.66%
14:45:00	12,300	4,000	125	32.52%	1.02%
16:45:00	5,350	800	120	14.95%	2.24%

Tabla 27: Comparativas de iluminancia exterior-interior y el daylight factor correspondiente.
Fuente: Elaborado por la autora.

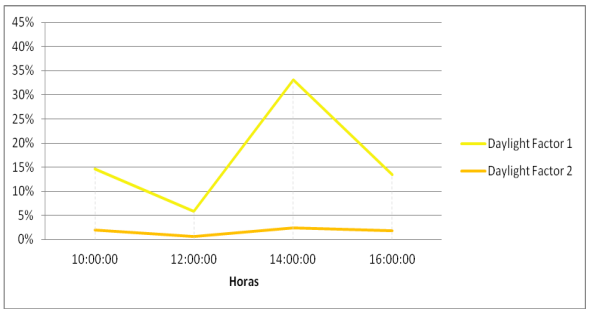
Estas tablas muestran la cantidad de iluminancia que existía en el exterior y la cantidad que había en el interior al momento de la medición. A la vez se calculó el daylight factor con respecto a la cantidad de luz que penetraba al espacio interior.

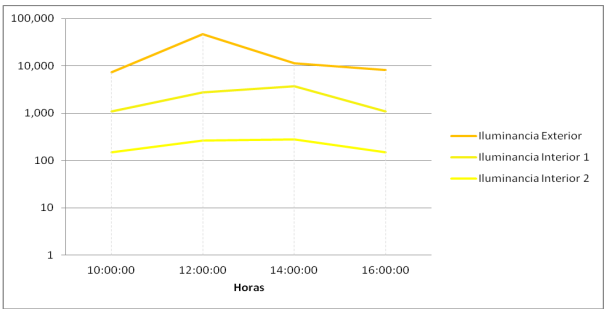
En el único caso en que coinciden como todos los datos de iluminancia exterior-interior y daylight factor como los más altos es el caso dos correspondiente al césped, seguido por el caso uno de la grava donde todos coinciden en la misma hora excepto la iluminancia exterior la cual subió a las 12 del medio día.

En el caso tres solo la iluminancia interior y el daylight factor fueron los valores mayores ocurridos en el intervalo de las 10:45 am y los demás valores altos correspondieron a las 12:45 pm.

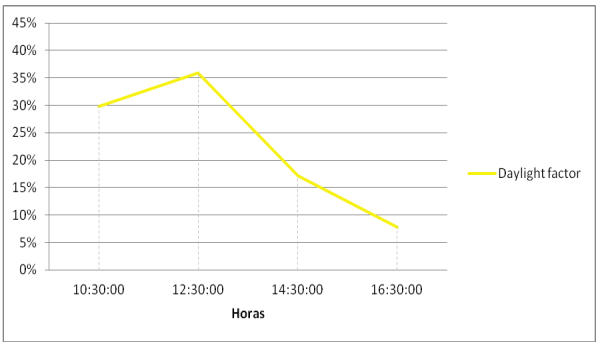
Graficas comparativas de las iluminancias exteriores-interiores

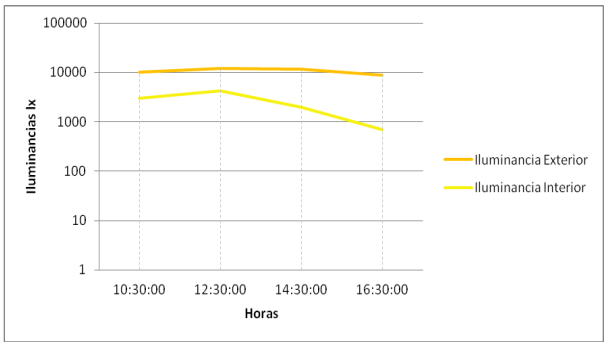
Daylight factor e iluminancia caso #1 Grava



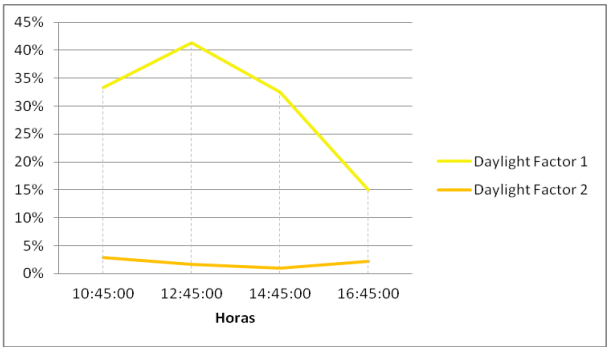


Daylight factor e iluminancia caso #2 Césped





Daylight factor e iluminancia caso #3 Hormigón



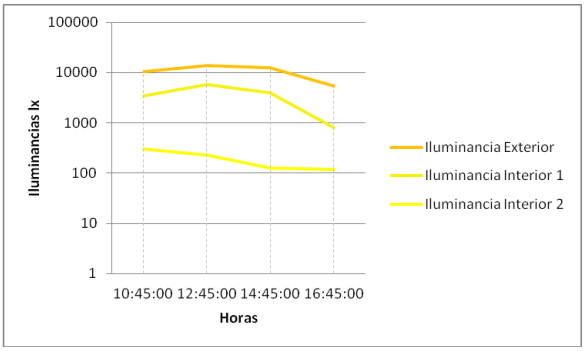


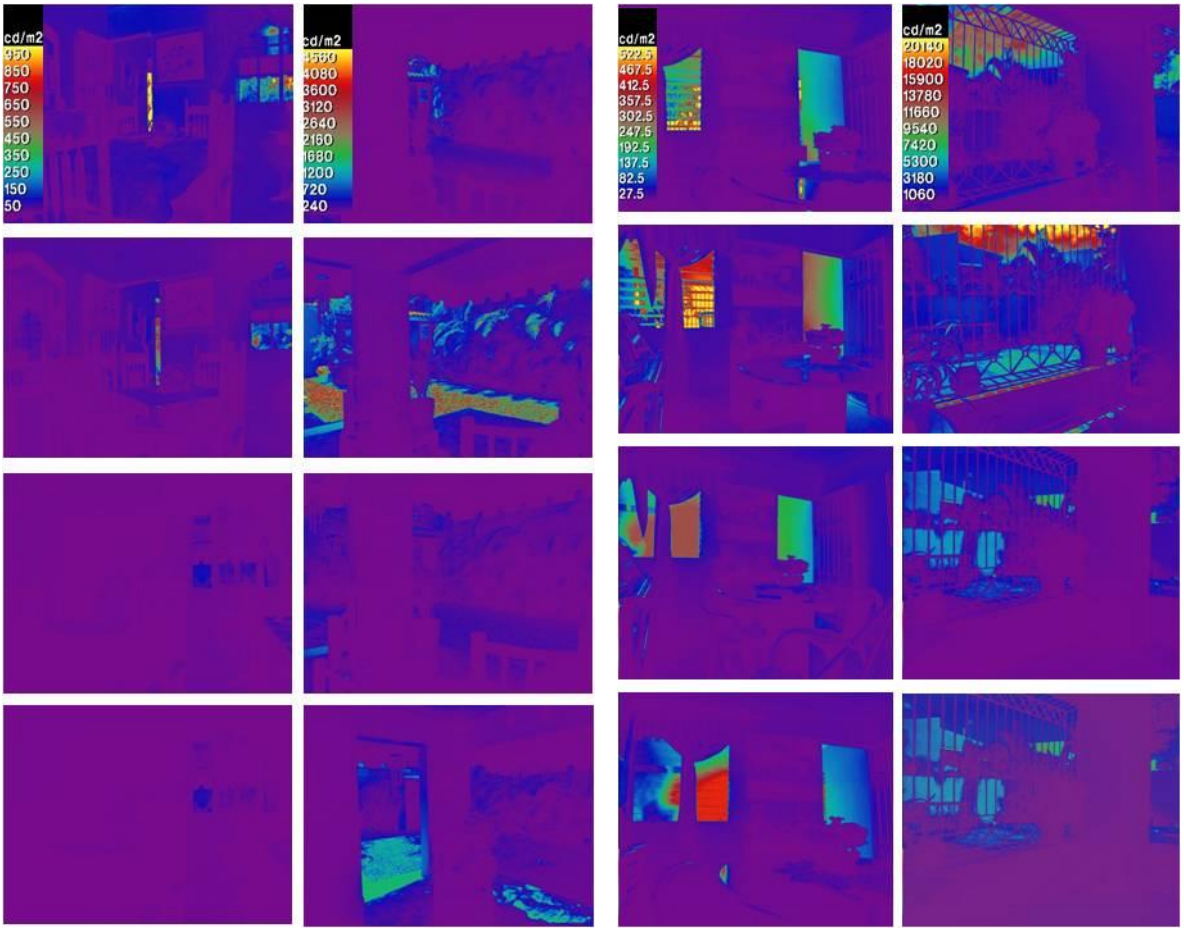
Figura 94: Graficas comparativas de iluminancias exteriores-interiores y daylight factor
Fuente: Elaborado por la autora

En las graficas anteriores se observa que en el caso 2 las iluminancias interiores son muchos más altas que en el caso 1 y 3, esto debido a que solo se midió un espacio interior por el diseño arquitectónico que presentaba la casa. Podemos ver que los picos más altos de daylight factor correspondientes al caso 2 y 3 medidos a las 12:00 m y 12:45 pm respectivamente a diferencia del caso 1 que corresponde a las 2:00 pm. La iluminancia más alta corresponde al caso 1 que sobrepasa los 40,000 luxes.

Comparativa de los contrastes de luminancias entre casos:

Caso #1 grava

Caso #3 hormigón



Caso #2 césped

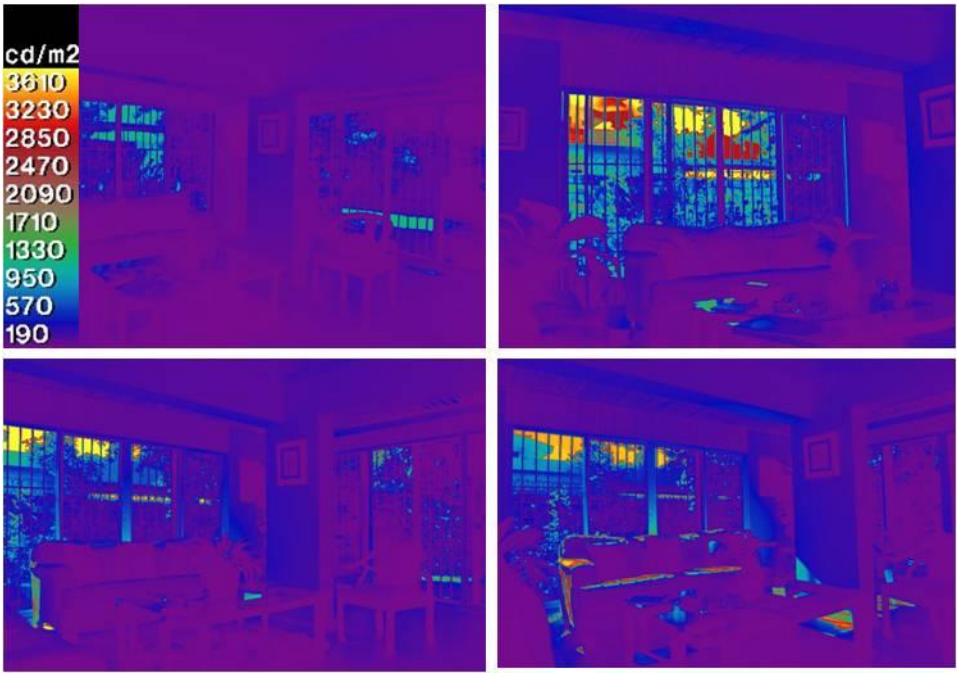
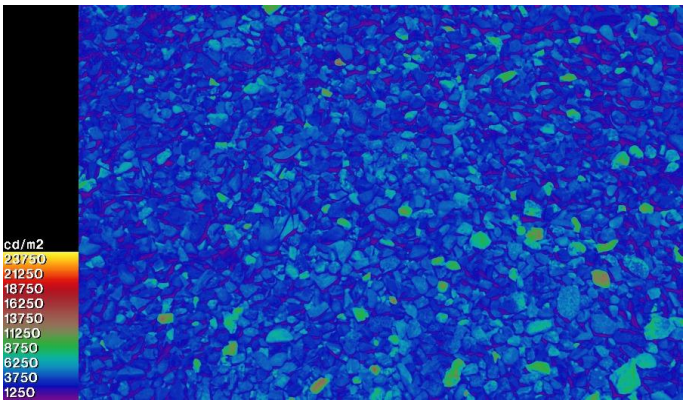


Figura 95: Comparación de imágenes HDR donde se puede visualizar las luminancias de los espacios
Fuente: Fotografía tomada por la autora y editada en el programa http://www.jaloxa.eu/webhdr/roll-your-own.shtml (julio 2012) Ver anexo pag.119-123.

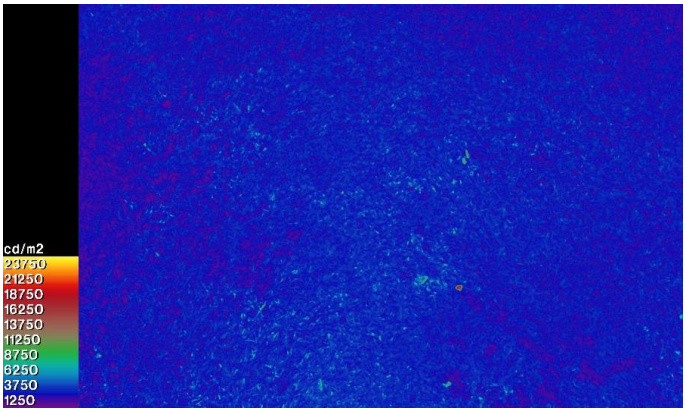
En las graficas anteriores se observo como el caso 1 correspondiente a la grava las luminancias son menores a los demás casos, aunque en el caso del césped se tiene la condicionante de que la terraza es cerrada pero con mas aperturas que las demás viviendas influyendo esto en la distribución lumínica en el interior. Podemos ver claramente comparando el caso 1 con el caso 2 que en el caso 2 las luminancias son mucho más altas que en el caso 1. Se trato de homogenizar todas las escalas en los tres casos, pero al tener valores muy elevados de luminancias resulta casi imposible tenerlas en la misma escala, se opto por colocar las escalas por caso.

Se intento hacer un pequeño experimento con los materiales del pavimento, intentando ver cuanta luminancia recibían al medio día.

Caso #1 Grava



Caso #2 Césped



Caso #3 Hormigón

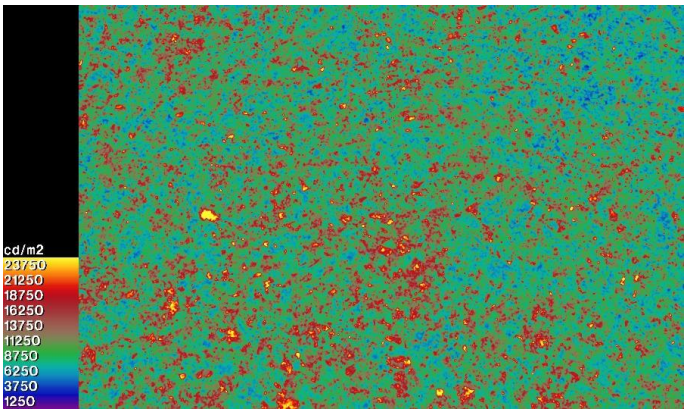


Figura 96: Comparativa de las luminancias de los tres pavimentos al medio día
Fuente: Fotografía tomada por la autora y editada en el programa http://www.jaloxa.eu/webhdr/roll-your-own.shtml (julio 2012)

Capitulo V
Conclusiones

5. CONCLUSIONES

Gracias a la investigación que se ha presentado en este trabajo sobre la clasificación, materialidad de los pavimentos, las mediciones” in situ”, los análisis y evaluación de los pavimentos a nivel térmico y lumínico de tres pavimentos muy usados en un clima cálido- húmedo como es el caso de Santo Domingo capital de la República Dominicana, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

1. Los resultados alcanzados han permitido tener una visión de algunos materiales usados en las superficies exteriores a nivel local en la ciudad de Santo Domingo demostrando el rol que ocupan los materiales en el equilibrio térmico de la vivienda y por ende de la ciudad, dotando a los arquitectos e ingenieros de una herramienta útil para la selección del revestimiento del pavimento exterior de las viviendas; el cual es aplicable a otros usos.

2. En la sociedad actual se deben buscar materiales para pavimentos que sean capaces de mitigar el calor que estos provocan hacia el interior de la vivienda, teniendo en conjunto la estética y los aspectos de confort.

3. El aumento de la temperatura superficial del material expuesto al sol por largas horas está relacionado con los niveles de albedo y de reflectancia que tenga dicho material, así como los parámetros de radiación, nubosidad, temperatura del aire y humedad de la zona donde se encuentran.

4. De los 3 pavimentos peatonales analizados, se revela que solo 1 tiene la capacidad de mitigar los efectos de aumento de temperatura en el interior de la vivienda, en comparación con los 2 restantes que aumentan la temperatura interior de 3 a 5, con respecto a la exterior donde la temperatura más alta resulto ser la del caso #3 referente al hormigón, alcanzando una temperatura interior de 35 grados.

5. Según las mediciones y muestras tomadas “in situ” los pavimentos cuya temperatura aumenta significativamente son el pavimento de grava y el de hormigón.

6. De los tres casos el pavimento vegetal es el de menor temperatura superficial con respecto a los demás analizados, aunque el mismo nos sorprendió con el valor arrojado, esperábamos valores por debajo del resultante.

7. En las tablas precedentes pudimos notar que en las horas cercanas al atardecer va descendiendo la temperatura superficial del pavimento desprendiendo el calor lo cual significa un fuerte aporte de energía calorífica.

8. Otro resultado importante fue en los casos #1 y #3 donde se midió dos espacios de la casa se visualizo que la temperatura de la terraza era igual a la del exterior por lo cual no se tomo en cuanta para graficar.

9. Los resultados de iluminancias exteriores fueron más altas en el hormigón, seguido por el césped y por último la grava en el interior de la vivienda

Los resultados arrojados y las conclusiones expuestas demuestran que es posible mejorar el comportamiento térmico de los pavimentos, con una selección correcta del pavimento basada en el color, acabado de material y composición de cada pavimento.

.

BIBLIOGRAFIA

- ALVAREZ, MARTHA — **Césped, una guía para el cuidado y renovación del césped de todo tipo de jardines.**
- BOSCH GONZALEZ,MONTSE / M. ESCOLAR, SILVIA/ DEL PORTAL LATAS, MARIA — **Pavimentos nuevos revestimientos** Barcelona, Ediciones UPC, 2002
- DE CUSA, JUAN. — **Pavimentos en la construcción.** Barcelona, Ediciones CEAC, 1997.
- DEPLAZES, ANDREA. — **Construir la arquitectura del material en bruto al edificio.** Editorial Gustavo gili, 2010.
- DOMINGUEZ BIDAGOR / JOFRE IBAÑEZ, CARLOS / LASALLE OBIOLS, ERNESTO/ MASA MARTINEZ, CARLOS — **Color y textura en pavimentos y paramentos de hormigón.** Madrid, Editorial IECA,2003
- HOLDEN, ROBERT / LIVERSEDGE, JAIME — **La construcción en el proyecto del paisaje** Barcelona, Editorial Gustavo Gili, 2011.
- HUGUES, THEODOR/ STEIGER, LUDWING WEBER, JOHANN — **Piedra Natural, DETAIL praxis.** Munich, 2005
- MEDINA GALLEGO, GONZALO — **Pavimentos de madera- Manual de instalación** Editorial, Graficas Palermo, federación Española de pavimentos de madera
- PELLICER DAVIÑA, DOMINGO — **Pavimentos** Madrid, Cie Inversiones Editoriales Dossat, 2003
- PRIETO GONZALEZ, NURIA/ QUINTANS EIRAS, CARLOS — **Revista tectónica #30 espacios exteriores** Madrid, ATC Ediciones, S.L. Oct. 2009
- SASTRE SASTRE, RAMON / MUÑOZ SALINAS, FRANCISCO — **Propiedades de los materiales y elementos de Construcción.** Barcelona, Ediciones UPC, 2010
- SERRA FLORENSA, RAFAEL / COCH ROURA, HELENA. — **Arquitectura y energía natural** Barcelona, Ediciones UPC, 1995
- THOMPSON, J.WILLIAN / SORVIG, KIM — **Sustainable Landscape Construction** EUA, Washington, D.C. Editorial Island Press
- VOIT, HELGA / KLINKENBERG, RALF — **Como pavimentar patios y senderos.** Madrid, Ediciones Tikal

REFERENCIAS:

(1) Carrillo, Luis Eduardo *"El efecto "isla de calor",* Gaceta Universitaria, 2 de mayo 2005 (México)

(2) "Isla de Calor Urbana: Efecto de los Pavimentos". Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 7, Nº 2, 2003. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184 (INENCO - Instituto de Investigaciones en Energías No Convencionales – U.N.Sa. – CONICET) Pag. 11.25

(3) Fariña Tojo, J. (1990). *"Clima, territorio y urbanismo".* Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, Madrid.

(4) Alchapan, N; Correa, E;Lesino, G*. "Potencial de Enfriamiento Pasivo de los Materiales de la Envolvente Urbana. "Indice de Reflectancia Solar de Pavimentos Peatonales y Tejas";* Avances en energias renovables y medio ambiente Vol. 15, 2011. Impreso en la Argentina ISSN 0329-5184.

(5) Barinas Uribe, Marcos. Investigación "La industria de la vivienda ante el mercado emergente de la arquitectura verde. Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra, Vicerrectoria de relaciones interinstitucionales, investigación e innovación. 2007-2008. Santo Domingo, Republica Dominicana.

(6) Real Academia de la lengua Española, Web oficial: www.rae.es

(7) Serra Florensa, Rafael/ Coch Roura, Helena; Arquitectura y energía natural, ediciones UPC, 1995, pag. 79.

(8) Serra Florensa, Rafael/ Coch Roura, Helena; Arquitectura y energía natural, ediciones UPC, 1995, pag. 80.

(9) Serra Florensa, Rafael/ Coch Roura, Helena; Arquitectura y energía natural, ediciones UPC, 1995, pag. 80.

(10) Serra Florensa, Rafael/ Coch Roura, Helena; Arquitectura y energía natural, ediciones UPC, 1995, pag. 84

SITES CONSULTADOS

- http://www.pavement.com/PavTech/Tech/Dwnlds/DwnldRT-2002.html
- www.onamet.gov.do
- www.acqweather.com
- http://www.cesped.es/variedades-de-cesped-tipos-de-semilla.php
- http://paisajismotropical.blogspot.com.es/_Adolph Gottschalk M.
- http://www.codigotecnico.org/web/recursos/documentos/ Acceso junio 2012
- www.itec.es
- www.recua.org. Acceso en Junio 2012
- http://www.pavimentosonline.com

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1: Calzada Romana de piedra y tierra 15

Figura 2: pavimentos continuos exteriores 21

Figura 3: Pavimentos discontinuos exteriores 21

Figura 4: piedra natural 23

Figura 5: Pavimentos de canto rodados 23

Figura 6: Pavimentos de grava/gravilla 23

Figura 7: Pavimentos de losa de piedra natural y ladrillo 24

Figura 8: Losetas de hormigón 25

Figura 9: Baldosas de hormigón 25

Figura 10: Pavimento de adoquines 25

Figura 11: Pavimento de hormigón armado 26

Figura 12: Pavimento de hormigón impreso 26

Figura 13: Pavimentos cerámicos, Ladrillo, gres, porcelanico 27

Figura 14: Ladrillos perforados para pavimento drenante y con césped 28

Figura 15: Pavimento poroso 28

Figura 16: Pavimentos de madera 29

Figura 17: Pavimento de madera en piscinas 29

Figura 18: Pavimento entablado 29

Figura 19: pavimento entarimado 30

Figura 20: Entarimado 30

Figura 21: Pavimento de Parquet 30

Figura 22: Pavimentos vegetales 31

Figura 23: Césped tipo Bermuda 34

Figura 24: Césped bahía 35

Figura 25: Césped pennisetum clandestinum 35

Figura 26: Césped Stenotaphrun Secundatum 35

Figura 27: Césped stenotaphrun secundatum 36

Figura 28: césped Zoysia 36

Figura 29: Césped festuca arundinacea 36

Figura 30: Aplicaciones del césped 37

Figura 31: Pavimento asfaltico 38

Figura 32: Pavimento slurry 38

Figura 33: Algunas aplicaciones de los pavimentos asfalticos 39

Figura 34: Grafica de Kruithof 47

Figura 35: parámetros de confort 48

Figura 36: situación de verano e invierno 48

Figura 37: Grafico de Victor Olgyay 49

Figura 38: Abaco psicrometrico 49

Fuente: http://www.coac.net/mediambient/Life/l3/l3120.htm 49

Figura 39: Mapa Rep. Dominicana 50

Figura 40: Grafica Salida y Puesta del sol 50

Figura 41: ábaco solar de Santo Domingo 50

Tabla 9: Temperaturas, humedad y precipitación 51

Figura 42: Temperaturas media, media máxima y media mínima 51

Figura 43: Relación temperatura del aire y humedad relativa 51

Figura 44: Estereográfico Santo Domingo 52

Figura 45: Vista aérea Santo Domingo 53

Figura 46: Skyline de la ciudad de Santo Domingo 55

Figura 47: Ubicación residencial en la ciudad de Santo Domingo 61

Figura 48: Ubicación y tipologías del residencial 62

Figura 49: Fotos exteriores de los casos a estudiar 63

Figura 50: Foto exterior de la vivienda (Arriba Izquierda) Foto del pavimento (Abajo izquierda) Ubicación de la casa (derecha) 63

Figura 51: Planta arquitectónica primer nivel caso #1 64

Figura 52: Planta segundo nivel 65

Figura 53: Sección A-A1 65

Figura 54: Sección C-C1 65

Figura 55: Sección B-B1 65

Figura 56: Ubicacion y material del caso 2 66

Figura 57: Planta arquitectónica primer nivel caso #2 67

Figura 58: Sección C-C1 68

Figura 59: Sección A-A1 68

Figura 60: Planta arquitectónica segundo nivel 68

Figura 61: Sección B-B1 68

Figura 62: Foto exterior de la vivienda (Arriba Izquierda) Foto del pavimento (Abajo izquierda) Ubicación de la casa (derecha) 69

Figura 63: Planta arquitectónica primer nivel caso #3 70

Figura 64: Planta segundo nivel 71

Figura 65: Sección A-A1 71

Figura 66: Sección C-C1 71

Figura 67: Sección B-B1 71

Figura 68 : Relación entre temperatura del aire y la humedad realtiv 76

Figura 69: Relación entre temperatura del aire y humedad relativa en las horas medidas 76

Figura 70: curva de la temperatura del aire exterior-interior 77

Figura 71: Curva de temperatura superficial del pavimento 78

Figura 72: iluminancias exteriores-interiores 79

Figura 73: Daylight factor 79

Figura 74: Luminancia exterior (Izquierda) luminancia interior (derecha) 80

Figura 75: Luminancia exterior (izquierda) luminancia interior (derecha) 80

Figura 76: Luminancia exterior (izquierda) luminancia interior (derecha) 81

Figura 77: Luminancia exterior (izquierda) luminancia interior (derecha) 81

Figura 78: Curva de la temperatura del aire exterior-interior 82

Figura 79: Curva de temperatura superficial del pavimento 83

Figura 80: Iluminancias exterior-interior 84

Figura 81: Daylight factor 84

Figura 82: Luminancias horas distintas 85

Figura 83: Luminancias horas distintas 85

Figura 84: Curva de la temperatura del aire exterior-interior. 86

Figura 85: Curva de la temperatura superficial del pavimento 87

Figura 86: Iluminancias exterior-interior 88

Figura 87: Daylight factor 88

Figura 88: luminancia exterior (izquierda) luminancia interior (derecha) 89

Figura 89: luminancia exterior (izquierda) luminancia interior (derecha) 89

Figura 90: Luminancia exterior (izquierda) luminancia interior (derecha) 90

Figura 91: Luminancia exterior (izquierda) luminancia interior (derecha) 90

Figura 92: Gráficas comparativas de las curvas de la temperatura del aire exterior- interior entre casos 92

Figura 93: Graficas comparativas de las curvas de temperatura superficial de los pavimentos. 94

Figura 94: Graficas comparativas de iluminancias exteriores-interiores y daylight factor 96

Figura 95: Comparación de imágenes HDR donde se puede visualizar las luminancias de los espacios 97

Figura 96: Comparativa de las luminancias de los tres pavimentos al medio día 98

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1: Especies de césped según uso 32

Tabla 2: Tipos de especies 33

Tabla 3: Especies para clima cálido -húmedo y resistente a sequias 34

Tabla 4: Factores de albedo y emisividad 41

Tabla 5: factor de reflexión según color 42

Tabla 6: Propiedades térmicas de los materiales 42

Tabla 7: Valores recomendados de iluminancias 46

Tabla 8: Factores de confort 47

Tabla 9: Temperaturas, humedad y precipitación 51

Tabla 10: Horas de sol promedio 52

Tabla 11: Radiación Solar 52

Tabla 12: Nubosidad mensual 53

Tabla 13: Dirección de los vientos promedio correspondiente a los años 1996-2005 53

Tabla 14: velocidad promedio del viento 54

Tabla 15: Relación temperatura del aire exterior y humedad relativa 74

Tabla 16: Temperatura del aire exterior –interior 77

Tabla 17: Temperatura superficial del pavimento de grava 78

Tabla 18: Iluminancias y daylight factor 79

Tabla 19: Relación de la temperatura del aire exterior- interior 82

Tabla 20: Temperatura superficial del pavimento de césped 83

Tabla 21: Iluminancias y daylight factor 84

Tabla 22: Relación de la temperatura del aire exterior-interior 86

Tabla 23: Temperatura superficial del pavimento de hormigón..... 87

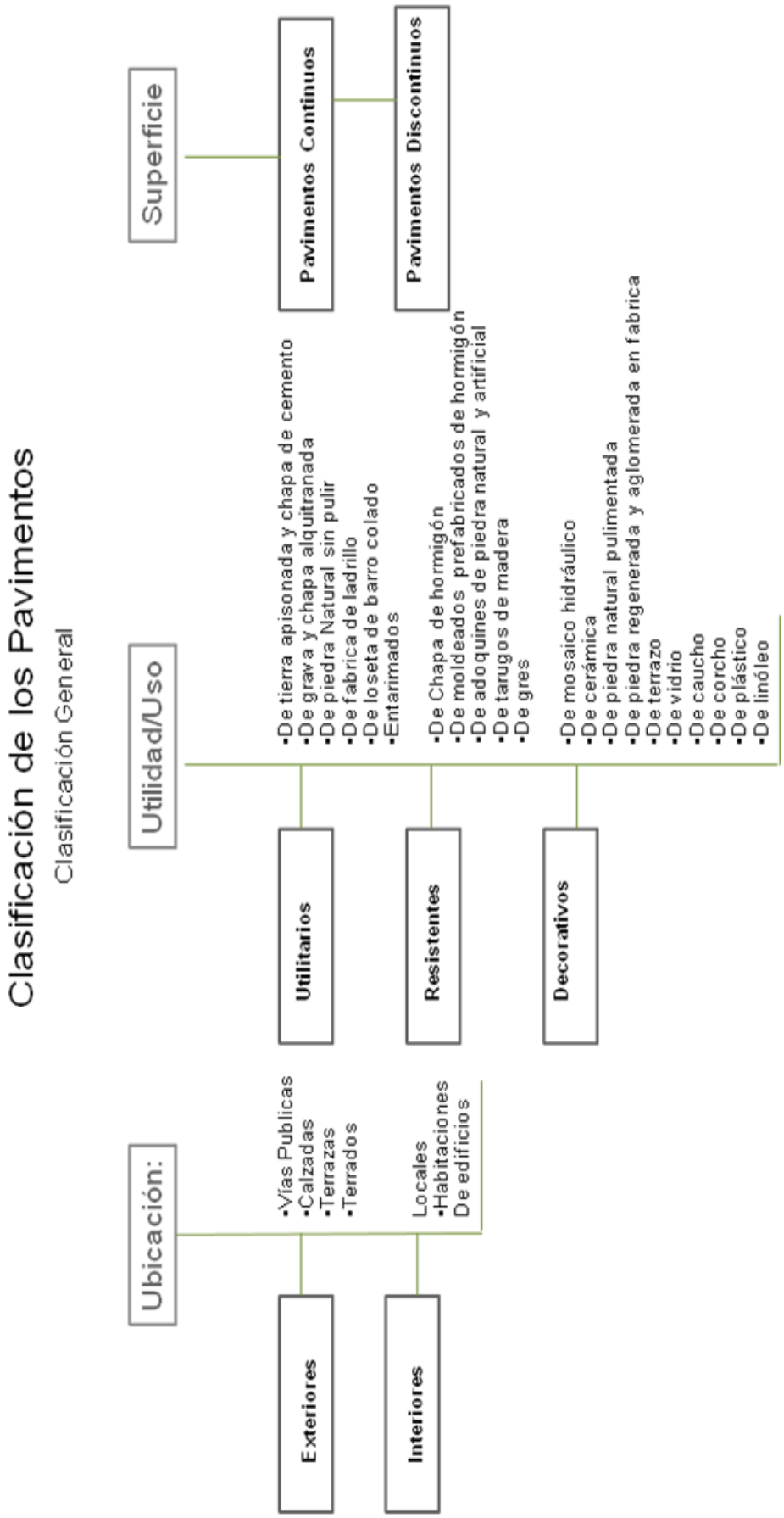
Tabla 24: Iluminancias y daylight factor..... 88

Tabla 25: Comparativas de temperaturas del aire exterior-interior casos 1,2 y 3 91

Tabla 26: Comparativas de la cantidad de radiación directa y global que reciben los pavimentos y la temperatura superficial de cada caso..... 93

Tabla 27: Comparativas de iluminancia exterior-interior y el daylight factor correspondiente. 95

ANEXOS


Clasificación de los Pavimentos
Clasificación General
Ubicación:
Exteriores
•Vías Publicas
•Calzadas
•Terrazas
•Terrados
Interiores
Locales
•Habitaciones
De edificios
Utilidad/Uso
Utilitarios
•De tierra apisonada y chapa de cemento
•De grava y chapa alquitranada
•De piedra Natural sin pulir
•De fabrica de ladrillo
•De loseta de barro colado
•Entarimados
Resistentes
•De Chapa de hormigón
•De moldeados prefabricados de hormigón
•De adoquines de piedra natural y artificial
•De tarugos de madera
•De gres
Decorativos
•De mosaico hidráulico
•De cerámica
•De piedra natural pulimentada
•De piedra regenerada y aglomerada en fabrica
•De terrazo
•De vidrio
•De caucho
•De corcho
•De plástico
•De linóleo
Superficie
Pavimentos Continuos
Pavimentos Discontinuos

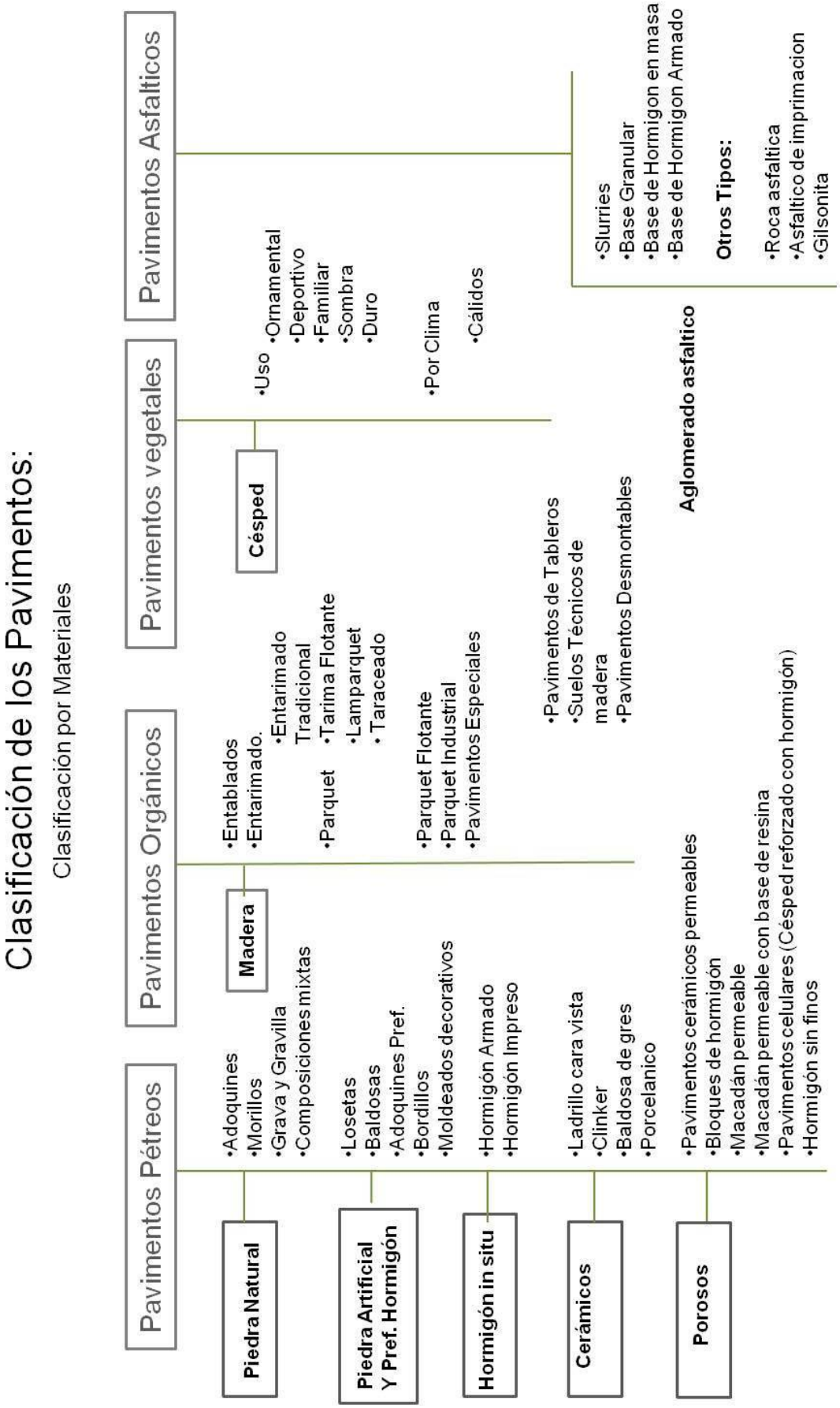

Clasificación de los Pavimentos:
Clasificación por Materiales
Pavimentos Pétreos
Pavimentos Orgánicos
Pavimentos vegetales
Pavimentos Asfalticos
Piedra Natural
Piedra Artificial Y Pref. Hormigón
Hormigón in situ
Cerámicos
Porosos
Madera
Césped
•Adoquines
•Morillos
•Grava y Gravilla
•Composiciones mixtas
•Losetas
•Baldosas
•Adoquines Pref.
•Bordillos
•Moldeados decorativos
•Hormigón Armado
•Hormigón Impreso
•Ladrillo cara vista
•Clinker
•Baldosa de gres
•Porcelanico
•Pavimentos cerámicos permeables
•Bloques de hormigón
•Macadán permeable
•Macadán permeable con base de resina
•Pavimentos celulares (Césped reforzado con hormigón)
•Hormigón sin finos
•Entablados
•Entarimado.
•Parquet
•Entarimado Tradicional
•Tarima Flotante
•Lamparquet
• Taraceado
•Parquet Flotante
•Parquet Industrial
•Pavimentos Especiales
•Pavimentos de Tableros
•Suelos Técnicos de madera
•Pavimentos Desmontables
•Uso
•Ornamental
•Deportivo
•Familiar
•Sombra
•Duro
•Por Clima
•Cálidos
Aglomerado asfaltico
•Slurries
•Base Granular
•Base de Hormigon en masa
•Base de Hormigon Armado
Otros Tipos:
•Roca asfaltica
•Asfaltico de imprimacion
•Gilsonita

TABLA FINAL DE CARACTERÍSTICAS SEGUN EL TIPO DE CESPED

Especie	Clima	Textura y tipo	Aguante al pisoteo	Aguante al sol	Tipo de suelo	Mantenimiento	Altura de corte	Necesidad de fertilizante	Siembra
Paspalum notatum	Cálido	Media, rastrera	Moderada	Máxima, moderada	Muchos tipos	Bajo	5 - 6,5 cm.	Baja	Semilla ó tepes
Cynodon dactylon	Cálido	Fina, Rastrera	Alta	Máxima	Textura suave	Medio	4 - 5 cm	Media	Semilla, dados ó tepes
Ciempiés	Cálido	Media, rastrera	Baja	Máxima, media	Tolera los ácidos	Bajo	4 – 5 cm	Baja	Semilla, dados ó tepes
Stenotaphrun secundatum	Cálido	Gruesa, rastrera	Alta	Máxima, media	Prefiere arenosos	Medio	5 – 7,5 cm.	Media	Dados ó tepes
Zoysia	Cálido	Fina/Media, rastrera	Alta	Máxima, media	Algo ácidos, pH 5.5-6.5	Alto	2.5 – 5 cm.	Media	Dados ó tepes
Agrostis	Frío	Fina, agrupada	Baja	Máxima	Tolera los ácidos	Alto	1 – 2,5 cm.	Alta	Semilla ó tepes
Césped azul	Frío	Fina/Media, agrupada	Baja	Máxima	pH 6.5-7	Bajo	5 – 6,5 cm.	Alta	Semilla
Festuca rubra	Frío	-	Baja	Máxima, sombra	Casi todos	-	5 cm.	-	-
Festuca arundinacea	-	-	Elevada	Máxima, media	Casi todos	-	5 – 7,5 cm.	-	-
Lolium anual	-	-	Moderada	Máxima, media	Casi todos	-	5 cm.	-	-
Lolium perenne	-	-	Elevada	Máxima	Casi todos	-	5 – 7,5 cm.	-	-

Caso #1 Pavimento de grava

Datos Meteorológicos					Datos Medidos							
Fecha	Hora	Temperatura del Aire	Humedad	Radiacion-Directa	Temperatura aire Interior	Temperatura Superficial Material	Radiacion (global)	Iluminancia Exterior	Iluminancia Interior 1	Iluminancia Interior 2	Daylight factor 1	Daylight factor 2
		°C	%	W/m²	°C	°C	W/m²	Lux	Lux	Lux	%	%
09/07/09	10:00:00	27	89	4	30	36	623	7,400	1,080	150	14.59%	2.03%
09/07/09	12:00:00	32	80	121	33	41	733	46,500	2,750	265	5.91%	0.57%
09/07/09	14:00:00	29	94	777	34	49	989	11,200	3,700	280	33.04%	2.50%
09/07/09	16:00:00	31	75	265	32	46	769	8,150	1,100	150	13.50%	1.84%

Caso #2 Pavimento de césped

Datos Meteorológicos					Datos Medidos					
Fecha	Hora	Temperatura del Aire	Humedad	Radiacion-Directa	Temperatura aire Interior	Temperatura Superficial Material	Radiacion (global)	Iluminancia Exterior	Iluminancia Interior	Daylight factor
		°C	%	W/m²	°C	°C	W/m²	Lux	Lux	%
12/07/09	10:30:00	27	88	28	28	30	872	10,050	3,000	29.85%
12/07/09	12:30:00	32	79	205	32	37	983	11,850	4,250	35.86%
12/07/09	14:30:00	29	89	753	30	44	1099	11,700	2,000	17.09%
12/07/09	16:30:00	32	77	919	31	40	602	8,950	700	7.82%

Caso #3 Pavimento de hormigón

Datos Meteorológicos					Datos Medidos							
Fecha	Hora	Temperatura del Aire	Humedad	Radiacion-Directa	Temperatura aire Interior	Temperatura Superficial Material	Radiación (global)	Iluminancia Exterior	Iluminancia Interior 1	Iluminancia Interior 2	Daylight factor 1	Daylight factor 2
		°C	%	W/m²	°C	°C	W/m²	Lux	Lux	Lux	%	%
12/07/09	10:45:00	27	85	48	31	38	890	10,500	3,500	300	33.33%	2.86%
12/07/09	12:45:00	32	78	213	35	45	1231	13,920	5,750	231	41.31%	1.66%
12/07/09	14:45:00	29	87	845	34	52	1114	12,300	4,000	125	32.52%	1.02%
12/07/09	16:45:00	32	81	159	33	47	614	5,350	800	120	14.95%	2.24%

Tablas complementarias con los valores recibidos de la estación meteorológica de Santo Domingo y medidas in situ.

Contraste de Luminancias exterior Caso #1 Pavimento de grava (software HDR)

10:00 am

12:00 m

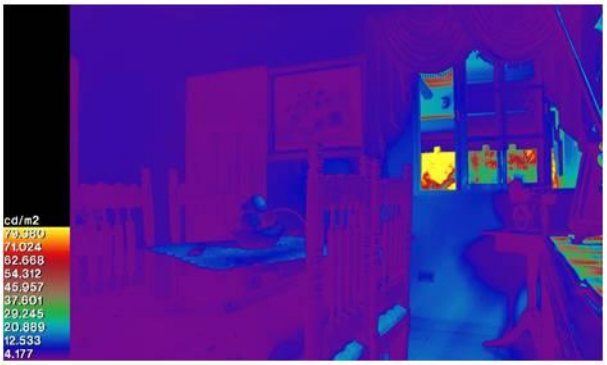
2:00 pm

4:00 pm

Contraste de Luminancias interiores Caso #1 Pavimento de grava (software HDR)

10:00 am

12:00 m



2:00 pm

4:00 pm

Contraste de Luminancias interiores Caso #2 Pavimento de césped (software HDR)

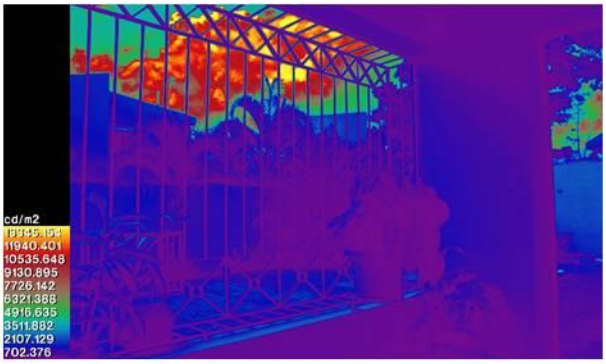
10:30 am

12:30 pm

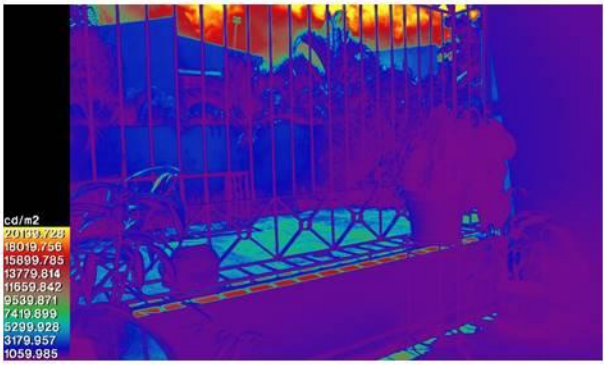
2:30 pm

4:30 pm

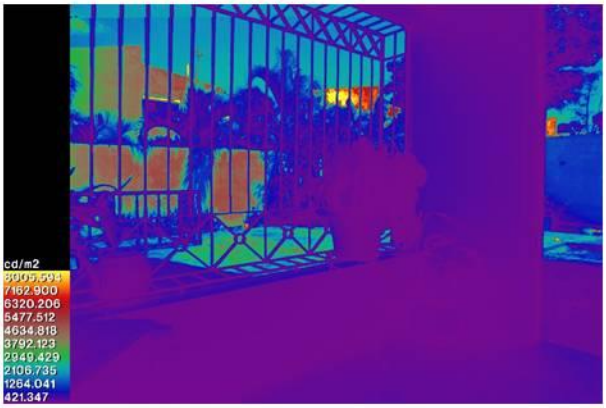
Contraste de Luminancias exteriores Caso #3 Pavimento de hormigón (software HDR)



10:45 am

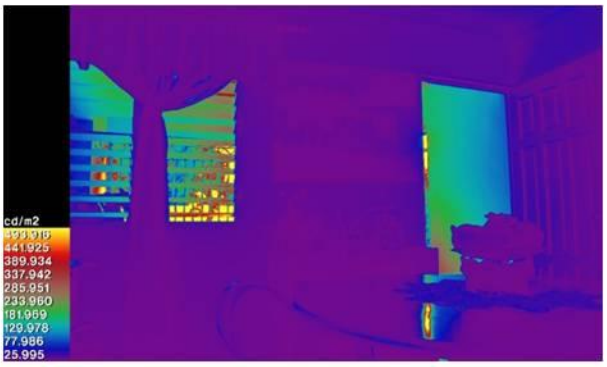


12:45 pm



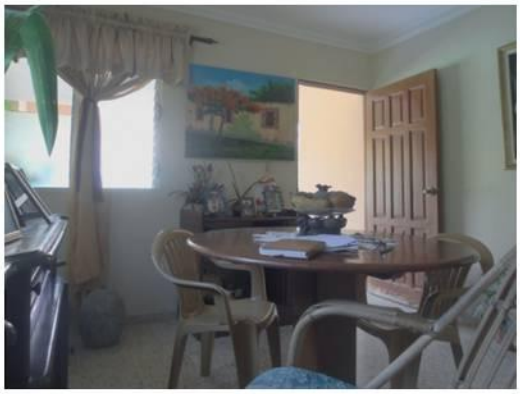
2:45 pm

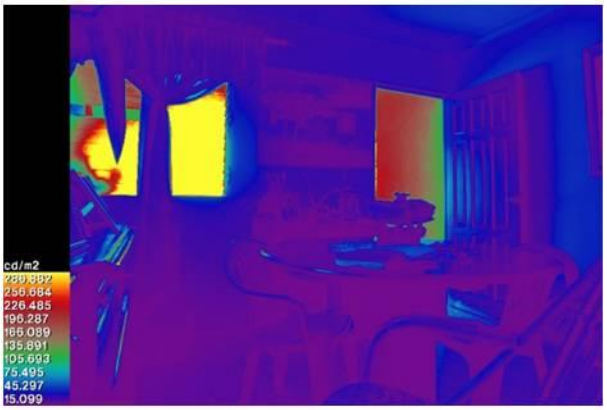
Contraste de Luminancias interior Caso #3 Pavimento de hormigón (software HDR)



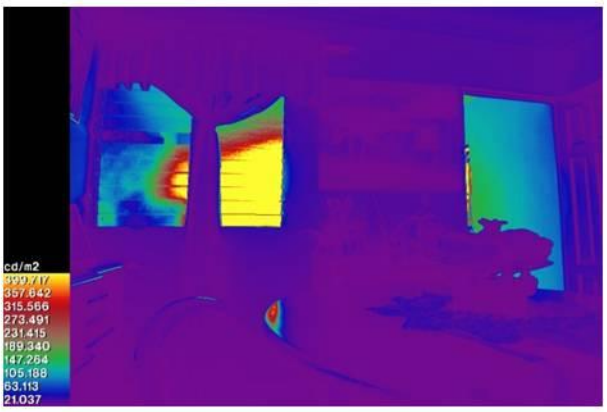
10:45 am

12:45 pm





2:45 pm



4:45 pm