

**PROPUESTA TÉCNICO-ECONÓMICA EN ARQUITECTURA
BIOCLIMÁTICA PARA LA GESTIÓN DE CALIDAD DEL AIRE
RELACIONADO AL DISCONFORT TÉRMICO EN LA FACULTAD DE
CIENCIAS AMBIENTALES - UTP**

**ELIANA GARCÍA RESTREPO
MARÍA FERNANDA LÓPEZ ARDILA**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL
PEREIRA
2011**

**PROPUESTA TÉCNICO-ECONÓMICA EN ARQUITECTURA
BIOCLIMÁTICA PARA LA GESTIÓN DE CALIDAD DEL AIRE
RELACIONADO AL DISCONFORT TÉRMICO EN LA FACULTAD DE
CIENCIAS AMBIENTALES - UTP**

**ELIANA GARCÍA RESTREPO
MARÍA FERNANDA LÓPEZ ARDILA**

Proyecto de grado para optar por el título de Administración Ambiental

Director Proyecto

**Ph.D Jorge Augusto Montoya A.
Profesor Asociado
Director CRPML-EC
Centro Regional de Producción más Limpia**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL
PEREIRA
2011**

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Pereira, Septiembre de 2011.

AGRADECIMIENTOS

*“Sólo un exceso es recomendable
en el mundo: el exceso de gratitud”.*
Jean de La Bruyere

Primero y antes que nada, dar gracias a Dios por estar con nosotras en cada paso que damos, por la sabiduría y paciencia otorgada en cada día vivido, y por haber puesto en nuestro camino aquellas personas que de una u otra forma hicieron posible la realización de este proyecto.

Nuestros más sinceros agradecimientos a nuestras familias, por todo el apoyo moral, el amor incondicional, la comprensión que siempre nos han brindado, por la motivación y la inspiración para vivir y cumplir nuestras metas trazadas.

Así mismo agradecemos a nuestro asesor de tesis. Doctor Jorge Augusto Montoya, quien estuvo dispuesto a brindarnos y compartirnos de su conocimiento en los momentos requeridos.

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

TABLA DE CONTENIDO	5
LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE GRÁFICOS	8
LISTA DE TABLAS	9
LISTA DE ANEXOS	11
GLOSARIO	12
1. TITULO	14
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
2.1. PROBLEMA O SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	15
2.2. CAUSAS Y EFECTOS	15
2.3. SÍNTOMAS	16
2.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	16
3. JUSTIFICACIÓN	16
4. OBJETIVOS	18
4.1. OBJETIVO GENERAL	18
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
6. ANTECEDENTES	19
7. MARCO REFERENCIAL	23
7.1. FACTORES AMBIENTALES	26
7.1.1. Factores Climáticos.....	26
7.1.2. Factores Personales	28
8. DISEÑO METODOLÓGICO PRELIMINAR	30
8.1. HIPÓTESIS	30
8.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	30
8.3. POBLACIÓN.....	30
8.4. FUENTES Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	31
8.4.1. Fuentes Primarias	31
8.4.2. Fuentes Secundarias	31
8.4.2.1. Medición de variables climáticas y procesamiento	31
8.4.2.2. Selección de Alternativas.....	34
9. ANÁLISIS DE RESULTADOS	37
9.1. DIAGNÓSTICO	38
9.1.1. Características del ambiente a evaluar	39
9.1.2. Análisis cualitativo.....	40
9.1.2.1. Encuesta Cerrada.....	40
9.1.2.2. Análisis de Materiales.....	44
9.1.3. Análisis Cuantitativo.....	46
9.1.3.1. Medición de variables ambientales y procesamiento	47
10. PROPUESTAS	54
10.1. IDENTIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE MATERIALES AMBIENTALMENTE ACORDES	55

10.2. APLICACIÓN DEL MODELO A SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS AMBIENTALES	63
10.3. DESCRIPCIÓN DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA.....	67
10.3.1.1. Descripción.....	68
11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70
12. PERSONAS QUE PARTICIPARON.....	72
13. RECURSOS DISPONIBLES	73
13.1. EQUIPOS DE MEDICIÓN	73
13.2. ANÁLISIS DE DATOS	73
13.3. OTROS.....	73
14. CRONOGRAMA.....	74
15. BIBLIOGRAFÍA.....	76
16. ANEXOS.....	80

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Causas y Efectos.....	15
Figura 2. Ejemplo de Arquitectura Bioclimática.....	20
Figura 3. Desarrollo Sostenible Socio-ambiental	24
Figura 4. Comportamiento de los Materiales de Construcción	28
Figura 5. Balance de Energía en la Atmósfera	28
Figura 6. Medidor de Estrés Térmico QUESTEMP °34	32
Figura 7. Anemómetro digital windmaster 2.....	32
Figura 8. Escala de Sensación térmica.....	40
Figura 9. Rosa de los vientos municipio de Pereira	49
Figura 10. Índice de valoración media de FANGER IVM aplicado al piso 1 de la FACA	51
Figura 11 Índice de valoración media de Fanger IVM aplicado al piso 2 de la FACA	51
Figura 12 Índice de valoración media de Fanger IVM aplicado al piso 2 de la FACA	52
Figura 13. Índice de valoración media de Fanger IVM aplicado al piso 3 de la FACA	53
Figura 14. Sistema de cubierta verde	69

LISTA DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 1. Sensación térmica identificada en el piso 1.....	41
Gráfico 2. Sensación Térmica Piso 2 FACA	41
Gráfico 3. Sensación Térmica Piso 3 FACA.	42
Gráfico 4. Combinación vestimenta	43

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Distribución de los Puntos de Medición en el Edificio de la FACA	31
Tabla 2. Ponderación de criterios	35
Tabla 3. Subcriterios	35
Tabla 4. Rating de importancia	36
Tabla 5. Selección tipo de vestuario	42
Tabla 6. Valoración del aislamiento térmico de acuerdo a la norma ISO 7730:2005	43
Tabla 7 Materiales de construcción usados para el diseño y levantamiento del edificio de la FACA	44
Tabla 8. Condiciones de las aulas de clase / oficinas relacionado con el número de personas.	46
Tabla 9. Promedios de las variables ambientales por piso, edificio de la FACA	47
Tabla 10. Comparación de los datos obtenidos mediante medición en la FACA con los rangos de Confort para verano establecidos en la ISO 7730:2005.	48
Tabla 11. Niveles de metabolismo de acuerdo a las diferentes actividades	50
Tabla 12. Valores de las variables a introducir al software SPRING 3	50
Tabla 13. Requisitos para las construcciones bioclimáticas.	54
Tabla 14. Alternativas	55
Tabla 15. Implementación Sistema Solar Fotovoltaico	56
Tabla 16. Implementación Sistema de Cubierta Reflectiva.....	57
Tabla 17. Implementación Sistema de Cubierta Verde.....	58
Tabla 18. Sistema de Fachada Ventilada	59
Tabla 19. Fachadas Verdes.....	60
Tabla 20. Ventilación mecánica.	61

Tabla 21. Ventilación natural.....	62
Tabla 22. Valoración Alternativas - Cubiertas.....	63
Tabla 23. Valoración Alternativas <i>Fachadas</i>	64
Tabla 24 Valoración sistemas de ventilación	65
Tabla 25 Valoración final de alternativas	66
Tabla 26. Tipos de cubiertas ajardinadas	68

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Mapa de la trayectoria solar sobre el edificio de la FACA.....	80
Anexo 2. <i>Encuesta</i> : Percepción de la sensación térmica de la comunidad académica de la Universidad Tecnológica de Pereira con respecto a la Facultad de Ciencias Ambientales.	83
Anexo 3. Planos Facultad de Ciencias Ambientales por nivel, e identificación de puntos de medición.....	84
Anexo 4. Mapa de localización de la UTP en la ciudad y localización FACA. ..	87
Anexo 5. Síntesis de los elementos de la arquitectura bioclimática.....	88

GLOSARIO

Arquitectura bioclimática: es una arquitectura que diseña con el fin de conseguir unas condiciones de bienestar interior, aumentando notablemente la calidad de vida. Esto se consigue aprovechando las condiciones del entorno, donde el clima, el microclima, la orientación, los vientos, la humedad, las aguas subterráneas, las corrientes telúricas, los campos electromagnéticos y por supuesto una buena elección de materiales, nos dan como resultado una solución particularizada obteniendo construcciones más integradas en el medio, más agradable, económica y sobre todo sana.¹

Disconfort térmico entendido como la carga de calor que los seres humanos reciben y acumulan en su cuerpo y que resulta de la interacción entre las condiciones ambientales del lugar donde se desarrollan, la actividad física que realizan y la ropa que llevan, permitiendo satisfacer las condiciones de confort.

Confort térmico: “Esa condición de mente en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico”²; Puede definirse como la combinación de temperatura del aire, la humedad relativa, la temperatura de las paredes (expresada como la Temperatura media radiante) y el movimiento del aire con la cual el ser humano expresa satisfacción.

Temperatura: La temperatura es una propiedad física que se refiere a las nociones comunes de calor o ausencia de calor, a menudo el calor o el frío percibido por las personas tiene más que ver con la sensación térmica, que con la temperatura real.

Humedad relativa: porcentaje de saturación del aire con vapor de agua, es decir, es la relación entre la cantidad de vapor de agua que contiene un metro cúbico de aire en unas condiciones determinadas de temperatura y presión.

Velocidad del viento: Distancia que recorre el viento por unidad de tiempo.

Radiación: Emisión continua de energía desde la superficie de cualquier cuerpo, esta energía se denomina radiante y es transportada por las ondas electromagnéticas que viajan en el vacío a la velocidad de $3 \cdot 10^8$ m/s.

Tasa de Metabolismo: flujo continuo de energía producido por el cuerpo humano, el cual es capaz de producir calor al desarrollar cualquier actividad muscular, al transformar los alimentos o cuando se da alguna reacción química en el organismo”.

¹ Anexo 5. Síntesis de los elementos de la arquitectura bioclimática.

² ISO, International Organization for Standardization. ISO 7730 : 2005. Ergonomía del ambiente térmico - Determinación analítica e interpretación de confort térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y criterios de confort térmico locales; 2005.

Temperatura Radiante Media: “se define como la temperatura uniforme de un local negro imaginario que produzca en la misma pérdida de calor por radiación en las personas como el local real”³.

Temperatura de Globo: “es la temperatura uniforme de un recinto cerrado en la cual el ocupante intercambiaría la misma cantidad de calor por radiación mas convección que en el ambiente no uniforme existente”⁴

Resistencia térmica del vestido: “es la capacidad de aislar térmicamente poseída por las prendas de vestir”⁵.

Ambiente térmico: “las características del ambiente que afectan la pérdida de calor de una persona”⁶.

Aislamiento de la ropa (I_{cl}) “la resistencia a la transferencia de calor sensible que proporciona un conjunto de prendas de vestir (es decir, más de una prenda). Se describe como el aislamiento intrínseco de la piel a la superficie de la prenda, sin incluir la resistencia proporcionada por la capa de aire alrededor del cuerpo vestido”⁷.

Sensación térmica: “sensación consciente clasificada comúnmente en las categorías de *frío, fresco, ligeramente fresco, neutro, ligeramente tibio, tibio y caliente*; requiere evaluación subjetiva”⁸.

Temperatura operativa (t_o): “la temperatura uniforme de un cerramiento negro imaginario en el que un ocupante intercambiaría la misma cantidad de calor por radiación más convección, que en un ambiente no uniforme real”⁹.

³ Kvisgaard, Bjørn. *La Comodidad térmica*. DENMARK, 1997.p. 6

⁴ NTC, Norma Técnica Colombiana. NTC 5381: 2005. *Ergonomía del ambiente térmico. Instrumentos para medición de cantidades físicas*.

⁵ Águila Soto, Antonio. *Procedimiento de Evaluación de Riesgos*. España.

⁶ NTC, Norma Técnica Colombiana. NTC 5381:2004 *condiciones ambientales térmicas de inmuebles para personas*

⁷ *Ibid.*, p.2.

⁸ *Ibid.*, p.2.

⁹ *Ibid.*, p.3.

1. TITULO

PROPUESTA TÉCNICO- ECONÓMICA EN ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA PARA LA GESTIÓN DE CALIDAD DEL AIRE RELACIONADO AL DISCONFORT TÉRMICO EN LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES - UTP

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Dado que la Facultad de Ciencias Ambientales (FACA) es una comunidad científico-académica, uno de sus objetivos es la prestación del servicio de educación y formación. En este sentido, las instalaciones en donde se realizan los procesos de aprendizaje deben ser apropiadas para el desarrollo de este ejercicio; por lo tanto, es necesario que cumplan con unos requisitos mínimos de calidad de aire como es la ventilación e iluminación natural y directa desde el exterior, contribuyendo de esta forma con el ahorro de energía.

La Organización Mundial de la Salud (OMS), ha definido como Síndrome del Edificio Enfermo¹⁰ (Sick Buildings Syndrome, "SEE"), a un conjunto de molestias y enfermedades originadas en la mala ventilación; la descompensación de temperaturas, las cargas iónicas y electromagnéticas, las partículas en suspensión, los gases y vapores de origen químico y los bioaerosoles, entre otros agentes causales identificados como contaminantes.

Contaminación ambiental se refiere contaminación del aire externo, sin embargo se debe tener en cuenta que las personas pasan entre el 60% y 70% de su tiempo laboral-académico en las distintas áreas de trabajo de la Facultad, de ahí la importancia del control de la calidad del aire interno.

Actualmente, las instalaciones de la FACA, tienen un alto gasto energético puesto que no hay aprovechamiento de los recursos naturales como materia prima en el diseño del edificio, por lo tanto ello puede conducir a la concentración térmica denominado discomfort; que reflejado en la comunidad académica puede ocasionar fatiga en síntomas como irritabilidad, distracción, agresividad, incremento o disminución de la frecuencia cardíaca, además la disminución del rendimiento tanto físico como mental que se marca notable en la productividad tanto administrativa como educativa.

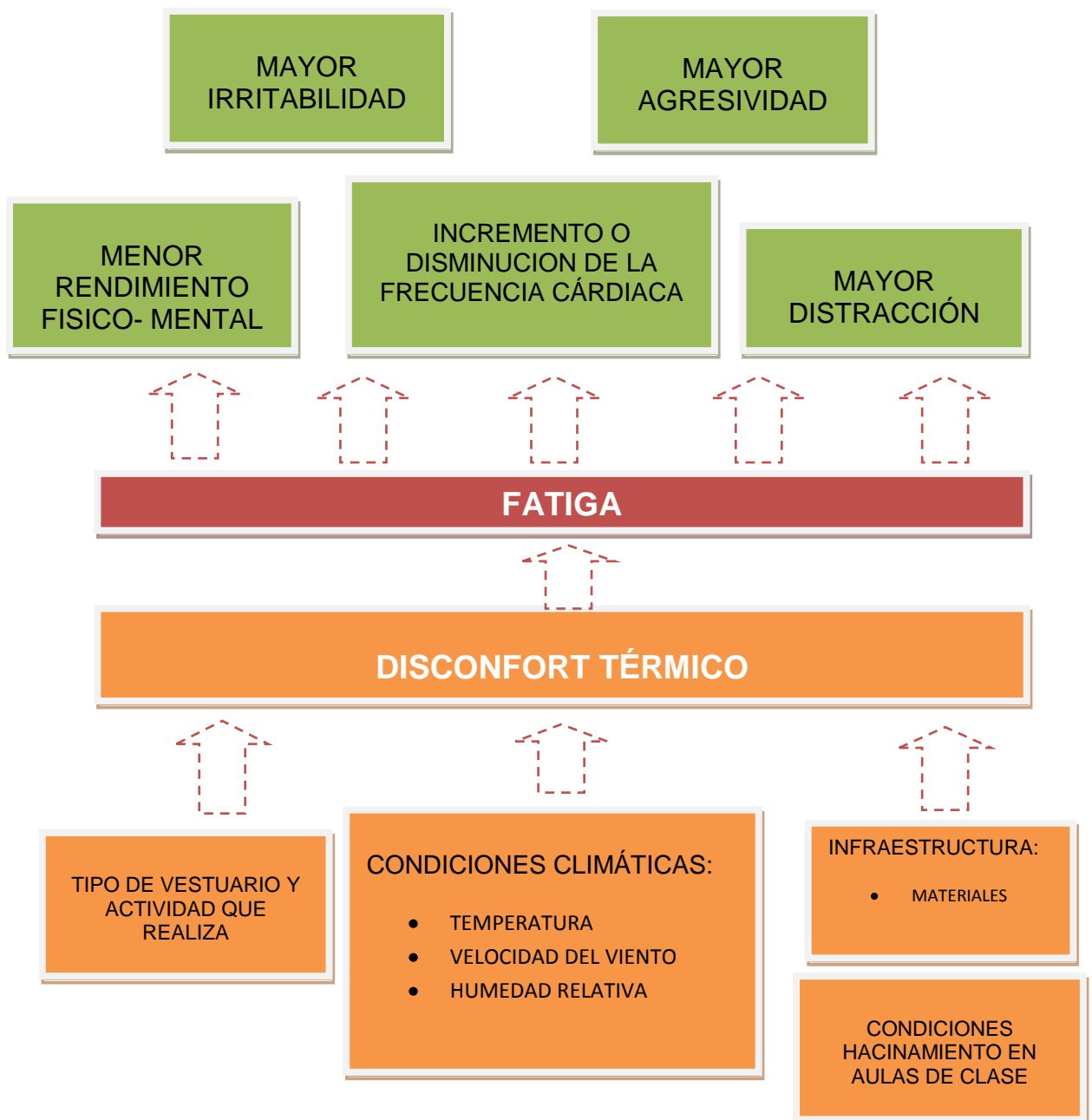
¹⁰ Anexo 5. Síntesis de los elementos de la arquitectura bioclimática.

2.1. PROBLEMA O SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

La existencia de materiales con mayor capacidad acumulativa de calor, sumado a las condiciones de hacinamiento, y el discomfort térmico, inapropiado uso de recursos naturales que pueden ser la materia prima en el diseño del edificio y altos consumos energéticos.

2.2. CAUSAS Y EFECTOS

Figura 1. Causas y Efectos



2.3. SÍNTOMAS

- Deterioro del ambiente.
- Afectación a la salud humana.
- Disconformidad de la comunidad en general.

2.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuáles podrían ser las alternativas de solución basadas en la arquitectura bioclimática, que permitan realizar una adecuada gestión de la calidad del aire en relación al discomfort térmico en la Facultad de Ciencias Ambientales?

3. JUSTIFICACIÓN

Tal como establece G. Bateson (1972), es probable que nuestra civilización actual, desde la Revolución Industrial, descansa sobre las siguientes ideas dominantes:

- *Nosotros contra el ambiente.*
- *Nosotros contra otros hombres.*
- *Lo que importa es el individuo (o la empresa individual).*
- *Podemos tener un control unilateral sobre el ambiente y hemos de esforzarnos para conseguirlo.*
- *El determinismo económico es algo de sentido común.*
- *La tecnología y la especialización se encargarán de arreglarlo todo.*

Estas ideas dominantes que van alimentando cotidianamente la conciencia individual y el inconsciente colectivo no son, ciertamente, sustentadoras de sostenibilidad y ello se manifiesta tanto en los estilos de vida como en los deseos y expectativas del individuo¹¹.

De manera que estas ideas, han permeado profundamente en todas las actividades desarrolladas por el hombre, y en sus formas de expresión. La forma de construcción es un ejemplo claro de ello, ya que en el pasado los grupos de individuos construían sus edificaciones teniendo en cuenta las condiciones ambientales que les rodeaba, vivían en armonía con la capacidad de resiliencia del medio, y realizaban un uso sostenible de los recursos; pero,

¹¹ Rueda, Salvador, *Habitabilidad y Calidad de Vida, España, 1998*

tras el paso del tiempo y el cambio de concepciones se encuentra una transformación total, es decir, construcciones que no tienen en cuenta ningún factor ambiental y que se constituyen en un foco de mayor consumo energético e ineficiencia en el uso de los recursos, tras la búsqueda obligada del confort al interior de las edificaciones y mejora de la calidad de vida.

Siendo consecuentes con los cambios conceptuales a través del tiempo en términos arquitectónicos, la Facultad de Ciencias Ambientales de la UTP, es el reflejo de que las acciones humanas van en contravía de los principios y factores ambientales, puesto que la calidad del aire interno con relación al discomfort térmico, no es el más apropiado para cumplir óptimamente con la prestación del servicio de educación, y el desarrollo de todas las actividades de la comunidad universitaria.

Es allí donde radica la justificación de este proyecto, ya que siendo coherentes con la misión de la FACA, y las asignaturas adelantadas allí, es fundamental que el desarrollo de su cátedra sea realizado en edificaciones que cumplan con parámetros de sostenibilidad, y para ello es indispensable rescatar a la arquitectura bioclimática como una herramienta que contempla y “adopta al medio ambiente; la cual es también conocida como arquitectura de elevada eficiencia energética, porque intenta minimizar el consumo energético y con él, la contaminación ambiental”, para que las comunidades puedan desarrollarse óptimamente al interior de las edificaciones¹².

Para el administrador ambiental las herramientas de la arquitectura bioclimática constituyen una alternativa para la aplicación de la Producción Más Limpia, y así mismo constituye un papel fundamental en la gestión de la calidad del aire al interior de las edificaciones. El diseño arquitectónico, los materiales de construcción, la calidad de la obra y la microlocalización de las edificaciones deben procurar que las condiciones del aire interior favorezcan el bienestar y la salud de los residentes¹³.

Por lo cual se hace más evidente la importancia del administrador ambiental en dicha situación, pues es quien puede reconocer la interrelación entre el ambiente natural, el construido y la sociedad. También entender la pertinencia de esta propuesta que pretende abordar desde herramientas de la arquitectura bioclimática la gestión de la calidad del aire en relación al discomfort térmico para la FACA –UTP, en procura del bienestar de la comunidad universitaria, la calidad de la educación y el bienestar ambiental en términos de eficiencia energética y de recursos, que propende por la práctica de los conocimientos del administrador ambiental en materia de sostenibilidad ambiental y Producción Más Limpia.

¹² Jiménez. G, Ana, *Conceptos de bioclimática aplicados al diseño arquitectónico*, Universidad Católica Popular de Risaralda, Pereira; 2004.

¹³ Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS). UNIDAD 6 ARQUITECTURA Y CLIMA. <http://www.cepis.org.pe/arquitectura/clase26/clase26.htm>.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Formular una propuesta técnico-económica en elementos de la arquitectura bioclimática, para mejorar la calidad de aire con relación al disconfort térmico en las distintas áreas de trabajo de la Facultad de Ciencias Ambientales.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar la calidad de aire de la FACA con relación al disconfort térmico.
- Identificar las posibles alternativas de solución basadas en arquitectura bioclimática enfocada a la gestión de calidad de aire en relación al disconfort térmico de la Facultad de Ciencias ambientales.
- Evaluar la viabilidad técnica y económica de las alternativas de solución para la gestión de la calidad de aire en relación al disconfort térmico, basadas en arquitectura bioclimática.

6. ANTECEDENTES

La arquitectura bioclimática no es un término reciente, y al contrario de lo que se piensa o se cree, su origen tiene lugar con los inicios mismos de la construcción.

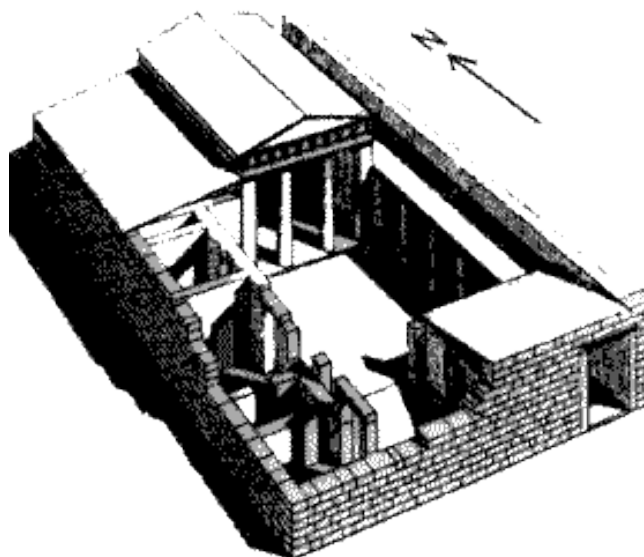
Desde la antigüedad cuando el hombre empieza a utilizar elementos de su entorno para mejorar su calidad de vida, es allí donde se origina la arquitectura bioclimática, si bien, para esta época el hombre no tenía mucho control sobre los elementos que lo rodeaban, tomó componentes de su ambiente, para tratar de acoplarse a las condiciones climáticas y adaptarse; lo anterior es lo que se considera la base de lo que hoy se denomina arquitectura bioclimática.

Posteriormente, cuando el hombre inicia toda una vida religiosa, adopta elementos del clima, como el sol en sus edificaciones, para sus rituales, como muestra simbólica de su espiritualidad, y devoción.

Además, en varias ciudades de la antigua Grecia, China y del Imperio Romano se ha encontrado evidencia del aprovechamiento de las condiciones naturales en la arquitectura; “por ejemplo en ciudades griegas se encontró que los espacios habitables eran orientados al sur y relacionados con un patio a través de un pórtico que los protegía del sol alto del verano, a la vez que dejaba penetrar en ellos el sol bajo del invierno. Así, los griegos descubrieron desde muy temprano este elemental principio de diseño bioclimático para regiones frías y templadas del hemisferio norte, que ha sido reiteradamente empleado a lo largo de la historia en disímiles culturas y localizaciones geográficas”¹⁴.

¹⁴*Sociedad Cubana para la Promoción de las Fuentes Renovables de Energía y el Respeto Ambiental. Apuntes sobre arquitectura bioclimática, (CUBASOLAR). [en línea] <<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia22/HTML/articulo07.htm>>. (citado 7 de abril de 2011)*

Figura 2. Ejemplo de Arquitectura Bioclimática



Fuente. González Courel Dania. Aportes sobre arquitectura bioclimática Casa típica de la antigua Grecia. El pórtico orientado al sol protegía las habitaciones del sol alto de verano y permitía el paso del sol alto de invierno.

El hecho de conocer éstas técnicas de construcción bioclimática, no condujo a la masificación de las mismas, al contrario, los grandes imperios, fueron descubriendo herramientas y desarrollando tecnologías, que les permitían tener mayor control sobre el ambiente, además de encontrarse con nuevas corrientes de pensamiento que los llevaron a olvidarse de los conocimientos tradicionales de la construcción, para adoptar la arquitectura culta¹⁵ o de estilo, que sigue los patrones o códigos formales impuestos en cada época por el «estilo» o movimiento arquitectónico y excluye por completo las condiciones del ambiente.

De aquí en adelante inicia todo un proceso de globalización, que se originó con las guerras de conquistas de los antiguos imperios, que imponían su arte, cultura y arquitectura «cultura» a los pueblos sojuzgados, en contraposición con la arquitectura vernácula popular tradicional, que sí respondía inteligentemente a las condiciones específicas de su medio mediante el diseño bioclimático, entre otros factores¹⁶.

¹⁵Sociedad Cubana para la Promoción de las Fuentes Renovables de Energía y el Respeto Ambiental. Apuntes sobre arquitectura bioclimática, (CUBASOLAR). [en línea]

<<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia22/HTML/articulo07.htm>>. (citado 29 de marzo de 2011).

¹⁶Ibid.,p.3.

Tras el paso de los siglos y mediante esta forma de globalización se conocieron muchas corrientes arquitectónicas como son: la arquitectura gótica, románica, barroca, renacentista, del hierro entre otras; que de a poco se fueron alejando más y más de la relación hombre-clima mediante la forma arquitectónica.

Ya en el siglo XIX, y con la llegada de la revolución industrial, el proceso de globalización era más inminente aún, esto conllevó a la migración del campo a la ciudad, lo que se constituyó en un reto arquitectónico y urbanístico, pues la ciudades no estaban preparadas para albergar a miles de nuevas personas allí; la solución a este problema fue la creación de ¹⁷un nuevo tipo de comunidad, con un enfoque higienista; se construyeron edificios largos y estrechos que se ubicaban en un espacio predominantemente verde y separados entre sí a una distancia suficiente para permitir el acceso de todos los espacios interiores al sol y aprovechar así su efecto higienizante, además de térmico. Este enfoque se constituyó en el germen de lo que posteriormente cristalizó como «movimiento moderno» en la arquitectura y el urbanismo del siglo XX.

Posteriormente en el siglo XX, se vino toda una oleada del movimiento moderno como producto de los acontecimientos del siglo XIX, y que “buscaba soluciones que permitieran la producción masiva (y por tanto, industrializada y estandarizada) de viviendas para la población en general”¹⁸.

El movimiento moderno, no obstante, dio origen al llamado «estilo internacional», que se extendió nuevamente por igual a todo el planeta, a contrapelo de costumbres, idiosincrasia, tradiciones y condiciones climáticas, gracias a la proliferación de los sistemas artificiales de climatización e iluminación, altos consumidores de energía convencional.

Entre los años treinta y cincuenta del siglo xx se desarrollaron en los Estados Unidos numerosas investigaciones que sirvieron de base a la construcción de prototipos experimentales (fundamentalmente de vivienda), cuya forma de diseño hacía posible el aprovechamiento directo de la energía solar en la calefacción de los espacios interiores y en el calentamiento del agua. Lamentablemente, los bajos precios de los combustibles fósiles provocaron la «muerte» de estas experiencias, a pesar del interés de los investigadores y las instituciones involucradas¹⁹.

¹⁷ Ibid.,p.3.

¹⁸ Ibid.,p.4.

¹⁹Sociedad Cubana para la Promoción de las Fuentes Renovables de Energía y el Respeto Ambiental, (CUBASOLAR). Apuntes sobre arquitectura bioclimática. [en línea] <<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia22/HTML/articulo07.htm>> (citado 29 de marzo de 2011).

Mientras se desarrollaban estas experiencias; El termino bioclimático es utilizado por primera vez por el Botánico y Climatólogo Alemán Köpper, el cual desarrolló un sistema de clasificación del macroclima terrestre, basado en la adaptación climática de la vegetación en las distintas zonas del planeta²⁰.

La aplicación del término se debe a los hermanos Olgay, Arquitectos (USA), a inicios de los años 60; quienes establecieron que para el acercamiento bioclimático se requiere de una serie de criterios específicos: se requiere un análisis profundo para caracterizar los fenómenos climáticos a escala local, con el fin de determinar la potencialidad del lugar para el control bioclimático pasivo de los edificios y la utilización de las fuentes energéticas renovables. La localización, la tipología, la morfología y la orientación de los edificios en función del acceso dan protección a los factores climáticos principales: del sol (radiación y dinámica de las sombras), viento (barreras, ventilación, refrescamiento), fuentes de calor (tierra, cielo, agua). Los espacios internos deben ser distribuidos según una zonificación térmica en relación a los flujos energéticos en ingreso y salida²¹; intentando crear un vínculo entre la vida, el clima y el diseño²².

Dichas apreciaciones fueron apoyadas, más tarde dada la explosión de la crisis energética en los 70, y posteriormente la crisis ecológica en los 80; a partir de esto, se ha logrado el desarrollo de normatividad y tratados en arquitectura bioclimática que proporcionan la base para la construcción de edificaciones sustentables, especialmente en los países europeos y en Estados Unidos, además del avance en tecnologías y técnicas bioclimáticas, que proveen una alternativa sustentable al consumo de los recursos naturales y así mismo a los problemas ambientales que se enfrentan en la actualidad.

²⁰Arquitectura bioclimática y Construcción Sostenible, (ArquiBio). *Arquitectura Bioclimática: historia de un término "de moda"*. [en línea] <<http://www.arquibio.com/arquitectura-bioclimatica>>. (citado 5 de abril de 2011).

²¹Ibid., P.1.

²²Arquitectura y Construcción, (Arquys). *Historia de la Arquitectura Bioclimática*. [en línea] <http://www.arqhys.com/construcciones/historia-arquitectura-bioclimatica.html> (citado el 8 de abril)

7. MARCO REFERENCIAL

En busca de una promoción del crecimiento económico estable y sostenible de la humanidad, se conformo en 1968 el club de Roma, que con el apoyo de más de 30 países se formularon propuestas para abordar temas de interés como: el deterioro del medio ambiente físico, y el crecimiento urbano incontrolado, que conllevaban a unos cambios negativos que se estaban produciendo en el planeta por consecuencia de las acciones humanas.

Años más tarde en 1987 la Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo de la ONU generaron el informe “Nuestro Futuro Común” analizando la situación del mundo en ese momento y demostró que el camino que la sociedad global había tomado estaba destruyendo el ambiente cada vez más.

El propósito de este informe era revertir los problemas ambientales mediante medios e instrumentos que garantizaran el proceso, y establecer que el desarrollo y el ambiente eran temas que no podían tratarse como si fueran cuestiones separadas, “ambos son inseparables”.

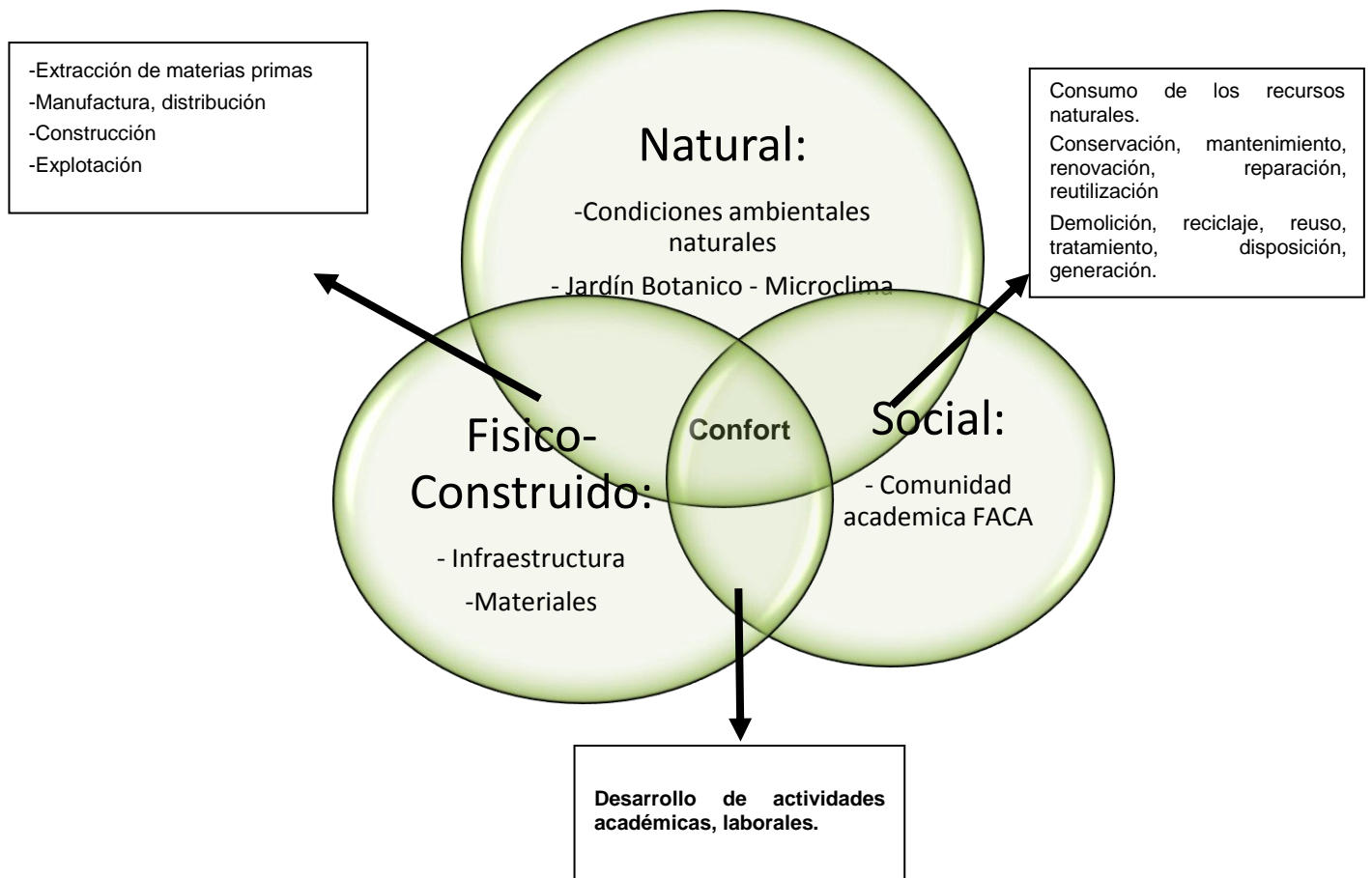
El ambiente ha sufrido los estragos de un mecanismo voraz de obtención de recursos para el sostenimiento del ser humano en la tierra, esto obliga al hombre a tomar medidas que permitan mejorar las condiciones de vida dentro de un hábitat que sufre los trastornos de un clima llevado cada vez más a su máxima capacidad de respuesta por el mal uso de los ecosistemas como medio de adaptación de la humanidad.

En búsqueda de la transformación del modelo de desarrollo actual, basado en una explotación de los recursos naturales como si fuesen ilimitados y en un acceso desigual a sus beneficios, se incorpora en 1992 la Agenda 21, ya que se torna necesario replantear las relaciones que hacen uso de todos los procesos tanto ecológicos, como biológicos, físicos, económicos y culturales que hasta el momento se estaban dando; dichas relaciones deberían abordarse sistémica e interdisciplinariamente, dejando de lado el reduccionismo y la visión sesgada con la cual se pretendía indagar y subsanar los problemas de carácter ambiental, abriendo paso a la complejidad, donde se articulan los diferentes elementos que lo conforman, para lo cual es preciso comprender que los sistemas son variables que evolucionan y se transforman constantemente

mediante propuestas que fortalecen y potencializan el sistema y retroalimentan de forma positiva el ambiente.

La preocupación por el ambiente ha sido la causa de la aparición de una nueva generación de visiones y estrategias enfocadas al trabajo integrado de desarrollo y ambiente, y tras ellas el aprovechamiento de los recursos naturales como fuente energética tal es el caso de los edificios sostenibles, disminuyendo así el deterioro del ambiente físico construido, de manera que se establezca una relación más estrecha y respetuosa entre el hombre, sus acciones y la naturaleza. (Ver Figura 3)

Figura 3. Desarrollo Sostenible Socio-ambiental



Buscando una relación más estrecha y respetuosa entre el hombre, sus acciones y la naturaleza, damos lugar al diseño bioclimático²³ como una alternativa para disminuir los impactos ambientales, y el desconfort, pues consiste en el diseño de edificaciones teniendo en cuenta las condiciones

²¹ *Energía Renovable para tu hogar. La construcción bioclimática, [en línea], <http://www.casarenovable.org/energia-renovable-construccion-bioclimatica.asp>. (citado el 13 de Noviembre 2010).*

climáticas, haciendo un aprovechamiento de los recursos disponibles como es la energía solar, la vegetación, la lluvia, y los vientos.

La arquitectura bioclimática aprovecha varios aspectos como son:

- *La localización del edificio, para aprovechar el microclima que crea la forma del terreno, y la vegetación existente.* Para este caso se quiere evaluar la posibilidad de aprovechar el microclima generado por el Jardín Botánico UTP.
- *La orientación, para captar de la manera más adecuada la luz solar y los vientos.* Se ha demostrado que con ventilación natural al igual que la iluminación se reducen costos y consumos energéticos, pues no sería necesario la implementación de equipos como los Aires Acondicionados para proporcionar un espacio de desarrollo óptimo tanto académico como laboral, pues se estima que un metro lineal de rendija proporciona 1,7 m³ /h de aire, aún en ausencia de viento.²⁴
- *Los materiales de construcción: utilizando de preferencia aquellos más empleados en la región, y por lo tanto más baratos y de más fácil obtención.* Además la posibilidad de implementar materiales reciclados o recirculados que tienen la característica de aislar el calor y reflejar la radiación solar.
- *El color de las paredes y techos. Los colores claros reflejan la luz del sol y contribuyen a refrigerar el edificio. Un tejado claro frente a uno oscuro reduce la carga térmica (...) en un 50%.*

Dicha arquitectura facilitaría subsanar aquellos inconvenientes como es el disconfort térmico²⁵ relacionados con el desarrollo óptimo del hombre, entendiendo el disconfort como la carga de calor que los seres humanos reciben y acumulan en su cuerpo y que resulta de la interacción entre las condiciones ambientales del lugar donde se desarrollan, la actividad física que realizan y la ropa que llevan, permitiendo satisfacer las condiciones de confort como “esa condición de mente en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico”²⁶

El Confort Térmico está definido por el **estándar 55-1992 de la ASHRAE** (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers), debe cumplir el propósito primero de especificar la combinación de los factores ambientales del espacio interior y personales que producen las condiciones de

²⁴ Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS). Unidad 1 Funciones y Requisitos de la Ventilación, [en línea]. <http://www.cepis.org.pe/arquitectura/clase41/clase41.htm>(citado el 13 de Noviembre 2010).

²⁵ Pérez Pilar. Calor y trabajo. Prevención de riesgos laborales debidos al estrés térmico por calor. Ciriza. Centro Nacional de nuevas tecnologías, ministerio de trabajo y asuntos sociales y el Instituto Nacional de seguridad e higiene en el trabajo. España.

²⁶ ISO, International Organization for Standardization. ISO 7730 : 2005. Ergonomía del ambiente térmico - Determinación analítica e interpretación de confort térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y criterios de confort térmico locales; 2005.

medio ambiente y estos deben ser aceptables para el 80% o más de los ocupantes de un espacio.

Retomando. La idea de replantear los "hábitats" desde un punto de vista "socio-ambiental" no es incoherente, es decir, debe hacerse uso de aquellas estrategias enfocadas a un desarrollo sostenible (observado en la figura 3); como caso aplicado, reflejaremos lo natural con el Jardín botánico, lo físico-construido con el edificio de la Facultad de Ciencias Ambientales y lo social con la comunidad académica y administrativa.

Así mismo y mediante un diseño bioclimático se facilitaría el logro de ambientes térmicos dentro de la Facultad de Ciencias Ambientales, una ambiente de mejor calidad con un menor consumo de recursos, aprovechando al máximo las "energías naturales" en este caso el Jardín Botánico UTP genera un microclima, que podría producir el efecto de refrescamiento necesario para el desarrollo óptimo de las actividades realizadas por la comunidad de la FACA, puesto que la vegetación existente emplea toda la energía solar recibida en realizar la fotosíntesis, de manera que no irradia calor alguno.

Cabe aclarar que la ubicación de la FACA, no garantiza en su totalidad la renovación de aire, mientras que la fachada oriental está ubicada frente al Jardín Botánico UTP, aprovechando el microclima y así mismo las condiciones climáticas otorgadas por el naciente, la fachada occidental solo recibe el calor del poniente.

Las horas en las que hay mayor intensidad solar se encuentran comprendidas entre las 11:00 am y las 4:00 pm, de esta manera la fachada que recibe mayor radiación solar es la fachada occidental, reafirmando lo anterior.²⁷

7.1. FACTORES AMBIENTALES

Los factores ambientales que influyen directamente en el confort/disconfort de los ocupantes de un espacio se dividen en climáticos y personales.

7.1.1. Factores Climáticos

Las variables climáticas que definen la interrelación entre la persona y el ambiente térmico son:

- a. Temperatura °C
- b. Humedad Relativa HR %

²⁷ Anexo 1. Mapa de la trayectoria solar sobre el edificio de la FACA.

c. Velocidad de los vientos m/s.

La **ley 09 de 1979** (CÓDIGO SANITARIO NACIONAL), en su artículo 109 estipula que se debe suministrar la ventilación que garantice la recirculación de aire externo limpio y fresco, además de ser una exigencia del **ANSI-ASHRAE. STD 62-2001** (suministro de la cantidad de aire de renovación mínima por persona).

“EL aire interior posee propiedades diferenciadas con relación a las del aire de la atmósfera abierta. Ello se debe al intercambio calórico y dinámico con y a través de las fronteras, constituidas por los elementos arquitectónicos (...). Tal diferenciación puede favorecer microclimas benéficos o puede inducir microclimas tan o más hostiles que los provistos por el intemperismo”²⁸.

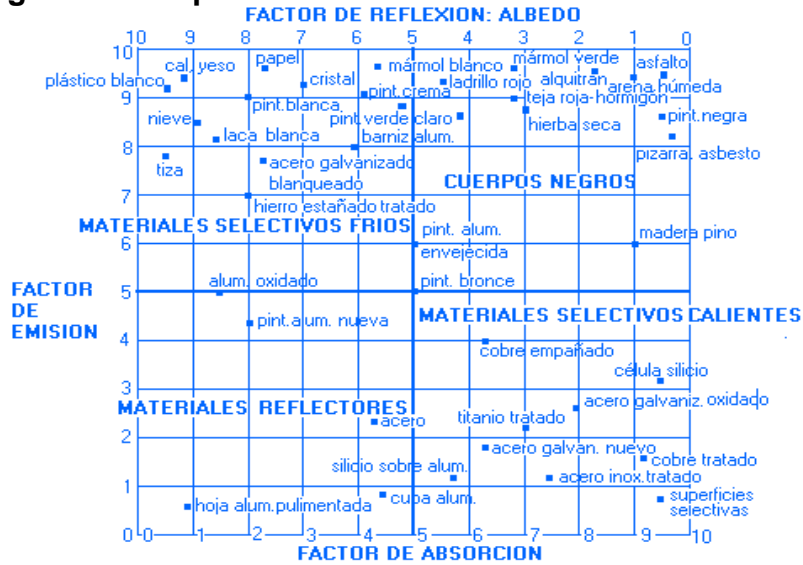
La Facultad de Ciencias Ambientales tiene por objeto la prestación del servicio de educación, es una comunidad científico-académica, sus instalaciones deben ser apropiadas al desarrollo de este ejercicio, por lo tanto es necesario que cumplan con unos requisitos mínimos de calidad de aire, no solo las reglamentadas por el código sanitario nacional sino también por la normas **ASHRAE 62.1-2007 y al NAAQS** (National Ambient Air Quality Standards), y las ISO, las cuales tienen como propósito especificar los caudales mínimos de ventilación y calidad del aire interior que será aceptable para ocupantes humanos con el fin de minimizar efectos potenciales adversos a la salud puesto que la velocidad del aire sobre el cuerpo humano influye en el intercambio térmico entre el cuerpo y el ambiente, y por tanto en la temperatura del cuerpo.

En la **Resolución 2400 de 1979** (Estatuto de Seguridad e Higiene Industrial), el cual estipula en el título 3, capítulo 1, artículo 63 y 64 que la temperatura y humedad relativa no deben resultar perjudiciales para la salud, puesto que un ambiente térmico inadecuado causa fatiga concebida como las reducciones de los rendimientos físico y mental, y por lo tanto de la productividad; provoca irritabilidad, incremento de la agresividad, de las distracciones, de los errores, incomodidad al sudar o temblar, aumento o disminución de la frecuencia cardíaca, etc, lo que repercute negativamente en la salud e incluso, en situaciones límite, puede desembocar en la muerte. (Mondelo, et al. 1999)

La temperatura en °C depende del comportamiento de los materiales, y su capacidad de absorción, reflexión o emisión (Ver figura 4) puesto que según el material, el interior de una edificación puede proporcionar tanto confort como discomfort.

²⁸ CEPIS. Diplomado de Arquitectura Bioclimática y Construcción Sostenible. 2010

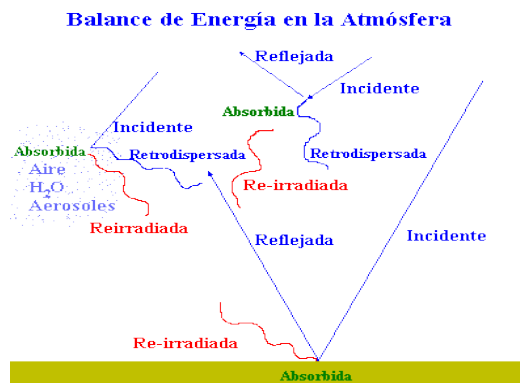
Figura 4. Comportamiento de los Materiales de Construcción



Fuente: CEPIS. Diplomado de Arquitectura Bioclimática y Construcción Sostenible. 2010

La humedad relativa es inversamente proporcional a la temperatura, éstas al igual que la radiación solar dependen directamente del comportamiento de los materiales puesto que algunos materiales pueden o no reirradiar los rayos solares dando lugar al balance de energía en la atmósfera (Ver Figura 5)

Figura 5. Balance de Energía en la Atmósfera



Fuente: CEPIS. Diplomado de Arquitectura Bioclimática y Construcción Sostenible. 2010

7.1.2. Factores Personales

Cuando mencionamos factores personales hablamos de edad, sexo, constitución corporal, aptitud física y formas de vestir.

“Mientras el metabolismo de un niño de dos años puede alcanzar los 60 W por metro cuadrado de superficie corporal, al cumplir los 25 años estará en 44 W por metro cuadrado, y a los 80 años su metabolismo basal habrá descendido a 38 W por metro cuadrado de superficie corporal.

La diferenciación entre sexos, a los efectos del microclima, comienza a edad bien temprana, se acentúa partir de los 10 años y las diferencias se mantienen más o menos constantes hasta la vejez. Se puede estimar de una manera muy práctica y suficientemente precisa para trabajos ergonómicos si se considera que el metabolismo basal de las mujeres es aproximadamente de 40,6 W/m² y el de los hombres 42,9 W/m².²⁹

En cuanto a la constitución corporal, las personas corpulentas están en desventaja en ambientes cálidos pero en ventaja en los ambientes fríos, frente a las personas menos corpulentas. Esto se debe a que la producción de calor de un cuerpo es proporcional a su volumen (W/m³), mientras que la disipación es proporcional a su superficie (W/m²).

“La ropa ejerce un apantallamiento protector ante el calor radiante del sol o de un horno y en caso de frío limita el contacto de la piel con el aire frío, formando un colchón de aire caliente (calentado por el cuerpo) entre el aire frío y la piel, y limita la velocidad del aire frío sobre la piel”.³⁰

²⁹ Mondelo pedro. Ergonomía 2. Confort y estrés térmico. Pág. 22

³⁰ Mondelo pedro. Ergonomía 2. Confort y estrés térmico. Pág. 33

8. DISEÑO METODOLÓGICO PRELIMINAR

8.1. HIPÓTESIS

La inclusión de herramientas de la arquitectura bioclimática mejorará notablemente las condiciones de confort térmico, de la comunidad universitaria que predominan en la Facultad de Ciencias Ambientales, al optimizar la gestión de calidad de aire, y los recursos naturales del área geográfica.

8.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La formulación del problema surgió como resultado de un proceso de observación directa y vivencia del disconfort presentado en la FACA, lo cual intuyo a la investigación cuantitativa mediante las mediciones de variables ambientales; y cualitativa a través de la entrevista permitiendo una acción participativa entre las investigadoras y la población objetivo.

8.3. POBLACIÓN

El proyecto será investigación en la Facultad de Ciencias Ambientales, haciendo relación a estudiantes, administrativos y docentes de los pregrados Administración ambiental y Turismo sostenible, sin embargo, los beneficios esperados abarcan a la comunidad que haga uso de las instalaciones de la FACA. Cabe aclarar que el proyecto es meramente académico, y los beneficios serán resultado de una adecuación a las instalaciones, la cual sirve de base este documento.

8.4. FUENTES Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

8.4.1. Fuentes Primarias

Observación y vivencia

Durante la realización del pensum del pregrado de Administración Ambiental, se tuvo la oportunidad de evidenciar la incidencia de los diferentes factores climáticos (Temperatura, Humedad relativa, velocidad de los vientos), en el papel del estudiante, dentro de las aulas de clase se evidenciaba un disconfort térmico, reflejando fatiga en síntomas principalmente de distracción, además de la disminución del rendimiento tanto físico como mental, para el desarrollo de las actividades in situ.

Encuesta cerrada

Otra fuente de información utilizada es la encuesta cerrada³¹, para la cual se tomó una muestra de 100 personas aleatoriamente, entre administrativos, docentes y estudiantes, para determinar la percepción de cada uno frente al confort térmico sentido en la FACA.

8.4.2. Fuentes Secundarias

8.4.2.1. Medición de variables climáticas y procesamiento

Tras el proceso de observación directa y vivencia del disconfort presentado en la FACA y conociendo las diferentes dinámicas en cuanto al ambiente térmico en los pisos del edificio, se establecieron 26 puntos de medición en toda la Facultad, los cuales están distribuidos así:

Tabla 1. Distribución de los Puntos de Medición en el Edificio de la FACA³²

N° piso	Código de Aula/Oficina	
Piso 1	F104	
	F107	
Piso 2	F213	
	F218	
	F205	
	F212	
Piso 3	F317	F323
	F315	F311
	F314	F309
	F313	F308
	F312	F307
	F319	F305
	F318	F304
	F316	F303
	F320	F302
	F321	F305

³¹ Anexo 2. Encuesta: Percepción de la sensación térmica de la comunidad académica de la Universidad Tecnológica de Pereira con respecto a la Facultad de Ciencias Ambientales.

³² Anexo 3. Planos Facultad de Ciencias Ambientales por nivel, e identificación de puntos de medición.

A continuación se detallan los equipos utilizados para determinar el valor de cada una de las variables incidentes en el confort/disconfort predominante en la Facultad de Ciencias Ambientales:

Medidor de Estrés Térmico QUESTEMP °34

En la figura 6 se evidencia el equipo utilizado para la cuantificación de las condiciones de confort térmico de las diferentes áreas de la Facultad de Ciencias Ambientales; se instaló durante tiempos representativos de 8 minutos en promedio por cada punto (26 en total), el cual permitió identificar los resultados de las variables: Temperatura de bulbo seco (Tbs), Humedad Relativa, Temperatura de Globo.

Figura 6. Medidor de Estrés Térmico QUESTEMP °34



Fuente: Higiene y Ambiente. 2011

Anemómetro digital Windmaster 2

Para medir la velocidad del aire que circula al interior de cada área o espacio sujeto a medición en la FACA, se utilizó el anemómetro digital windmaster 2, identificado en la figura 7

Figura 7. Anemómetro digital windmaster 2



Fuente: Aerogeneradores domésticos.

Software Spring 3

Después de capturados los datos de cada variable, éstos son procesados mediante la aplicación del Software Spring 3³³.

Spring 3, es un programa ejecutable en ordenadores compatibles PC. Su aplicación permite evaluar el confort y el estrés térmico por frío y por calor según los siguientes métodos:

- Método de Fanger (IVM)
- Índice de sobrecarga calórica (ISC)
- Índice de la temperatura de globo y de bulbo húmedo (WBGT)
- Índice de sudoración requerida (SWreq)
- Índice de viento frío (WCI)
- Índice del aislamiento requerido del vestido (IREQ)

Para el caso de estudio, sólo fue usado el Método de Fanger³⁴ que establece el Índice Valoración Media (IVM o PMV por sus siglas en Ingles).

El Método Fanger a partir de la información relativa a:

1. la vestimenta, la tasa metabólica,
2. la temperatura del aire, la temperatura radiante media,
3. la velocidad relativa del aire
4. la humedad relativa o la presión parcial del vapor de agua,

Calcula dos índices denominados Voto medio estimado (PMV-predicted mean vote) y Porcentaje de personas insatisfechas (PPD-predicted percentage dissatisfied), valores ambos, que aportan información clara y concisa sobre el ambiente térmico.

El Voto medio estimado es un índice que refleja el valor de los votos emitidos por un grupo numeroso de personas respecto de una escala de sensación térmica de 7 niveles (frío, fresco, ligeramente fresco, neutro, ligeramente caluroso, caluroso, muy caluroso), basado en el equilibrio térmico del cuerpo humano (la producción interna de calor del cuerpo es igual a su pérdida hacia el ambiente).

El equilibrio térmico depende de la actividad física, de la vestimenta, y de parámetros ambientales como: la temperatura del aire, la temperatura radiante media, la velocidad del aire y la humedad del aire.

³³ Mondelo, Pedro, et al. *Ergonomía 2. Confort y estrés térmico*. 1999.

³⁴ *Evaluación de la sensación térmica*. [En línea]. <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/fanger>

El Voto medio estimado predice el valor medio de la sensación térmica, no obstante, los votos individuales se distribuirán alrededor de dicho valor medio, por lo que resulta útil estimar el porcentaje de personas insatisfechas por notar demasiado frío o calor, es decir aquellas personas que considerarían la sensación térmica provocada por el entorno como desagradable.

8.4.2.2. Selección de Alternativas

En el proceso de la búsqueda de material ambientalmente acorde, con miras a dar solución al problema de discomfort térmico fueron identificadas una serie de alternativas que serán evaluadas, considerando aspectos:

- a) Ambientales,
- b) Sociales,
- c) Económicos
- d) Técnicos.

La construcción del modelo apoya la toma de decisiones en cuanto a la selección de tecnologías, el resultado de menor valoración será la mejor opción.

Construcción del modelo

Escenarios. El modelo se desarrolla teniendo en cuenta dos (2) alternativas a saber cubiertas y fachadas. Para el caso de estudio la aplicación del modelo se aplicará por estructura es decir el modelo evaluará las alternativas de cubiertas en una sola tabla y en la siguiente evaluará y valorará los muros exteriores y/o fachadas.

1. Cubiertas
 - 1.1. Sistema de cubierta fotovoltaica
 - 1.2. Sistema de cubierta reflectiva
 - 1.3. Sistema de cubierta verde
2. Fachadas
 - 2.1. Sistema de fachada ventilada
 - 2.2. Sistema de fachada verde
3. Ventilación
 - 3.1. Sistema de ventilación mecánica
 - 3.2. Sistema de ventilación natural

Criterios: Para la evaluación de las alternativas se establecieron como criterios las dimensiones estratégicas del concepto de sustentabilidad, teniendo en cuenta la dimensión ambiental, social, económica, y técnica-operativa, se le asigna una ponderación. Ver tabla 2.

Tabla 2. Ponderación de criterios

Criterios	Ponderación
Ambiental	30%
Económico	40%
Técnico-operativo	10%
Social	20%
TOTAL	100%

A cada una de estas dimensiones se le asignan subcriterios, permitiendo una valoración más descriptiva, la ponderación de los criterios se discrimina entre los subcriterios dividiendo la ponderación entre cada uno de ellos hasta obtener el 100% del criterio. Cada porcentaje se establece de acuerdo a la importancia dentro del estado del arte (Ver tabla 3)

Tabla 3. Subcriterios

CRITERIO	SUBCRITERIOS	VALOR DEL SUBCRITERIO
Ambiental	Generación de GEI	20%
	Consumo de energía	20%
	Deterioro del paisaje	5%
	Consumo de agua	20%
	Demanda de espacio	20%
	No genera otros beneficios ambientales	15%
Económico	Costos de inversión inicial	50%
	Costos de operación	50%
Técnico Operativo	Facilidad de operación	33%
	Facilidad de reparación	33%
	Facilidad de mantenimiento	34%
Social	Disconfort térmico	100%

Después de establecer criterios y definir alternativas, se ponderan los criterios y subcriterios con cada una de las alternativas, a partir de una matriz de doble entrada, y se califica estableciendo un rating de importancia según las características de las tecnologías alternativas apropiadas para identificar la tecnología ambiental más adecuada para dar solución al problema central, identificado en el árbol de problemas (figura 1)

El Rating se establece a partir de la siguiente escala:

Tabla 4. Rating de importancia

0	NO APLICA
1	LEVE
2	MODERADA
3	FUERTE
4	MUY FUERTE
5	EXTREMADAMENTE FUERTE

Seguida de esta calificación la tecnología apropiada con mayor rating, será descartada debido a que la incidencia en el medio ambiente es de carácter negativa y los beneficios para la sociedad serán menores, por lo tanto se recomendará la tecnología con menor rating.

9. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El confort térmico ha sido ampliamente definido, pero la norma ISO 7730 lo establece como "aquella condición mental que expresa satisfacción con el ambiente térmico". Esta definición puede satisfacer a la mayoría de la gente, pero también es una definición que no es fácil de convertir en parámetros físicos; también la complejidad de la evaluación de la comodidad térmica se debe a que el confort no es el mismo para todos los ocupantes de un espacio.

En la actualidad el confort térmico es un parámetro muy importante para la proyección de nuevos edificios, especialmente en los países de zonas templadas, como los europeos y los norte americanos, donde por sus condiciones climáticas estacionales, han provocado el desarrollo de investigaciones y adelantos a cerca de la calidad del aire interno en general, que han culminado en la aparición de legislación que reglamenta y establece condiciones de confort para al menos el 90% de los habitantes de un espacio.

El confort térmico, depende de variables humanas y variables físicas, las cuales responden al tipo de vestuario y actividad desarrollada, de la temperatura, velocidad del viento, humedad relativa respectivamente, pero existen otras variables que pueden incidir directamente sobre la sensación de confort la tipología de materiales de los edificios, así como la cantidad de personas presentes en un espacio.

En Pereira son pocos los estudios que se han realizado en el marco de la gestión de la calidad de aire en interiores relacionado al confort térmico, y muchos menos se han llevado a cabo estudios sobre el tema en las universidades de la zona.

Lo anterior apunta a que la comodidad térmica en interiores no ha obtenido la importancia que merece, y se ha omitido que la comunidad universitaria requiere de un estado de tranquilidad y concentración muy elevado, para desarrollar labores académicas.

9.1. DIAGNÓSTICO

La Universidad Tecnológica de Pereira, se localiza³⁵ en la vereda "La Julita" ubicada al suroriente del municipio, cuenta con 14.620 estudiantes en los programas de pregrado y 1.074 en los de posgrado, cursando sus estudios en jornada diurna, nocturna y jornada en horarios especiales³⁶.

La Universidad Tecnológica de Pereira cuenta con un área total de 505.214,00 m², los cuales están distribuidas así³⁷.

- Edificaciones de usos generales 5,16%
- Edificaciones de servicios 0,29%
- Edificaciones deportivas 0,18%
- Zonas deportivas 5,84
- Zonas de reserva 63,31%
- Zonas de desarrollo urbanístico 11,83%
- Zonas propuestas para futuro desarrollo urbano 13,39%
- Sedes alternas 0,18%

Dentro del cual se halla la Facultad de Ciencias ambientales, objeto del análisis de confort térmico³².

La Facultad de Ciencias Ambientales como parte integradora de la universidad Tecnológica, es una comunidad científico-académica, líder, generadora y socializadora del saber ambiental, que mediante procesos de docencia, investigación y proyección social, orienta su quehacer interdisciplinario al conocimiento y gestión de los sistemas ambientales, que le apunta al desarrollo sostenible³⁸.

Todas estas características hacen que la Universidad y la FACA, no solo busquen ser competitivas, sino que también promuevan el bienestar de toda la comunidad universitaria. Sin embargo, la mayoría de las instalaciones de la UTP y específicamente el edificio de la FACA no fueron construidos bajo parámetros de confort, y de sostenibilidad ambiental, es decir que en dichas construcciones no se tuvieron en cuenta las características ambientales para reducir patrones de consumo de los recursos naturales.

³⁵ Anexo 4. Mapa de localización de la UTP en la ciudad y localización FACA.

³⁶ La Enciclopedia Libre, (WIKIPEDIA). Universidad Tecnológica de Pereira [en línea]. http://es.wikipedia.org/wiki/Universidad_Tecnol%C3%B3gica_de_Pereira, (citado el 11 de abril de 2011)

³⁷ PDI. Plan de Desarrollo Institucional 2009- 2019. Universidad Tecnológica, (UTP).

³⁸ Universidad Tecnológica de Pereira (UTP). Facultad de Ciencias Ambientales [en línea]. <http://www.utp.edu.co/facultades/ambiental/mision.html>

9.1.1. Características del ambiente a evaluar

La planta física de la Facultad de Ciencias Ambientales, posee una ubicación que ha garantizado el acceso a la iluminación natural y condiciones de temperatura³⁹, en las aulas de clase, laboratorios y pasillos que se encuentran sobre el costado oriental. Se Destaca el uso de grandes ventanas que ayudan a refrescar e iluminar los diferentes espacios especialmente, favoreciendo los niveles 2 y 3 los cuales cuentan con una excelente iluminación natural.

Con el paso de los años, la planta física de la Facultad ha ido sufriendo modificaciones paulatinas y en forma no planificada que se concentraron especialmente en nivel 3, para adaptarse a las nuevas funciones académicas, docentes y administrativas de la Universidad Tecnológica de Pereira, sin contemplar en estas modificaciones el bienestar y el confort de la comunidad académica. La población fija y flotante ha ido en aumento presentando actualmente un mayor número de estudiantes (de pregrado y posgrado), profesores, investigadores y personal administrativo, técnico y de apoyo.

El piso 1 del edificio⁴⁰ está conformado por áreas de docencia, administrativas y de apoyo además de instalaciones auxiliares. El pasillo de circulación no posee muy buena iluminación lo que conlleva al uso de lumínicas, éste tiene tres ingresos que son muy efectivos para la conducción del aire desde el exterior.

El piso 2 está conformado por aulas de clase, áreas administrativas, de apoyo e instalaciones auxiliares. Al contrario del piso 1, el pasillo de circulación cuenta con una excelente iluminación natural, así como gran parte de las áreas anteriormente mencionadas, con excepción de los baños.

El piso 3 está conformado en su mayoría por aulas de clase, y algunas oficinas administrativas, cuenta con 3 corredores, de los cuales solo uno, es una verdadera entrada de aire, ya que los otros finalizan como entrada a salones, debido a las modificaciones no planificadas mencionadas anteriormente desmejorando así, la ventilación natural y convirtiendo estas zonas en “puntos ciegos” para la entrada de aire, además de ello, se han remodelado aulas, para cubrir la demanda espacial de la creciente población estudiantil de pregrado y postgrado, conduciendo a una mayor densidad poblacional, y dejando de lado, cualquier parámetro de calidad de aire interno y especialmente el asociado al confort térmico, por otro lado este piso posee buena iluminación natural.

³⁹ *Tecnología y Construcción. Diagnóstico de la calidad higrotérmica y de ventilación en espacios representativos de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU-UCV) [en línea]* <http://www2.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-96012006000100005&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0798-9601, (citado 12 Abril 2011).

⁴⁰ *Anexo 3. Planos Facultad de Ciencias Ambientales por nivel, e identificación de puntos de medición.*

Buscando la manera más adecuada para realizar el diagnóstico se establecen dos tipos de análisis: cualitativo y cuantitativo en los cuales se dividieron las causas del disconfort térmico de acuerdo a la naturaleza.

9.1.2. Análisis cualitativo

9.1.2.1. Encuesta Cerrada

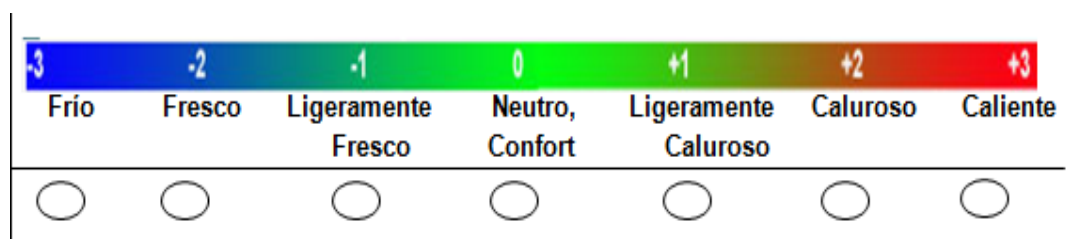
Como parte del desarrollo del diagnóstico se diseñó una encuesta cerrada para evaluar la percepción de la comunidad académica a cerca de la sensación térmica y de la combinación de vestimenta que frecuentemente usa. El tamaño de la muestra piloto corresponde a 100 personas, cuya encuesta es aplicada a la comunidad académica en general que haya recibido clase o permanecido dentro de alguna oficina o aula del edificio de la FACA por más de una hora.

La encuesta incluye preguntas de valoración de la sensación térmica para los tres pisos del edificio de la Facultad de Ciencias Ambientales usando la escala de valoración establecida por el método FANGER en la Norma ISO 7730, y el tipo de vestimenta frecuentemente usada por el encuestado de igual manera usando la combinaciones de ropa planteadas en la norma antes mencionada. El diseño de la encuesta permite recopilar información que posteriormente será analizada y comparada con los resultados cuantitativos.

La encuesta cerrada⁴¹ se compone de 2 preguntas:

1. ¿De acuerdo a la siguiente escala, valore la su sensación térmica en los tres pisos de la Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad Tecnológica de Pereira?

Figura 8. Escala de Sensación térmica

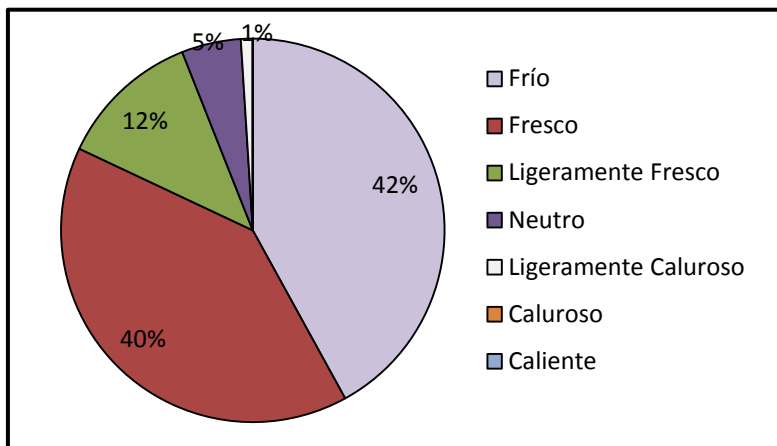


Los resultados arrojados se graficaron para representar en porcentaje la valoración frente a la sensación térmica de los encuestados para el edificio de

⁴¹ Anexo 2. Encuesta prueba piloto percepción de la sensación térmica de la comunidad académica de la universidad tecnológica de Pereira con respecto al edificio de la Facultad de Ciencias Ambientales

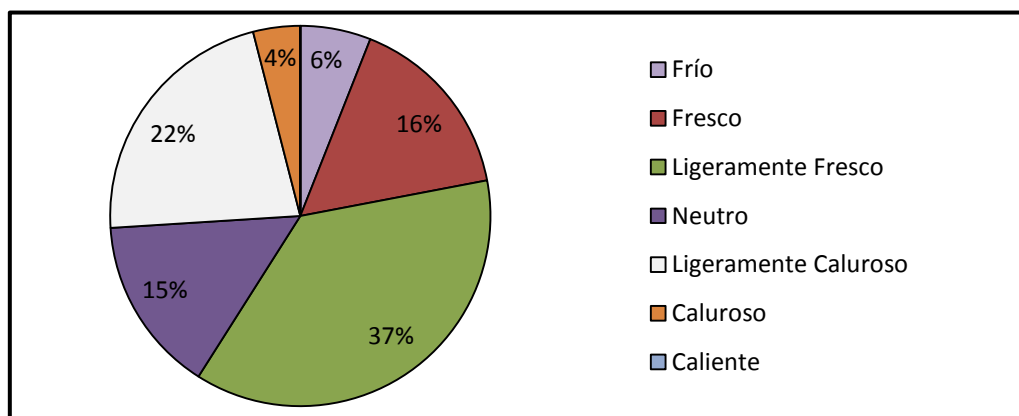
la FACA, bajo una escala de 7 valores, yendo desde -3 (frío) pasando por 0 (confort, neutro) hasta 3 (Caliente). (Ver. Graficas 1, 2, 3 Sensación térmica)

Gráfico 1. Sensación térmica identificada en el piso 1



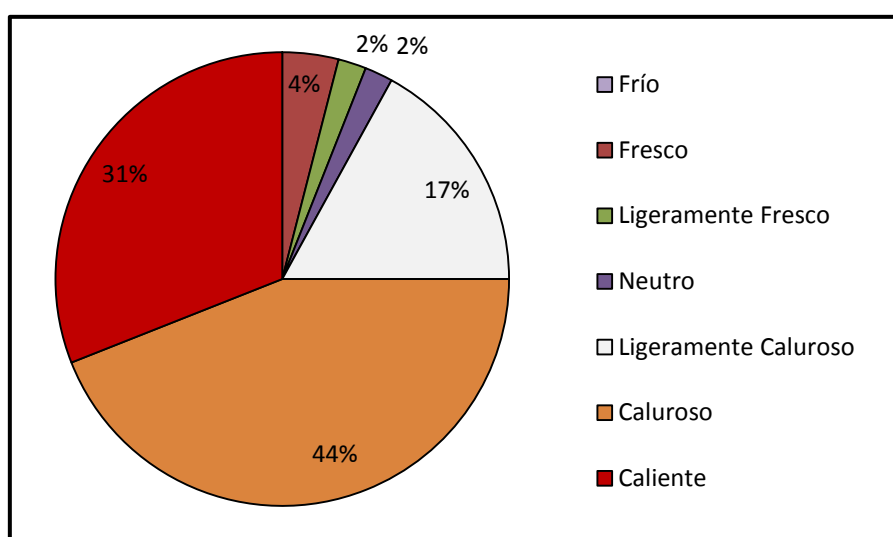
Se nota claramente que la mayoría de las personas encuestadas tienen una sensación de desconfort térmico por frío, cuyos valores más altos son de 42% y 40% los cuales equivalen a los rangos de frío a fresco respectivamente; esta sensación puede deberse a que no hay radiación solar directa hacia el primer piso, además, este piso cuenta con 3 entradas de aire fresco natural, por lo tanto el confort térmico se ve comprometido.

Gráfico 2. Sensación Térmica Piso 2 FACA



Para el piso 2 (Gráfico 1) no existe un patrón de respuesta tan marcado como el caso anterior, sin embargo los mayores valores se ubican en los rangos Ligeramente fresco (37%) y ligeramente caluroso (22%), esta percepción se puede deber a que este piso cuenta con corredores que proporcionan buena ventilación natural, y al mismo tiempo recibe mayor radiación solar comparado con el primer piso.

Gráfico 3. Sensación Térmica Piso 3 FACA.



Para el piso 3 (Gráfico 2) es claro el patrón de respuesta, pues los rangos con mayor porcentaje, se encuentran entre caluroso y caliente con valores de 31% y 44% respectivamente, es importante aclarar en que este piso cambian un poco las condiciones, debido a que las divisiones de las aulas y oficinas son de otro materiales, además de la existencia de cielorraso en este piso, aparte de ello hay radiación solar directa sobre la cubierta, e ingresa al interior por las ventanas; por otro lado, el piso solo cuenta con un pasillo que permite la entrada de aire fresco desde el exterior, ya que por las remodelaciones no planificadas que sufrió el piso los otros corredores fueron transformados alterando significativamente el confort térmico de la comunidad académica en general.

Sin embargo a manera general cabe anotar que las respuestas sobre la percepción térmica en el edificio de la FACA se ven influenciadas de acuerdo a la ciudad de origen o de donde provenga el encuestado, así como también se verá afectada de acuerdo a la cantidad de personas que se encuentren en un espacio, esta variable será analizada más adelante en el análisis cuantitativo.

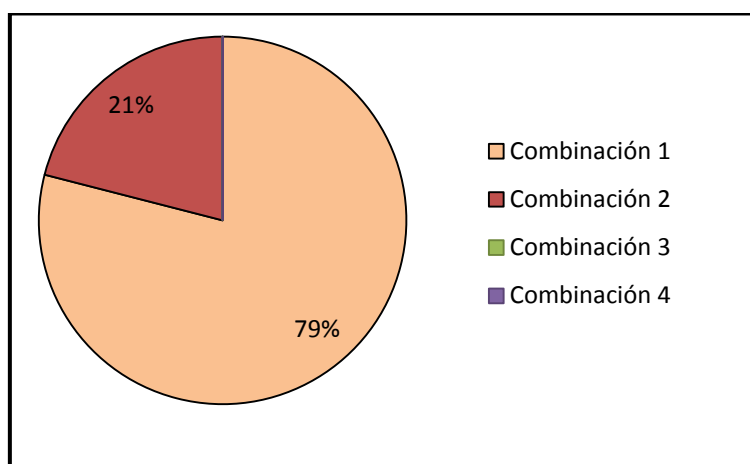
2. ¿Cuál de las siguientes combinaciones de ropa, usa frecuentemente?

Tabla 5. Selección tipo de vestuario

TIPO DE VESTUARIO	
Ropa ligera de verano: camisa ligera de mangas cortas, pantalones largos, calcetines finos y zapatos.	<input type="radio"/>
Ropa de trabajo: camiseta, camisa con mangas largas, pantalones de vestir, calcetines y zapatos.	<input type="radio"/>
Ropa de invierno de trabajo en interiores: camiseta, camisa de manga larga, calcetines de lana y zapatos.	<input type="radio"/>
Vestimenta completa y de trabajo en interiores: camiseta y camisa de manga larga, chaleco, corbata, pantalones de lana, calcetines de lana y zapatos.	<input type="radio"/>

Fuente: ISO 7730: 2005

Gráfico 4. Combinación vestimenta



El patrón de respuesta (Gráfico 4) de esta pregunta es muy marcado, el 79% de los encuestados respondieron que la combinación o tipo de vestuario que más frecuentemente usan, es aquel que corresponde al vestuario ligero de verano; dicho tipo de vestuario corresponde según la norma ISO 7730:2005 (ver Tabla 6) a un aislamiento térmico de **0.5 Clo**. Esta información será utilizada más adelante en el análisis cuantitativo.

Tabla 6. Valoración del aislamiento térmico de acuerdo a la norma ISO 7730:2005

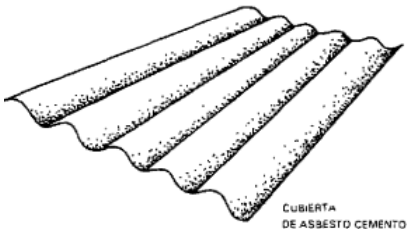

TIPO DE VESTUARIO	AISLAMIENTO CLO
Ropa ligera de verano: camisa ligera de mangas cortas, pantalones largos, calcetines finos y zapatos	0.5
Ropa de trabajo: camiseta, camisa con mangas largas, pantalones de vestir, calcetines y zapatos.	0.8
Ropa de invierno de trabajo en interiores: camiseta, camisa de manga larga, calcetines de lana y zapatos.	1.0
Vestimenta completa y de trabajo en interiores: camiseta y camisa de manga larga, chaleco, corbata, pantalones de lana, calcetines de lana y zapatos.	1.5

Fuente: ISO 7730:2005


9.1.2.2. Análisis de Materiales

Para el análisis de materiales usados en la infraestructura de la FACA, se diseñó una tabla en la que se desglosan estructuralmente las partes del edificio (ver Tabla 7), se describe brevemente el tipo de material con la que fue levantada la estructura y se analizan las ventajas y las desventajas de acuerdo al material usado.

Tabla 7 Materiales de construcción usados para el diseño y levantamiento del edificio de la FACA

ESTRUCTURA	FOTO	MATERIAL	VENTAJAS	DESVENTAJAS
CUBIERTA		ASBESTO CEMENTO: Partículas de amianto ⁴² con cemento Espesor de 3 a 4 mm con forma ondulada	<ul style="list-style-type: none"> • Impermeabilidad • Se sujetan a toda clase de estructura 	<ul style="list-style-type: none"> • Total carencia de aislamiento térmico • Material de alto impacto cancerígeno en el proceso de producción.
CIELO RASO		ICOPOR: Es un material plástico espumado, derivado del poliestireno Lámina con 20 mm de espesor	<ul style="list-style-type: none"> • Aislante Térmico • Aislante acústico • No se pudre, no se enmohece ni se descompone • Material ligero, resistente a la humedad 	<ul style="list-style-type: none"> • Debe tener una distancia entre materiales para permitir una recirculación del aire. • Poliestireno plástico derivado del petróleo.

⁴² El amianto es un material fibroso, resistente al ataque químico e incombustible, por lo que cuenta con aplicaciones industriales muy diversas. El polvo de asbesto, formado por pequeñas partículas, puede ocasionar graves daños pulmonares (asbestosis).

ESTRUCTURA		FOTO	MATERIAL	VENTAJAS	DESVENTAJAS
MUROS EXTERNOS E INTERNOS	1er y 2do piso		LADRILLO CARA VISTA: Es una pieza obtenida por moldeo, secado y cocción a temperatura elevada de una pasta arcillosa, fabricada con material ecológico.	<ul style="list-style-type: none"> • Ofrece una excepcional belleza estética. • Resistente al agua, absorción, compresión • Fabricado con material ecológico y sostenible • Aislante térmico 	<ul style="list-style-type: none"> • Debe realizarse un mantenimiento constante para que por acción ambiental el ladrillo no tienda a descascarse. • Susceptible al moho y a lluvias cargadas de agentes ácidos. • Retenedor de transmisión térmica.
	3er piso		SUPERBOARD: es una placa plana de fibrocemento de origen sílico-calcáreo fraguada mediante proceso en autoclave, lo que sumado una mezcla homogénea de cemento, refuerzos orgánicos y agregados naturales permiten a la placa alcanzar un inigualable nivel de estabilidad dimensional y resistencia.	<ul style="list-style-type: none"> • Sismoresistente • Resistente a la humedad (no se pudre ni oxida) • Aislante térmico (depende del espesor) 	<ul style="list-style-type: none"> • Necesita la combinación de otros materiales para ser un aislante térmico y acústico.
VENTANAS			VIDRIO: es un material inorgánico duro, frágil, transparente y amorfo que se usa para hacer ventanas y una gran variedad de productos. El vidrio es un tipo de material cerámico amorfo.	<ul style="list-style-type: none"> • Paso de la luz natural. • Evita el paso del agua, el ruido, y el polvo. • Permite visión hacia el exterior. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fragilidad • Retenedor de transmisión térmica
ALUMINIO			ALUMINIO: Es un metal no ferroso, es blando y tiene poca resistencia mecánica, pero puede formar aleaciones con otros elementos para aumentar su resistencia y adquirir varias propiedades útiles.	<ul style="list-style-type: none"> • Permite tener muchas combinaciones. • Por ser un material blando es maleable. 	<ul style="list-style-type: none"> • Retenedor de transmisión térmica • Alta Conductividad eléctrica.

Fuente. Elaboración Propia

De acuerdo al material usado en la cubierta, es importante establecer que es la estructura con mayor falencia, ya que carece de aislamiento térmico y teniendo en cuenta que absorbe toda la radiación solar directa, de esta manera se altera significativamente la delicada línea del confort térmico, así como sería importante establecer si el cielorraso posee la distancia entre los materiales suficiente y necesaria para la recirculación del aire frío y caliente, los muros internos del tercer piso también posee falencias en cuanto a la calidad de aire interno en general tanto del confort térmico, como el acústico. Es importante establecer cuáles son las de cada estructura para posteriormente proponer alternativas bajo arquitectura bioclimática que permitan mejorar las condiciones de confort en la FACA.

9.1.3. Análisis Cuantitativo

El número de personas en un espacio puede alterar significativamente la sensación de confort térmico, ya que hay un flujo continuo de pérdida y absorción de calor, por lo tanto se generó una tabla (tabla Condiciones de las aulas de clase / oficinas relacionado con el número de personas) que permitiera conocer el N° de personas promedio, máximo y mínimo que pueden hallarse en las aulas/oficinas del edificio de la FACA.

Tabla 8. Condiciones de las aulas de clase / oficinas relacionado con el número de personas.

N° DE PERSONAS EN LOS DIFERENTES ESPACIOS DE LA FACA		
PROMEDIO	MÁXIMO	MÍNIMO
26	55	1

Fuente: Elaboración propia (Datos suministrados por la División de Sistemas UTP)

Los resultados de la tabla 8, arrojan que el número de personas promedio por espacio es de 26, y que el máximo es de 55, estos valores confirman que la percepción térmica se puede alterar de acuerdo a la cantidad de personas que ocupan un espacio, hasta llegar a la conclusión, que es posible que en la FACA exista hacinamiento ya que el único espacio, apto para albergar el número de personas máximo, es el auditorio, puesto que ningún otro espacio de la FACA posee cualidades para hacerlo.

9.1.3.1. Medición de variables ambientales y procesamiento

La medición de las variables ambientales fue realizada el día 5 de julio de 2011 a la 1:30 pm, época durante la cual encontramos clima veraniego, sin embargo a la hora de la realización de las mediciones, el cielo se presentaba entre despejado y parcialmente nublado; dichas mediciones fueron realizadas en los 26 puntos⁴³ de muestreo en el edificio de la FACA y se estableció un promedio de cada variable por cada piso, teniendo en cuenta la observación directa y vivencia por parte de los investigadores además de los resultados arrojados por la encuesta de percepción que claramente demuestran que existen dinámicas climáticas diferentes en cada uno de los pisos de la FACA.

Los resultados arrojados de la medición de las variables climáticas fueron los siguientes:

Tabla 9. Promedios de las variables ambientales por piso, edificio de la FACA

N° Piso	T °C	T0 °C	WBT °C	TG °C	HR %	TRM °C	VV m/s	AISLAMIENTO DEL VESTUARIO
Piso 1	25,1	25,1	20,6	25	61	25,0	0,3	0.5 Clo
Piso 2	25,9	26,7	20,9	26,8	58,5	27,4	0,2	
Piso 3	26,4	27,8	21,4	28,0	58,1	29,2	0,15	

Fuente: Elaboración Propia

T: Temperatura seca del aire, expresada en grados centígrados (°C).

T0: Temperatura Operativa, expresada en grados centígrados (°C).

WBT: Temperatura de Bulbo Húmedo, expresada en grados centígrados (°C).

TG: Temperatura de Globo, expresada en grados centígrados (°C).

HR: Humedad Relativa, expresada en porcentaje (%).

TRM: Temperatura Radiante Media, expresada en grados centígrados (°C).

VV: Velocidad del Viento, expresada en metros/segundo (m/s).

Aunque las variaciones en los valores de los parámetros físicos (Ver Tabla 9) entre los pisos de la FACA aparentemente no son relevantes, cabe aclarar que “un cambio de 1°C en la temperatura de las superficies del entorno como la TRM, bajo ciertas circunstancias, pueden influir tanto en el ambiente térmico como un cambio de 1°C en la temperatura del aire”⁴⁴, pues para que suceda un cambio como este último, se debe ascender o descender 100 msnm para disminuir o aumentar un grado en la temperatura del aire respectivamente,

⁴³ Anexo 3. Planos Facultad de Ciencias Ambientales por nivel, e identificación de puntos de medición

⁴⁴ Kvisgaard, Bjørn. La Comodidad térmica. DENMARK, 1997.p. 6

mientras que como se evidencia en la tabla, solo con pasar de un salón/oficina a otro o con trasladarse de un piso a otro encontramos este tipo de cambios, que obviamente alteran significativamente el confort térmico al interior de la FACA. Es claro que el confort térmico puede ser fácilmente alterado, por la variabilidad de los parámetros físicos, así como cualquier cambio en el tipo de vestimenta y nivel metabólico por el desarrollo de otras actividades.

Los valores promedios obtenidos mediante la realización de las mediciones de las variables ambientales y usando la encuesta para conocer la resistencia térmica del tipo de vestimenta más usado por las personas encuestadas en la FACA, fueron comparados con los rangos establecidos para algunos parámetros por la norma ISO 7730:2005 para la época de verano y conocer si éstos, se encuentran dentro o fuera de los rangos de confort.

Tabla 10. Comparación de los datos obtenidos mediante medición en la FACA con los rangos de Confort para verano establecidos en la ISO 7730:2005.

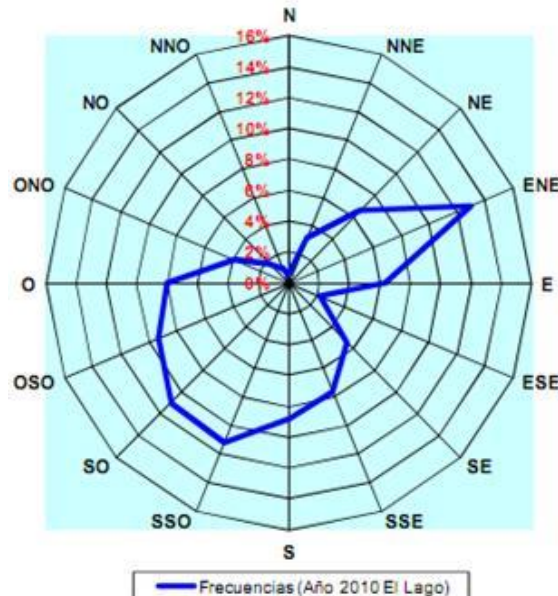
PARÁMETRO	CONDICIONES PARA EL CONFORT TÉRMICO SEGÚN ISO 7730:2005	VALORES PROMEDIO EDIFICIO FACA		
	VERANO	PISO 1	PISO 2	PISO 3
TEMPERATURA OPERATIVA	23°C - 26°C	25,1	25,9	26,4
HUMEDAD RELATIVA	50%	61	58,5	58,1
VELOCIDAD DEL VIENTO	> 0.25 m/s	0.3	0.2	0.15
RESISTENCIA TÉRMICA DEL VESTIDO	0.5 clo	0.5 clo		

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a la Tabla 10, es claro, que el piso con mayor problema de desconfort térmico es el piso 3, ya que todos los parámetros ambientales están fuera del rango de confort establecido en la norma ISO, de igual manera, aunque en menor medida el piso 2 incumple con dichos rangos de confort de las variable HR y VV, mientras que el piso 1, incumple con el rango de la HR; es evidente que existen serios problemas de ventilación natural, porque si bien en la tabla aparecen valores considerables de velocidad del viento, es importante aclarar que estos valores corresponden a los tomados en los pasillos de cada piso, ya que dentro de las aulas no se registraron datos de esta variable, lo cual no indica que no existe desplazamiento del aire, sino, que los valores son menores a 0.1m/s tan pequeños, que el anemómetro no alcanza a registrarlos; lo anterior demuestra que la faca carece de un diseño que provea una adecuada recirculación del viento, desde los pasillos hacia las aulas, que impide la renovación del aire caliente por aire fresco, además la localización del edificio de la FACA no se encuentra en la dirección predominante del viento para Pereira, Este Y Noreste (Figura 9) y por otra parte la velocidad del viento promedio no es muy alta en la zona. Las dinámicas presentes en las FACA, no se dan por si solas, son el producto de la

interrelación de diferentes variables, tales como el tipo de materiales, las condiciones en las aulas de clase/oficinas y los parámetros ambientales, que de una u otra forma influyen en la pérdida del confort, ya que es una edificación que no fue proyectada bajo estándares de gestión de calidad de aire interno, y ha sido continuamente modificada, omitiendo por completo la importancia del confort en instalaciones como éstas, en las que se desarrollan actividades de tipo administrativo y académico.

Figura 9. Rosa de los vientos municipio de Pereira



Viento predominante: Este y Noreste.

Otros cuadrantes: También se dan ciertas frecuencias con menor intensidad.

Velocidad promedio del viento: 1.6 m/s

Fuente: IDEAM. Servicio Meteorológico Aeronáutico

Es importante aclarar que sobre los parámetros ambientales no es posible gobernar, por lo tanto incidir directamente sobre ellos no es viable, sin embargo se pueden manipular a través del uso de materiales que mejoren las condiciones de la calidad integral de aire interno y específicamente del confort térmico, así como el uso de herramientas de corrientes arquitectónicas como las de la arquitectura bioclimática que se interesa por el cumplimiento de los estándares de calidad de aire en interiores, además que pretende tener en cuenta el microclima para construir y mejorar patrones de consumo de recursos.

Posterior a la comparación de los valores de los parámetros ambientales registrados en la FACA con los rangos de valores establecidos para los parámetros ambientales y de vestimenta en la Norma ISO 7730:2005, se procedió a la aplicación de la Ecuación de Confort, establecida por Fanger y recopilada en la norma antes mencionada, dicha ecuación permitió conocer la existencia de confort o desconfort en el edificio de la FACA, por calor o por frío

empleando la siguiente escala numérica de sensaciones: - 3 muy frío, - 2 fríos, - 1 ligeramente frío, 0 neutro (confortable), + 1 ligeramente caluroso, +2 caluroso, +3 muy caluroso; arrojando como resultado el Índice IMV (Índice de valoración medio) o el índice PMV (previsión media del voto).

De acuerdo a este método siempre existirán personas insatisfechas para cada valor del índice IMV; hasta cuando existen ambientes neutros, donde el IMV es cero, se tienen aún un 5% de insatisfechos, este porcentaje de insatisfechos, es lo que se conoce como el índice PPD o PPI (Porcentaje de Personas disconformes).

La aplicación de la ecuación fue realizada mediante el uso del software SPRIG 3 en el cual se introdujeron los valores de los tres pisos respectivamente y se estableció el nivel metabólico, de acuerdo a los valores recopilados en la norma ISO 7730:2005 para el tipo de actividad desarrollado en la FACA.

Tabla 11. Niveles de metabolismo de acuerdo a las diferentes actividades

Actividad	W/m ²	Met
Reclinado.	46	0.8
Sentado, relajado.	58	1
Actividad Sedentaria (trabajo de oficina, escuela, laboratorio).	70	1.2
Actividad ligera, de pie (de compras, laboratorio, industria ligera).	93	1.6
Actividad media (dependiente d comercio, tareas domésticas, trabajo en máquinas).	116	2

Fuente: ISO 7730:2005

De la tabla 11, se pudo extrapolar que de las actividades que define la norma, la más fiel a las actividades desarrolladas por la comunidad académica en general en la FACA es la que corresponde a la Actividad Sedentaria, correspondiente a un nivel metabólico de **70 W/m²** o **1.2 Met.**

Tabla 12. Valores de las variables a introducir al software SPRING 3

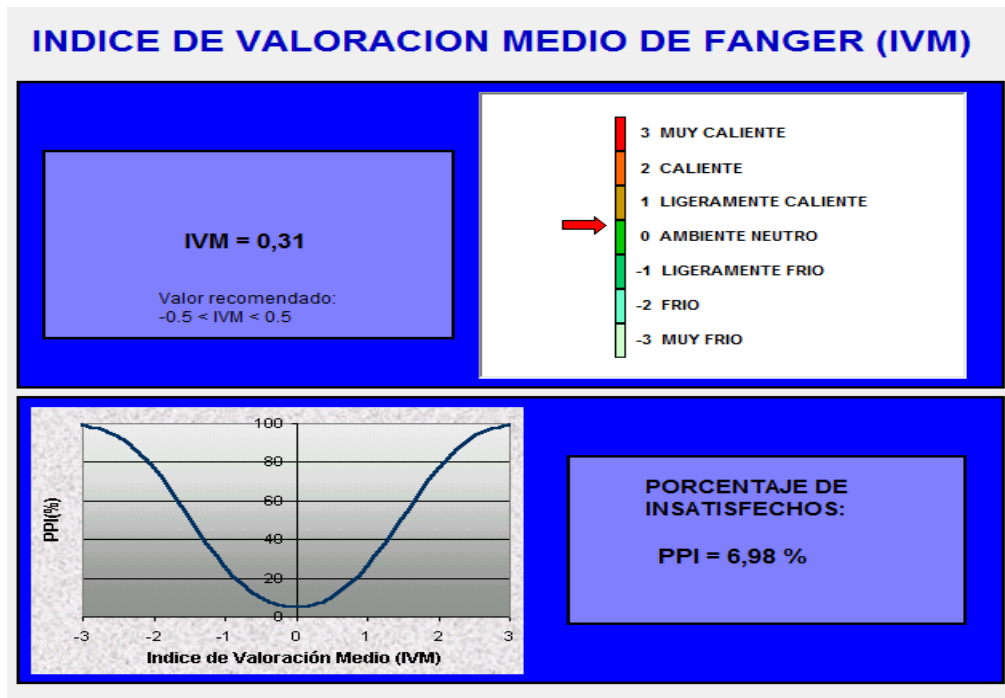
N° Piso	T °c	HR %	WBT °c	TG °c	TRM °c	VV m/s	AISLAMIENTO DEL VESTUARIO	NIVEL METABÓLICO
Piso 1	25,1	61	20,6	25	25,0	0,3	0.5 Clo	70 w/m ²
Piso 2	25,9	58,5	20,9	26,8	27,4	0,2		
Piso 3	26,4	58,1	21,4	28,0	29,2	0,15		

Fuente: elaboración propia

A partir de la introducción de los valores de los parámetros, identificados en la Tabla 12, al software Spring 3, con el fin de aplicar la ecuación de confort para cada uno de los pisos de la FACA el procesamiento de los datos, se obtuvieron los siguientes resultados:

Piso 1

Figura 10. Índice de valoración media de FANGER IVM aplicado al piso 1 de la FACA



Fuente: elaboración propia

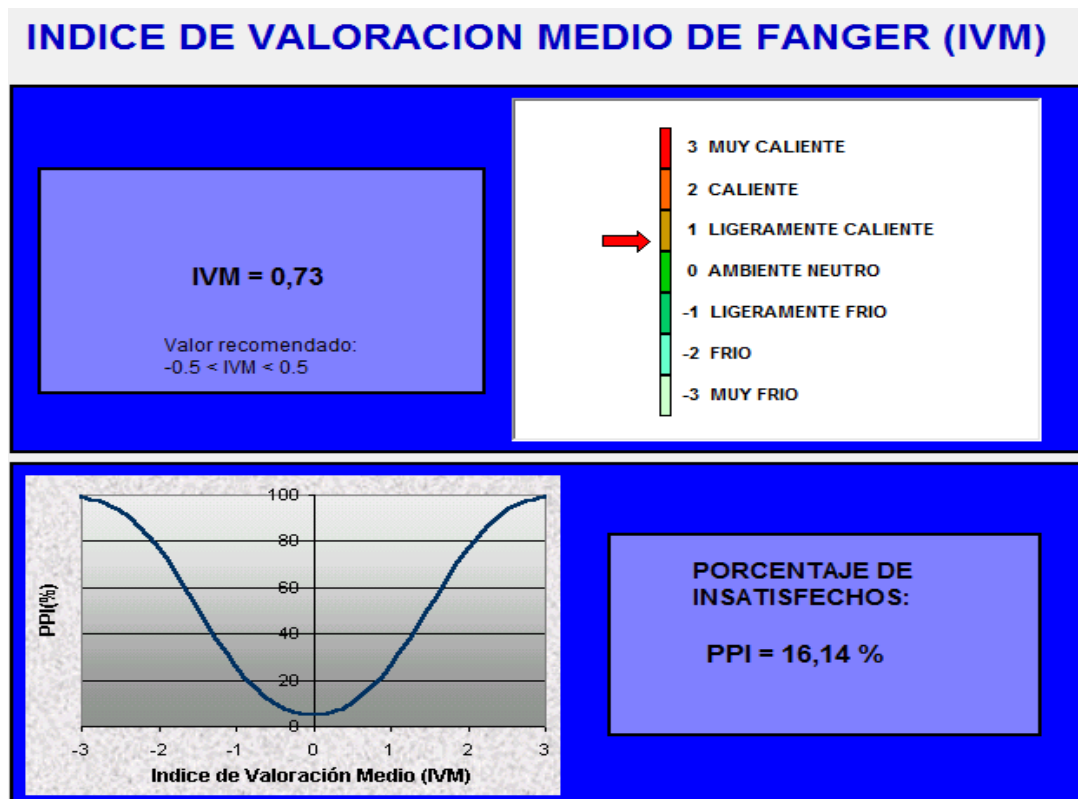
De acuerdo a la figura 8, se concluyó que para el primer piso, el **IVM= 0,31**, lo cual indica que este piso se encuentra en la **zona de confort** establecida por Fanger, la cual puede desplazarse entre los valores de -0,5 a 0,5, y que el **PPI** corresponde al **6,98%** de personas insatisfechas, cumpliendo así con lo establecido por la norma ISO 7730:2005 que indica que “un ambiente térmico es aceptable o se halla en confort, si el 90% de los ocupantes de un sitio se encuentran satisfechos con este ambiente”.

Piso 2

Figura 11 Índice de valoración media de Fanger IVM aplicado al piso 2 de la FACA

Página siguiente

Figura 12 Índice de valoración media de Fanger IVM aplicado al piso 2 de la FACA



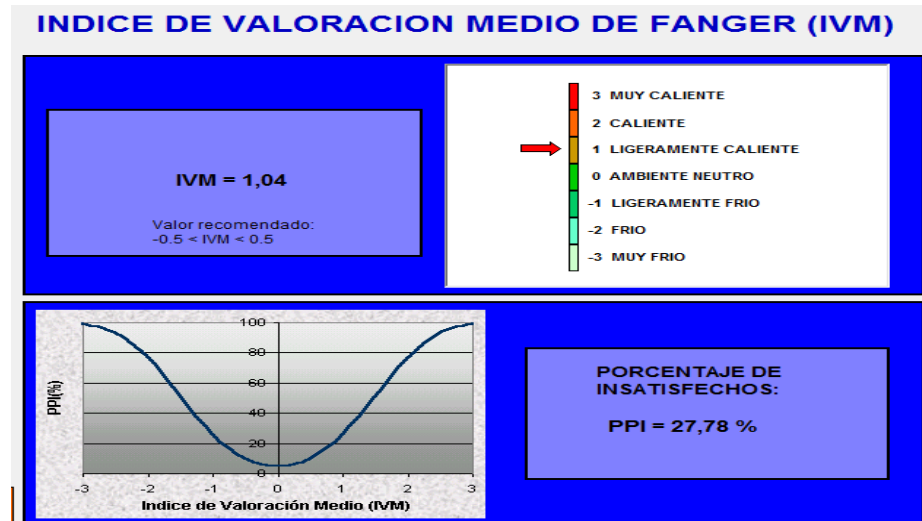
Fuente: Elaboración propia

Para el piso 2 (Figura 9. Índice de valoración media de Fanger IVM aplicado al piso 2 de la FACA), el resultado del **IVM** corresponde al **0,73** encontrándose, fuera del rango de confort, el cual equivale a la sensación **ligeramente caliente** y con un **PPI** correspondiente al **16,14%** de personas insatisfechas con el ambiente térmico de este piso, de esta manera se está incumpliendo con el porcentaje máximo de insatisfacción para un ambiente térmico que corresponde al **10%**⁴⁵.

⁴⁵ ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE NORMALIZACIÓN, *ergonomía del ambiente térmico. Determinación analítica e interpretación del bienestar térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios de bienestar térmico local (ISO 7730:2005).*

Piso 3

Figura 13. Índice de valoración media de Fanger IVM aplicado al piso 3 de la FACA



Fuente: Elaboración Propia

El piso 3 es el que presenta mayores problemas de confort térmico no solo mediante la aplicación de este método, sino también, en los resultados arrojados por la encuesta cerrada (Gráfico 3), y la tabla 10 comparativa de los parámetros ambientales por piso, con los establecidos por la ISO 7730:2005.

Con la aplicación del método Fanger este piso presenta un **IVM= 1,04** que se sale marcadamente del rango de confort y equivaliendo en la escala de sensación a **ligeramente caliente**, con **PPI** correspondiente a **27,78** que incumple notablemente con el porcentaje máximo de personas insatisfechas de 10%, esta situación se puede dar debido al tipo de materiales usados en la estructura de la FACA.

El análisis de calidad de aire en interiores relacionado al confort térmico, fue realizado bajo la aplicación de tres métodos, encuesta cerrada, comparación de las variables físicas con la normativa vigente, y la aplicación de la ecuación de confort de Fanger, éstos métodos aportan aspectos valiosos, sin embargo se consideró que el más acertado de ellos, es el método Fanger porque tiene en cuenta la tasa metabólica de acuerdo a la actividad desarrollada, aspecto que los otros dos métodos omiten.

Hablando específicamente de la ISO 7730 estandariza los valores de las variables climáticas sin tener en cuenta que los climas templados y los tropicales tienen dinámicas diferentes, en la encuesta cerrada, el resultado es subjetivo, ya que si bien se tomó una muestra representativa de la comunidad académica, la calificación de esta dependerá de la experiencia de cada individuo, del sitio de origen de las personas, así como de su capacidad para adaptarse a nuevos ambientes, mientras que el método Fanger y su ecuación de confort, obedece a una evaluación microclimática, que posee menos variables que puedan llevar a un juicio sesgado o subjetivo.

10. PROPUESTAS

Para este campo de propuestas se va a tomar como base las normas LEED (Liderazgo en Diseño Energético y Ambiental, por sus siglas en inglés) dichas normas hacen reconocimiento a la realización de materiales y construcciones sostenibles, buscando así la disminución de impactos ambientales asociados al alto consumo de recursos como agua, energía y la generación de gases efecto invernadero.

Las normas LEED han establecido unos requisitos mínimos con el fin de realizar construcciones que permitan evitar el llamado efecto de islas de calor entendido como la diferencia de temperatura entre las áreas desarrolladas y no desarrolladas, minimizando el impacto en cada microclima generado y el hábitat en general, y aprovechando de una manera más eficaz los recursos naturales.

Tabla 13. Requisitos para las construcciones bioclimáticas.

ESTRUCTURA	REQUERIMIENTOS
Cubierta	Reflectividad Solar (SRI)
Cielorraso	Separación entre el tejado y el cielorraso permitiendo una cámara de aire que permita recirculación del mismo.
Muros externos e internos	Aislamiento térmico. Reducción de la dispersión del calor. Incremento del confort del usuario por la reducción de ruido. Previene la condensación al remover la humedad generada por la ventilación natural.

Fuente: Datos suministrados por las normas LEED Construcción y mantenimiento.

Además de tener en cuenta:

- Reducción del consumo de energía durante la construcción (materiales).
- *Reducción de VOC en materiales de construcción.*
- *Reducción del consumo de agua.*
- *Reducción de los materiales de desperdicio*
- *Reducción del consumo de Energía y Agua durante el uso de la edificación.*
- *Proteger y Restaurar el Ecosistema*

Como se había mencionado en la fase diagnóstico, sobre los parámetros ambientales no es posible gobernar, por lo tanto incidir directamente sobre ellos no es viable, sin embargo se pueden manipular a través del uso de materiales que mejoren las condiciones de la calidad integral de aire interno y específicamente del confort térmico, por esa razón, se identificaron 5 alternativas, que cumplieran los requisitos mínimos referenciados en las normas de construcción ambiental.

10.1. IDENTIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE MATERIALES AMBIENTALMENTE ACORDES

Tabla 14. Alternativas

ALTERNATIVA BIOCLIMÁTICA PARA MEJORAR LA CALIDAD AMBIENTAL ASOCIADA AL ESTRÉS TÉRMICO POR MATERIALES CONVENCIONALES	
Presentación	<p>Actualmente en la Facultad de Ciencias Ambientales, se evidencia el uso de materiales convencionales que a través de los años mediante estudios han podido determinar el aporte al disconfort térmico de los edificios además de contribuir al deterioro de la salud humana, ocasionando fatiga en síntomas como irritabilidad, distracción, agresividad, incremento o disminución de la frecuencia cardiaca, además la disminución del rendimiento tanto físico como mental que se marca notable en la productividad tanto administrativa como educativa.</p> <p>En el caso de las cubiertas vemos un aporte significativo al deterioro de la salud con enfermedades como la asbestosis <i>enfermedad pulmonar causada por la inhalación de fibras de asbesto</i>⁴⁶, por el uso de cubiertas de materiales como el asbesto cemento la cual libera dichas partículas en el momento de contraerse y expandirse por efectos del calor pues el material posee total carencia de reflexión y por ende no es un aislante térmico.</p>
Problema	Deterioro de la calidad del aire y la salud humana asociado al disconfort térmico ocasionado por el uso de materiales convencionales en edificios.
Medida de Manejo Ambiental a implementar	Corrección

⁴⁶ Salud: Enfermedades laborales. http://salud.discapnet.es/Castellano/Salud/Prevencion_Riesgos/Enfermedades/Paginas/Astestosis.aspx

Tabla 15. Implementación Sistema Solar Fotovoltaico

Nombre de la medida	IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO - PANELES SOLARES
Objetivo de aplicación de la medida	Disminuir el discomfort térmico en las instalaciones de la Facultad de Ciencias Ambientales, principalmente el tercer piso el cual se encuentra relacionado directamente con la cubierta.
Tecnología o técnica a implementar dentro de la medida (descripción)	La energía solar fotovoltaica es la energía que resulta de la conversión directa de la luz solar en electricidad. Los paneles fotovoltaicos están formados por numerosas celdas que convierten la luz en electricidad. Las celdas a veces son llamadas células fotovoltaicas, que significa "luz-electricidad". Estas celdas dependen del efecto fotovoltaico para transformar la energía del Sol y hacer que una corriente pase entre dos placas con cargas eléctricas opuestas.
Costo de implementación de la tecnología o técnica	\$ 5.463.000 2 m ² (Costo de inversor y baterías incluido)
Diagrama	

Tabla 16. Implementación Sistema de Cubierta Reflectiva

Nombre de la medida	IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CUBIERTA REFLECTIVA	
<p>Tecnología o técnica a implementar dentro de la medida (descripción)</p>	<p>Cubiertas de Alta Reflectividad o Cubiertas Frías, las cuales tiene como características:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reflectancia Solar • Emitancia • Índice de reflectividad Solar <p>Cubiertas compuestas por membranas de pvc y poliuretano, de color blanco permitiendo la reflexión solar, es un material maleable el cual permite darle forma y diseño deseado. Esta cubierta tiene la característica de que a mayor grosor menor va a ser la temperatura dentro de la instalación.</p>	
<p>Costo de implementación de la tecnología o técnica</p>	<p>\$ 120.000 m²</p>	
<p>Diagrama</p>	 <p>Estadio Hernán Ramírez Villegas, Pereira</p>	 <p>Cubierta ABB – Pereira</p>

Tabla 17. Implementación Sistema de Cubierta Verde

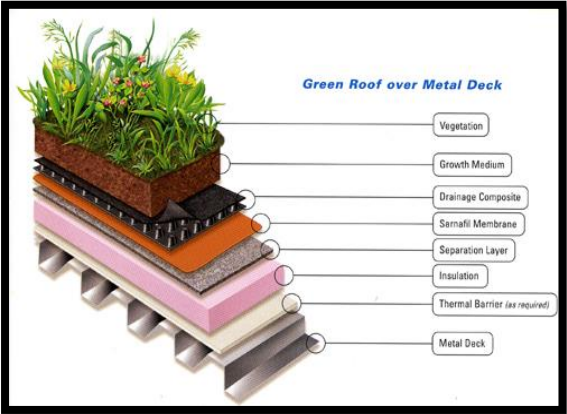

Nombre de la medida	IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CUBIERTA VERDE
<p>Tecnología o técnica a implementar dentro de la medida (descripción)</p>	<p>Las cubiertas ajardinadas poseen las ventajas de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Amigables con el medio ambiente • Mejora la capa de ozono, reduce CO₂ • Reemplaza en gran parte al deforestación • Aislamiento acústico • Aislamiento térmico <p>La cual esta compuesta por una membrana PVC y poliuretano de drenaje de agua, una membrana protectora de polipropileno, capa vegetal</p>
<p>Costo de implementación de la tecnología o técnica</p>	<p>\$150.000 m² + Mantenimiento</p>
<p>Diagrama</p>	<p>Biblioteca Universidad de los Andes, Bogota DC.</p>  

Tabla 18. Sistema de Fachada Ventilada

NOMBRE DE LA MEDIDA	SISTEMA DE FACHADA VENTILADA
<p>Tecnología o técnica a implementar dentro de la medida (descripción)</p>	<p>Es un sistema de revestimiento de los paramentos del edificio que deja una cámara ventilada entre el revestimiento y el muro base.</p> <p>Es considerado como el sistema más eficaz para solucionar el aislamiento del edificio, eliminando los indeseables puentes térmicos así como los problemas de condensación, obteniendo de este modo un excelente comportamiento térmico-higrométrico del edificio.⁴⁷</p>
<p>Costo de implementación de la tecnología o técnica</p>	<p>Depende del tipo de material. Ejemplo Acabado Con materiales de Colombit. Tamaño 2,44 X 1,22 = \$ 250.000 + Pegado: \$ 17.000</p>
<p>DIAGRAMA</p>	

⁴⁷ SIKA. Fachadas ventiladas en construcción sostenible. 2011

Tabla 19. Fachadas Verdes

Nombre de la medida	FACHADAS VERDES
<p>Tecnología o técnica a implementar dentro de la medida (descripción)</p>	<p>Formado por paneles modulares de varios tamaños en aluminio o acero inoxidable.</p> <p>Compuesto por un sistema de plantación sencillo el cual se compacta en la celdas de los paneles y las especies vegetales se plantan mientras el panel permanece en posición horizontal.</p> <p>Posee un sistema de riego por goteo, el agua drena a través de toda la fachada y se recoge en la parte inferior en un ciclo continuo.</p>
<p>Costo de implementación de la tecnología o técnica</p>	<p>\$ 256. 000 m²</p>
<p>Diagrama</p>	

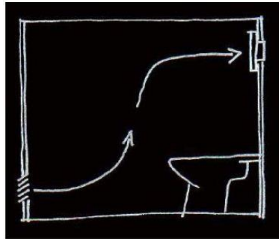
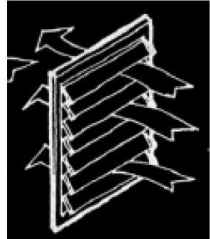


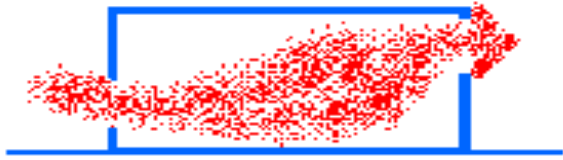
Por otro lado, se quiso incluir la posibilidad de determinar flujo de aire de una zona de mayor presión a una de menor, generando confort, el flujo de aire a través de un edificio es inducido por la diferencia de presiones producidas por la diferencia entre las temperaturas del aire interior y exterior (ventilación térmica)⁴⁸ considerando la posibilidad de trasladar el aire fresco exterior del primer piso del edificio, al interior de un salón. (Ver Tabla 20. Ventilación Natural)

Tabla 20. Ventilación mecánica.

Nombre de la medida	SISTEMA DE VENTILACIÓN MECÁNICA	
Tecnología o técnica a implementar dentro de la medida (descripción)	La ventilación natural implica permitir el ingreso y la salida del viento en los espacios interiores del edificio, la estrategia busca amplificar la tasa de ventilación natural, mediante la adaptación de un ducto principal en lámina galvanizada, que inicia en el primer piso, dirigiéndolo hasta el tercer piso, el cual mediante la diferencia de presión y temperatura, conducirá el aire fresco al interior de cada salón/oficina, garantizando así el volumen de aire requerido para los ocupantes del espacio, y mejorando las condiciones de confort térmico en esta zona.	
Costo de implementación de la tecnología o técnica	Tamaño 6m (Largo) X 0,965 m ² = 2.600.000	
Diagrama		 <p data-bbox="1599 1121 1805 1150">Alkosto, Pereira</p>

⁴⁸ Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS). Unidad 6 Arquitectura Y Clima, [En línea]. <http://www.cepis.org.pe/arquitectura/clase26/clase26.htm>.

Tabla 21. Ventilación natural.

Nombre de la medida	SISTEMA DE VENTILACIÓN NATURAL
<p>Tecnología o técnica a implementar dentro de la medida (descripción)</p>	<p>Los elementos que propician la ventilación natural son:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Las ventanas 2. Las puertas 3. Los conductos de ventilación 4. Los respiraderos en las cubiertas <p>La estrategia busca amplificar la tasa de ventilación natural, mediante la adaptación de un sistema de ventilación forzada, a través de la implementación de rejillas fabricadas con laminas de hierro, dichas rejillas deben ser ubicadas, favoreciendo el ingreso de aire fresco y la salida del mismo en cada salón, mediante la diferencia de presión y temperatura, garantizando así el volumen de aire requerido para los ocupantes del espacio, y mejorando las condiciones de confort térmico en esta zona.</p>
<p>Costo de implementación de la tecnología o técnica</p>	<p>Tamaño 1m X 50 cm = 90.000 (Valor por Salón)</p>
<p>Diagrama</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">    </div> <div style="text-align: center;">  <p>Bloque Y - UTP</p> </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  </div>

10.2. APLICACIÓN DEL MODELO A SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS AMBIENTALES

Tabla 22. Valoración Alternativas - Cubiertas

Alternativas	1	Sistema de Cubierta fotovoltaica
	2	Sistema de cubierta reflectiva
	3	Sistema de cubierta verde

VARIABLES	Pond.	Tec. 1	Tec. 2	Tec. 3
Ambiental	30%	0,15	0,45	0,12
Económico	40%	1,2	0,6	0,8
Técnico-operativo	10%	0,233	0,134	0,234
Social	20%	0,24	0,24	0,2
TOTAL	100%	1,82	1,42	1,35

CRITERIOS		ALTERNATIVAS		
	Pond.	1	2	3
AMBIENTAL				
Generación de gases efecto invernadero	20%	1	1	0
Consumo de energía	20%	0	1	0
Deterioro del paisaje	5%	2	2	0
Consumo de Agua	20%	0	1	1
Demanda de espacio	20%	1	1	1
No genera otros beneficios ambientales	15%	0	4	0
TOTAL	100%	0,5	1,5	0,4
ECONÓMICO				
Costos de Inversión inicial	50%	4	2	3
Costos de operación	50%	2	1	1
TOTAL	100%	3	1,5	2
TÉCNICO-Operativo				
Facilidad de operación	33%	2	1	2
Facilidad de reparación	33%	3	1	2
Facilidad de mantenimiento	34%	2	2	3
TOTAL	100%	2,33	1,34	2,34
SOCIAL				
Disconfort térmico	80%	1	1	1
Impacto visual	20%	2	2	1
TOTAL	100%	1,2	1,2	1

Tabla 23. Valoración Alternativas Fachadas

Alternativas	1	Sistema de Fachada Ventilada
	2	Fachada Verde

Variables	Pond.	Tec. 1	Tec. 2
Ambiental	30%	0,225	0,06
Económico	40%	1,2	1,2
Técnico-operativo	10%	0,2	0,267
Social	20%	0	0
TOTAL	100%	1,63	1,53

CRITERIOS		ALTERNATIVAS	
	Pond.	1	2
AMBIENTAL			
Generación de gases efecto invernadero	20%	1	0
Consumo de energía	20%	1	0
Deterioro del paisaje	5%	1	0
Consumo de Agua	20%	0	1
Demanda de espacio	20%	1	1
No genera otros beneficios ambientales	15%	2	0
TOTAL	100%	0,75	0,2
ECONÓMICO			
Costos de Inversión inicial	50%	4	3
Costos de operación	50%	2	3
TOTAL	100%	3	3
TÉCNICO-Operativo			
Facilidad de operación	33%	2	3
Facilidad de reparación	33%	2	2
Facilidad de mantenimiento	34%	2	3
TOTAL	100%	2	2,67
SOCIAL			
Disconfort térmico	80%	1	1
Impacto visual	20%	2	1
TOTAL	80%	1,2	1

Tabla 24 Valoración sistemas de ventilación

Alternativas	1	Sistema de ventilación mecánico
	2	Sistema de ventilación natural

Variables	Pond.	Tec. 1	Tec. 2
Ambiental	30%	0,525	0,105
Económico	40%	1,4	0,8
Técnico-operativo	10%	0,2	0,1
Social	20%	0,24	0,2
TOTAL	100%	2,37	1,21

CRITERIOS		ALTERNATIVAS	
	Pond.	1	2
AMBIENTAL			
Generación de gases efecto invernadero	20%	3	0
Consumo de energía	20%	2	0
Deterioro del paisaje	5%	1	0
Consumo de Agua	20%	0	0
Demanda de espacio	20%	2	1
No genera otros beneficios ambientales	15%	2	1
TOTAL	100%	1,75	0,35
ECONÓMICO			
Costos de Inversión inicial	50%	4	3
Costos de operación	50%	3	1
TOTAL	100%	3,5	2
TÉCNICO-Operativo			
Facilidad de operación	33%	2	1
Facilidad de reparación	33%	2	1
Facilidad de mantenimiento	34%	2	1
TOTAL	100%	2	1
SOCIAL			
Disconfort térmico	80%	1	1
Impacto visual	20%	2	1
TOTAL	80%	1,2	1

Tabla 25 Valoración final de alternativas

Alternativas	1	Sistema de cubierta verde
	2	Fachada Verde
	3	Sistema de ventilación natural

Variables	Pond.	Tec. 1	Tec. 2	Tec. 3
Ambiental	30%	0,06	0,3	0,24
Económico	40%	1	1	0,8
Técnico-operativo	10%	0,201	0,201	0,134
Social	20%	0,36	0,2	0,56
TOTAL	100%	1,62	1,70	1,73

CRITERIOS		ALTERNATIVAS		
	Pond.	1	2	3
AMBIENTAL				
Generación de gases efecto invernadero	20%	0	0	1
Consumo de energía	20%	0	0	0
Deterioro del paisaje	5%	0	0	2
Consumo de Agua	20%	1	1	0
Demanda de espacio	20%	1	1	1
No genera otros Beneficios Ambientales	15%	0	0	2
TOTAL	100%	0,2	1	0,8
ECONÓMICO				
Costos de Inversión inicial	50%	3	3	3
Costos de operación	50%	2	2	1
TOTAL	100%	2,5	2,5	2
TÉCNICO-Operativo				
Facilidad de operación	33%	1	1	1
Facilidad de reparación	33%	2	2	1
Facilidad de mantenimiento	34%	3	3	2
TOTAL	1	2,01	2,01	1,34
SOCIAL				
Disconfort térmico	80%	2	1	3
Impacto visual	20%	1	1	2
TOTAL	80%	1,8	1	2,8

10.3. DESCRIPCIÓN DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA

El resultado de la valoración arrojó la conclusión de que la mejor alternativa seleccionada, son las que se relaciona estrechamente con la vegetación, puesto que no requiere una intervención directa en el edificio como sería el caso del ducto ya que implica una ruptura de la edificación incorporando así el aire desde el exterior, además de los beneficios que trae al capturar CO₂, el ducto no traería un beneficio diferente que el transporte del aire desde el primer nivel.

Dentro de la valoración se tuvieron en cuenta subcriterios de gran valor, para determinar la mejor opción, sin embargo el subcriterio el cual expresa que las alternativas no generaban otro beneficio más que el del uso específico, determinaba en sí la importancia a la hora de la selección.

Los sistemas de ventilación no añadiría imagen a la Facultad, puesto que son materiales modificados y sus características no representan sostenibilidad, lo que requerirá en un menor tiempo su mantenimiento o cambio debido a la interrelación con las condiciones climáticas.

Además la cubierta verde presento un mayor interés por la imagen institucional que este pueda generarle a la Facultad de Ciencias Ambientales, enfocándonos así "***Hacia una Facultad Ambientalmente Acorde***".

A continuación se describe la alternativa seleccionada:

Cubierta

Según los resultados obtenidos, la alternativa de material sostenible que contribuye a la disminución de discomfort térmico en la Facultad de Ciencias Ambientales es el sistema de cubierta verde, con una ponderación de 1,62 %, puesto que la incidencia con el medio ambiente es menor al igual que los costos ambientales acarreados por la sociedad.

Mediante la **cubierta verde**⁴⁹ lo que se busca es disminuir los efectos contaminantes producidos por los materiales convencionales; como es el caso del asbesto cemento que no solo deteriora la salud humana sino que influye en el deterioro de la calidad de aire tras la liberación de fibras de cemento.

⁴⁹ SISTEMA DE CUBIERTAS SOSTENIBLES. (2011 Pereira) Memorias de conferencia sistemas de cubiertas sostenibles. Pereira: Sika, 2011. 69 p.

10.3.1.1. Descripción

Las cubiertas ajardinadas o verdes poseen las ventajas de:

- Amigables con el medio ambiente
- Mejora la capa de ozono, reduce CO₂
- Reemplaza en gran parte al deforestación
- Aislamiento acústico
- Aislamiento térmico

Las cubiertas ajardinadas pueden tener la característica extensiva o intensiva, y dependiendo de esta se desprenden sus gastos, un ejemplo es facilitado por la empresa Sika:

Tabla 26. Tipos de cubiertas ajardinadas

Características	Extensivo	Intensivo
Espesor del medio de crecimiento.	Menos de 15 cms	15 cms ó más
Accesibilidad	A menudo inaccesible	Usualmente accesible
Peso totalmente saturado (aprox. 15 cms)	Bajo 130-350 Kg/m ²	Alto 350-1400 Kg/m ²
Diversidad de Plantas	poca	mucha
Costo de Instalación (miles de \$)	\$120-350 m ²	\$400 ó más
Mantenimiento	Minimo	Alto

Fuente: Sistema de Cubiertas sostenibles. Sika. 2011

El sistema de cubierta ajardinada (ver Figura 12) está compuesta por:

- Membrana impermeabilizante
- Barrera anti-raíces
- Aislamiento con gran resistencia a la penetración del agua.
- Componentes de retención de agua y drenaje.
- Un filtro que evita que el suelo caiga y tapone la capa de drenaje.
- El sustrato.
- Las plantas.

Figura 14. Sistema de cubierta verde



Fuente: Sistema de Cubiertas sostenibles. Sika. 2011

11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Esta propuesta, permite relucir la gestión ambiental frente la generación de propuestas que permiten la interrelación de varias disciplinas, como son la Arquitectura, y el ecodiseño arquitectónico.

La FACA, está favorecida en su ubicación puesto que aledaño al edificio se encuentra el Jardín Botánico UTP; el Jardín Botánico ofrece un ambiente ligeramente fresco que permite aumentar el confort térmico del edificio, sin embargo el diseño de la facultad no permite una circulación de aire eficiente, por lo tanto antes de intervenir o transformar el edificio de la FACA, es indispensable mejorar el sistema de circulación de ventilación natural, ya que en definitiva la implementación de las alternativas propuestas, no solucionarán el problema de renovación del aire caliente por fresco al interior del edificio.

La contaminación atmosférica es un problema de salud que afecta al ambiente urbano como consecuencia de la forzosa interacción del hombre con su medio, teniendo en cuenta la expansión urbana, y los diferentes hábitos de la población, tras dicha interacción se ejerce sobre la salud ambiental una variación del componente aire, trasladando todas las impurezas producidas de un lado a otro, Después de que los diseños de la edificación no cuenten con un sistema de ventilación natural, la interacción del hombre y el entorno, deteriora la calidad del aire.

Es necesario que previo a cualquier construcción, se identifiquen pautas esenciales para la prevención del impacto en salud del aire interior, teniendo en cuenta: selección de la microlocalización valorando la cercanía a sistemas forestales, dirección de los vientos, incidencia solar, Diseño de la edificación, y la selección de los materiales constructivos prefiriendo los predominantes en la región.

Se evidencia que dentro del país no hay un previo estudio para la implementación de normas que aseguren la calidad de aire, puesto que las normas en las que se trabaja son traducidas y traídas de otras localidades con unas condiciones climáticas totalmente diferentes a la de nuestro país. Sería pertinente que personas competentes para el área diseñaran una norma que se ajustara a las necesidades determinadas de Colombia.

Según el diplomado de Arquitectura Bioclimática y Construcción Sostenible⁵⁰, en la unidad “*Principios para la sustentabilidad del medio ambiente construido*” *Para avanzar hacia la sustentabilidad del medio ambiente construido es necesario tener en cuenta cuatro principios básicos y esenciales de los cuales se deriven los enfoques y acciones:*

- *No consumir recursos renovables a mayor velocidad que su generación natural;*
- *No consumir recursos no renovables sin prever soluciones alternativas para cuando se agoten;*
- *No generar más cantidad de residuos que los que el medio puede absorber o inertizar; en cualquier acción a desarrollar, involucrar totalmente a la población desde el inicio.*

⁵⁰ CEPIS. Diplomado de Arquitectura Bioclimática y Construcción Sostenible. 2010. [En Línea] <<http://www.bvsde.paho.org/arquitectura/seminar5/seminar5.htm>>

12. PERSONAS QUE PARTICIPARON

Eliana García Restrepo

Estudiante Administración Ambiental

X Semestre

Ejecutora de Proyecto

María Fernanda López Árdila

Estudiante Administración Ambiental

X Semestre

Ejecutora de Proyecto

Ph.D. Jorge Augusto Montoya

Profesor Asociado

Centro Regional de Producción Más Limpia

Asesor Proyecto

13. RECURSOS DISPONIBLES

13.1. EQUIPOS DE MEDICIÓN

- Anemómetro
- Medidor de estrés térmico

13.2. ANÁLISIS DE DATOS

- Software Spring 3

13.3. OTROS

- Disponibilidad del asesor, para acompañamiento
- Documentos bibliográficos
- Papelería.

14. CRONOGRAMA

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4			
		SEMANAS				SEMANAS				SEMANAS				SEMANAS			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
MOMENTO EXPLICATIVO	A.1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Diagnosticar la calidad de aire la FCA en relación al estrés térmico	A.2		X														
	A.3		X														
	A.4			X	X	X	X	X	X	X	X						
	A.5			X	X	X	X										
	A.6						X	X									
	A.7																
	A.8										X	X	X				
	A.9											X	X	X			

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4			
		SEMANAS				SEMANAS				SEMANAS				SEMANAS			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
MOMENTO PROPOSITIVO																	
Identificar posibles alternativas de solución de arquitectura bioclimática enfocada a la gestión de calidad de aire en relación al estrés térmico de la Facultad de Ciencias ambientales.	B.1												X				
	B.2													X			
	B.3													X			
MOMENTO ESTRATEGICO																	
Evaluar la viabilidad técnica y económica de las alternativas de solución para la gestión de la calidad de aire en relación al estrés térmico, basadas en arquitectura bioclimática.	C.1												X	X			
	C.2													X	X	X	
	C.3															X	

15. BIBLIOGRAFÍA

Águila Soto, Antonio. Procedimiento de Evaluación de Riesgos. España. Arquitectura bioclimática y Construcción Sostenible, (ArquiBio). Arquitectura Bioclimática: historia de un término “de moda”. [En línea]. <http://www.arquibio.com/arquitectura-bioclimatica>. (citado 5 de abril de 2011)

Arquitectura y Construcción, (Arquys). Historia de la Arquitectura Bioclimática. [En línea]. <http://www.arqhys.com/construcciones/historia-arquitectura-bioclimatica.html> (citado el 8 de abril)

Azevedo, et al. “Habitabilidad, constructibilidad y confort en la vivienda Purépecha del antiguo obispado de Michoacán”. Ponencia en el Segundo Foro Académico Nacional de Ingenierías y Arquitectura. (2: 2006: Morelia y Michoacán); 2006.

Banco mundial. Matriz de Marco Lógico una Herramienta de Formulación de Proyectos.

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS). Unidad 6 Arquitectura Y Clima, [En línea]. <http://www.cepis.org.pe/arquitectura/clase26/clase26.htm>. (Citado el 13 de Noviembre 2010).

----- Unidad 1 Funciones y Requisitos de la Ventilación, [En línea]. <http://www.cepis.org.pe/arquitectura/clase41/clase41.htm>. (Citado el 13 Noviembre 2010).

----- Unidad 6 *Arquitectura y clima*. <http://www.cepis.org.pe/arquitectura/clase26/clase26.htm>

Colombia. Congreso. Ley 09 de 1979 (CODIGO SANITARIO NACIONAL en su artículo 109), Enero 24, por la cual se dictan Medidas Sanitarias. Bogotá: Congreso; 1979.

Colombia. Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. Resolución 2400 de 1979 (ESTATUTO DE SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL), Mayo 22, Por la cual

se establecen algunas disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo. Bogotá: El Ministerio; 1979

Energía Renovable para tu hogar. La construcción bioclimática, [En línea], <http://www.casarenovable.org/energia-renovable-construccion-bioclimatica.asp>. (Citado el 13 de Noviembre 2010).

Estados Unidos de América. ASHRAE, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. ANSI - ASHRAE 55-1992. Thermal Environmental conditions for human occupancy. Atlanta; 1992

----- ANSI - ASHRAE 62.1-2007. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, Atlanta; 2007.

----- ANSI - ASHRAE. STD 62-2001. Outdoor Air Requirements For Ventilation. Atlanta; 2007.

Evaluación de la sensación térmica. [En línea]. <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/fanger>

ISO, International Organization for Standardization. ISO 7730: 2005. Ergonomía del ambiente térmico - Determinación analítica e interpretación de confort térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y criterios de confort térmico locales; 2005

Jiménez. G, Ana, Conceptos de bioclimática aplicados al diseño arquitectónico, Universidad Católica Popular de Risaralda, Pereira; 2004.

Kvisgaard, Bjørn. La Comodidad térmica. DENMARK, 1997.p. 6

La Enciclopedia Libre, (WIKIPEDIA). Universidad Tecnológica de Pereira [En línea].http://es.wikipedia.org/wiki/Universidad_Tecnol%C3%B3gica_de_Pereira, (citado el 11 de abril de 2011)

Mondelo, et al. Ergonomia 2. Confort y estrés térmico. Barcelona; 1999

NTC, Norma Técnica Colombiana. NTC 5381: 2005. Ergonomía del ambiente térmico. Instrumentos para medición de cantidades físicas.

NTC, Norma Técnica Colombiana. NTC 5381:2004 condiciones ambientales térmicas de inmuebles para personas

ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE NORMALIZACIÓN, ergonomía del ambiente térmico. Determinación analítica e interpretación del bienestar térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios de bienestar térmico local (ISO 7730:2005).

Pérez Pilar. Calor y trabajo. Prevención de riesgos laborales debidos al estrés térmico por calor. Ciriza. Centro Nacional de nuevas tecnologías, ministerio de trabajo y asuntos sociales y el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. España.

Rueda, Salvador, Habitabilidad y Calidad de Vida, España, 1998.

Salud: Enfermedades laborales. [En línea]
http://salud.discapnet.es/Castellano/Salud/Prevencion_Riesgos/Enfermedades/Paginas/Astestosis.aspx

SEMINARIO NACIONAL GESTIÓN DE CALIDAD DE AIRE. (1: 2010: Pereira). Memorias del primer SEMINARIO NACIONAL GESTIÓN DE CALIDAD DE AIRE. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira, Centro de Producción Más Limpia – Eje Cafetero; 2010.

SIKA. *SISTEMA DE CUBIERTAS SOSTENIBLES. (2011 Pereira) Memorias de conferencia sistemas de cubiertas sostenibles. Pereira: Sika, 2011. 69 p.*

Sociedad Cubana para la Promoción de las Fuentes Renovables de Energía y el Respeto Ambiental. Apuntes sobre arquitectura bioclimática, (CUBASOLAR). [En línea]
<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia22/HTML/articulo07.htm>

Suiza. ISO International Organization for Standardization. ISO 7730 : 2005. Ergonomía del ambiente térmico - Determinación analítica e interpretación de confort térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y criterios de confort térmico locales. Ginebra: ISO; 2005.

Tecnología y Construcción. Diagnóstico de la calidad higrotérmica y de ventilación en espacios representativos de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU-UCV) [En línea].
<http://www2.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-

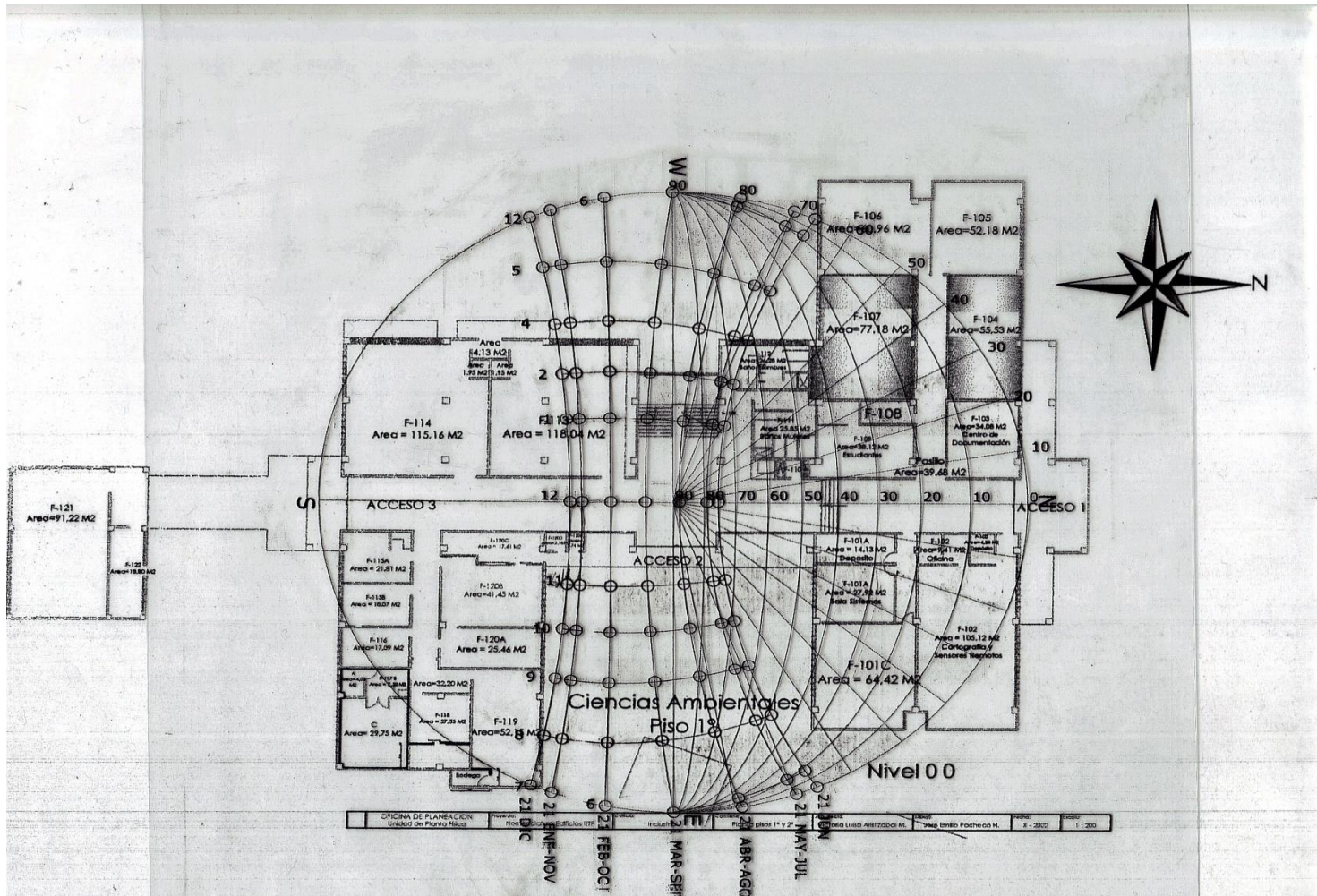
96012006000100005&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0798-9601, (citado 12 Abril 2011).

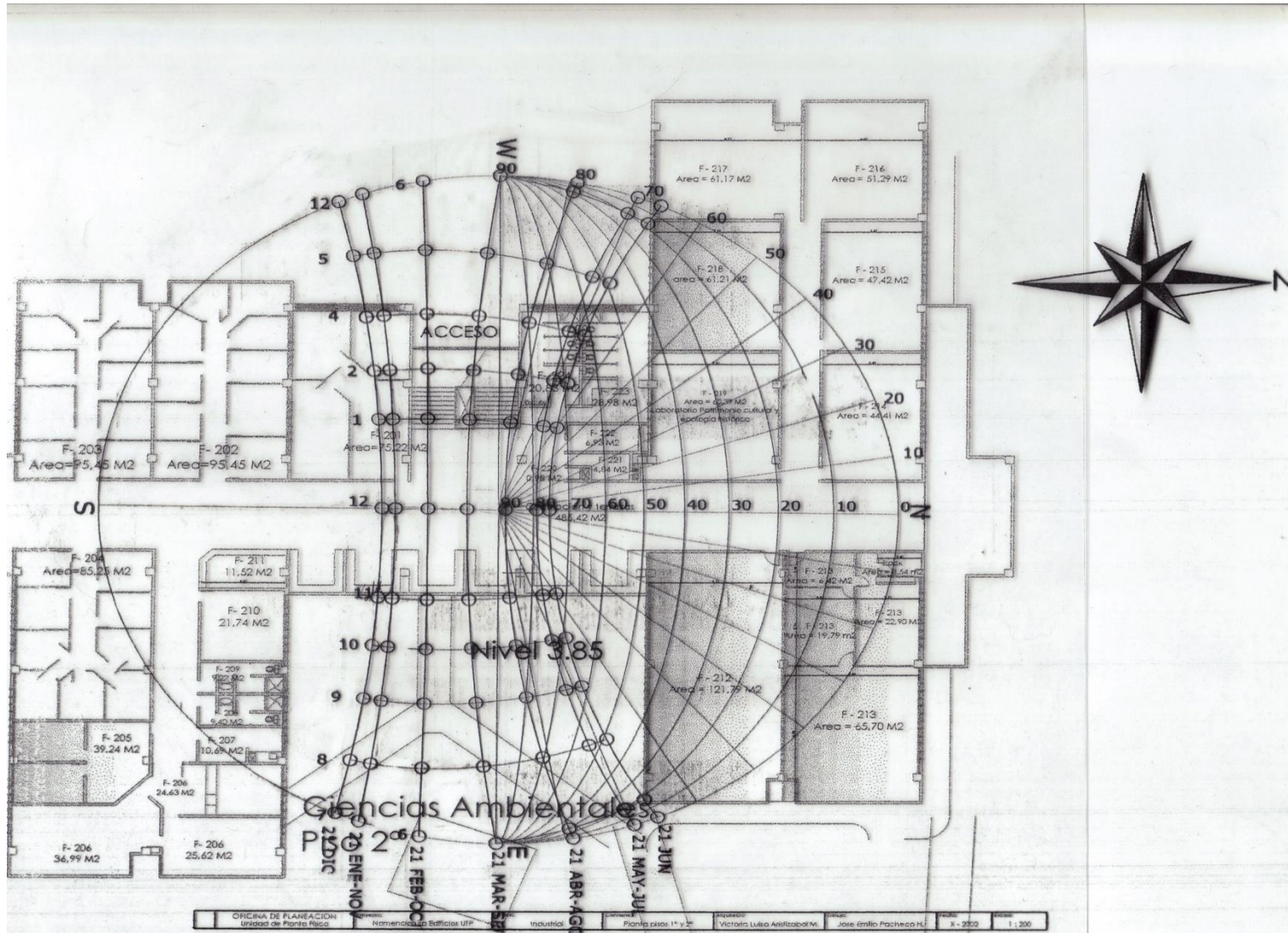
Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de ciencias Ambientales. Misión – Visión, [En línea]. <http://www.utp.edu.co/facultad/ambiental/> (Citado el 13 de noviembre de 2010).

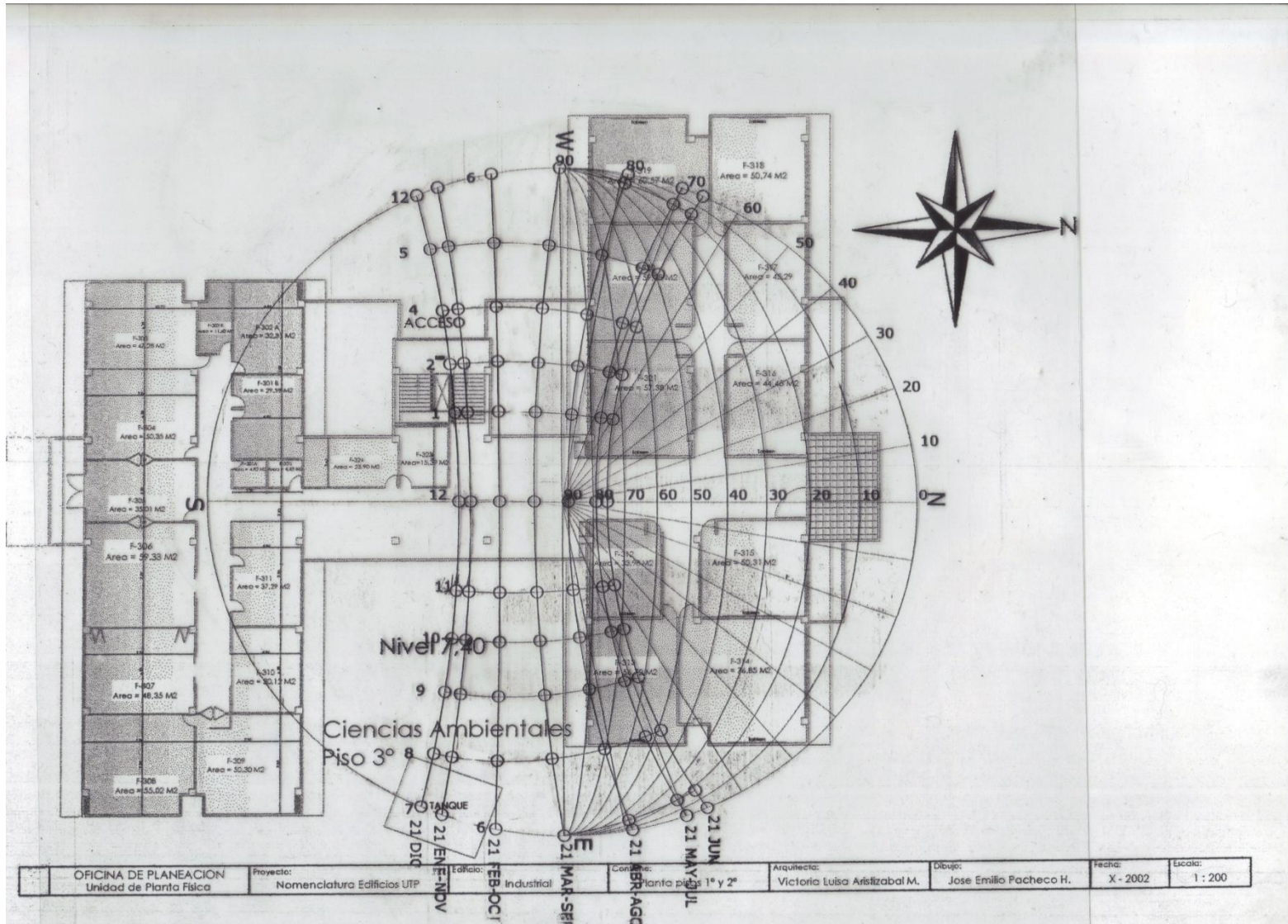
----- PDI. Plan de Desarrollo Institucional 2009- 2019.

16. ANEXOS

Anexo 1. Mapa de la trayectoria solar sobre el edificio de la FACA







Anexo 2. Encuesta: Percepción de la sensación térmica de la comunidad académica de la Universidad Tecnológica de Pereira con respecto a la Facultad de Ciencias Ambientales.



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
ENCUESTA CERRADA PRUEBA PILOTO
PERCEPCIÓN DE LA SENSACIÓN TÉRMICA DE LA COMUNIDAD
ACADÉMICA DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
CON RESPECTO AL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

Debe marcar con una **X** en el valor de la escala que describa acertadamente su percepción; cada pregunta cuenta con una escala de valores específica, y todas las preguntas deben tener única respuesta.

Nota: No deje influenciar su juicio por la actual época invernal, recuerde, su respuesta debe reflejar lo que en general o en término promedio percibe acerca del tema.

1. De acuerdo a la siguiente escala, valore su ***sensación térmica** durante el día para cada uno los tres pisos de la Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad Tecnológica de Pereira

Piso 1

-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
Frío	Fresco	Ligeramente Fresco	Neutro, Confort	Ligeramente Caluroso	Caluroso	Caliente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Piso 2

-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
Frío	Fresco	Ligeramente Fresco	Neutro, Confort	Ligeramente Caluroso	Caluroso	Caliente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Piso 3

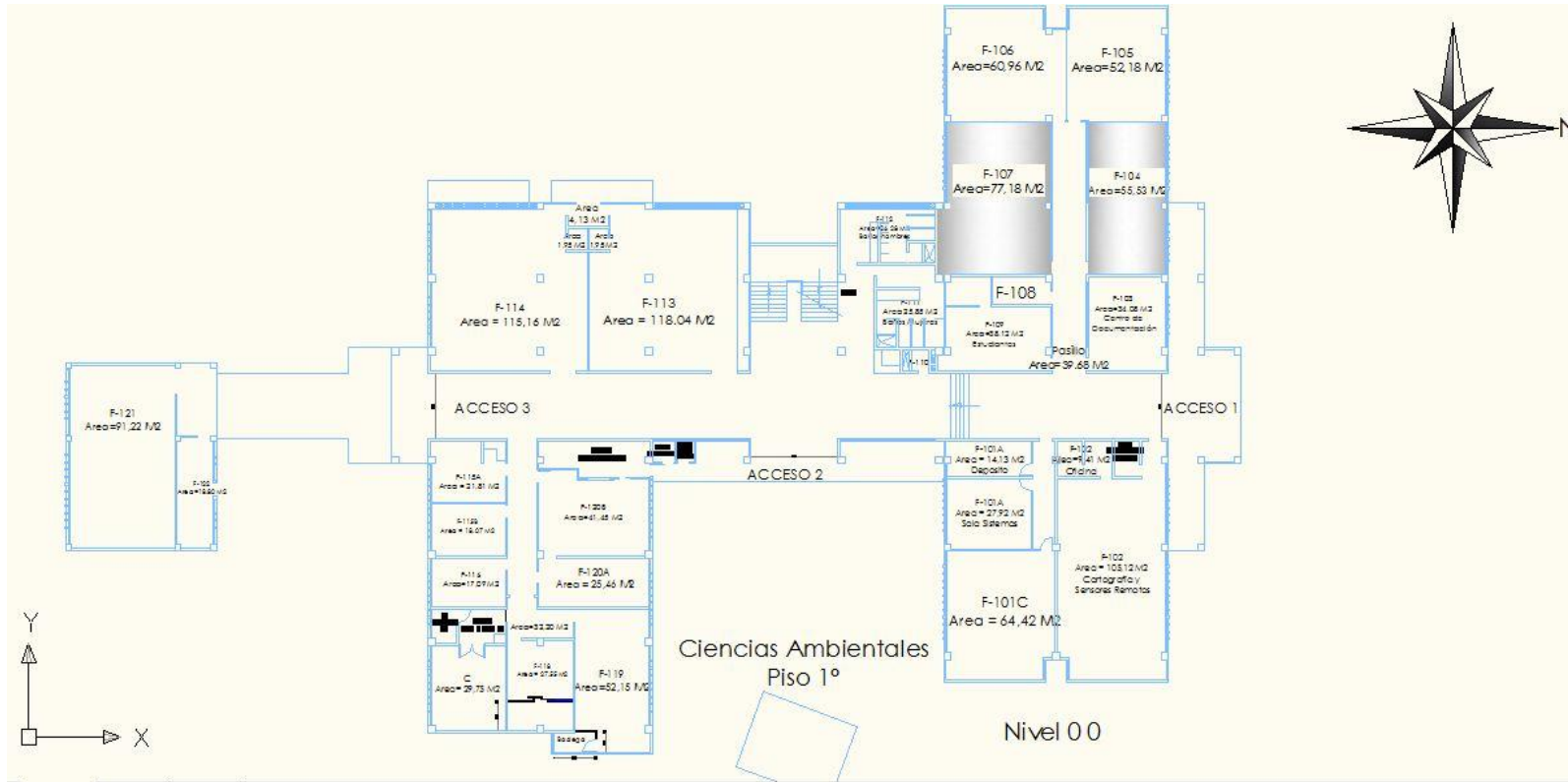
-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
Frío	Fresco	Ligeramente Fresco	Neutro, Confort	Ligeramente Caluroso	Caluroso	Caliente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

2. ¿Cuál de las siguientes combinaciones de ropa, usa frecuentemente?

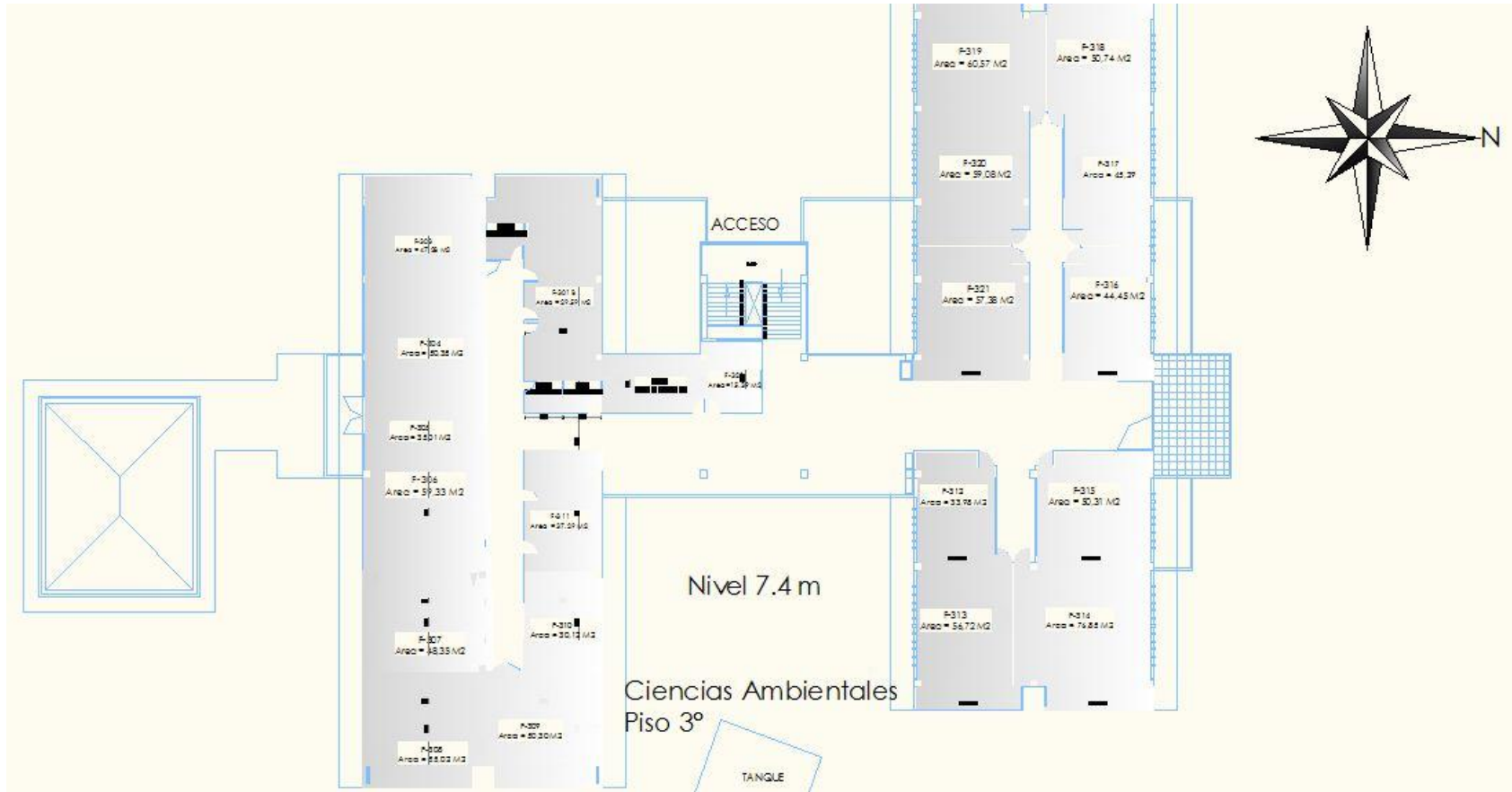
TIPO DE VESTUARIO	
Ropa ligera de verano: camisa ligera de mangas cortas, pantalones largos, calcetines finos y zapatos.	<input type="radio"/>
Ropa de trabajo: camiseta, camisa con mangas largas, pantalones de vestir, calcetines y zapatos.	<input type="radio"/>
Ropa de invierno de trabajo en interiores: camiseta, camisa de manga larga, calcetines de lana y zapatos.	<input type="radio"/>
Vestimenta completa y de trabajo en interiores: camiseta y camisa de manga larga, chaleco, corbata, pantalones de lana, calcetines de lana y zapatos.	<input type="radio"/>

*Sensación Térmica: sensación aparente que las personas tienen en función de los parámetros que determinan el ambiente en el que se mueven, como la temperatura.

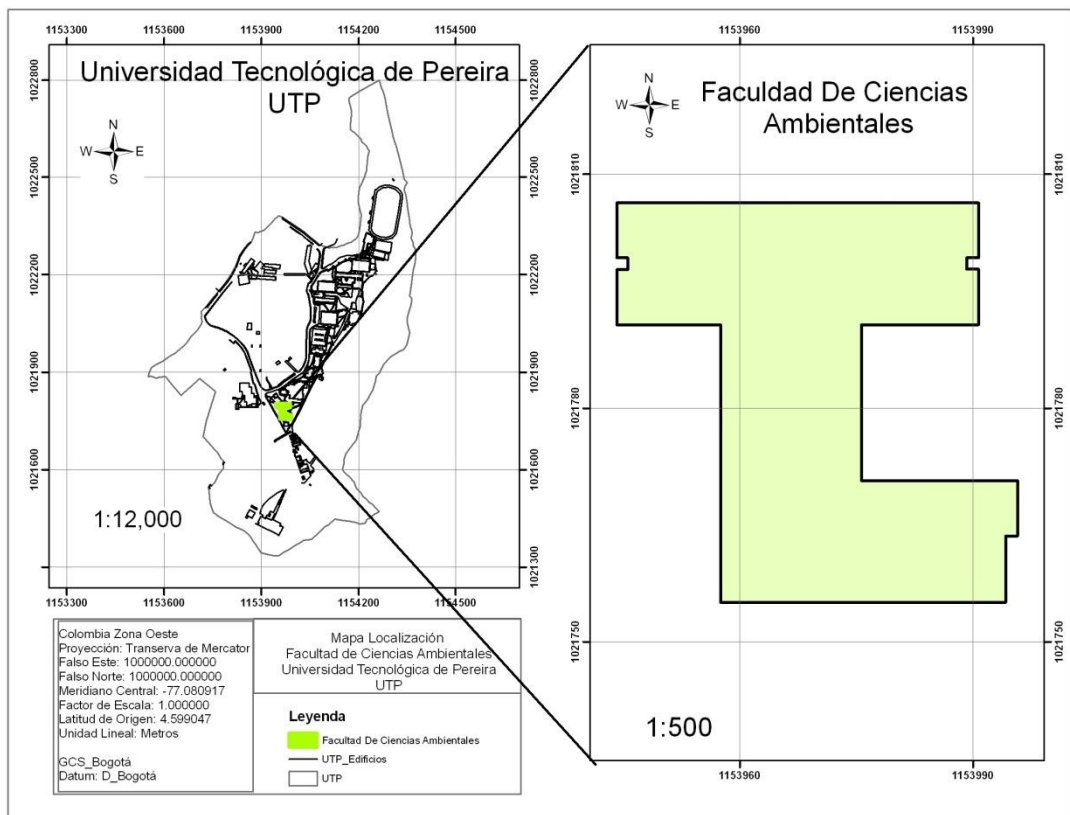
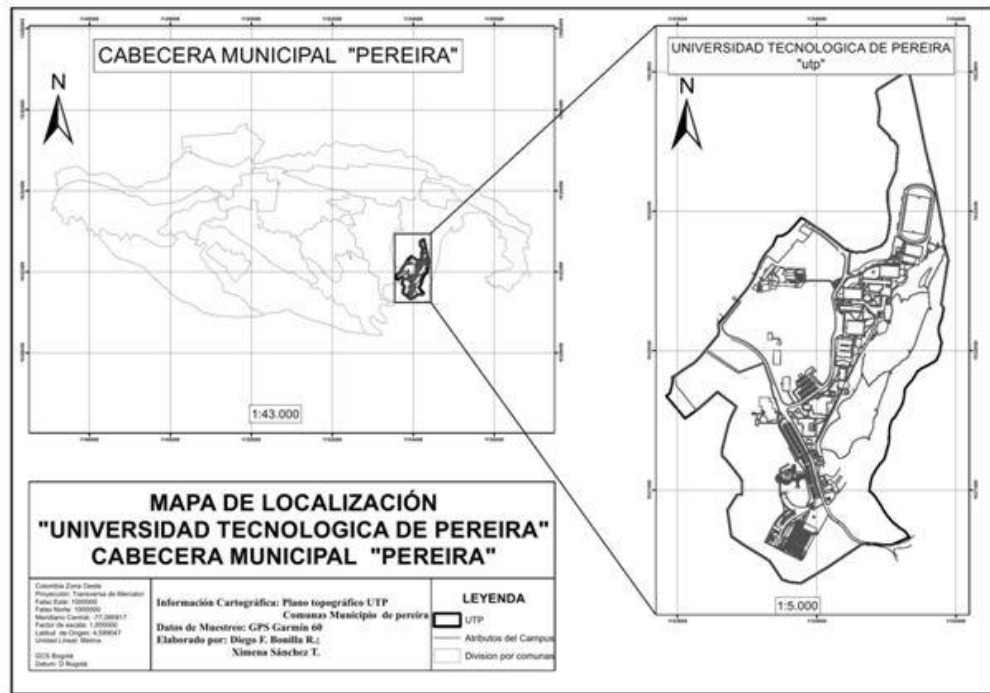
Anexo 3. Planos Facultad de Ciencias Ambientales por nivel, e identificación de puntos de medición





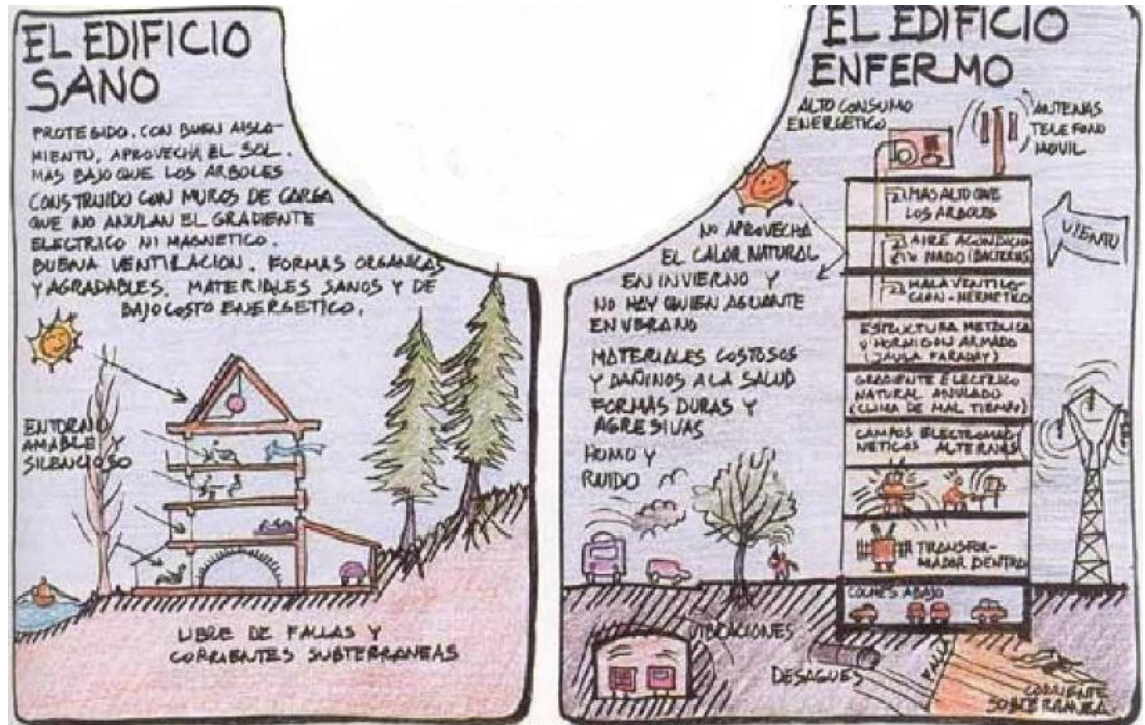


Anexo 4. Mapa de localización de la UTP en la ciudad y localización FACA.



Fuente: Laboratorio SIG UTP. 2011

Anexo 5. Síntesis de los elementos de la arquitectura bioclimática



Fuente: Arquitectura bioclimática. <http://issuu.com>