

## **X-006 – DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DE LA CALIDAD DE AIRE EN UNA EDIFICACIÓN DE UNA INSTITUCIÓN PÚBLICA. ESTADO MONAGAS. VENEZUELA**

**Milagros Lara de Williams<sup>(1)</sup>**

Ingeniero Civil, UCV, MSc. Ingeniería Sanitaria, UCV. Jefe del Departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Facultad de Ingeniería. UCV. Investigadora y asesora en las áreas: Calidad del aire en ambientes internos, Contaminación Atmosférica, Saneamiento Básico.

**Duillo Marcial<sup>(2)</sup>**

Ingeniero Civil, UCV. Doctor en Geotecnia, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées,

**Félix Flores<sup>(3)</sup>**

Ingeniero Civil, UCV, Especialista en Higiene Ocupacional.

**Franklin Baduy<sup>(4)</sup>**

Ingeniero Mecánico. UCV. MSc. en Ingeniería Mecánica UMIST.

**Yuraima Córdova<sup>(5)</sup>**

Licenciada en Biología. UCV, MSc Ingeniería Sanitaria, UCV

**Dirección<sup>(1)</sup>:** Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Civil. Departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Ciudad Universitaria. Los Chaguaramos. Tlf. 58-212-7536974 (habitación), 58-212-605 3057-3038 (oficina), 58-416-5354359 (celular), Fax. 58-212-6053038. e-mail: [mlaraw@gmail.com](mailto:mlaraw@gmail.com)

### **RESUMEN**

El Síndrome del Edificio Enfermo se identifica en aquellas edificaciones en las cuales sus ocupantes, en un porcentaje superior al 20% exponen quejas con respecto a su salud y estas no suelen ir acompañadas de lesiones físicas y/u orgánicas, siendo sus causas difíciles de identificar, es decir no puede identificarse una enfermedad específica. El SEE suele presentarse en locales o edificaciones inapropiadamente ventilados, y puede ocasionar efectos negativos a la salud, generando molestias tales como: cefaleas, fatiga, irritación ocular, irritación del tracto respiratorio, sequedad en la piel, en personas que permanecen largo tiempo dentro de los ambientes interiores, observándose generalmente que dichas molestias desaparecen al abandonar el edificio. Los contaminantes del aire interior pueden provenir de diversas fuentes, como por ejemplo: el aire exterior, los equipos de ventilación y aire acondicionado, equipos de oficina, productos de limpieza, materiales de construcción, mobiliario, ambiente térmico, humedad relativa, actividades personales. Por otra parte, si en el ambiente interior existen condiciones relacionadas con altos niveles de ruido, iluminación defectuosa, inadecuada ventilación, percepción de olores desagradables, inadecuado mantenimiento de las oficinas e instalaciones sanitarias, presiones laborales, estrés y ansiedad, el lugar laboral podría convertirse en entorno desencadenante de problemas de salud.

El estudio se realizó en dos fases. La Fase I enmarcada en una revisión técnica del edificio a fin de identificar el tipo y la gravedad del problema manifestado, y así tener elementos para optimizar la planificación de las investigaciones requeridas y cuantificar los parámetros específicos de medición de calidad del aire en la Fase II. Los resultados en la Fase I indican que un 72.83% de los ocupantes manifiesta algún tipo de molestia asociada al SEE durante su estadía en el edificio, que desaparece al abandonar el mismo, esto sugiere la existencia del SEE. En la Fase II se registraron temperaturas inferiores a 23°C en la mayoría de los espacios y, en general, la humedad relativa es superior al 50%. Respecto a la carga microbiana de la edificación, se detectó un porcentaje significativo de ambientes con valores superiores a 500 UFC/m<sup>3</sup>, así como se señalan algunos ambientes con alto contenido microbiano. De lo anteriormente expuesto se desprende que, en algunas dependencias del Edificio se generan condiciones apropiadas capaces de causar molestias a la salud de los trabajadores, en concordancia con lo observado en las encuestas levantadas durante la Fase I.

**PALABRAS-CLAVE:** Ambiente interno, Contaminantes, Síndrome del edificio enfermo.

## INTRODUCCIÓN

La calidad del aire en ambientes interiores es un aspecto de gran importancia y preocupación, debido a que la composición del aire determinada a través de ciertos parámetros físicos, químicos como biológicos puede afectar la salud de los ocupantes o trabajadores que realizan labores dentro de la edificación, lo cual conlleva una disminución en la efectividad y productividad laboral, además del deterioro de materiales (documentos u otros recursos laborales).

El estudio se realizó en dos fases, en la Fase I preliminar, se realizó una revisión técnica del edificio con el objeto de identificar el tipo y la gravedad del problema manifestado, de modo de tener elementos para optimizar la planificación de las investigaciones requeridas para cuantificar los parámetros específicos de medición de calidad del aire (Fase II).

En La Fase II con base a la información recabada en la Fase I, se procedió a la realización de mediciones más específicas referentes a la calidad del aire, en cuanto a parámetros microambientales (temperatura, humedad relativa), gases ( $\text{CO}$  y  $\text{O}_2$ ), polvo respirable y bioaerosoles (hongos y bacterias).

A continuación se reportan las mediciones y observaciones correspondientes a las diferentes actividades realizadas tanto en la Fase I como en la Fase II de este estudio, se presentan los resultados obtenidos, así como una serie de conclusiones respecto a la calidad del aire en el Edificio en estudio.

## METODOLOGÍA

Para la realización de la Fase I, fase preliminar, se llevaron a cabo las siguientes actividades:

1. Revisión de las condiciones ambientales interiores e instalaciones del edificio
2. Revisión de aire acondicionado con mediciones preliminares.
3. Aplicación de encuestas aleatorias al personal y análisis estadístico

La revisión general de las instalaciones del edificio tuvo como finalidad identificar puntos críticos y realizar la planificación de los muestreos previstos en la Fase II a nivel de parámetros microambientales: temperatura, humedad relativa, velocidad de aire, y de posibles agentes contaminantes: bioaerosoles (hongos y bacterias), polvo total respirable, gases, entre otros. Consistió en un recorrido e inspección ocular en los diferentes ambientes seleccionados con base a la experiencia y a la información suministrada por el personal, observando particularmente los siguientes aspectos:

- Orden y limpieza de la oficina
- Características de los materiales de construcción Iluminación
- Ventilación
- Otros aspectos como apreciaciones u opiniones de los ocupantes

En relación con las tareas de revisión del sistema de aire acondicionado, estas se enfocaron desde un punto de vista psicrométrico, es decir, referente a los parámetros de temperatura de bulbo seco (T) y humedad relativa (HR), los cuales fueron medidos en sitio.

Se procedió a la elaboración de una encuesta a fin de recopilar información inherente a las molestias asociadas comúnmente al Síndrome del Edificio Enfermo (SEE), igualmente se obtuvo información sobre aspectos relacionados con el confort: ventilación, iluminación, temperatura, humedad y percepción de olores, que de una u otra manera pudieran afectar el entorno de trabajo y establecer relaciones con la inspección preliminar del edificio y revisión del sistema de aire acondicionado. Se aplicó la encuesta de manera aleatoria a los empleados ubicados en las diferentes áreas del edificio, para evitar el sesgo de selección que pudiera alterar de forma artificial los resultados obtenidos.

Para la Fase II en función del informe diagnóstico presentado al culminar la Fase I, se planificaron un conjunto

de mediciones referentes a la calidad del aire y la evaluación del sistema de aire acondicionado, incluyendo las siguientes actividades:

1. Evaluación de las instalaciones de aire acondicionado.
2. Mediciones de temperatura, contenido de CO y O<sub>2</sub>, y polvo respirable en el aire.
3. Evaluación cuantitativa y cualitativa de la calidad microbiológica del aire

## RESULTADOS DE LA FASE I

En cuanto al sistema de ventilación se realizaron aproximadamente 110 mediciones, cuyo resumen se muestra en el Tabla 1.

**Tabla 1.** Mediciones psicrométricas realizadas en el edificio

Nivel	Módulo	Temperatura bulbo seco (°C)				Humedad Relativa (%)			
		Promedio	Máximo	Mínimo	Desviación estándar	Promedio	Máximo	Mínimo	Desviación estándar
1	1	21,19	21,5	20,8	0,26	59,57	62,9	57,5	1,55
	2	21,12	22,1	20,5	0,49	59,58	61,2	56,7	2,01
	3	21,45	21,7	21,2	0,16	55,69	60,9	50,8	3,59
	4	20,96	21,4	20,8	0,18	57,60	60,1	54,5	1,66
2	1	20,85	22,3	20,5	0,56	57,77	62,7	55,3	2,53
	2	20,64	20,9	20,3	0,26	59,89	62,7	55,2	2,68
	3	20,88	21,7	20,4	0,48	54,66	64,0	47,6	5,98
	4	21,91	22,6	21,3	0,49	58,55	62,1	55,4	2,29
3	1	21,48	22,1	21,1	0,46	58,40	61,7	55,5	2,23
	2	21,05	21,4	20,9	0,27	58,25	61,2	55,5	2,17
	3*	20,3	20,7	20,1	0,18	60,9	62,2	60,1	0,75
4	2	21	21,2	20,9	0,16	55,13	63,1	42,3	7,89

\*Auditorio

En cuanto a la presencia de molestias asociadas al SEE (Tabla 2), se obtuvo que un 72.83% de los ocupantes manifiesta algún tipo de molestia durante su estadía en el edificio. Este valor corresponde a 134 ocupantes que manifestaron algún malestar de los 184 ocupantes encuestados. Estas molestias desaparecen al abandonar el mismo (lo que sugiere que la instalación sufre del Síndrome del Edificio Enfermo (SEE), ya que se supera de manera neta la proporción razonable a esperar fijada en 20%.

**Tabla 2.** Porcentaje de molestias asociadas al SEE.

Ocupantes con molestias	Frecuencia	Porcentaje (%)
MODULO 1 NIVEL 1	15	8,15
MODULO 1 NIVEL 2	4	2,17
MODULO 2 NIVEL 1	23	12,50
MODULO 2 NIVEL 2	22	11,96
MODULO 3 NIVEL 1	12	6,52
MODULO 3 NIVEL 2	15	8,15
MODULO 4 NIVEL 1	16	8,70
MODULO 4 NIVEL 2	15	8,15
TOTAL	134	72,83

## RESULTADOS DE LA FASE II

### 1. Evaluación de las instalaciones de aire acondicionado

Con base al diagnóstico realizado durante la Fase I de este estudio, se planificó una campaña intensiva de medición de parámetros propios de sistema de aire acondicionado, que permiten establecer índices de ventilación y enfriamiento. Estos últimos son necesarios para la evaluación de las instalaciones, que incluyeron ambientes de los niveles sótano, 1, 2, 3 y 4.

Luego de realizar el levantamiento de la información se realizó el procesamiento de la misma, para evaluar las distintas áreas desde el punto de vista de los índices de ventilación y enfriamiento. En base al análisis realizado, se presentan a continuación las observaciones del caso.

El índice de ventilación en oficinas y pasillos del edificio varía desde 9,33 hasta 34 PCM/m<sup>2</sup>. Este valor debe ser mayor o igual a 12 PCM/m<sup>2</sup> para oficinas, observándose que sólo dos áreas están por debajo de este valor, por lo que puede señalarse que en general la mayor parte de los ambientes cuentan con adecuado nivel de caudal de aire acondicionado.

Es muy importante destacar que, a pesar de lo indicado en el punto anterior, las tomas de aire fresco están clausuradas, lo cual no favorece en nada a la calidad del aire. Se requiere un mínimo de 0,5 PCM/m<sup>2</sup> de aire fresco exterior para mantener bajo los niveles de CO, CO<sub>2</sub> y olores producto de la transpiración del personal.

El índice de enfriamiento en oficinas y pasillos del edificio varía desde 325 hasta 1157 Btu/hr/m<sup>2</sup>. Como se aprecia, el valor de este parámetro resultó muy variado. El rango de valores recomendado para el índice de enfriamiento en oficinas es de 350 a 550 Btu/hr/m<sup>2</sup>. Sólo dos ambientes de oficina están por debajo de lo recomendado: uno en 1,4% y otro en un 7%. Otros diez (10) ambientes de oficina reciben mayor enfriamiento que el máximo recomendado de 550 Btu/hr/m<sup>2</sup>, llegando a un exceso de hasta 110% sobre el valor máximo recomendado. Las consecuencias las padece el usuario, pues la energía absorbida por el sistema sale también de su cuerpo.

Con base a la experiencia y la información presentada en este informe, se concluye que el sistema de aire acondicionado del edificio cuenta con una capacidad de enfriamiento mayor al requerido por este.

Finalmente, en lo que respecta al sistema de aire acondicionado, se recomienda conectar las entradas de aire fresco y ajustar los valores de temperatura y humedad relativa a 23°C y 50% respectivamente.

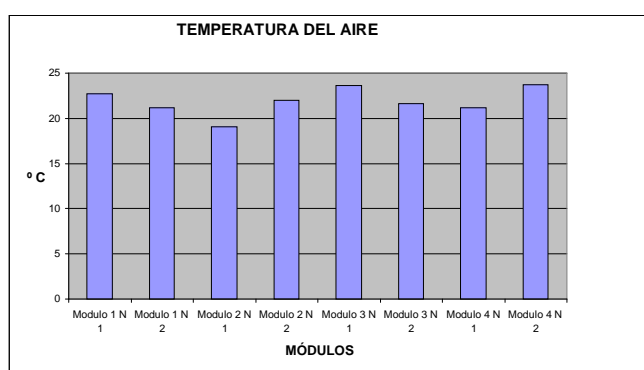
## 2. Mediciones de temperatura, contenido de CO y O<sub>2</sub> y polvo total.

En lo que respecta al valor de temperatura promedio del aire, así como la temperatura máxima del aire, las mediciones realizadas se resumen en la Figura 1. En la misma puede observarse que los valores medidos presentan variaciones importantes y oscilan entre 17,2 y 24,2 grados centígrados para los diferentes módulos y niveles de la edificación.

En cuanto a los valores extremos observados, el nivel 2 del módulo 4 es el sector que presenta el valor promedio de temperatura más elevado, probablemente relacionado con el mantenimiento preventivo que se lleva a cabo durante el período de ejecución de las mediciones y a una deficiente distribución del agua helada.

Por otra parte, el nivel 1 del módulo 2 es el sector que presenta el nivel promedio de temperatura más bajo.

Lo anterior se puede interpretar como un elemento indicativo de una inadecuada distribución de cargas térmicas.



**Figura 1.** Temperatura del aire medidas en la edificación

En cuanto a la limpieza de ductos, esto es un factor crítico en el Edificio, ya que estos se observaron muy sucios en la proximidad de las rejillas, como si la limpieza de los mismos no se hubiera realizado en un período de tiempo muy prolongado.

Para las mediciones de niveles de CO y O<sub>2</sub> en el aire se utilizó un Monitor Multigas marca QUEST, modelo: 2000, con una precisión de 0,1 ppm para los gases contaminantes y 0,1% para el contenido de oxígeno. Previamente a las mediciones se realizó una inspección del lugar de trabajo y los ambientes para evaluar niveles de CO y O<sub>2</sub> se eligieron al azar y corresponden a los mismos ambientes seleccionados para las mediciones de temperatura.

Los valores medidos del porcentaje de oxígeno en el aire en los ambientes de trabajo varían entre 20,8 y 21,1 %, presentando una moda de 20,9 %. Estos valores se encuentran por encima de 19,5 %, que es el valor mínimo de este parámetro.

Por otra parte, No se registró presencia de monóxido de carbono, registrándose de manera persistente un valor de 0,0 %. A título informativo, el valor máximo permisible de contenido de monóxido de carbono es de 200 ppm. Los resultados obtenidos indican que el monóxido de carbono y el porcentaje de oxígeno se mantienen en los valores esperados para este tipo de ambientes, por lo que estos factores ambientales no constituyen actualmente un riesgo para los trabajadores.

En cuanto al contenido de polvo en el aire, en los ambientes de trabajo del Edificio, la metodología de trabajo se ajustó a lo establecido en la Norma COVENIN 2252:1998. Polvos. Determinación de la Concentración en el Ambiente de Trabajo.

Estas mediciones consisten en hacer pasar, a través de un filtro especial, un caudal de aire establecido entre 1,5 a 2 litros por minuto. Para ello se utilizaron bombas neumáticas de aspiración, de tipo portátil, previamente calibradas en el laboratorio. La calibración es un aspecto importante, ya que del tiempo de muestreo y el caudal

ajustado se determina el volumen de aire muestreado para medir el contenido de polvo en el aire.

Los valores así obtenidos se presentan en la Tabla 3. Todos los valores observados son muy bajos, y pueden considerarse despreciables. A título indicativo, el valor máximo permitido por norma en ambientes laborales industriales es de  $10 \text{ mg/m}^3$ . En este sentido, actualmente el polvo respirable en el Edificio ESEM no representa un elemento perturbador de la calidad del aire.

**Tabla 3.** Valores medidos de polvo respirable

MUESTRA	UBICACIÓN	CONCENTRACION ( $\text{mg/m}^3$ )
BLANCO	Fuera del Edificio	0,00E+00
1	M2N1. Sala de Reuniones	6,85E-03
2	M2N1. Oficina de contratos	6,92E-04
3	M4N1. GIPS Superintendencia de contrat. y adm.	6,92E-04
4	M1N1. Recursos Humanos	7,58E-04
5	M3N1. AIT Ofic. Mantenimiento de la Plataforma	1,25E-04
6	M3N1. AIT Desarrollo e Implantación de Soluciones	8,33E-04
7	M4N1. GIPS Administración de contratos	7,67E-04
8	M4N1. GIPS Oficina 1	1,13E-03
9	M1N2. Planif. y Gestión	7,08E-04
10	M2N2. Gerencia General. Oficina	7,42E-04
11	M2N2. Gerencia General. Hall entrada	4,92E-04
12	M4N2. Gerencia Tacimientos Orocual. Ofic. Asist. Adm.	6,17E-04
13	M3N2. AIT	7,08E-04
14	M3N2. Proy. Mayores	9,42E-04
15	Sótano. Clínica Industrial. Entrada	3,92E-04
16	Sótano. Perforación. Superint. de Contrat. de Serv.	7,25E-04
17	Sótano. Artes Gráficas. Entrada	1,83E-03
18	Sótano. Artes Gráficas. Impresión Litográfica-	5,58E-04
19	Sótano. Coord. Operacional	4,67E-04
20	Sótano. Coord. Operacional. Ofic. 12	1,32E-03

En cuanto a los resultados de bacterias y hongos, fundamentalmente se refieren al contenido de bacterias y hongos en forma global; en consecuencia, no se discriminan por grupos taxonómicos ni se presenta una identificación definitiva de los representantes pertenecientes al Grupo Biológico de los hongos.

Asimismo la valoración de los resultados se efectúa de acuerdo a los criterios o referencias de diversos investigadores expertos en el área o manuales de equipos técnicos usados en este tipo de evaluación Tabla 4, ya que hasta la fecha no se han establecido estándares oficiales vinculados a la concentración microbiana y la calidad del aire en ambientes laborales interiores no industriales.

**Tabla 4.** Criterios para valoración de la carga microbiana en el aire interno en edificaciones no industriales.

Referencia	UFC/ $\text{m}^3$ BACTERIAS Y HONGOS	OBSERVACIONES
A.- FREMAP (ESPAÑA)	<50 Bact., < 25 Hongos	Carga Microbiana Muy Baja
B.- FREMAP (ESPAÑA)	<100 Bact., < 100 Hongos	Carga Microbiana Baja
C.- FREMAP (ESPAÑA)	<500 Bact., < 500 Hongos	Carga Microbiana Intermedia
D.- FREMAP (ESPAÑA)	<2000 Bact., < 2000 Hongos	Carga Microbiana Alta
E.- Manual Muestreador SAS	300 a 500	Valores aceptables, valores superiores deben conducir a tomar medidas correctivas
F.- NIOSH y ACGHI	500 Población mixta	Pueden causar molestias

Se detectó un porcentaje significativo de ambientes con valores superiores a 500 UFC/ $\text{m}^3$ , así como se señalan algunos ambientes con alto contenido microbiano.

## CONCLUSIONES

A continuación se presentan una serie de conclusiones relacionadas con las tres actividades principales correspondientes a las Fases I y II del estudio realizado:

La aplicación y análisis de la encuesta para el diagnóstico preliminar sobre la calidad del aire y la información inherente a las molestias asociadas comúnmente al Síndrome del Edificio Enfermo (SEE), muestra una elevada persistencia de diferentes molestias en los usuarios (72.83%), indicando que en la instalación se identifica el Síndrome del Edificio Enfermo.

Aun cuando las tomas de aire fresco están clausuradas, las mediciones realizadas muestran que el contenido de CO es de 0,0 % y el porcentaje de oxígeno es adecuado (aproximadamente 20,9 %). Estas mediciones indican que, el cierre de las tomas de aire fresco no es un factor que esté afectando la calidad del aire del edificio.

En lo que respecta al polvo respirable en el aire del edificio, se midieron valores muy bajos que indican que este no es un factor que esté afectando actualmente la calidad del aire de la edificación.

En cuanto al sistema de aire acondicionado, puede señalarse que en general la mayor parte de los ambientes cuentan con adecuado nivel de caudal de aire. El índice de ventilación en oficinas y pasillos del edificio arrojó valores entre 9,33 y 34 PCM/m<sup>2</sup>. Este valor debe ser mayor o igual a 12 PCM/m<sup>2</sup> para oficinas, observándose que sólo dos áreas están por debajo de este valor.

El índice de enfriamiento en oficinas y pasillos del edificio arrojó valores entre 325 hasta 1157 Btu/hr/m<sup>2</sup>, siendo el rango de valores recomendado en oficinas es de 350 a 550 Btu/hr/m<sup>2</sup>. Se observó un exceso de hasta 110% sobre el valor máximo recomendado, generando una alta tasa metabólica en los usuarios afectados. En base a la experiencia y la información presentada en este informe, se concluye que el sistema de aire acondicionado del edificio, cuenta con una capacidad de enfriamiento mayor al requerido por este.

En cuanto a las variables de microclima, los valores recomendados de temperatura de bulbo seco y humedad relativa para edificios de oficinas, son 23° a 26°C, y 40 a 50% respectivamente. En este caso, se registraron temperaturas inferiores a 23°C en la mayoría de los espacios y, en general, la humedad relativa es superior al 50%.

En cuanto a la carga microbiana de la edificación, se detectó un porcentaje significativo de ambientes con valores superiores a 500 UFC/m<sup>3</sup>, así como se señalan algunos ambientes con alto contenido microbiano. De lo anteriormente expuesto se desprende que, en algunas dependencias, en el Edificio ESEM se generan condiciones apropiadas para el desarrollo y amplificación de microorganismos capaces de causar molestias a la salud de los trabajadores, en concordancia con lo observado en las encuestas levantadas durante la Fase I.

Las características de los revestimientos de las superficies de piso, paredes y mobiliario en las oficinas, aunado a los niveles de humedad relativa, propician los niveles de carga microbiana observados y su posible aumento de no tomarse medidas correctivas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ley Orgánica de Prevención Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo. (2005)
2. Norma Venezolana COVENIN 2254-93. Calor y frío. Límites máximos. (1993)
3. Norma COVENIN 2253. Concentraciones Ambientales Permisibles de Sustancias Químicas en Lugares de Trabajo e Índices Biológicos de Exposición. (2001)
4. Norma COVENIN 2252: Polvos. Determinación de la Concentración en el Ambiente de Trabajo (1998)
5. Reglamento Parcial de la Ley Orgánica de Prevención Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo (2007)
6. Reglamento de las Condiciones de Higiene y Seguridad en el Trabajo. (1973)
7. Siem, G.; Sosa M. E; Hobaica M.; Abadi I.; La Scalea ; Band C. L.; Grimaldi L. y col. *“Diagnóstico de las Normas de Habitabilidad y de Financiamiento de la Vivienda”*. Investigación financiada por el Consejo Nacional de la Vivienda (CONAVI).(1999)
8. Siem G.; Sosa M. E; Hobaica M; Band C. L.; Grimaldi L y col. *“Código Nacional de Habitabilidad para la Vivienda y su entorno”*. IDEC-IU/FAU UCV (2001)



9. Sosa M. E; Siem G.; Alizo T , Hobaica M. E., Córdova Y. ***“Diagnóstico de las condiciones de habitabilidad de un edificio patrimonial. Caso: Edificio de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo FAU-UCV”***. Investigación financiada por el Consejo de Desarrollo Humanístico y Científico de la UCV (CDCH). (2006)