

Evaluación Tipológica, Tecnológica y Energética de Viviendas de Interés Social en Base a Técnicas Estadísticas Multivariadas.

C. Filippin¹, C. De Rosa² y J. Bernardos³

CONICET-Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda (CRICYT)-
Facultad de Ciencias Exactas (UNLP)
Avda. Spinetto 785 - C.C. 152 (6300) Santa Rosa, La Pampa
Tel -Fax 0954 34222

Resumen

En el año 1991, las viviendas construidas por el Gobierno Provincial en la ciudad de Santa Rosa, La Pampa, conformaron un 13.3% del total del parque habitacional. Con el objeto de realizar una evaluación tipológica, tecnológica, energética y socio-económica de los conjuntos habitacionales, se construyó una base muestral de datos de 137 viviendas. Con el fin de ordenar y reducir la complejidad de los datos, y describir y explicar las relaciones entre ellos, se sometió la muestra a pruebas de Análisis Multivariado. Se intentó examinar la interdependencia entre las variables y formular nuevas hipótesis en función de parámetros estimables. El agrupamiento que sufrieron los componentes de la muestra analizada en el Análisis Tipológico o Clasificadorio, fue coherente y las clases pudieron reconocerse como entidades. Surgió del análisis por Componentes Principales, la importancia que concentran las variables tecnológicas y tipológicas.

Introducción

La necesidad de que los habitantes de una nación dispongan de una vivienda digna es admitida en forma indiscutible por la mayoría de los gobiernos y organismos mundiales [1]. La vivienda y su entorno son la prueba más visible del funcionamiento de una política sobre la tierra urbana. Aún más, son el mejor testimonio del funcionamiento de una sociedad [2].

Las poblaciones urbanas crecen y la gente del medio rural sigue emigrando a las áreas urbanas. Para el año 2025 se estima que más del 60 % de la población será urbana. Las entidades de servicios urbanos se verán muy presionados para no quedarse atrás en satisfacer los requerimientos básicos de los nuevos residentes. Vivienda y servicios son particularmente importantes. El rápido crecimiento de la población y los recursos financieros limitados fuerzan a los administradores a buscar opciones a bajo costo, mejorar la eficiencia y el costo efectivo de los servicios y de los proyectos de vivienda, y extender los presupuestos además con una mejor recuperación de costos [3].

Es evidente que el proyecto y la gestión de nuevos barrios de viviendas y nuevos asentamientos sólo pueden garantizarse merced a una investigación colectiva o controlada por las entidades públicas. En la provincia de La Pampa es el IPAV (Instituto Provincial Autárquico de la Vivienda) quien asume la responsabilidad de coordinar, proyectar y dirigir los nuevos asentamientos de viviendas de interés social. Lo hace a través de operatorias con distintas tipologías y algunas tecnologías básicas: ladrillo cocido, ladrillo cerámico, losa prefabricada, cubierta metálica, etc.. El presente trabajo se refiere exclusivamente a las viviendas de la ciudad de Santa Rosa, y a las operatorias FONAVI 25, 34, 35, y Aeropuerto, localizadas en la periferia de la ciudad de Santa Rosa.

¹ CONICET Investigadora Asistente

² CONICET Investigador Independiente

³ Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (UNLP) Docente

En el año 1991, las viviendas construidas por el gobierno provincial en la ciudad, conformaron un 13,3% del total del parque habitacional según cifras del Censo de Población y Vivienda [4]. Su participación en el consumo total de energía del sector residencial o doméstico fue del 11,3 y 24,5% para energía eléctrica y gas natural respectivamente. Es importante la contribución de la construcción masiva de viviendas al parque habitacional de la ciudad y también lo es el consumo de energía que ellas representan.

Es objetivo del presente trabajo realizar una evaluación tipológica, tecnológica, y energética de las operatorias mencionadas. Del conjunto de las viviendas de cada barrio se consideran exclusivamente aquellas que no han sido modificadas por el usuario y que presentan buen estado de conservación, teniendo la precaución de considerar a su vez, distintas orientaciones.

Materiales y Métodos

La ciudad de Santa Rosa pertenece a la región semiárida del país y corresponde a un área ecológica de bosques, pastizal natural y cultivos. La Tabla 1 muestra su localización geográfica y su caracterización climática.

Tabla1. Coordenadas Geográficas y Datos Climáticos de Santa Rosa, La Pampa.

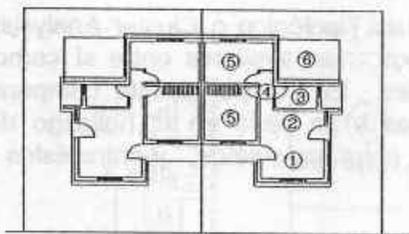
Coordenadas Geográficas Latitud: -36.57° Longitud: 64.45 Altitud: 189m sobre el nivel del mar

Temperatura de Bulbo Seco (°C)	Valores Anuales			Julio	Diciembre
	Media	Máx.Abs.	Mín.Abs.	Mínima	Media Máxima
	15.5	42	-12	1.4	31.9

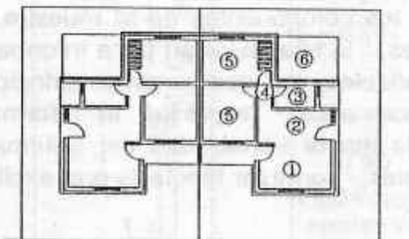
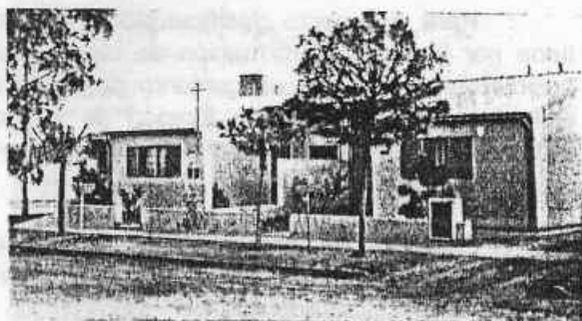
Grados-día Anuales de Calefacción (Base 18°C): 1545 Grados-día Anuales de Enfriam. (Base 23°C): 128
Radiación Global Horizontal: 16MJ/m2d

Se construyó una base muestral de datos de 137 viviendas, correspondientes a distintas operatorias del Plan FONAVI, (FONAVI 25, 34, 35 y Aeropuerto), Figura 1. Comprende un conjunto de datos que abarca variables tipológicas, tecnológicas y energéticas de cada vivienda. Las variables tipológicas y tecnológicas, incluyen Factor de Forma (F), Superficie (S), Perímetro (P), Volumen (V), Coeficiente Global de Pérdidas (G), Pérdidas por Muros (GM), Cubiertas (GCB) y Suelo (GS) Calor Auxiliar Anual (CA). Las variables energéticas, abarcan Consumo Anual de Energía Eléctrica (CEA) y Consumo Anual de Gas Natural (CGNA), Consumo Total de Energía (CTOT) y Consumo de Energía por Metro Cuadrado Construido (MJM2AN). Los consumos de energía eléctrica y gas natural, fueron obtenidos de los registros de la Cooperativa Popular de Electricidad Santa Rosa Ltda., y de Distribuidora de Gas Pampeana S.A. respectivamente, y corresponden a consumos mensuales y bimestrales, período 1991/93 (Datos no publicados).

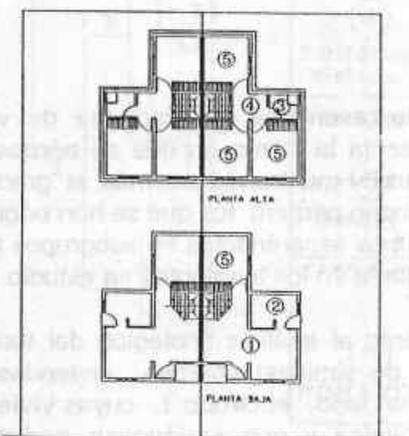
Con el fin de ordenar y reducir la complejidad de los datos, y describir y explicar las relaciones entre ellos, se somete la muestra a pruebas de Análisis Multivariado. Se intenta también examinar la interdependencia entre las variables y formular nuevas hipótesis en función de parámetros estimables. Dentro del Análisis Multivariado, la Clasificación y el Ordenamiento son aspectos de un mismo problema. El primer aspecto, pretende agrupar las muestras en clases que puedan reconocerse como entidades. El segundo aspecto, el ordenamiento, intenta disponer las muestras siguiendo un orden creciente de similitud o disimilitud entre ellas, independientemente de si se unen formando grupos o no. Con el ordenamiento se intenta reacomodar un conjunto multidimensional de datos de tal forma que proyectados en un espacio bidimensional muestre el diseño o la relación que existe entre todos los puntos.



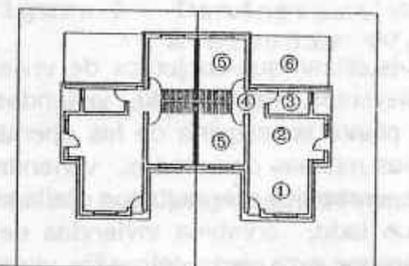
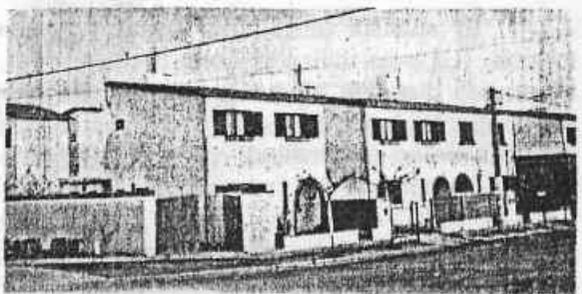
PLANTA TIPO - OPERATORIA FONAVI AEROPUERTO



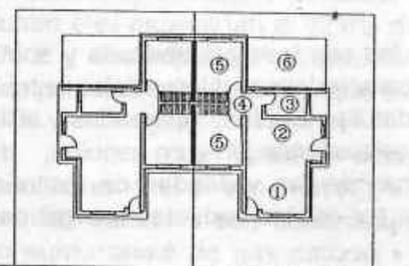
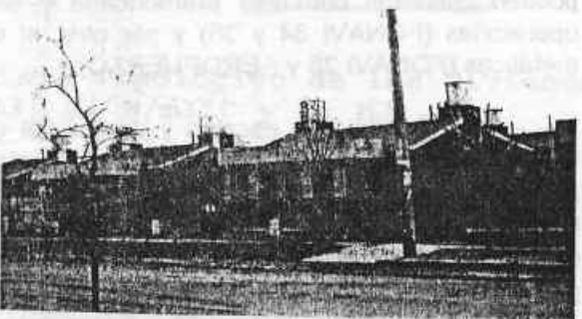
PLANTA TIPO - OPERATORIA FONAVI 25



PLANTA TIPO - OPERATORIA FONAVI 34 (DUPLEX)



PLANTA TIPO - OPERATORIA FONAVI 34



PLANTA TIPO - OPERATORIA FONAVI 35



REFERENCIAS:

- 1 - COMEDOR 2 - COCINA 3 - BAÑO 4 - PASO 5 - DORMITORIO 6 - AMPLIACION

Fig. 1 - Conjuntos Habitacionales

Para el aspecto clasificatorio se emplea, el Análisis Tipológico o Cluster Analysis, que tiene por finalidad la formación de clases, tipos o grupos, tan similares entre sí como sea posible, partiendo de un conjunto de datos multivariantes. El análisis permite comparar los individuos considerados en función de sus características y se basa en el hallazgo de las distancias, o de las medidas de proximidad o semejanza entre los sujetos, y entre éstos y los grupos que van formando.

Para el Ordenamiento de la muestra se emplea el Análisis por Componentes Principales [5] con el fin de reducir la dimensionalidad del problema y de obtener información acerca de la relación entre características consideradas en función de los componentes de la muestra. Se intenta, además, eliminar algunas de las variables originales, si ellas aportan poca información, establecer y visualizar relaciones y generar nuevas variables, los componentes principales. Estos componentes serán independientes y no correlacionados, expresan la información contenida en el conjunto original de datos, y explican la mayor variabilidad del sistema. Se pretende además con el análisis por Componentes Principales, formular hipótesis que expliquen y sugieran la estructura del ordenamiento de los datos.

Resultados y Discusión

Análisis Tipológico o Cluster Analysis.

El análisis descriptivo de agrupamiento puede representarse gráficamente de varias formas. La más utilizada es el dendograma, que representa la forma en que se agrupan en clases los distintos elementos objeto del análisis tipológico, mostrando además el grado de similitud entre individuos de grupos. Visualmente, se reconocen primero los que se han originado a bajos niveles de similitud, y luego se analizan dichos grupos separándolos en subgrupos hasta llegar a los núcleos que representan la máxima similitud hallada en los elementos en estudio.

La Figura 2 muestra el dendograma correspondiente al análisis tipológico del total de viviendas muestreadas. Los dos grupos con bajo nivel de similitud abarcan viviendas con diferencias tipológicas y tecnológicas muy marcadas, por un lado, el Grupo 1, cuyas viviendas poseen cubiertas con losa prefabricada y sombrilla cerámica y que pertenecen a distintas operatorias (FONAVI 34 y 35) y por otro, el Grupo 2, agrupa aquellas que poseen cubiertas metálicas (FONAVI 25 y AEROPUERTO)

En un segundo escalón y dentro del Grupo 1 se visualizan sub-conjuntos de viviendas tecnológicamente iguales y tipológica y energéticamente diferentes. Por un lado, viviendas tipo Dúplex, apareadas y aisladas y viviendas de una sola planta en esquina de las operatorias Fonavi 34 y 35 respectivamente. Y por otro, y dentro de las mismas operatorias, viviendas de una sola planta y con una orientación. En el Grupo 2, se observan dos subconjuntos que agrupan viviendas tecnológica y tipológicamente similares. Por un lado, combina viviendas de dos operatorias diferentes, Fonavi 25 y Aeropuerto y por otro agrupa exclusivamente a las viviendas del barrio Aeropuerto.

En un último escalón y dentro del Grupo 1 (viviendas con losa prefabricada y sombrilla cerámica) se visualizan núcleos de máxima similitud y con características diferenciales entre ellos muy contundentes. Por ejemplo, se desintegran las viviendas tipo Dúplex, apareadas y aisladas (Fonavi 34), y las viviendas de una sola planta, con una sola orientación y en esquina, de las operatorias Fonavi 34 y 35. Analizando las características de las viviendas de los núcleos constituidos, podemos inferir que en la última disgregación serían las variables energéticas las que definirían los conglomerados de máxima similitud.

El Grupo 2, Barrio Fonavi 25 y Aeropuerto, caracterizado por viviendas con cubiertas metálicas, en sus núcleos de máxima similitud no combina viviendas de distintas operatorias, siendo nuevamente las características energéticas las que definirían su separación.

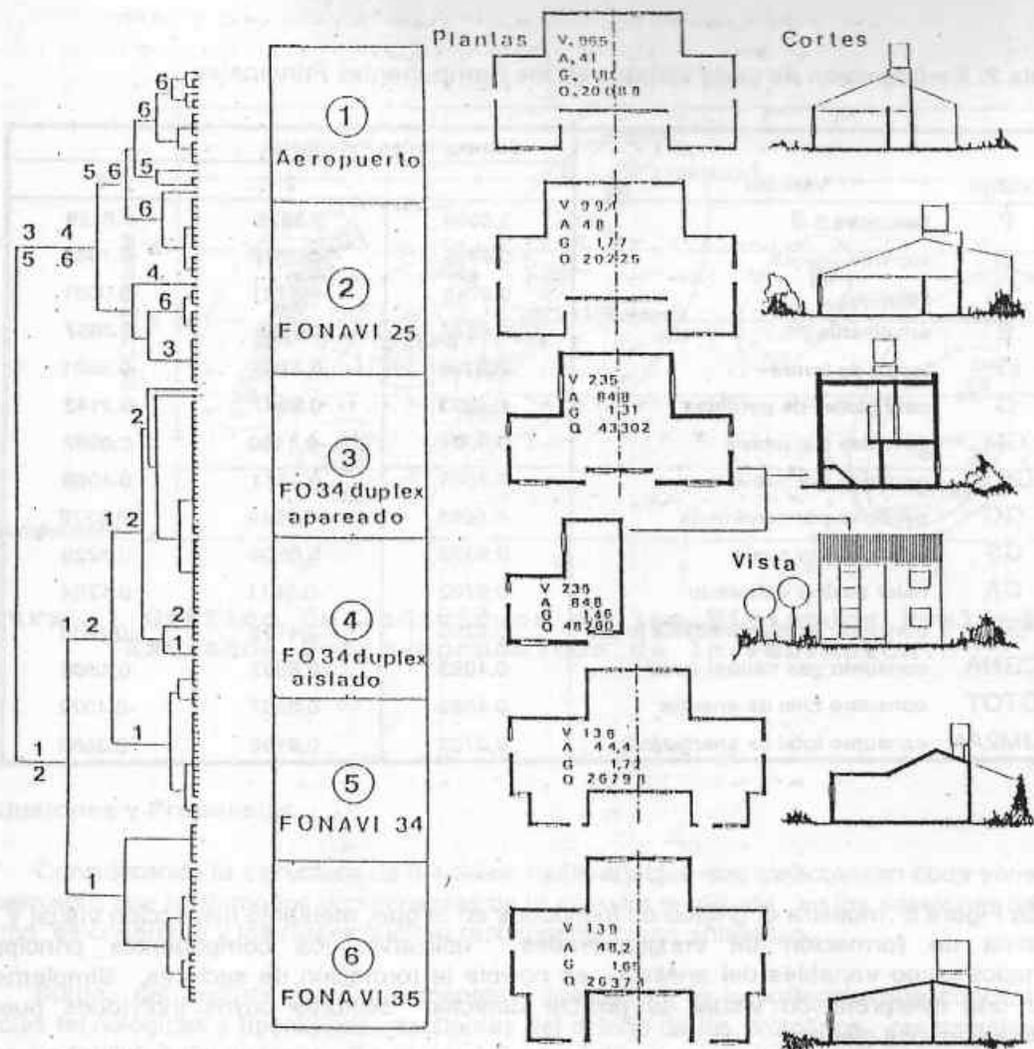


Figura 2 : Dendograma del Análisis Tipológico de las Viviendas Evaluadas (V:m3, A:m2, G: W/m3°C y Q: MJ).

Análisis por Componentes Principales.

El análisis por Componentes Principales, en base a una matriz de correlación, intenta simplificar la estructura de datos que caracterizan las 137 viviendas en estudio. Los primeros cuatro ejes explicarían el 92,6% de la varianza del sistema, 55,7, 16,7, 13,3 y 6,9% para el 1º, 2º, 3º y 4º componente, respectivamente. En una primer aproximación al tema, se toman los dos primeros componentes que explicarían el 72,4% de la variabilidad.

La Tabla 2 muestra la correlación de cada variable en los componentes resultantes. Son el Volumen (V), el Factor de Forma (FF) y el Calor Auxiliar (CA) del edificio, que son las variables con coeficientes de correlación más altos con el primer componente. El consumo anual de gas natural, el consumo total anual de energía (gas y electricidad) y el consumo total anual por unidad de superficie, todas ellas en MJ y MJ/m² respectivamente, presentan los coeficientes más elevados en el segundo componente.

Resumiendo, podemos decir que el primer y segundo componente explican el 55% y el 17% de la variabilidad total del sistema respectivamente. El primer componente engloba las variables constructivas y el segundo las variables energéticas.

Tabla 2: Participación de cada variable en los Componentes Principales

Codigo	Variable	Componentes Principales		
		1	2	3
P	perimetro	0.6088	0.3316	0.6429
SI	superficie interior	0.9145	-0.2846	-0.1936
V	volumen	0.9713	-0.1721	-0.0001
E	envolvente	0.8877	0.0892	0.3657
FF	factor de forma	-0.9705	0.1797	-0.0561
G	coef.global de perdidas	-0.9223	0.2987	0.2143
GM	perdidas por muros	0.9081	-0.1150	0.0582
GCB	perdidas por cubiertas	0.7663	0.1311	0.4083
GC	perdidas por carpinteria	-0.0063	-0.3919	-0.3879
GS	perdidas por suelo	0.9332	0.0508	0.3228
CA	calor auxiliar calculado	0.9702	-0.0911	0.1264
CEA	consumo energía eléctrica anual	0.6265	0.4116	-0.2611
CGNA	consumo gas natural anual	0.4693	0.6937	0.4008
CTOT	consumo total de energía	0.5882	0.6907	-0.4072
MJM2AN	consumo total de energía/m2	0.0723	0.8196	-0.3685

La Figura 3 muestra el gráfico de individuos en el que, mediante inspección visual y con una técnica de formación de conglomerados utilizando los componentes principales seleccionados como variables del análisis, es posible la formación de sectores. Simplemente mediante una interpretación visual es posible detectar sectores cuyos individuos pueden identificarse con total claridad.

Los individuos se concentran, linealmente y con una dirección casi paralela al segundo componente, en los sectores A, B, C, D, y E. Los sectores A, B y C son tecnológicamente similares y tipológicamente diferentes, y se dispersan más acentuadamente sobre el primer componente el cual concentra las variables constructivas. Los restantes, D y E, presentan características tecnológicas y tipológicas similares, no se dispersan y se concentran sobre el primer componente.

El sector A, B y C ordena las viviendas FONAVI 34 tipo dúplex, FONAVI 35 localizadas en esquina y FONAVI 34 tipo casa y viviendas restantes del FONAVI 35, respectivamente. El sector D y E, con menor dispersión en la gráfica y tecnológicamente y tipológicamente similares, ordena las viviendas del barrio Aeropuerto en el sector D y agrupa los hogares del FONAVI 25 y viviendas restantes del barrio Aeropuerto en el sector E. La Figura 3 muestra los cinco sectores con los valores promedio de las distintas variables, las de mayor incidencia en los componentes. Los componentes principales son independientes y no están correlacionados.

Integrando los dos análisis, el de agrupamiento y el de ordenamiento, se observa que la mínima similitud entre viviendas definida por las variables tecnológicas y tipológicas del análisis clasificatorio, explicarían el 55% de la variabilidad del sistema en el análisis de ordenamiento. Las variables energéticas que definirían la máxima similitud en el análisis clasificatorio representan el 15% de la variabilidad del sistema en el análisis por componentes principales.

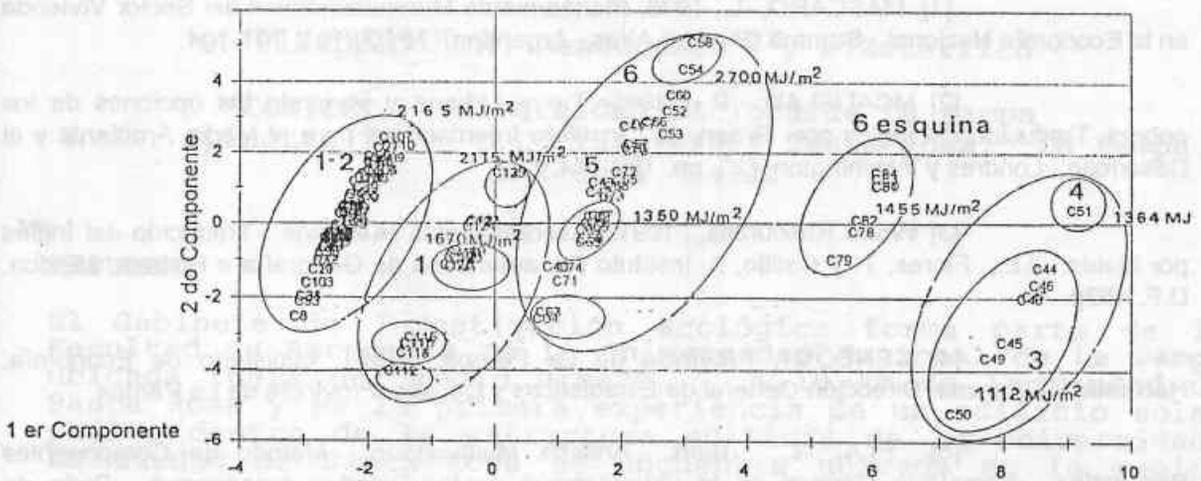


Figura 3 : Gráfico de Individuos de las Viviendas Evaluadas y Estratos Socio-económicos de la Población.

Conclusiones y Propuestas.

Considerando la estructura de los datos multivariantes que caracterizan cada vivienda, el agrupamiento que sufrieron los componentes de la muestra analizada, en los escalones de mayor similitud, es coherente y las clases pueden reconocerse como entidades.

Surge del análisis por Componentes Principales, la importancia que concentran las variables tecnológicas y tipológicas, resultantes del diseño de los prototipos, responsables de la mayor variabilidad del sistema. En él, también se obtiene un agrupamiento claro y coincidente con los tipos o clusters obtenidos en el análisis tipológico. Claramente se detecta a través del análisis, la incidencia del consumo total de energía y el consumo energético por metro cuadrado construido de cada vivienda, en la variabilidad total del sistema. Surge además la variabilidad que el consumo de gas natural significa en la muestra, no así el consumo de energía eléctrica que no tendría incidencia en el segundo componente.

Se plantean, a partir del presente trabajo, nuevas hipótesis: (1) el consumo energético de las viviendas estaría ligado a variables tipológicas, tecnológicas y socio-económicas (2) es posible considerar los prototipos tipo dúplex como más eficientes energéticamente; (3) es la calefacción de las viviendas el rubro que origina el mayor consumo de energía. La validación o no de ellas requeriría de un trabajo de análisis y auditoría socio-económico más intensivo.

Es posible en próximas etapas y a través de una retroalimentación de la base de datos incorporar nuevas variables y nuevos prototipos que pertenezcan a otras operatorias tecnológica y tipológicamente diferentes, y observar su comportamiento, la incorporación de aquellos a grupos existentes o la formación de nuevos grupos o el reordenamiento de la totalidad de ellos.

La conservación de la energía no significa imponer drásticas reducciones al nivel de vida de los habitantes, hoy los esfuerzos de conservación se centran particularmente en la introducción de nuevas tecnologías destinadas a la producción y al uso más eficiente de la energía y al mejoramiento del manejo energético. Al incrementar la eficiencia de la energía, habrá de reducirse la demanda de ésta sin afectar adversamente los estilos de vida de las personas o el crecimiento económico de los países.

BIBLIOGRAFIA

[1] MASCARO, L., 1976. Planeamiento Macroeconómico del Sector Vivienda en la Economía Nacional. Summa (Buenos Aires, Argentina). Nº100/101: 101-104.

[2] MCAUSLAN, P., 1985. Tierra Urbana y Vivienda las opciones de los pobres. Traducido del inglés por Green, C., Instituto Internacional para el Medio Ambiente y el Desarrollo, Londres y Washington, DC. pp. 130-144.

[3] World Resources, 1991. Asentamientos Humanos. Traducido del inglés por Mahía, J.L., Flores, T. y Catillo, A., Instituto Panamericano de Geografía e Historia. México, D.F. 463p.

[4] CENSO'91, Provincia de La Pampa, 1991. Ministerio de Economía, Hacienda y Finanzas, Dirección General de Estadísticas y Censos. Provincia de La Pampa

[5] PLA, L., 1986. Análisis Multivariado: Método de Componentes Principales, Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Serie de Matemática, Monografía Nº27.