

CONSERVACION DE ENERGIA EN ENTORNOS URBANOS
DE TRAZA EN CUADRICULA DE LA CIUDAD DE MENDOZA

C. de Rosa*, A. Esteves**, M. Basso#
M. Atencio° y J.L. Cortegoso##

Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda
(LAHV) - Centro Regional de Investigaciones
Científicas y Tecnológicas (CRICYT).
C.C.131 (5500) Mendoza.

RESUMEN

La determinación del potencial de ahorro de energía en el parque edilicio urbano, es una tarea compleja pero imprescindible para todo emprendimiento dirigido a implementar su recuperación. En la mayor parte de las ciudades del país, los entornos de traza en cuadrícula son dominantes y alojan además los tejidos urbanos de mayores densidades. Con el fin de cuantificar con precisión dicho potencial, en funciones de índices urbanos se ha llevado a cabo un proyecto trienal de investigación, tomando como caso base a la ciudad de Mendoza, un ejemplo claro de este tipo de traza. El trabajo describe la metodología utilizada y expone resultados parciales de diversos parámetros morfológicos, dimensionales y energéticos en su correlación con la densidad de la edificación. Los ahorros potenciales de energía obtenibles, mediante el reciclaje de los edificios existentes, ha sido determinado en forma global, arrojando valores porcentuales en un rango entre el 54.67% para la alternativa de mínima y el 61.35% para la máxima con respecto a los consumos de energía no convencional teóricos necesarios para mantener las condiciones de confort durante la estación de calefacción.

1. INTRODUCCION

Cualquier acción efectiva tendiente a recuperar el potencial de ahorro de energía del parque edilicio urbano, residencial y terciario, en ciudades del país, será resultado de políticas sectoriales coordinadas en los aspectos de planificación urbana y energética, las que deben diseñarse a partir de estudios detallados de sus características morfológicas, y termo-físicas actuales.

Desde el punto de vista cuantitativo, los entornos de traza en cuadrícula son aún dominantes en la mayoría de las ciudades argentinas, no solo por su extensión sino porque alojan los tejidos de mayor densidad edilicia.

Más aún, proveen una matriz común para un gran número de agrupamientos urbanos de distintas escalas en todo el territorio nacional, que permitiría una posible extensión de resultados para morfologías afines y tecnologías constructivas que, particularmente en los períodos más recientes, han tendido a uniformarse, ignorando situaciones climáticas y regionales.

La ciudad de Mendoza, caso base de este estudio, es un claro ejemplo de trama urbana en cuadrícula, que a partir de un núcleo absolutamente regular, la Nueva Ciudad trazada inmediatamente después del sismo de 1861, se ha extendido sin

-
- * Investigador Independiente CONICET
 - ** Investigador Asistente CRICYT
 - # Profesional Principal CONICET
 - ° Becario Iniciación CONICET
 - ## Profesional Adjunto CONICET

grandes variantes, con desviaciones angulares mínimas respecto a sus directrices principales casi coincidentes con los puntos cardinales. Presenta dentro de su radio urbano un gradiente descendente de densidades desde el centro a la periferia, lo que ha permitido realizar un estudio detallado de sus entornos urbano-edilicios típicos, cuantificando sus características de conservación de energía y posteriormente correlacionándolas con varios índices descriptivos de la morfología actual y su desarrollo predecible.

La tarea cuyos resultados parciales expone el presente trabajo ha estado comprendida dentro del proyecto de investigación: DISEÑO URBANO-BIOCLIMÁTICO (PII 3021900/85 CONICET). En forma complementaria a los aspectos de conservación se ha determinado el potencial de utilización con fines ambientales y energéticos de los recursos climáticos regionales en las estaciones extremas, fundamentalmente, la radiación solar en invierno y la brisa nocturna en verano cuyos resultados no están incluidos en el mismo.

2. LOCALIZACION DEL ESTUDIO

Los datos relevantes de la ciudad de Mendoza son los siguientes:

GEO-DEMOGRAFICOS

Coordenadas:	latitud	32,88 S
	longitud	68,85 O
	altitud (m.s.n.m.)	827
Población:	600.000	

CLIMATICOS

Tipo: Mesotermal árido	Recursos climáticos
Grados - Día (°C)	Rad. solar global: (MJ/m.día): 18.06
Calefacción : (base 18°) : 1384	Brisa estival nocturna:
Enfriamiento : (base 23°): 163	Dirección dominante: S-SE
Horas anuales (%)	Intensidad (m/s) 1.62
En confort : 21.53	
Enfriamiento requerido : 8.33	
Calefacción requerida : 71.14	

URBANISTICOS

Traza en cuadrícula, con zona central muy regular con amanzanamiento de 100 m. de lado y calles de 20 m. de ancho. Azimut de la trama: 12.5° - 102.5°

La ciudad presenta una gama amplia de densidades, con importantes variaciones de forma, tamaño y agrupamiento de volúmenes edilicios según las mismas: en zonas centrales densas predominan las estructuras de desarrollo vertical con límites superiores en 12 pisos; en zonas residenciales periféricas son dominantes las construcciones de una o dos plantas con amplios espacios abiertos en los centros de manzana.

La ciudad es una de las más densamente forestadas del país con dominancia de especies caducas a lo largo de todas las calles y centros de manzanas. El efecto de la arboleda en el potencial bio-climático de los entornos analizados se encuentra aún en estudio y no se incorpora a los resultados del presente trabajo.

3. METODOLOGIA

3.1 MODELIZACION DE ENTORNOS URBANOS

El proceso de determinación de modelos descriptivos de los entornos urbanos típicos existentes se llevó a cabo en las siguientes etapas:

- . Determinación de zonas con máximas, medias y mínimas densidades sobre las zonas urbanas de cuadrícula regular.
- . Selección de un primer conjunto muestral de 50 manzanas dentro de las zonas previamente determinadas, según los siguientes criterios: usos de suelo homogéneos dentro de cada manzana, características dominantes de regularidad geométrica: forma y dimensiones de manzanas, ancho de calles y orientación.
- . Luego de una segunda selección, un conjunto de 37 manzanas quedó definido: 9 de máxima, 11 de media y 17 de mínima densidad.
- . Relevamiento de los edificios, 1240 en total, de las manzanas seleccionadas, determinando: tipología, forma, dimensiones y tecnología de los componentes en cada edificio. Las conductancias térmicas fueron calculadas para cada componente. En casos de incertidumbre valores alternativos K' fueron considerados al igual que para tasas de infiltración, resultando en alternativas de máximas y mínimas pérdidas por componente, por edificio y por manzana. Dos programas computacionales fueron confeccionados durante esta etapa con los siguientes objetivos:
 - . El primero permite la carga de datos que definen las características y dimensionales de los edificios, ingresando las coordenadas (x, y, z) de los vértices a partir de los planos en escala, por medio de un digitalizador.
 - . El segundo programa calcula diversos parámetros: áreas de intercambio térmico, áreas colectoras potenciales, volúmenes, factores de formas, pérdidas de energía por componente, globales (Q) y volumétricas (G), por edificio y por manzana. Calcula también una serie de indicadores urbanos para cada manzana del conjunto muestral:
 - . Densidad volumétrica (DV): E de volúmenes/E de áreas de terrenos propios.
 - . Altura Media Ponderada: (AMP) de los edificios.
 - . Índice de homogeneidad tipológica (IHT): E de volúmenes por tipología/E de volúmenes totales.
 - . Índice de orientación (IO): desviación media ponderada de fachadas potencialmente colectoras.
 - . Índice de distribución espacial (IDE): describe numéricamente la mayor o menor concentración de volúmenes hacia el N ó S de la zona baricéntrica de cada manzana.

Obviamente el IO y el IDE, se aplican solamente para cálculos en que se considere la contribución solar potencial, no en los aspectos puramente conservativos.

Un gran número de correlaciones son posibles en esta etapa entre los parámetros de conservación y los indicadores urbanos correspondientes para cada caso.

4. PRESENTACION DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos para el conjunto muestral de 37 manzanas en aspectos de conservación y los indicadores urbanos: DV, AMP y IHT, considerando además en algunos casos los índices urbanísticos más usuales (FOS y FOT), proporcionan un conjunto de 80 correlaciones. Si bien una tarea más profunda de análisis está pendiente, es hasta el momento evidente que el indicador más significativo es la DV. Los resultados que se presentan con este indicador.

4.1 ASPECTOS MORFOLOGICO-DIMENSIONALES

Las magnitudes de superficies de intercambio energético presentan en general correlaciones claras con el incremento de la densidad volumétrica (DV):

Techos: Fuerte crecimiento de magnitud en el extremo inferior del rango (DV= 1.5 a 3.0 M²/m³).

Fundaciones: El valor de las áreas de pérdidas es más significativo para el extremo inferior de la escala de DV. El decrecimiento hacia el otro extremo está dado por la mayor cobertura del terreno por construcciones en planta baja y la reducción de las fundaciones expuestas por efecto de la colindancia.

Muros y Ventanas: Presentan una tendencia lineal de crecimiento coherente con la DV, cuya sensibilidad es mucho más acentuada en el caso de los muros, que representan de por sí el componente que arroja las pérdidas más significativas en los valores superiores al rango de DV (9.0 a 11.0 m³/m²).

Cuando estas magnitudes absolutas de intercambio son relativizadas dividiéndolas por los volúmenes edilicios, se presentan para todos los componentes, excepto las ventanas, decrecimientos acentuados de tipo exponencial con menores sensibilidades en el extremo superior de la DV. Para las ventanas se presentan ajustes lineales de muy escasa sensibilidad.

Entre los parámetros morfológico-dimensionales presentan particular interés la variación de los factores de forma (FF= superficie de pérdidas/volumen m²/m³), analizados en sus expresiones bruta (valor medio ponderado considerando a cada edificio desprovisto de su entorno) , y neto (considerando en la situación real de colindancia) Fig. 1.

Puede observarse que para ambas curvas los FF decrecen exponencialmente al aumentar la DV, con sensibilidad decreciente hacia el extremo superior del rango. Las diferencias entre las dos curvas, en el sentido de las ordenadas, muestran beneficios por efecto de la colindancia sustancialmente mayores para valores bajos y medios de DV, con tendencia decreciente hacia el extremo superior de la escala. En el caso de Mendoza, esta variación es claramente explicable dado que por razones de sismicidad, los códigos de edificación vigentes desde 1971, prohíben edificios colindantes de alturas superiores a 10.00 m.

4.2 ASPECTOS ENERGETICOS

Entre las diversas correlaciones estudiadas entre los aspectos de conservación de energía y las densidades edilicias, son particularmente expresivas las variaciones de las pérdidas porcentuales por componente, referidas a las pérdidas totales, en función de la DV. Fig. 2.

Techos: Se observa una importante disminución de las pérdidas relativas con el aumento de la DV, con el ajuste parabólico y menor sensibilidad en el extremo superior de la escala. El rango de pérdidas relativas por techos varía entre el 18 y 16% de las pérdidas totales.

Fundaciones: La tendencia es similar a la observada para techos con un descenso más acentuado de los valores en el rango inferior de la DV. El efecto de la colindancia de fundaciones al aumentar la DV es causante de la menor sensibilidad de la correlación hacia los valores superiores de la escala. Los valores porcentuales de las pérdidas por fundaciones son siempre bajos: entre 5.5 y 0.6% debido a las escasas superficies de intercambio (efecto de colindancia) y reducidos valores de transmitancia (resistencia térmica de la tierra).

Muros: Los valores porcentuales de pérdidas decrecen también con el aumento de la DV, con sensibilidad decreciente en ese sentido. Dos efectos se suman para explicar este resultado: el aumento de los beneficios de la colindancia en el rango medio de la DV y el menor efecto de la envolvente con respecto al volumen construido (bajos factores de forma), para el extremo superior de la DV. Las pérdidas por muros son cuantitativamente importantes: 23 a 30% de las pérdidas totales.

Ventanas: Dada la relación casi constante entre el área de ventanas y la superficie cubierta, (10% en la alternativa de mínima y 20% en la máxima) y como consecuencia con el volumen, se observa un crecimiento coherente de ajuste exponencial de las pérdidas relativas al incrementarse la DV, con valores de las mismas variando entre el 11.7 al 17.4% en la alternativa de mínima y entre el 21.8 al 31.6% para la máxima.

Infiltración: tal como se ha considerado sus valores, 1.5 RAH y 3.0 RAH para las alternativas de mínima y máxima respectivamente, las pérdidas son proporcionales al volumen de los edificios y crecen por lo tanto en ambas escalas, arrojando los valores de pérdidas más altos entre todos los componentes: 31.0 a 43.6 y 48.9% para ambas alternativas. Un análisis más fino del problema seguramente arrojará como resultado una menor sensibilidad la variación para los valores más altos de la DV.

El coeficiente volumétrico de pérdidas (G), es el indicador numérico más representativo de las características globales de conservación de energía de un determinado edificio o conjunto. En su correlación con la DV, se observa una disminución coherente del valor de G, de ajuste exponencial, con el incremento de la DV y sensibilidad levemente decreciente en el extremo superior del rango. Fig. 3. Este hecho se explica por dos motivos: menores valores de G para edificios de gran volumen, en los que las pérdidas perimetrales son relativamente menos significativas y mayor efecto de colindancia en el rango medio de la escala de DV. Si los códigos de edificación locales permitieran edificios colindantes de alturas superiores a los 10.0 m. seguramente la sensibilidad de la curva de ajuste no decrecería en el extremo superior de la escala de DV, obteniéndose probablemente un ajuste lineal. Puede observarse también que la dispersión de valores es mucho más importante en el extremo inferior de dicha escala y hasta $DV = 4 \text{ m}^3/\text{m}^2$, lo que es producto de una mayor variedad tipológica y su combinación aleatoria en agrupamientos de menor densidad.

5. CONCLUSIONES PRELIMINARES

El análisis de resultados realizado hasta el momento se ha limitado a las correlaciones más significativas. Sin embargo los casos expuestos definen tendencias claras y coherentes entre los aspectos tipológico-dimensionales y energéticos con la variabilidad de la densidad edilicia. Estos resultados son en sí mismos de utilidad para evaluaciones globales de agrupamientos urbanos, con respecto al indicador urbanísticamente más significativo.

El análisis más detallado sobre el potencial de ahorros energéticos no está aún concluido y debe involucrar, al menos en el caso de la región andina, el importante aporte que puede realizar la utilización de la radiación solar, por la abundancia del recurso. (1).

Las economías de energía obtenibles, mediante la implementación masiva de medidas adicionales de conservación, han sido calculadas según criterios de aproximación, suponiendo mejoras tecnológicamente viables para cada uno de los componentes de las envolventes edilicias. La Tabla 1 presenta los valores de conductancia máximos y mínimos usuales en la construcción convencional, los valores mejorados y los porcentajes de reducción de las pérdidas obtenibles para cada componente.

Componente	K actuales (w/m ²)		K mejorados (w/m ²)		Mejora obtenible (%)	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
.Techos	0.344	0.595	0.242	0.344	29.65	42.18
.Muros	1.485	2.192	0.522	0.589	64.84	73.13
.Ventanas	3.713	3.713	2.055	2.055	44.65	44.65
.Fundaciones	0.702	0.702	0.393	0.393	44.01	44.01
.Infiltrac.(RAH)	1.500	3.000	0.750	0.750	50.00	75.00

Tabla 1: Valores de conductancia de componentes actuales y mejorados y beneficios porcentuales obtenibles. *

Dado que las pérdidas relativas por componente con respecto a las pérdidas totales, presentan correlaciones claras con la densidad volumétrica, se han calculado los ahorros potenciales, mínimos y máximos, parciales y totales para los extremos de la curva de ajuste con la DV, para las alternativas de pérdidas mínimas y

máximas. Tablas 2 y 3.

DV	DV Componente	Mejora obtenible mínima (%)	Pérdidas relativas mínima (%)		Reducción total min.(%)		
			DV	DV	1 m3/m2	12m3/m2	1m3/m2
	.Techos	29.65		22.80	5.80	6.76	1.72
	.Muros	64.84		29.00	22.50	18.80	14.59
	.Ventanas	44.65		21.80	30.90	9.73	13.79
	.Fundaciones	44.01		4.90	0.70	2.15	0.31
	.Infiltración	50.00		33.80	49.20	16.90	24.60
	Total					54.34	55.01

Tabla 2: Reducciones totales de pérdidas obtenibles para DV= 1.00 y 12.00 m3/m2, para la alternativa de pérdidas mínimas.

Componente	Mejora obtenible máxima (%)	Pérdidas relativas máxima (%)		Reducción total máxima(%)	
		1 m3/m2	12m3/m2	1 m3/m2	12m3/m2
.Techos	42.18	22.00	4.70	9.28	1.98
.Muros	73.13	30.00	24.20	21.94	17.69
.Ventanas	44.65	11.60	17.50	5.18	7.81
.Fundaciones	44.01	5.80	0.60	2.55	0.26
.Infiltración	75.00	32.20	43.50	23.40	23.62
Total				62.35	60.36

Tabla 3: Reducciones totales de pérdidas obtenibles para DV= 1.00 y 12.00 m3/m2 para la alternativa de pérdidas máximas.

Como puede observarse para cada una de las alternativas de pérdidas, las relativas porcentuales por componente tienden a compensarse, resultando la variación entre los extremos de la curva de ajuste de la DV casi despreciable. Se obtiene un valor medio de ahorros energéticos potenciales del 54.67% para las pérdidas mínimas y del 61.35% para las máximas.

Los valores de coeficiente de pérdidas volumétricas (G) resultantes de la implementación masiva de las estrategias de conservación analizadas, en todo el parque edilicio urbano, variaron del siguiente modo:

	G actuales (w/°C m3)		G mejorados (w/°C m3)	
	DV 1.0 m3/m2	DV 12.0 m3/m2	DV 1.0 m3/m2	DV 12.0 m3/m2
Pérdidas mínimas	1.21	0.83	0.55	0.37
Pérdidas máximas	1.50	1.22	0.56	0.48

Los ahorros energéticos anuales para calefacción de espacios por unidad de volumen, para el clima de Mendoza serán los siguientes

Ahorros de energía por m3 de construcción (Kwh/m3 año)

	DV	
	1.0 m3/m2	12.00 m3/m2
Pérdidas mínimas	31.32	21.82
Pérdidas máximas	44.60	35.11

Si bien resulta obvio que para entornos de menor densidad los ahorros por unidad de volumen son más significativos para bajas densidades, estos beneficios se

obtienen con inversiones relativamente mayores, debido al mayor desarrollo de las superficies de las envolventes con respecto a los volúmenes construidos, es decir, valores más elevados de los factores de forma (FF).

Los ahorros de energía anuales totales por manzana, en función de la densidad son los siguientes:

	Ahorros totales de energía (Mwh/año)	
	DV	DV
	1.0 m ³ /m ²	12.0m ³ /m ²
Pérdidas mínimas	313.20	2618.40
Pérdidas máximas	446.00	4213.20

Si bien estas magnitudes de ahorros potenciales son alentadoras, son, al mismo tiempo, altamente teóricas. En primer lugar, parten del supuesto que la energía necesaria para mantener los espacios habitables a una temperatura de 18 °C es efectivamente consumida. Por otra parte, es difícilmente imaginable que el reciclaje masivo del parque edilicio existente pueda materializarse, aún en el mediano plazo, bajo las actuales condiciones económicas. Sin embargo, bajo la presión de los costos relativos siempre crecientes de los combustibles tradicionales, la previsible escasez de gas natural y una legislación edilicia más exigente en los aspectos de conservación de energía, un porcentaje relativamente alto de estos ahorros potenciales podría recuperarse en plazos más largos.

6. REFERENCIAS

1. "POTENCIAL SOLAR DE ENTORNOS URBANOS DE TRAZA EN CUADRICULA DE LA CIUDAD DE MENDOZA."

A. Esteves, C. de Rosa, M. Basso, M.A. Atencio y J.L. Cortegoso
Presentado en la XIV Reunión de Trabajo de ASADES. En evaluación.

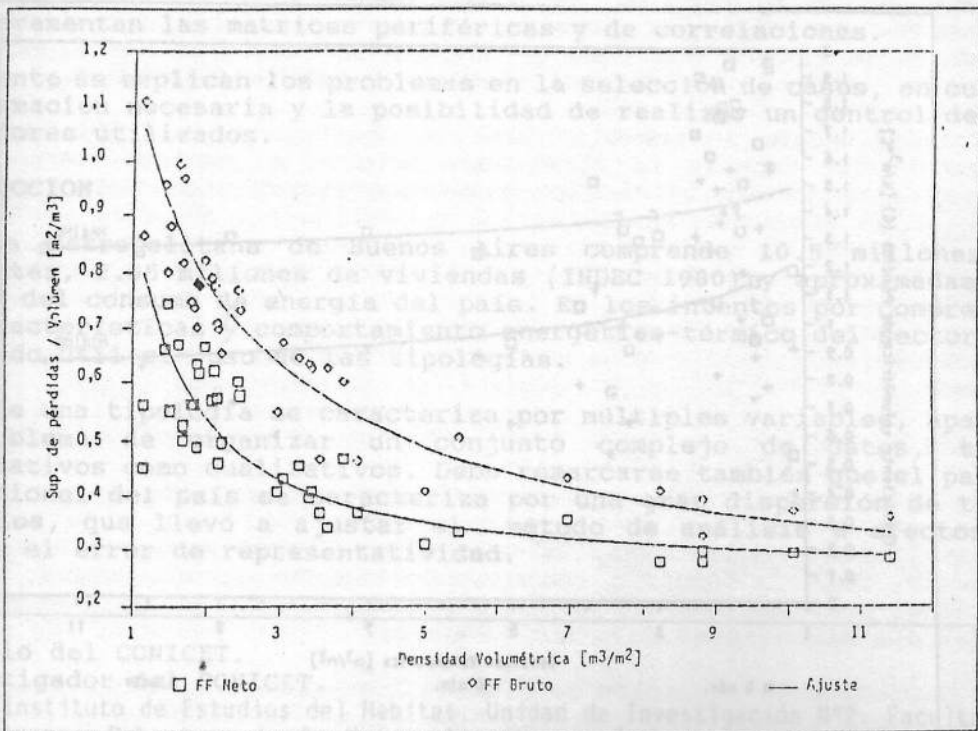


FIG 1 Variación de los Factores de Forma (FF) brutos y netos en función de la densidad volumétrica

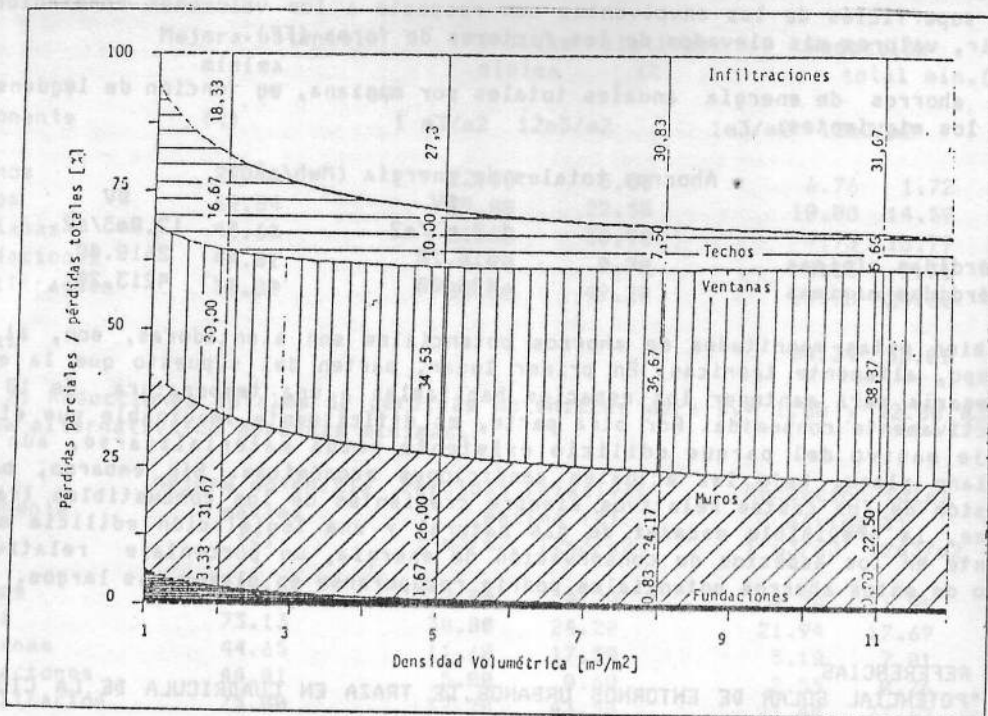


Fig 2 Diagrama de la variación de las pérdidas totales discriminadas porcentualmente según los componentes constructivos en función de la densidad volumétrica.

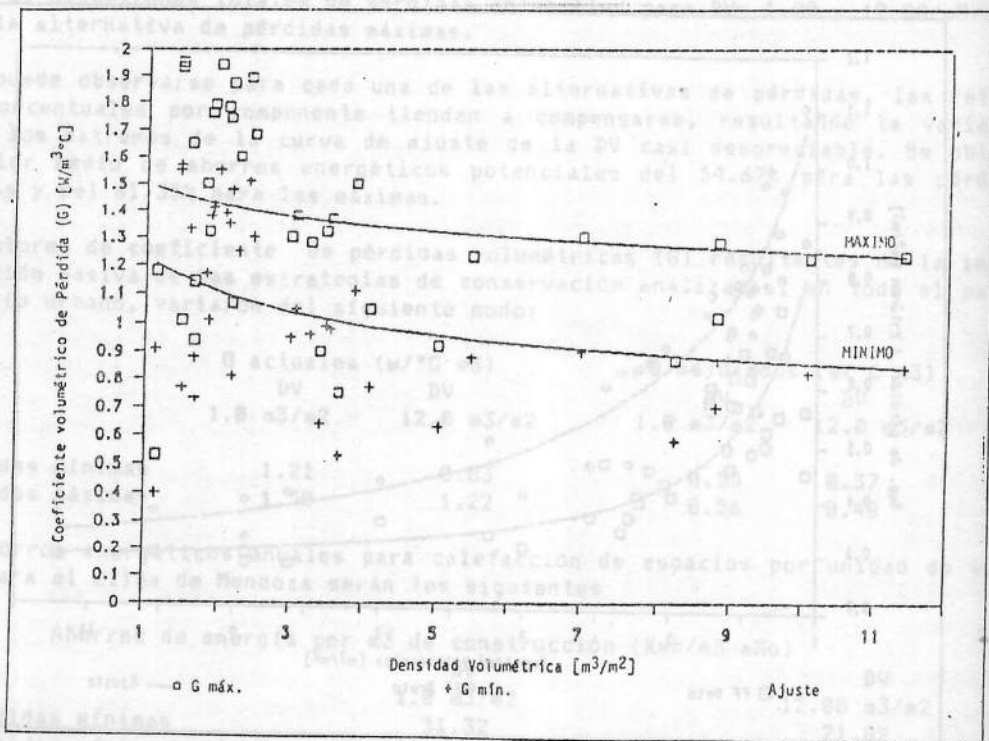


Fig 3 Variación del Coeficiente Volumétrico de Pérdidas (G) en función de la densidad volumétrica