

# ANALISIS DE UNA VECINDAD

con Relación al Sistema de Transportación del  
Area Metropolitana de San Juan, Mediante el uso de  
Mapas de Contornos Isocrónicos\*

Por Miguel TORRADO MARTINEZ

## Propósitos:

El propósito de este trabajo es estudiar cómo sirve la red de transportación propuesta para el área metropolitana de San Juan, para el año 1985, a la urbanización Villa Nevárez. Específicamente, se desea observar lo siguiente:

- 1 Si el tiempo de recorrido entre Villa Nevárez y los distintos puntos de interés a sus residentes en la zona metropolitana de San Juan están balanceados. Esto es, si existe una relación constante entre las distancias y los tiempos de recorrido entre los varios puntos.

---

\* Trabajo presentado por un estudiante de la Escuela Graduada de Planificación de la Universidad de Puerto Rico, para un curso sobre Estructura Urbana.

- 2 Si el total de vehículos-horas y vehículos-millas acumulados por los residentes de la urbanización está dentro de límites aceptables. Estos dos datos son índice de cuán adecuadamente sirve la red de transportación a los residentes del área.
- 3 Si los tiempos totales de recorrido reflejan una velocidad promedio indicativa de un nivel de servicio aceptable o deficiente en la red.

### Criterios:

Para poder llegar a una conclusión válida sobre los propósitos establecidos es necesario sentar las bases valorativas que medirán el rendimiento de la red de transportación en relación a las metas de sus usuarios. Como criterio general, la red debe servir de instrumento positivo a la consecución de las aspiraciones lícitas de la comunidad a la que sirve. Este criterio, aunque válido, es de cuantificación difícil, lo cual nos lleva a formular criterios más específicos. En atención a los propósitos que estableciéramos anteriormente, proponemos los siguientes criterios:

- 1 Para que exista una red de transportación balanceada con respecto al área bajo estudio, los tiempos de recorrido deben guardar la misma relación a la distancia en todas las direcciones y viajes que emprenda el usuario. Se ha de tomar en consideración los impedimentos ofrecidos por barreras naturales como vías, ríos, montañas, etc.
- 2 El tiempo total en que un automóvil, y por ende sus ocupantes, está activo en la red, no debe ser un porcentaje alto del tiempo total disponible a las personas durante el día. El total de millas recorridas por un vehículo durante el día no debe ser un porcentaje alto del total de millas de carreteras en la red. Si lo fuere, esto indicaría que el usuario no tiene disponibles rutas relativamente directas entre su hogar y sus distintos puntos de destino.
- 3 Una velocidad promedio en la red total de menos de veinte millas por hora refleja un nivel de servicio pobre en la red.

### Notas generales:

Se escogió la urbanización Villa Nevárez por varias razones. Esta urbanización fue establecida hace ya varios años, lo cual propone una estabilidad de los patrones de comportamiento de sus residentes. Véase Figura Núm. 1. Finalmente, el autor es residente de dicha urbanización y se con-

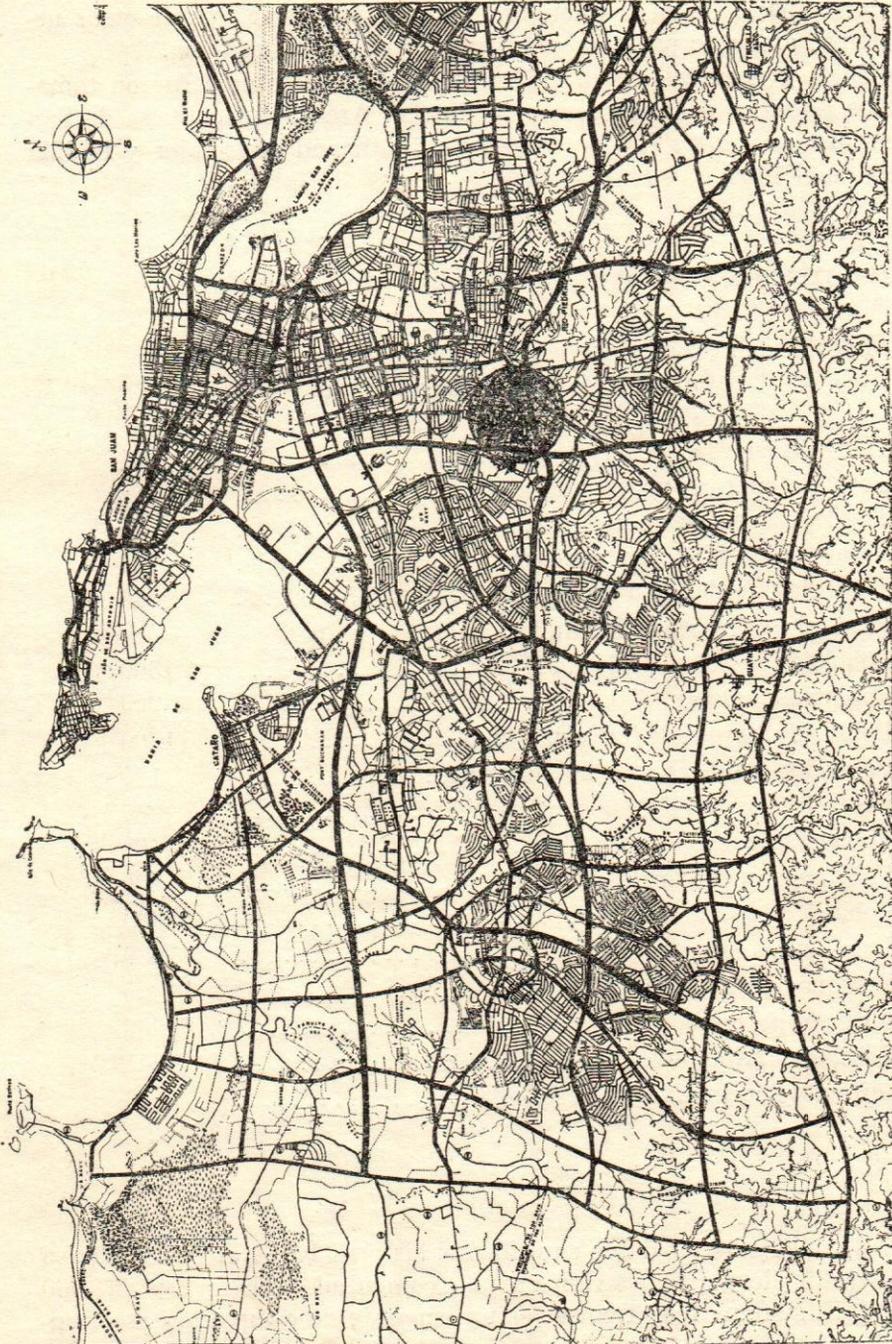


Figura N° 1  
AREA METROPOLITANA SAN JUAN

sidera más capacitado en sus conocimientos de la misma que de otras urbanizaciones, amén de profesar un interés personal en el tema.

Los datos y proyecciones al 1985 utilizados en el estudio fueron tomados de los Estudios de Transportación Para el Area Metropolitana de San Juan, realizados por las firmas de Wilbur Smith and Associates y Padilla y Gracia en el 1964.

#### Datos (proyectados al 1985):

Localización: Lado norte del Presidio Estatal y contiguo al Centro Médico de la Capital

Total de cuerdas desarrolladas .....	211
Total de cuerdas uso residencial .....	126
Total de cuerdas en calles .....	56
Total de cuerdas uso comercial .....	14
Total de cuerdas uso escolar .....	15
(Escuela primaria y secundaria)	
Población escolar (1-6) .....	1300
Población escolar (7-12) .....	900
Población empleada en comercio .....	1500
Población empleada en magisterio .....	120
Población empleada en construcción .....	280
Población cuello blanco .....	1400
Población cuello azul .....	800
Población total .....	7330
Total unidades de vivienda .....	1629
Personas/unidad de vivienda .....	4.5
Ingreso promedio .....	\$6000
Total de automóviles .....	1841
Automóviles/unidad de vivienda .....	1.13

#### Método:

Para el análisis de los datos se utilizó el sistema ICES-TRANSET para la planificación de transportación en una computadora IBM System 360 modelo 30. El sistema Ices-Transet es un lenguaje de computadoras orien-

tado a los problemas de la transportación desarrollado por el Instituto Tecnológico de Massachussetts. Este sistema requiere como insumo un modelo de la red de transportación, sus características y las cargas en la red. Las características de este modelo las discutiremos más adelante.

El producto del análisis hecho es un resumen de tiempos de zona a zona, distribución de tiempos de viajes y un resumen de vehículo-horas y vehículos-millas en la red.

Con el resumen de tiempos de travesía desde la zona de interés a las demás zonas se obtienen los datos necesarios para desarrollar un mapa de contornos isocrónicos. La forma de estos contornos nos demuestra gráficamente las deficiencias de la red con respecto al área bajo estudio. Si los contornos fueran de forma circular y estuvieran uniformemente espaciados entre sí, la red estaría dando un servicio balanceado a la zona de origen. La distancia entre contornos de igual incremento de tiempo es una medida de la velocidad promedio en la red entre esos dos contornos.

Con la distribución de tiempos de travesía y el resumen de vehículos-horas y vehículos-millas se hace un análisis que nos brinda el tiempo total que un residente promedio de Villa Nevárez está utilizando la red y el número total de millas que recorre en el sistema durante la ejecución de sus actividades cotidianas.

### El Modelo:

El sistema Ices-Transet ofrece una amplia flexibilidad al planificador. Esta flexibilidad se implementa mediante una variedad de opciones en las presunciones explícitas e implícitas en el modelo como insumo. En adición, ofrece varias opciones para manipular el modelo y variedad en los resultados que se pueden obtener.

Para facilitar la descripción del modelo, consideramos conveniente describir cada uno de sus elementos por separado. Estos elementos son: la red de transportación, el conjunto de funciones de volumen-demora, la matriz de viajes, y la asignación de viajes.

1. **La red de transportación.**—Tiene varios componentes que describiremos ahora:

- a. **Nodo.** Punto donde se cruzan o encuentran dos o más facilidades de tránsito. Punto de unión de dos o más eslabones, o punto de origen de un eslabón. Representa generalmente una intersección. Se denota con un número.
- b. **Eslabón.** Tramo de carretera que une dos nodos. Puede constituir de uno o más carriles, todos con flujo en una sola dirección. Un tramo

de carreteras con circulación en ambas direcciones se representan con dos eslabones. Un eslabón se denota con los números de los nodos que une. Por ejemplo, el eslabón 83-90 empieza en el nodo 83 y termina en el nodo 90. En la dirección contraria sería 90-83.

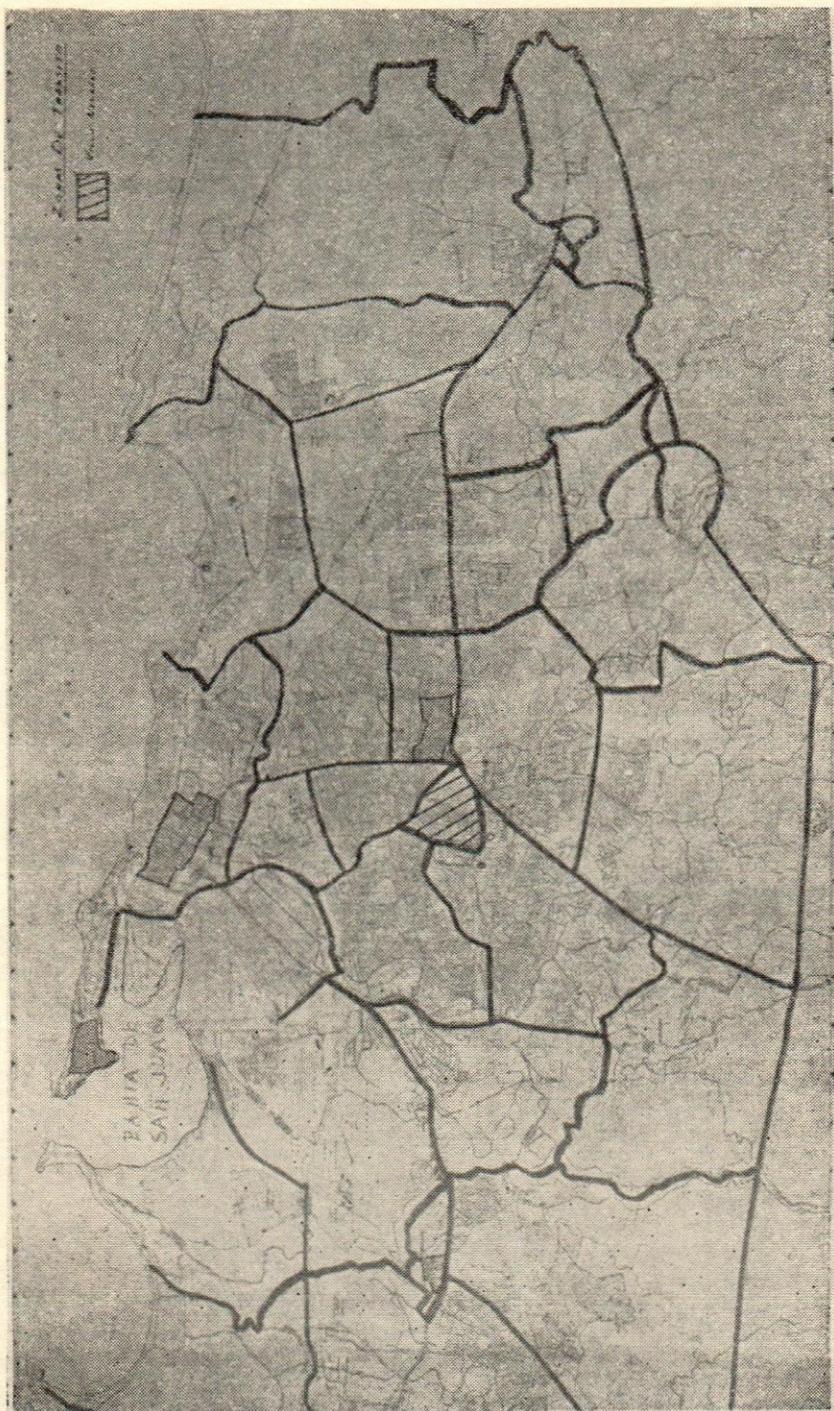
- c. **Zona.** Area geográfica que genera o atrae viajes. En este modelo se utilizaron 32 zonas que corresponden generalmente a los distritos utilizados en el Estudio de Transportación de San Juan de 1964. La excepción es la zona 32 que comprende la urbanización Villa Nevárez.
- d. **Centroide de zona.** Nodo que denota el centro de producción de viajes de una zona. Sólo a través de los centroides de una zona pueden entrar o salir viajes a la red.
- e. **Red.** Combinación de nodos y eslabones que representa el sistema de transportación que entrelaza las distintas zonas.

2. **El Conjunto de Funciones de Volumen-Demora.**—Una función de volumen-demora es una relación que describe el tiempo necesario para recorrer una milla como función del volumen existente en un eslabón, y la capacidad de ese eslabón. En nuestro modelo utilizamos un conjunto de nueve de estas funciones para describir las características de los eslabones de la red. A cada eslabón de la red se le asigna una función que corresponde a sus características.

3. **La Matriz de Viajes.**—La matriz de viajes es una tabulación que nos da el número de viajes de cada zona, a todas las demás zonas durante un período de tiempo especificado. En nuestro modelo el período de tiempo para análisis es la hora de volumen máximo. Nuestra matriz se derivó de las tabulaciones finales de los estudios de transportación de 1964. Se usó un factor de .12 para convertir de volumen diario a volumen de hora máxima. Este factor es el aceptado generalmente para zonas urbanas por los conocedores de la materia.

4. **La Asignación de Viajes a la Red.**—Este es el proceso por el cual se asignan los viajes especificados en la matriz de viajes a la red mediante las características especificadas en el conjunto de funciones de volumen-demora. En nuestro caso se utilizó un proceso iterativo donde cada iteración asignaba un incremento de cien viajes obtenidos de la matriz dada. De esta forma se asegura una distribución de viajes en la red que se aproxima lo más posible a la realidad. En base a esta asignación la computadora puede analizar los tiempos de travesía y darnos los resultados especificados anteriormente.

Las tarjetas de información y los resultados suministrados por la computadora están disponibles si el lector desea examinarlos. No se han incluido en el informe por considerarse muy voluminosos.



**Figura N° 2**  
**DISTRITOS O ZONAS DE TRANSITO DEL MODELO**

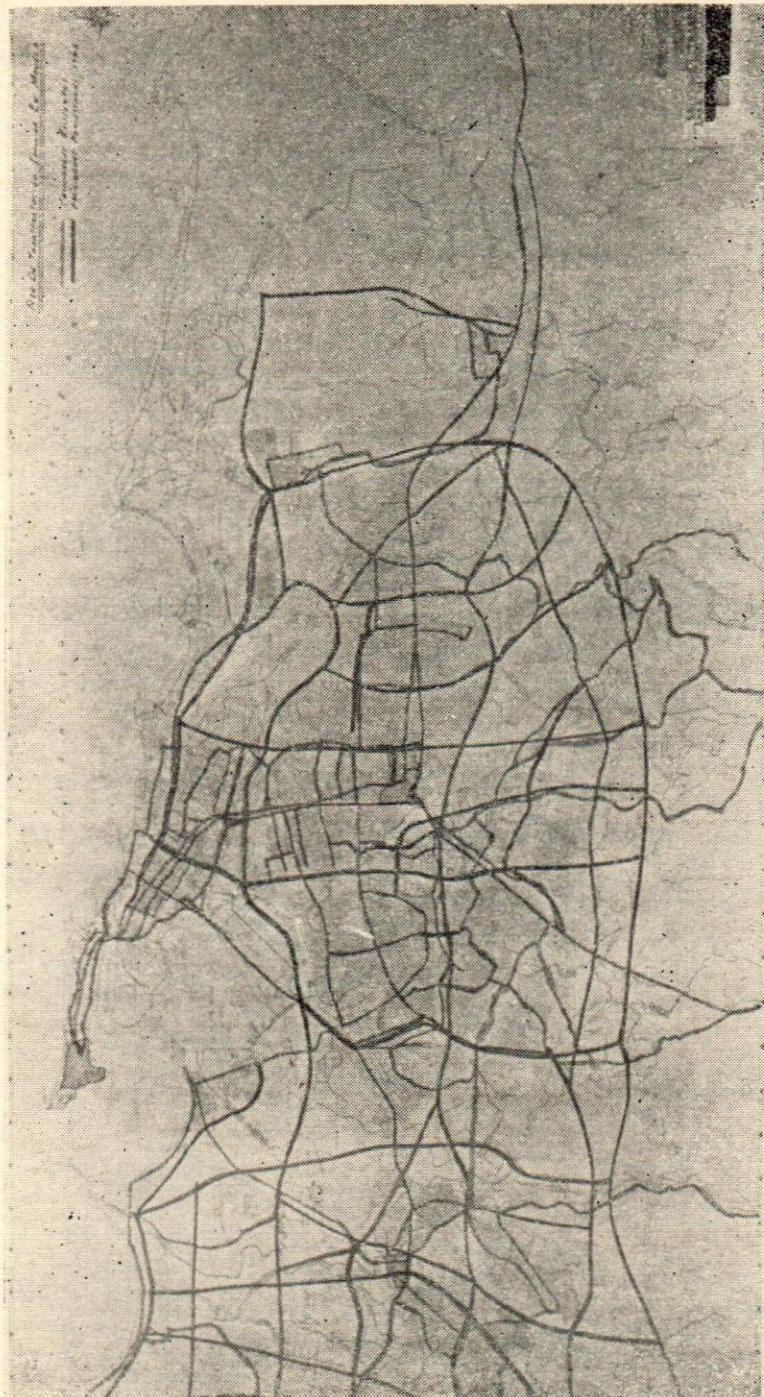


Figura N° 3

EL MAPA ILUSTR A LAS CARRETERAS INCLUIDAS EN EL MODELO

Debido a las limitaciones de tiempo, se hace necesario limitar el modelo a aquellas calles y carreteras que, a criterio nuestro, son de importancia significativa. No es necesario apuntar que incluir todas las calles del área metropolitana sería, para nuestro propósito, un refinamiento costoso y poco productivo puesto que los patrones observados serían los mismos. Sería, sin embargo, interesante hacer el mismo análisis con un modelo más completo pues, brindaría resultados más detallados.

Nuestro modelo consiste de 32 zonas, 153 nodos y 578 eslabones. Las nueve funciones de volumen-demora cubren la gama desde un callejón hasta un expreso de ocho carriles. A modo de comparación, el modelo utilizado para el Estudio de Transportación de la Zona Metropolitana de San Juan consta de 374 zonas y 1,556 eslabones y sobre 2,000 nodos. Es importante anotar que los viajes que genera y atrae cada zona son producto de las características socio-económicas de cada zona.

### Resultados:

Los datos tabulados a continuación son los resultados de los análisis llevados a cabo sobre los datos presentados anteriormente mediante ICES-TRANSET y cómputos manuales.

Total de viajes generados, en un período de veinticuatro horas, por los residentes de Villa Nevárez, proyectados a 1985 .....	6,593
Total de viajes que utiliza la red de transportación de la zona metropolitana de San Juan en un período de veinticuatro horas en 1985 .....	1.297,651
Porcentaje de los viajes totales que comprenden los viajes realizados por los residentes de Villa Nevárez .....	.508%

### RESUMEN DE VEHICULOS-HORA Y VEHICULOS-MILLA PARA LOS RESIDENTES DE VILLA NEVAREZ EN VEINTICUATRO HORAS, 1985

Sistema	VHR	VMI	Velocidad (mph)
Local	390.24	83.39	.21
Arterial	1,362.70	19,663	14.42
Rampas	195.36	6,173	31.59
Expresos	605.37	26,568	43.88
Totales	2,554	52,487	

Velocidad promedio en el sistema total .....	20.6 mph
Número de vehículos en Villa Nevárez .....	1841

Tiempo promedio que un automóvil de Villa Nevárez está activo en el sistema de transportación:

$$2554 \text{ VHR}/1841 \text{ V.} = 1.39 \text{ horas}$$

Porcentaje del tiempo de actividad que un residente de Villa Nevárez usa en transportación:

$$1.39 \text{ HR}/16 \text{ HR} = 8.69\%$$

TIEMPOS MINIMOS EN MINUTOS DE VILLA NEVAREZ  
A TODAS LAS OTRAS ZONAS

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	23.80	7.64	28.02	13.50	52.16	19.52	20.68	6.08	7.26	10.30
10	40.92	42.10	5.18	7.42	6.60	27.90	15.88	9.82	28.86	59.52
20	11.56	96.78	41.60	33.02	20.62	72.04	21.78	24.12	21.30	21.08
30	19.24									

**Nota:** Estos datos son producidos por el sistema ICES-TRANSET.

Dado que la localización geográfica de los centroides de zona a los cuales corresponden los tiempos mínimos de la tabla anterior es conocida, se puede utilizar la técnica usada para construir mapas topográficos para levantar un mapa de contornos isocrónicos. Más adelante el lector encontrará el mapa isocrónico producto de este proceso, con la urbanización Villa Nevárez como nivel de referencia cero.

### Conclusiones:

En base a los criterios establecidos al principio podemos concluir lo siguiente:

1. Puesto que la velocidad promedio que el sistema de transportación permite (20.6 MPH) es mayor que el criterio establecido (20.0 MPH), podemos concluir que el sistema sirve adecuadamente a sus usuarios. Sin

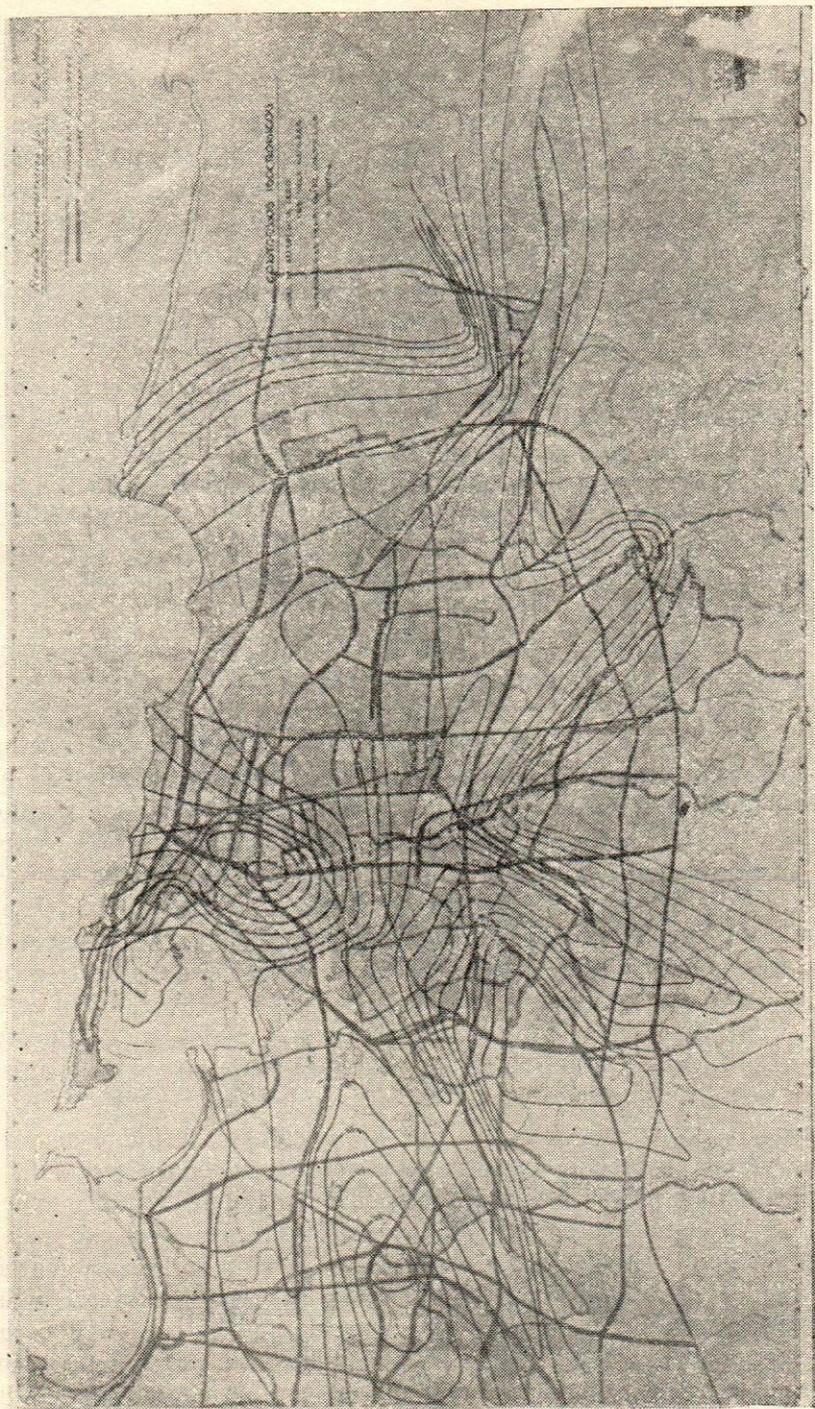


Figura N° 4

MAPA DE CONTORNOS ISOCRONICOS DEL AREA METROPOLITANA DE SAN JUAN. LA CRUZ MARCA EL NIVEL CERO (VILLA NEVAREZ)

embargo, debemos apuntar que el margen ofrecido (.6 MPH) es escaso, lo que indica que el sistema está cerca de su capacidad efectiva máxima. Como se puede observar, la velocidad en el subsistema de calles locales (.21 UPH) es en extremo inadecuado. Se hace necesario señalar que esto no refleja necesariamente una deficiencia en las calles locales de Villa Nevárez. Más bien, podría indicar que las calles locales de **todas las zonas con las cuales los residentes de Villa Nevárez interactúan** están altamente congestionadas. Una inspección de Villa Nevárez indica que su sistema de calles funciona adecuadamente a un nivel de servicio alto.

2. Los residentes de Villa Nevárez que utilizan automóviles en su quehacer diario utilizan 1.39 horas de su tiempo al día en transportarse de un lugar a otro. Esto representa un 8.69% de las dieciséis horas de actividad diaria. Estos datos indican que la red de transportación le ofrece a los residentes de Villa Nevárez rutas razonablemente directas a los puntos del área metropolitana que tienen que visitar en sus actividades. Sin embargo, el porciento del tiempo (8.69) está un tanto alejado del valor óptimo de cinco a seis porciento.

3. Como puede observarse en el mapa isocrónico, la red de transportación está lejos de estar balanceada con respecto a Villa Nevárez. Puesto que la zona metropolitana no ofrece mayores barreras topográficas al flujo del tránsito y las razones para el desbalance deben encontrarse en otros factores. Podrá notarse que el movimiento a lo largo de los corredores principales, servidos por facilidades de alta capacidad, es relativamente rápido. Esto corrobora el dato anterior de que la velocidad promedio en el subsistema de expresos es de 43.88 MPH. En términos generales, es cuando se dejan las vías principales y se trata de acercarse a los centros principales como Santurce, Bayamón, el pueblo de Guayambo y Carolina que se encuentran las dificultades. La razón es que el acceso a estos centros es principalmente mediante calles locales que ya habíamos visto estaban congestionadas. Como conclusión lógica, nos parece, que el sistema propuesto para 1985 ofrece facilidades adecuadas de expresos pero carece de la misma eficiencia en su tratamiento de las facilidades locales.

Por último, queremos hacer unos comentarios sobre la utilidad de planes isocrónicos en la evaluación de sistemas de transportación. Hemos visto como esta técnica nos permite ver gráficamente si existen desbalances en un sistema y en qué sectores del sistema se encuentran. En efecto, el mapa isocrónico describe una superficie en la cual la inclinación de las pendientes refleja los desbalances del sistema en cuestión: a mayor pendiente más desbalance y viceversa. De este hecho se desprende que, ceteris paribus, el sistema que produce una superficie menos accidentada, más "llana" por decirlo así, será el más adecuado y eficiente. Una medida de lo accidentado

de una superficie es el volumen que existe entre ella y un nivel de referencia (el punto más bajo en la superficie). Si la superficie fuera completamente llana y coincidiera con el nivel de referencia, el volumen sería cero. A medida que la superficie se aleja del nivel de referencia el volumen aumenta.

En este caso el volumen sería dado en unidades de minutos-millas cuadradas. Este factor automáticamente contendría vehículos-horas y vehículos-millas, que son los factores que actualmente se usan como medida de efectividad de un sistema. Estos volúmenes podrían ser calculados directamente del plano isocrónico mediante medidas de cubicación comunes. Mediante técnicas existentes de computadoras, el proceso completo sería automático y rápido.

#### BIBLIOGRAFIA

*ICES-TRANSET Engineering User's Manual.* Earl R. Ruiter, MIT, Department of Civil Engineering, Cambridge, Massachusetts, 1968.

*Program Documentation, Urban Transportation Planning, System 360.* U. S. Department of Transportation, Washington, D. C., 1970.

*San Juan Metropolitan Area Transportation Study,* Wilbur Smith and Associates, 1964.

