

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL
Y DE SISTEMAS



Apoyo Cuantitativo al Proceso de Toma
de Decisiones en la Gestión del
Transporte Urbano de Pasajeros

T E S I S

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO DE SISTEMAS

Dario Emilio Enríquez Santibáñez

LIMA-PERU

1 994

PARTE I

PRELIMINARES

INDICE

<i>PARTE I :</i>	<u>PRELIMINARES</u>	1
	<i>INDICE</i>	2
	<i>PROLOGO</i>	4
	<i>DEDICATORIA</i>	5
	<i>1.- Presentación</i>	6
 <i>PARTE II:</i>	 <u>MODELOS CUANTITATIVOS, TRANSPORTE</u> <u>URBANO Y LA CIUDAD DE LIMA</u>	 9
	<i>2.- Los modelos cuantitativos y su importancia en el proceso de toma de decisiones</i>	10
	<i>3.- Los Sistemas de Transporte Urbano</i>	14
	<i>4.- La ciudad de Lima y sus problemas</i>	19
	<i>5.- Transporte urbano de pasajeros en la ciudad de Lima</i>	31
 <i>PARTE III:</i>	 <u>MODELOS CUANTITATIVOS APLICADOS AL</u> <u>TRANSPORTE URBANO DE PASAJEROS</u>	 41
	<i>6.- Modelo de Programación Lineal para administración de horarios en una línea de transporte</i>	42
	<i>7.- Modelo para evaluar el trazado de una ruta de transporte : L-D</i>	57
	<i>8.- Modelo de Simulación para proyectar tendencias Origen-Destino en una ruta de transporte urbano</i>	74
	<i>9.- Un modelo clásico : La Ley de Gravitación Universal aplicada a los sistemas de transporte urbano</i>	97

<i>PARTE IV:</i>	<u>CONCLUSIONES</u>	115
	<i>10.- Comentarios Finales</i>	116
	<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	120
	<i>ANEXOS</i>	123
	<i>1.- ¿ Cómo hacer un estudio de mercado que obtenga información para el Modelo Gravitacional aplicado al Transporte ?</i>	124
	<i>2.- Herramientas computacionales y Fuentes de información</i>	130
	<i>3.- Resumen de aplicaciones prácticas posibles de los modelos propuestos</i>	131
	<i>4.- Breve Historia de Lima</i>	135
	<i>5.- Relación de Cuadros, Figuras y Anexos..</i>	138

PROLOGO

El presente trabajo es fruto de inquietudes que surgieron en las aulas y pasillos de nuestra Alma Máter y en la experiencia de vivir en una ciudad como Lima, las mismas que fueron madurando a través de los años.

La universidad peruana en su conjunto, y en especial la de régimen estatal, viene soportando desde hace muchos años una crisis generalizada que, hasta hace poco, parecía difícil remontar. Hoy, en 1994, el camino hacia la superación de estas dificultades se va haciendo más claro y los problemas más acuciantes están siendo manejados a satisfacción.

Es en este contexto que aspiramos a que el nivel académico e intelectual se eleve gracias al esfuerzo conjunto de todos los que formamos parte de la comunidad universitaria -entre otras acciones- para estimular la investigación científica, rasgo fundamental del ambiente universitario, sin el cual perdería parte esencial de su razón de ser.

Por ello, aunque estábamos facultados por Ley a hacer uso válido de la llamada 'titulación extraordinaria' (otorgada en base a la experiencia laboral de los bachilleres universitarios), preferimos llevar adelante la tarea -algo 'pesada' pero muy satisfactoria- de realizar un trabajo de investigación que cumpliera con hacer llegar aportes significativos para el manejo de problemas cercanos a nosotros, como son los asociados al Transporte Urbano en la ciudad de Lima.

No debemos olvidar que las TESIS -tan venidas a menos- ocupan un lugar importante en el quehacer universitario y son fuente indudable de referencia a la calidad académica y profesional de una universidad. Estamos seguros que a través de ellas podemos encontrar una distancia armoniosa entre ciencia pura y aplicaciones prácticas, justamente aquello que como ciencia y como arte, define a lo que llamamos INGENIERIA.

Esta investigación contiene explícita o implícitamente todo el cúmulo de conocimientos, ética y sabiduría que nuestros MAESTROS supieron asimilar y luego transmitir, no precisamente en óptimas condiciones materiales, pero si con entrega generosa, excelencia académica y avidez por el quehacer científico. A todos ellos, nuestro sincero y 'sistémico' agradecimiento.

A MIS PADRES, EVA GRACIELA Y JOSE DARÍO
Su dedicación, sacrificio y entereza son
ejemplos fundamentales para mi vida y la
razón por la que ahora estoy aquí

A MI ESPOSA, ALICIA
Su tolerancia y comprensión hicieron más
llevadera la ejecución de este proyecto e
hicieron posible su final exitoso

A MI HIJO, EMILIO
Los caminos de la vida son a veces difíciles,
y el pan que los hijos traen bajo el brazo no
es material, es una enorme fuerza espiritual
que acompaña e inspira en todo momento

A TODOS MIS SERES QUERIDOS,
en especial a aquellos que siguieron el
viaje sin retorno, estoy seguro que dondequiera
que estén comparten la alegría de este momento

1. -PRESENTACION

Los Sistemas de Transporte Urbano de pasajeros son claros ejemplos de sistemas denominados 'complejos' debido a la gran cantidad de elementos y las relaciones -numerosas, complicadas y a veces poco visibles- que existen entre ellos. El alto nivel de complejidad exige el uso de un enfoque diferente al que usualmente se tiene en estas realidades, debemos ir hacia un 'aprendizaje', una continua aproximación al sistema, al conocimiento cabal de su funcionamiento; no debemos tratar de 'solucionar' problemas que parcialmente identifiquen los 'expertos' en el asunto. Un mayor conocimiento de la realidad nos proveerá de mayor información, muy útil en los diversos procesos de toma de decisiones que se dan en esa realidad.

No se trata de renunciar al paradigma de la 'optimización', tampoco dejar todo librado a 'las fuerzas propias del sistema'; debemos reconocer que en sistemas de extrema complejidad no es posible obtener resultados exitosos aplicando metodologías rígidas o 'duras'. Por otro lado, un 'mercado libre' requiere suficiente información de calidad para que los agentes se orienten en el largo plazo hacia opciones rentables, y lo que queremos es precisamente proveer de ese tipo de información.

En el presente estudio no pretendemos enunciar metodologías alternativas utilizando al sistema de transporte urbano como 'ambiente de prueba'. Nuestro objetivo apunta hacia validar el uso de técnicas cuantitativas en labores que den soporte adecuado al proceso de planeamiento en los sistemas de transporte urbano.

Con tal propósito, hemos diseñado un índice en el que identificamos cuatro bloques y diez diferentes capítulos. El primer bloque está definido por la presentación del tema; en el segundo bloque, los capítulos del 2 al 5, se da una visión global de las técnicas cuantitativas y su importancia, una descripción de los sistemas de transporte urbano, y una aproximación a los problemas relacionados que afectan a la ciudad de Lima.

En el tercer bloque, los capítulos del 6 al 9, se trata de llenar el desarrollo de algunos modelos cuantitativos aplicados al transporte urbano de pasajeros; luego, en el cuarto bloque se presenta algunas ideas a modo de conclusión, anexos importantes en los que -entre otros- cumplimos con incluir un pequeño proyecto para la aplicación práctica de uno de los modelos propuestos, y la bibliografía consultada.

Queremos finalizar esta presentación con una frase anónima, muy a propósito de los que pretendemos aplicando técnicas cuantitativas al apasionante y complicado mundo de los sistemas de transporte urbano:

"SI TORTURAS A LOS DATOS SUFICIENTEMENTE,
ELLOS CONFESARAN"

La frase no requiere mayor explicación.

El Autor

PARTE II

MODELOS CUANTITATIVOS, TRANSPORTE

URBANO Y LA CIUDAD DE LIMA

2.- LOS MODELOS CUANTITATIVOS Y SU IMPORTANCIA EN EL PROCESO DE TOMA DE DECISIONES

Por efecto del notable avance científico -en especial por el desarrollo de la teoría informática, la aparición de los computadores y la aplicación de la ciencia en labores administrativas- la aplicación de modelos cuantitativos en el proceso de toma de decisiones fue haciéndose cada vez más importante y necesaria. Sin embargo, el error inicial de asociarlo a la 'optimización' hizo que los resultados en realidades complejas y poco estructuradas fuera mucho más que desalentador, junto a los enormes costos que suponía su utilización.

En respuesta al fracaso inicial, en la década de los 80's se produce un resurgimiento de las técnicas cuantitativas cuando -dejando de lado el paradigma de la 'optimización'- adoptan el del 'aprendizaje'. Estas técnicas se orientan ahora a proveer de un insumo muy importante en el proceso de toma de decisiones : la información, confiable, oportuna y de calidad. La difusión del microcomputador, cada vez con menores costos y mayor potencia, fácil de usar en todo tipo de actividades humanas, es un elemento amplificador del nuevo perfil que han desarrollado estas técnicas.

En el caso específico de los sistemas de transporte urbano de pasajeros, se pretende en este trabajo validar el aporte que las técnicas cuantitativas pueden brindar en apoyo a las labores de planeación (en general, las diferentes decisiones que deben tomarse) en dichos sistemas. La calidad de las decisiones depende en gran parte de la calidad de la información que se utiliza; lógicamente, si la incertidumbre está presente no puede asegurarse mejores resultados, pero si podemos aumentar la posibilidad de éxito al reducir tal incertidumbre con mayor información.

En busca de trabajar muy de cerca con la realidad, conectamos el tema de los modelos cuantitativos con la problemática del Sistema de Transporte Urbano en Lima Metropolitana. Resulta evidente la importancia de hacer mención a los problemas angustiantes que se viven actualmente como consecuencia de la rápida degeneración de las relaciones en el sistema, no sólo como consecuencia de los cambios en la trama legal sino como lógica evolución de un sistema que, a pesar de contar con un mínimo de intervención humana, tiende a buscar la estabilidad dinámica que caracteriza a sistemas de este tipo cuando se encuentran bajo control de los planeadores, aunque para ello deba pasar mucho más tiempo del que quizás podamos imaginar.

La idea guía de nuestro trabajo no es formular un recetario para solucionar los problemas de la ciudad, nada más alejado de nuestra intención; lo que buscamos es proponer algunos modelos cuantitativos que -entre otros- puedan proveer información de calidad para las decisiones que deban tomar los diferentes elementos del sistema de transporte urbano.

El primer modelo, una aplicación de programación lineal, permite definir una flota de omnibuses, minimizando la cantidad de ellos circulando según horario y la demanda de transporte proyectada; el segundo, una cuantificación para evaluar la bondad del trazado de una ruta de transporte urbano, ayudándonos en el diseño de una nueva ruta o la modificación de una ya existente; el tercero, un modelo de simulación para proyectar tendencias 'origen-destino' a lo largo de una ruta de transporte, muy útil tanto para transportistas (a nivel micro) como para los encargados de administrar la ciudad, identificando los desplazamientos en la ciudad (a nivel macro); finalmente, el cuarto modelo, una aplicación por analogía del modelo gravitacional de Newton, que nos permite definir niveles de atracción entre diversas zonas de la ciudad, importante criterio que podríamos incluir en la identificación de las tendencias 'origen-destino' del tercer modelo.

Todas estas aplicaciones -y otras que puede ubicarse en investigaciones similares- tienden justamente a la obtención de información de calidad, antes que a proponer 'la mejor y única manera de hacer las cosas', enriqueciendo con ello las diferentes decisiones que, al fin y al cabo, deben tomar instancias humanas. En todas ellas, cada día se hace más necesario utilizar una herramienta que, siendo antes de uso casi exclusivo para labores con alto contenido técnico y cuantificación sofisticada, es ahora importante para toda actividad : el computador.

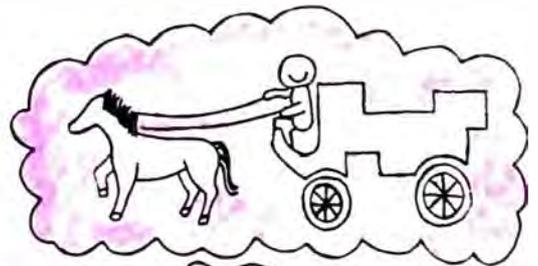
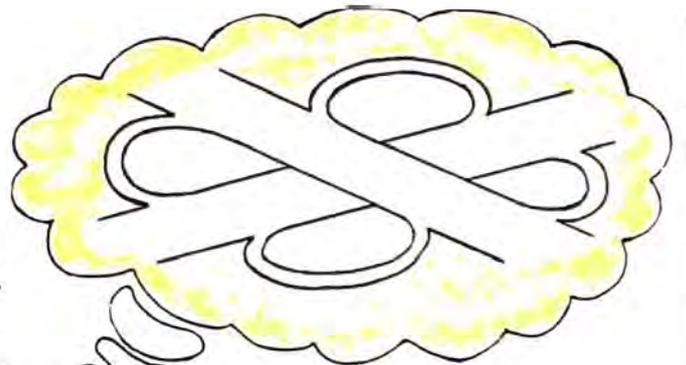
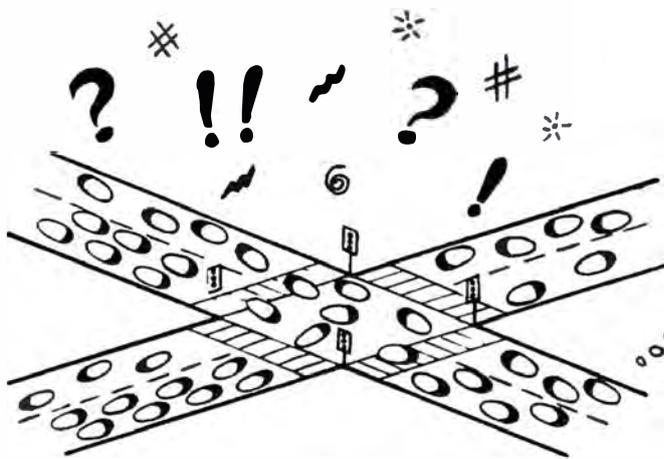
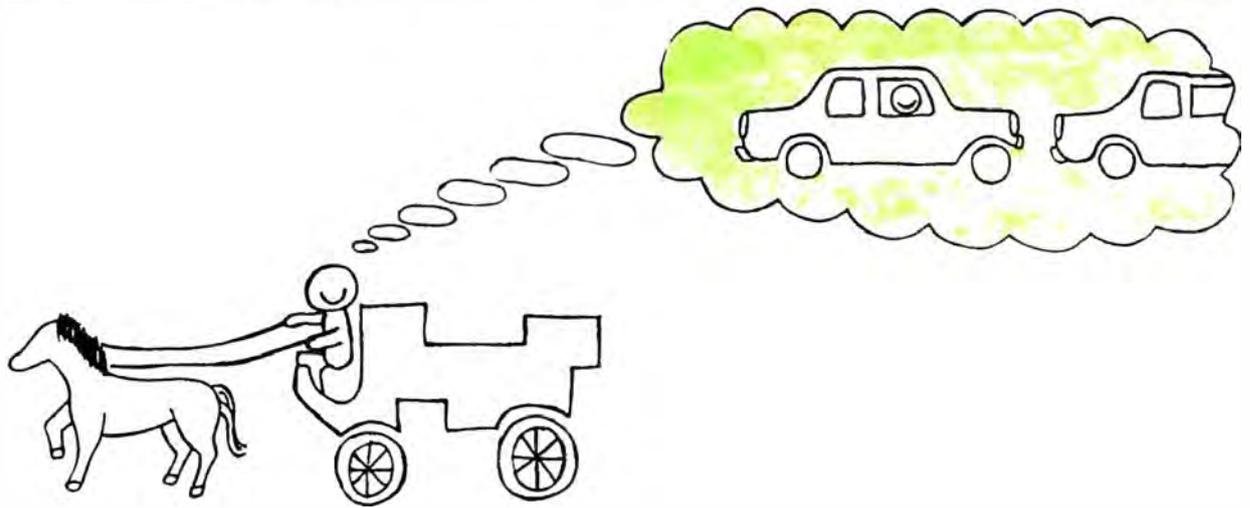
3.- LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE URBANO

Desde tiempos inmemoriales, el transporte ha sido una actividad fundamental en el accionar de los grupos humanos. Cuando nómades, estos grupos debían trasladarse de un lugar a otro buscando territorios con suficientes recursos para su sustento; cuando aparece la agricultura y surgen los primeros pueblos sedentarios, el transporte adquiere un perfil diferente, debiendo atender desplazamientos cortos dentro del mismo poblado y tramos más largos que exigían conectar a diferentes pueblos físicamente alejados unos de otros. Para cada caso se tuvo que desarrollar diferentes tecnologías que dieran soporte adecuado a las diversas actividades que surgían alrededor de las nuevas aglomeraciones humanas.

El desarrollo mismo del mundo civilizado ha estado condicionado al uso y diseño de diferentes medios de transporte y su infraestructura. La navegación marítima fue crucial para el encuentro entre América y Europa hace más de 500 años. Además, es evidente que con el transcurrir de los siglos, la interdependencia del sistema de transporte con otros sistemas que el hombre fue implantando en la sociedad iba siendo cada vez más importante: la producción, los servicios, el sistema educativo, las estructuras sociales, etc.

Aunque pueda creerse que los problemas conexos al transporte en las ciudades -como los accidentes, la contaminación, la congestión vehicular, etc.- son propios de las grandes metrópolis del siglo XX, ya en las ciudades del antiguo Imperio Romano se prestaba interés a normar los desplazamientos urbanos de la población ante el creciente número de accidentes y la congestión de los coches movidos por tracción animal. Sin embargo, el nivel de complejidad conocido actualmente empieza a darse en las primeras décadas del siglo XX y va incrementándose conforme sigue su curso explosivo el desarrollo técnico-científico, como muestra de la fuerte interconexión entre los diversos sistemas de actividad humana que dan forma al gran macrosistema que es la Urbe moderna.

A diferencia de otros sistemas de actividad humana, donde las decisiones más importantes están más o menos definidas, y los actores principales son fácilmente identificables, en un sistema de transporte urbano hay todo tipo de superposición y cambios en la posición relativa de los elementos, lo que dificulta su estudio. Una tipología establecida por estudiosos sistémicos de la Universidad de Lancaster (Inglaterra) define estos sistemas como 'blandos' (por indefinidos y difusos), en contraposición a los 'duros' (totalmente definidos)



Esta secuencia gráfica nos representa las dificultades para diseñar soluciones absolutas en transporte urbano y la necesidad de una labor continua para una gestión adecuada del sistema. Aunque regresar a la 'carreta' no sea la mejor alternativa, no faltan quienes añoran la época de vehículos movidos por tracción animal cuando se entrampan en una congestión vehicular o cuando sufren los 'nuevos precios' del combustible.

FIGURA 3.1.

Contra lo que algunos expertos puedan opinar, al menos en lo que respecta al Perú -y a Lima en particular- la experiencia indica que la intervención directa de las autoridades no se ha concretado en mejoras significativas (como cuando se fijaba tarifas o se trazaba rutas) siendo más eficaces las acciones tendientes a influir indirectamente en el desarrollo de las actividades del sistema (como la dotación de mayor infraestructura vial, facilidades para renovación del parque automotor, etc). Sin embargo, a diferencia de lo que puede apreciarse en otras realidades, especialmente de algunos países desarrollados, en el Perú aún no se ha definido un esquema claro para la intervención -directa o indirecta- del Estado, aunque se han dado los primeros pasos con la política de 'liberalización' de tarifas y rutas.

Por el contrario, en esos países desarrollados sí se aprecia un esquema de trabajo definido para atender los diferentes problemas que suele plantear el transporte urbano; a continuación, citaremos cuatro(4) modelos que sintetizan las características económicas, culturales y hasta ideológicas de las realidades en que surgieron. Esta tipología la debemos a Guyon, quien a su vez es citado por Manuel Abejón en 'El Transporte en la sociedad actual' (ver bibliografía) :

"En grandes líneas, se suele hablar de cuatro modelos de transporte urbano, que han sido determinados no sólo por distintos condicionamientos objetivos (dimensiones, trazado o nivel de motorización) y por diferentes capacidades económicas y técnicas, sino, en proporción muy importante, por influencias culturales, sociales e ideológicas diferenciadas ... :

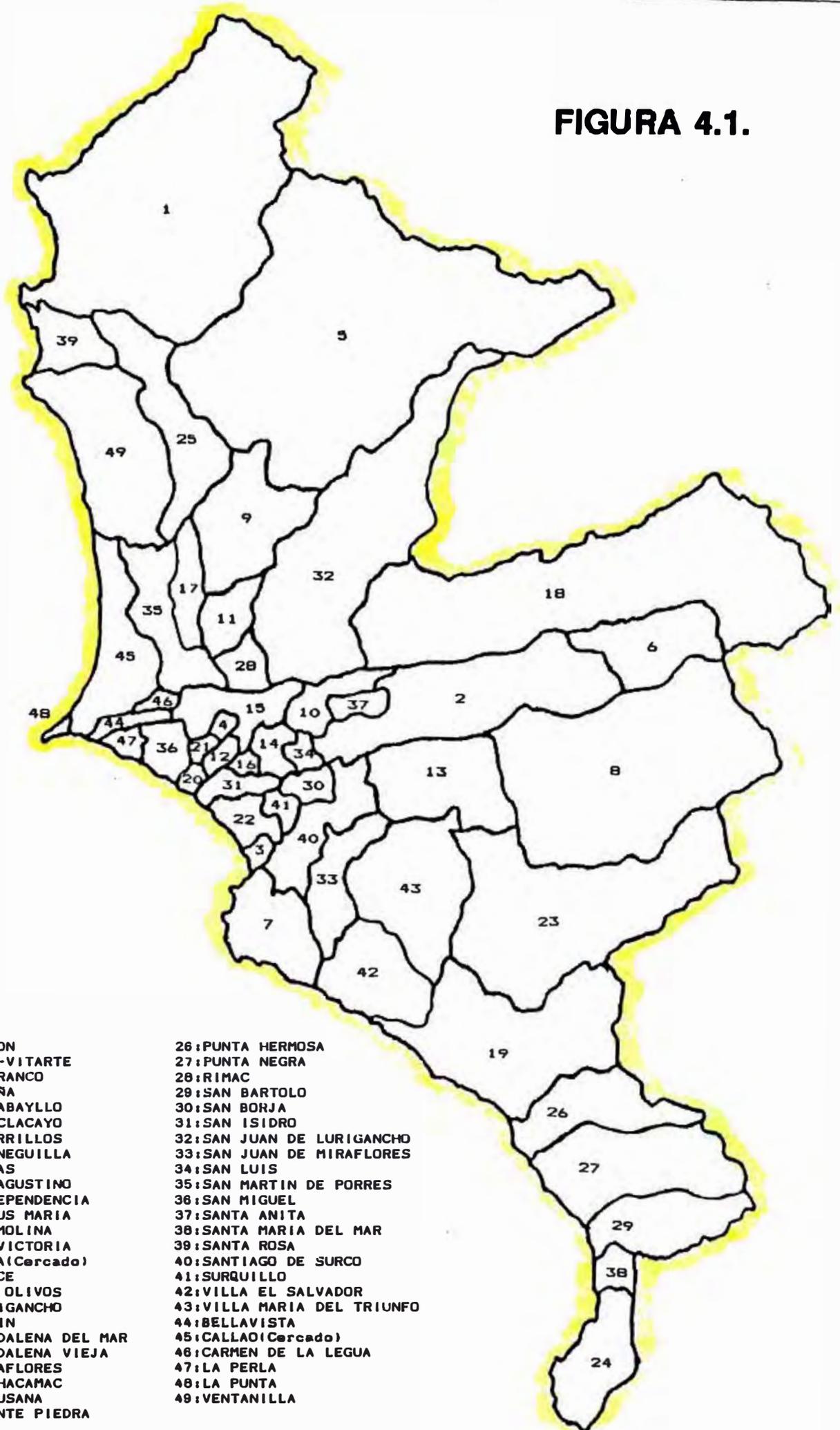
- (a) El AMERICANO, definido por el predominio absoluto del automóvil privado y por la política de sostener y facilitar el uso del mismo;
- (b) El SOVIETICO, basado en la prioridad del transporte público;
- (c) El PARISIENSE, frecuente en la mayoría de ciudades europeas millonarias de habitantes, caracterizado por un equilibrio entre transporte público y privado, alcanzado de forma histórica y como fruto de medidas políticas ad-hoc y con grandes costes en servicios e infraestructura (túneles, pasos a distinto nivel, etc.);
- (d) El NOREUROPEO, típico de las ciudades escandinavas y centroeuropeas grandes y medias, caracterizado por un razonable equilibrio entre transporte público y privado, alcanzado como fruto de una adecuada planeación y de avanzadas técnicas en materia de transporte colectivo".

Una frase muy difundida, atribuida a un conocido literato iqueño, dice : "El Perú es Lima. "; al margen del romanticismo de estas y otras expresiones, sabemos que esto no es así. Sin embargo, lo que si es cierto es que todo el Perú parece haberse volcado sobre Lima; una gran ola migratoria se desplaza año tras año en un proceso que cubre gran parte de este siglo, trayendo consigo variadas manifestaciones culturales, aunque también contribuyendo a agudizar sus problemas.

La ciudad de Lima, fundada el 18 de Enero de 1535 por Don Francisco Pizarro, en el territorio que era gobernado entonces por el cacique Taulichusco, ocupa actualmente una extensión de 2,664.67 km², tiene una población de 6'397,431 habitantes y ostenta la mayor densidad poblacional del país : 2600 hab/km² (aprox).

Un indicador de las dimensiones relativas de Lima respecto del resto del Perú, lo da el hecho de que esta ciudad es diez veces mayor que Arequipa, la segunda ciudad del País; en América Latina, nuestra ciudad detenta una de las mayores tasas de concentración y centralidad. En la figura 4.1. podemos apreciar la división política de las provincias de Lima y Callao, y en el cuadro 4.1. algunas cifras demográficas.

FIGURA 4.1.



- | | |
|-----------------------|-----------------------------|
| 1: ANCON | 26: PUNTA HERMOSA |
| 2: ATE-VITARTE | 27: PUNTA NEGRA |
| 3: BARRANCO | 28: RIMAC |
| 4: BREÑA | 29: SAN BARTOLO |
| 5: CARABAYLLO | 30: SAN BORJA |
| 6: CHACLACAYO | 31: SAN ISIDRO |
| 7: CHORRILLOS | 32: SAN JUAN DE LURIGANCHO |
| 8: CIENEGUILLA | 33: SAN JUAN DE MIRAFLORES |
| 9: COMAS | 34: SAN LUIS |
| 10: EL AGUSTINO | 35: SAN MARTIN DE PORRES |
| 11: INDEPENDENCIA | 36: SAN MIGUEL |
| 12: JESUS MARIA | 37: SANTA ANITA |
| 13: LA MOLINA | 38: SANTA MARIA DEL MAR |
| 14: LA VICTORIA | 39: SANTA ROSA |
| 15: LIMA (Cercado) | 40: SANTIAGO DE SURCO |
| 16: LINCE | 41: SURQUILLO |
| 17: LOS OLIVOS | 42: VILLA EL SALVADOR |
| 18: LURIGANCHO | 43: VILLA MARIA DEL TRIUNFO |
| 19: LURIN | 44: BELLAVISTA |
| 20: MAGDALENA DEL MAR | 45: CALLAO (Cercado) |
| 21: MAGDALENA VIEJA | 46: CARMEN DE LA LEGUA |
| 22: MIRAFLORES | 47: LA PERLA |
| 23: PACHACAMAC | 48: LA PUNTA |
| 24: PUCUSANA | 49: VENTANILLA |
| 25: PUENTE PIEDRA | |

Cuadro 4.1. : Poblacion, Densidad y superficie (km2) segun distrito

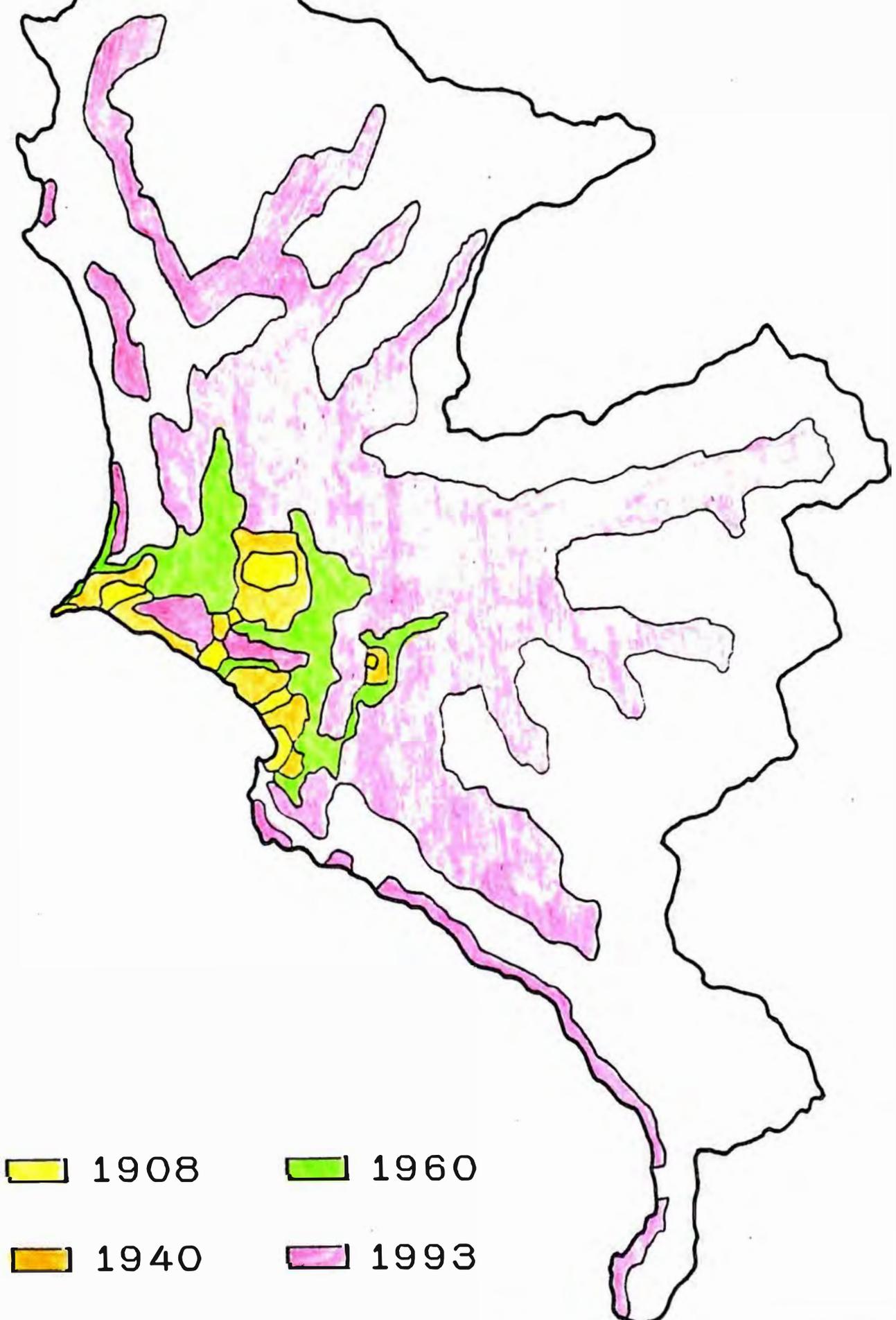
Por Poblacion											Por Poblacion				
DISTRITO	Habitantes	Ranking Poblacion	%Del total	%Acumula	Area km2	Area km2 %Del total	%Acumula	Ranking Area km2	Densidad (Hab./km2)	Ranking Densidad	DISTRITO				
PROVINCIA DE LIMA	5794401		90.00		2954.98	98.95			2179		PROVINCIA DE LIMA				
PROVINCIA DEL CALLAO	638234		9.94		129.35	4.05			4934		PROVINCIA DEL CALLAO				
TOTAL (Lima y Callao)	6422635		100.00		2784.21	100.00			2907		TOTAL (Lima y Callao)				
BAN JUAN DE LURIGAN	583812	1	9.09	9.09	131.25	4.71	4.71	7	4448	31	BAN JUAN DE LURIGAN				
COMAS	406015	2	6.32	15.41	48.75	1.75	6.46	15	8329	24	COMAS				
BAN MARTIN DE PORRES	386378	3	6.02	21.43	38.91	1.33	7.79	20	10468	21	BAN MARTIN DE PORRES				
CALLAO (Cercado)	376166	4	5.86	27.29	45.65	1.64	9.43	16	6240	26	CALLAO (Cercado)				
LIMA (Cercado)	342455	5	5.33	32.62	21.98	0.79	10.22	25	15580	10	LIMA (Cercado)				
BAN JUAN DE MIRAFLORES	288171	6	4.48	37.08	23.98	0.88	11.08	24	11634	18	BAN JUAN DE MIRAFLORES				
ATE-VITARTE	270517	7	4.21	41.29	77.72	2.79	13.87	10	3481	33	ATE-VITARTE				
VILLA MARIA DEL TRIUNFO	266201	8	4.13	46.42	70.57	2.53	16.40	13	3758	32	VILLA MARIA DEL TRIUNFO				
VILLA EL SALVADOR	262535	9	4.09	49.51	35.46	1.27	17.67	21	7404	27	VILLA EL SALVADOR				
LA VICTORIA	227113	10	3.54	53.05	8.74	0.31	17.98	38	25885	3	LA VICTORIA				
LOS OLIVOS	226949	11	3.53	56.58	18.25	0.66	18.64	27	12436	16	LOS OLIVOS				
CHORRILLOS	212670	12	3.31	59.89	38.94	1.40	20.04	19	6461	30	CHORRILLOS				
SANTIAGO DE SURCO	202428	13	3.15	63.04	34.75	1.25	21.29	22	5825	28	SANTIAGO DE SURCO				
RIMAC	194712	14	3.03	66.07	11.87	0.43	21.72	30	16404	9	RIMAC				
INDEPENDENCIA	187839	15	2.93	69.00	14.56	0.52	22.24	28	12908	14	INDEPENDENCIA				
EL AGUSTINO	168847	16	2.47	71.47	12.54	0.45	22.69	29	12676	15	EL AGUSTINO				
SANTA ANITA	119114	17	1.85	73.32	10.69	0.38	23.07	33	11149	19	SANTA ANITA				
BAN MIGUEL	118598	18	1.85	75.17	10.72	0.39	23.46	32	11083	20	BAN MIGUEL				
CARABAYLLO	116304	19	1.81	76.98	346.68	12.46	35.92	1	335	39	CARABAYLLO				
PUNTE PIEDRA	116396	20	1.80	78.78	71.18	2.56	38.48	12	1621	34	PUNTE PIEDRA				
LURIGANCHO	104783	21	1.63	80.41	238.47	8.49	46.97	4	443	38	LURIGANCHO				
BAN BORJA	98791	22	1.54	81.95	9.98	0.36	47.33	34	9919	22	BAN BORJA				
BREÑA	90693	23	1.41	83.36	3.22	0.12	47.45	44	28134	1	BREÑA				
BURQUILLO	90064	24	1.40	84.76	3.46	0.12	47.57	42	26027	2	BURQUILLO				
MIRAFLORES	86778	25	1.35	86.11	9.62	0.35	47.92	35	9021	23	MIRAFLORES				
VENTANILLA	82251	26	1.28	87.39	73.52	2.64	50.58	11	1119	36	VENTANILLA				
LA MOLINA	78449	27	1.22	88.61	65.75	2.36	62.92	14	1183	35	LA MOLINA				
BELLAVISTA	76863	28	1.20	89.81	4.66	0.16	63.08	38	16866	7	BELLAVISTA				
MAGDALENA VIEJA	73443	29	1.14	90.95	4.38	0.16	63.24	39	18768	8	MAGDALENA VIEJA				
LESUS MARIA	64713	30	1.01	91.96	4.57	0.16	63.40	37	14180	11	LESUS MARIA				
LINCE	63119	31	0.98	92.94	3.03	0.11	63.51	46	20831	5	LINCE				
BAN ISIDRO	61785	32	0.96	93.90	11.10	0.40	63.91	31	5568	29	BAN ISIDRO				
LA PERLA	58919	33	0.92	94.82	2.75	0.10	64.01	48	21425	4	LA PERLA				
MAGDALENA DEL MAR	49088	34	0.78	95.58	3.81	0.13	64.14	40	13598	13	MAGDALENA DEL MAR				
BAN LUIS	46086	35	0.76	96.34	3.49	0.13	64.27	41	14084	12	BAN LUIS				
BARRANCO	40688	36	0.63	96.97	3.33	0.12	64.39	43	12219	17	BARRANCO				
LURIN	40454	37	0.63	97.60	180.26	6.47	60.86	5	224	41	LURIN				
CARMEN DE LA LEGUA	38248	38	0.60	98.20	2.12	0.08	60.94	47	18042	6	CARMEN DE LA LEGUA				
CHACLACAYO	36343	39	0.57	98.77	39.50	1.42	62.36	18	620	37	CHACLACAYO				
PACHACAMAC	23227	40	0.36	99.13	160.23	5.75	68.11	6	145	43	PACHACAMAC				
ANCON	18459	41	0.28	99.39	298.64	10.73	78.84	2	55	45	ANCON				
CIENEGUILLA	10806	42	0.17	99.56	240.33	8.63	87.47	3	44	46	CIENEGUILLA				
SANTA ROSA	6639	43	0.11	99.67	21.50	0.77	88.24	26	323	40	SANTA ROSA				
FUCUBANA	6287	44	0.10	99.77	31.68	1.14	89.38	23	198	42	FUCUBANA				
LA PUNTA	5788	45	0.09	99.86	0.75	0.03	89.41	48	7717	28	LA PUNTA				
BAN BARTOLO	4758	46	0.07	99.93	45.01	1.62	91.03	17	108	44	BAN BARTOLO				
PUNTA NEGRA	2818	47	0.04	99.97	130.50	4.69	95.72	8	18	48	PUNTA NEGRA				
PUNTA HERMOZA	2224	48	0.03	100.00	119.50	4.29	100.01	9	19	47	PUNTA HERMOZA				
DISTRITO	Habitantes	Ranking Poblacion	%Del total	%Acumula	Area km2	Area km2 %Del total	%Acumula	Ranking Area km2	Densidad (Hab./km2)	Ranking Densidad	DISTRITO				

Sin embargo, antes de la fundación española, Lima tenía ya especial importancia para los antiguos peruanos, quienes supieron definir una armoniosa cuenca hidrográfica convertida luego en una de las despensas alimentarias de la época, teniendo como ejes a los ríos Rímac, Chillón y Lurín, cuyos cauces abren tres accesos naturales a la Sierra, situación de privilegio que no comparte con ninguna otra ciudad en la costa peruana.

El crecimiento de la ciudad de Lima a lo largo del siglo XX ha sido espectacular. Si nos remontamos a principios de siglo, la población bordeaba los 150,000 habitantes, y se cubría apenas el 10% del territorio ocupado al año 1993; en 1940, se llegaba a 750,000 habitantes, ocupando un 25% del territorio de 1993; en 1972 ya se bordeaba los 3 millones y un 50% ocupado; en 1993 se tiene casi 6'400,000 habitantes. En la figura 4.2. se aprecia gráficamente ese crecimiento.

El gran conjunto de problemas que tiene la ciudad de Lima muestra gran complejidad. Al estudiarlo, más que encontrar soluciones, intentaremos conocer estos problemas (cuantificándolos en donde sea posible) más allá de la simple observación y de las apreciaciones subjetivas. Los investigadores suelen ver lo que habían visto todos y pensar como nadie había pensado.

FIGURA 4.2.



 1908	 1960
 1940	 1993

Desde un punto de vista global, identificamos en la figura 4.3. los diversos sistemas que componen ese macrosistema llamado Lima; los fenómenos que se dan en una gran ciudad difícilmente corresponden a un aspecto en particular, la fuerte interrelación de los diversos sistemas es elemento fundamental en la definición del macrosistema.

Si analizamos, por ejemplo, la modalidad de crecimiento urbano por medio de Asentamientos Humanos (AAHH) e Invasiones, vemos que dentro del sistema se verifica un conjunto de relaciones de tal modo que, al establecerse un nuevo AAHH (V) se requieren servicios básicos que son proveídos de 'algún modo' (S,L), se desarrollan actividades comerciales -de alimentos principalmente- (C, las famosas 'paraditas') y luego actividades productivas informales (I) y la escuelita 'fiscal', construida muchas veces por los propios pobladores (E); finalmente, alguna línea de transporte cercana alarga su recorrido siguiendo la estrategia de cubrir tramos cada vez más largos para obtener mayor utilidad, aunque no siempre tenga éxito tal propósito (T). La interrelación de estos sistemas -bajo diferentes modalidades- hace viable y posible el desarrollo de dicho AAHH, aunque no siempre cubriendo las condiciones mínimas indispensables.

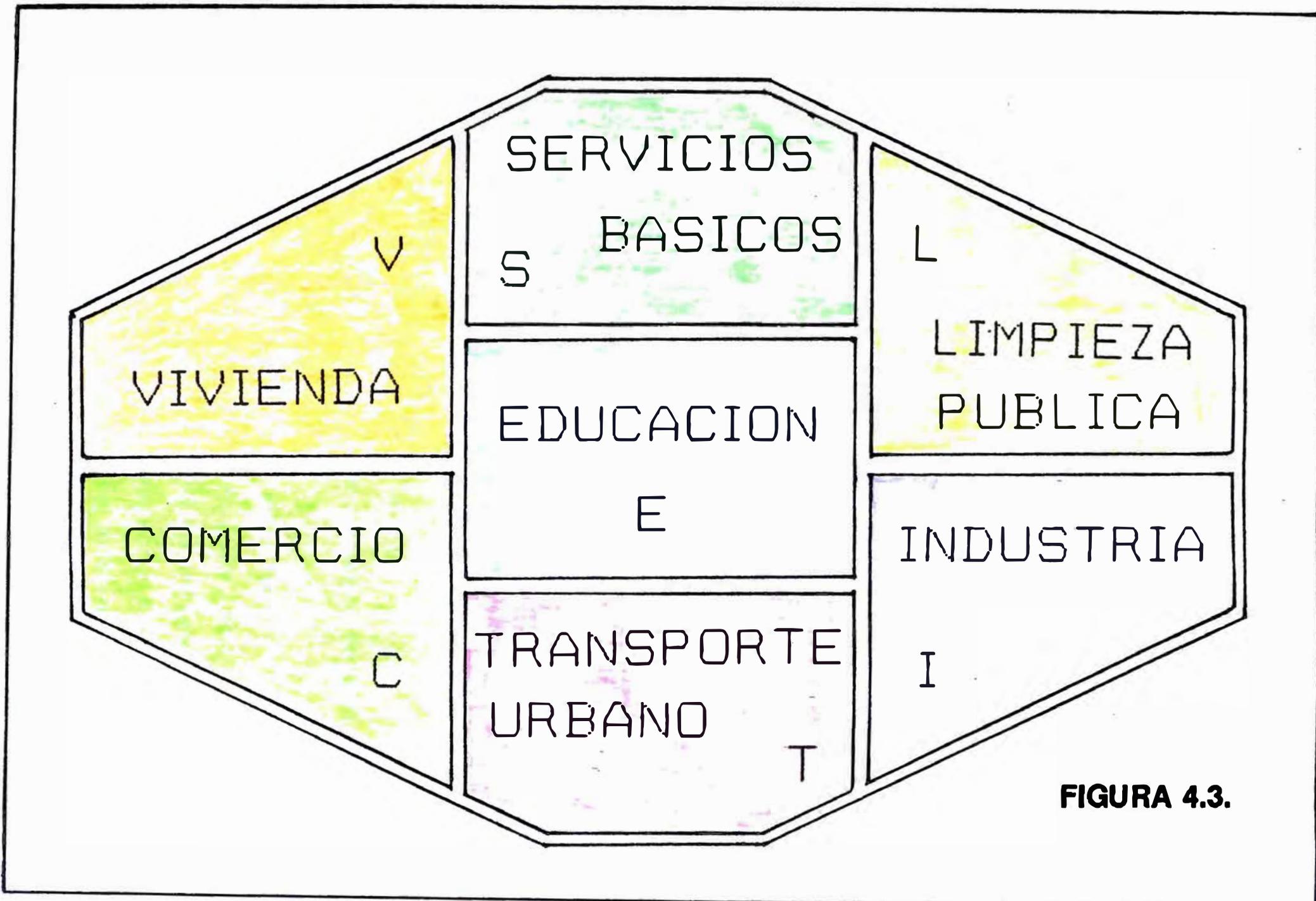


FIGURA 4.3.

Esta descripción corresponde a fenómenos que día a día se producen y reproducen en la ciudad de Lima. Al notar la fuerte interrelación que existe entre los distintos subsistemas, vemos pues que la opción de enfrentarlos parcialmente, ignorando o minimizando el impacto de estas conexiones, deviene en acciones que sólo amplifican el efecto negativo de los problemas y traen mayores perjuicios, llevando al sistema global a un estado inferior desde el punto de vista de la calidad de vida de los habitantes de la ciudad.

Algunas veces, por ejemplo, disposiciones que pretendían reordenar el tráfico tuvieron por efecto 'crear' un espacio adicional para el incremento de actividades comerciales informales en las vías supuestamente descongestionadas (como fue el caso de la Av. Emancipación), incrementando a su vez los problemas de contaminación ambiental, delincuencia, competencia desleal y -completando el ciclo de relaciones- provocando finalmente una mayor congestión vehicular.

A todo esto, creemos importante hacer mención a un esquema que Russell L. Ackoff, uno de los máximos exponentes de las Ciencias Administrativas, presenta en 'El Uso de modelos en el Planeamiento Empresarial' (ver bibliografía), para el manejo de problemas:

- (a) RESOLVER, es decir, elegir un procedimiento que brinde un resultado suficientemente bueno, un resultado que satisfaga (Enfoque Clínico) ;
- (b) SOLUCIONAR, es decir, elegir un procedimiento que, según se cree, debe rendir los mejores resultados, debe optimizar la situación (Enfoque Investigador);
- (c) DISOLVER, es decir, cambiar el sistema o el medio en que funciona, de manera tal que se acerque a un estado definitivamente deseable en que el problema no tenga motivos para surgir (Enfoque de Diseño).

En el caso de Lima, podríamos poner como ejemplo el problema de la Limpieza Pública -cuya atención está bajo la responsabilidad directa de las municipalidades distritales y provinciales de Lima y Callao- evaluando la aplicación de cada una de las tres alternativas :

Para RESOLVER el problema puede llevarse adelante un programa de recojo continuo de desechos, con el complemento de campañas periódicas de recojo en puntos críticos que no son suficientemente atendidos por el trabajo diario o que generan gran cantidad de desechos; de este modo tendríamos una ciudad más o menos limpia, la mayoría de la población estaría satisfecha con el servicio, aunque no podríamos evaluar directamente los resultados obtenidos y los recursos empleados.

Para SOLUCIONAR, haciendo uso de técnicas, métodos e instrumentos científicos, pueden definirse criterios de medición para los resultados a obtener en base al empleo de determinados recursos, llegando a operar el servicio en un nivel óptimo de acuerdo a esos criterios (Por ejemplo, recorrido óptimo de unidades, mínimo uso de combustible, máxima capacidad de recojo, etc). No es tarea fácil poder definir un criterio global óptimo.

Finalmente, para DISOLVER, puede disponerse la licitación del servicio a empresas privadas que darían nuevo uso a los desechos y cumplirían con el servicio: en este caso el problema del recojo de basura ya no sería tal para la Municipalidad, sin embargo surgirían otros referidos a la supervisión del servicio que presten dichas empresas, todo ello en un nuevo entorno en el que el problema original ha sido 'disuelto'.

En realidad, es fácil notar que a pesar de todo, este esquema en principio no pasa de ser un modo muy didáctica de plantear el manejo de problemas complejos; sin embargo, creemos que puede llegar a ser un útil metodológico interesante ya que las tres opciones que identifica R. Ackoff cubren prácticamente todo el espectro de inquietudes que surgen cuando nos preguntamos : ¿ Y ahora, que hacemos ...?.

Nada impide, además, que usemos en simultáneo las tres alternativas para aprovechar las virtudes de cada una de ellas, siempre y cuando sean adecuadamente entrelazadas. Lo cierto es que, contando con estos tres caminos a seguir, podemos manejar según nuestros requerimientos los problemas que se nos presenten.

En el caso del sistema de transporte urbano, los posibles cursos de acción conectados a RESOLVER tienen que ver con el hecho de lograr cierto bienestar en la población al hacer uso del servicio, suficiente cantidad de unidades, congestión vehicular aceptable, nivel amplio de acceso al auto propio, renovación progresiva del parque automotor, etc.

Para acercarnos a SOLUCIONAR los problemas del transporte urbano bajo el esquema de Russell L. Ackoff, estaríamos hablando de establecer criterios de optimalidad, tales como ruta mínima origen-destino, costos mínimos de operación, tarifa óptima según oferta y demanda, nivel mínimo de congestión vehicular y contaminación, tamaño óptimo de flota, trazado eficiente de rutas, etc. Aquí la principal dificultad consistiría en definir un gran criterio único y global que sintetice los anteriores, es casi seguro que deba sacrificarse óptimos parciales por el óptimo global.

Finalmente, para hablar de DISOLVER estaríamos refiriendo la posibilidad de transformar el sistema de modo que las relaciones y los elementos sufran cambios radicales, por ejemplo, con la 'liberalización' de tarifas y rutas (si el problema central fuese el de fijación de tarifas y trazado de rutas), o con la habilitación de un medio de transporte masivo rápido (como el Tren Eléctrico o similares) que provocaría un cambio estructural al interior del sistema, de modo que muchos problemas actuales desaparecerían para dar paso a nuevos problemas surgidos del nuevo sistema.

Si quisiéramos utilizar las tres opciones en simultáneo, trabajaríamos para lograr resultados inmediatos que satisfagan al poblador promedio (RESOLVER) para luego establecer controles cuantitativos que nos permitan aproximarnos al funcionamiento óptimo de la situación (SOLUCIONAR); además, los cambios estructurales podrían ayudarnos a recomponer la situación para poder RESOLVER los problemas en el corto plazo, y luego SOLUCIONAR en el mediano y largo plazo. Difícilmente se pueda preparar un ambiente 'puro' para cada alternativa, una mezcla adecuada de ellas será lo más indicado.

5.- TRANSPORTE URBANO DE PASAJEROS EN LA CIUDAD DE LIMA

Al estudiar uno de los sistemas de Lima, el de transporte, acordamos inicialmente la necesidad de conocer la ciudad más allá de nuestra experiencia como pobladores de ella. A diferencia de otras ciudades de similar dimensión, Lima muestra una forma muy peculiar, -condicionada principalmente por su geografía y el crecimiento desordenado y explosivo que la caracteriza de un 'asterisco' de muchas puntas.

Hemos preparado un esquema de la ciudad, identificando las 'puntas del asterisco' y lo que podríamos llamar el 'centro del asterisco', el mismo que mostramos en la figura 5.1.

Como podemos apreciar, identificamos por letras (A..J) las 'puntas' y por números (1..4) el 'centro'. De modo bastante general, podemos definir las 'puntas' como zonas netas de 'destino', a diferencia de aquellas 'de paso' que conforman el 'centro'. Aunque no sea estrictamente cierto, la idea que tratamos de exponer es que las puntas están muy poco conectadas entre sí, debiendo utilizar rutas que los llevan necesariamente por otras zonas antes de llegar a destino, teniendo los distritos centrales una conexión más directa.

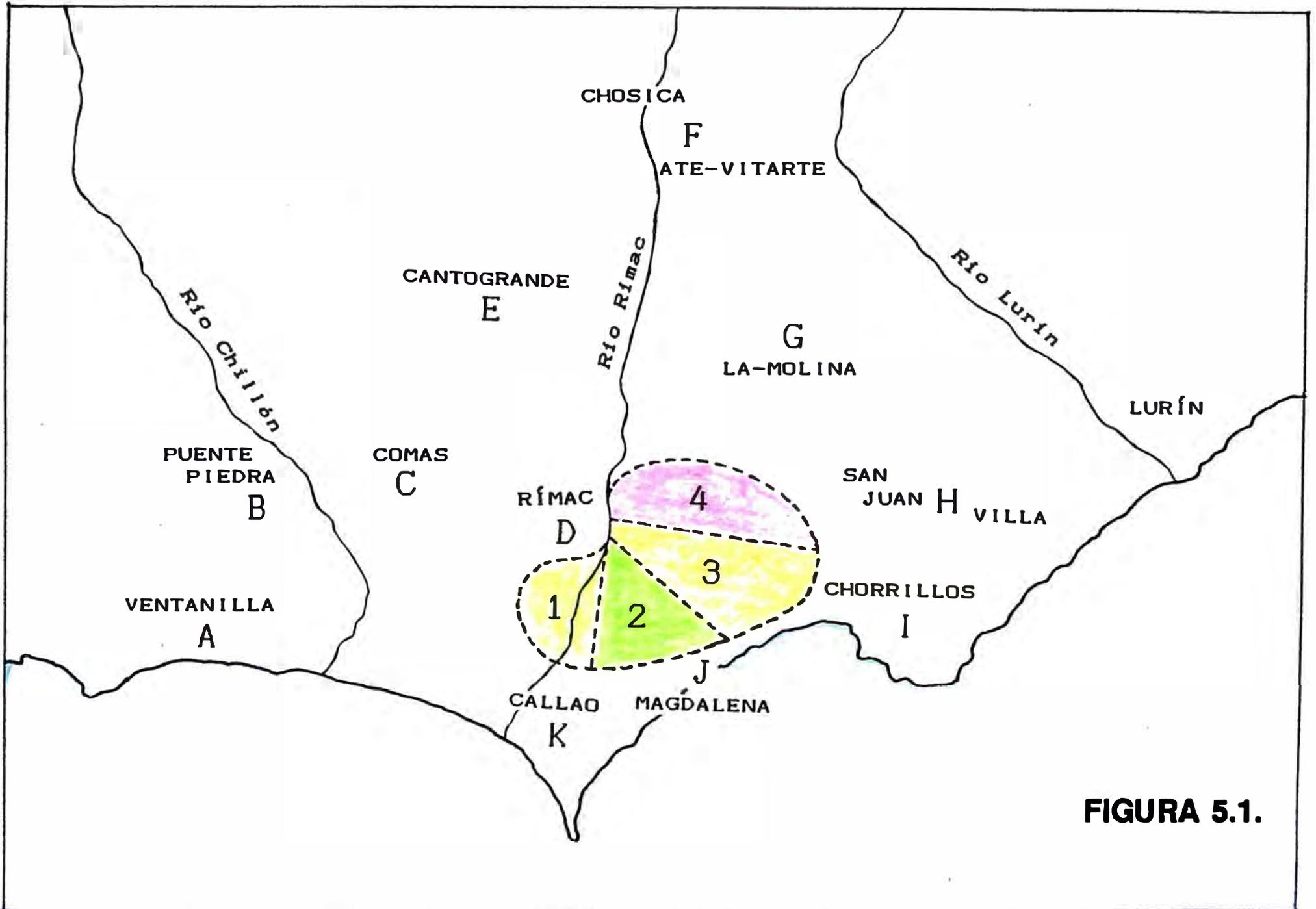


FIGURA 5.1.

En este escenario se ha venido desarrollando un proceso de crecimiento -no menos desordenado ni explosivo que el de la ciudad- en el sistema de transporte urbano de pasajeros en Lima. Con la intervención del Estado o sin ella, el principal elemento que ha definido dicho proceso ha sido el 'libre albedrío' de los diferentes elementos con capacidad de decisión. Sin la existencia de un modelo global para el manejo del sistema (como los que se revisan en el capítulo 3) ni un papel definido para el Estado, nos inclinamos inicialmente hacia el 'modelo americano', que fue degenerando por la imposibilidad material de seguir el alto nivel de consumo de ese país, hasta llegar a la situación actual que, sin duda, es irónicamente coherente con el desorden generalizado y la grave crisis que afecta a nuestro país.

Una muestra de las dificultades que debemos afrontar, de la mano con el esquema propuesto, es la congestión vehicular sin precedentes que podemos verificar en Lima, problema agudizado notablemente con la apertura de importaciones y la liberalización de tarifas y rutas al inicio de los 90's, lo que llevó a un incremento del parque automotor y a que muchas personas ingresen al negocio, ahondando las carencias en cuanto a una infraestructura adecuada.

El 'asterisco' llamado Lima cuenta con una infraestructura tan centralizada que difícilmente puede conectarse las 'puntas' sin pasar por el 'centro'. Algunas obras realizadas en los últimos años buscan que revertir tal situación conectando algunas 'puntas', como en el caso de la Avenida Universitaria, la autopista Ramiro Priale y el puente que une Zárate con Barrios Altos y El Agustino; o aliviando algunos nudos, como el nuevo Trébol de Javier Prado. Sin embargo, la atención a este problema exige un esfuerzo permanente para interconectar las 'puntas' del asterisco y descongestionar el 'centro'.

Las acciones tendientes a establecer las conexiones necesarias entre los extremos del 'asterisco', en busca de descongestionar el 'centro' pueden ser eficaz y eficientemente llevadas adelante utilizando algunos modelos cuantitativos como los que proponemos en los capítulos siguientes, ayudando al proceso de toma de decisiones, sin que ello signifique seguir un 'recetario' infalible. Los modelos cuantitativos acuden en auxilio de los tomadores de decisiones en entornos complejos brindando en especial información confiable y de calidad, de ningún modo se busca desplazar a los decisores con 'soluciones mágicas' que, en realidad, no existen.

Un elemento adicional que no podemos dejar de lado es la presencia del Río Rímac. Históricamente, como podemos apreciar en la figura 5.2. -que muestra el crecimiento de Lima a través del siglo XX- la zona ubicada al otro lado del río (margen derecha), con la excepción del distrito del Rímac, no fue urbanizada sino hasta la década del 50, coincidiendo con el inicio del explosivo proceso de crecimiento de la ciudad.

A partir del momento indicado, fueron ubicándose en la margen derecha una cantidad apreciable de pobladores, quienes debían cruzar el río para sus desplazamientos cotidianos, surgiendo la necesidad de construir más puentes para dar continuidad al trazado urbano de la nueva Lima.

La comunicación entre zonas que se ubican en uno y otro lado del río se dificulta entonces, ya que sólo es posible a través de dichos puentes, convirtiéndose el río en un elemento más en contra de la fluida conexión entre diversos puntos de la ciudad. Ante el alto nivel de congestión en los puentes sobre el río, se han planteado diversas acciones para minimizar el 'EFECTO RIMAC' : 'Techar' el río, construir más puentes, facilitar el acceso a vías paralelas para comunicar fluidamente los puentes ya existentes, entre otras.

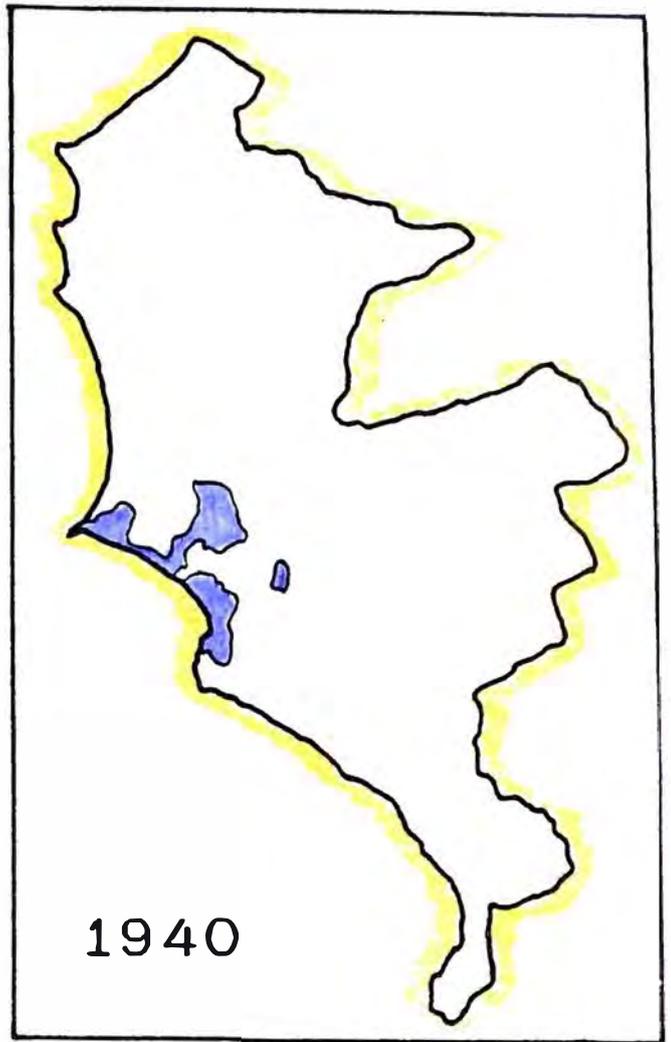
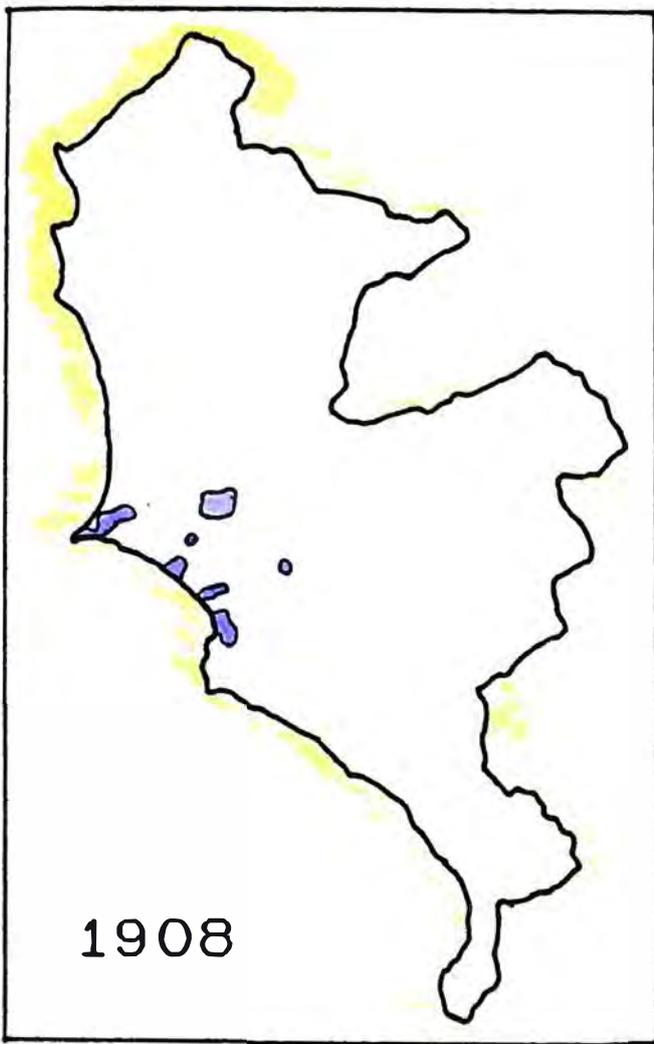
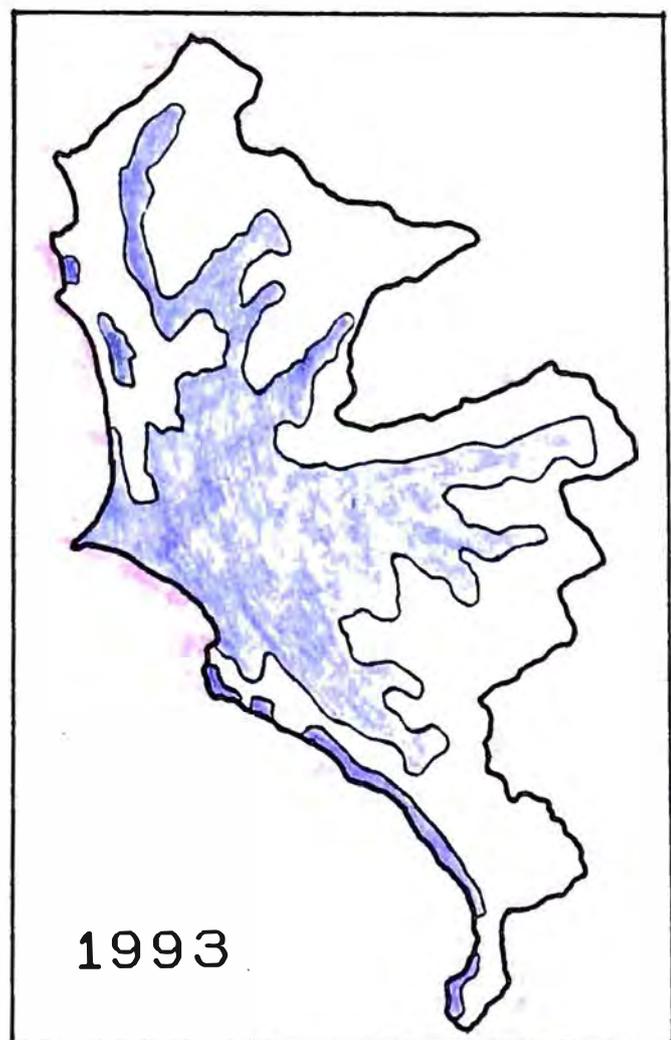
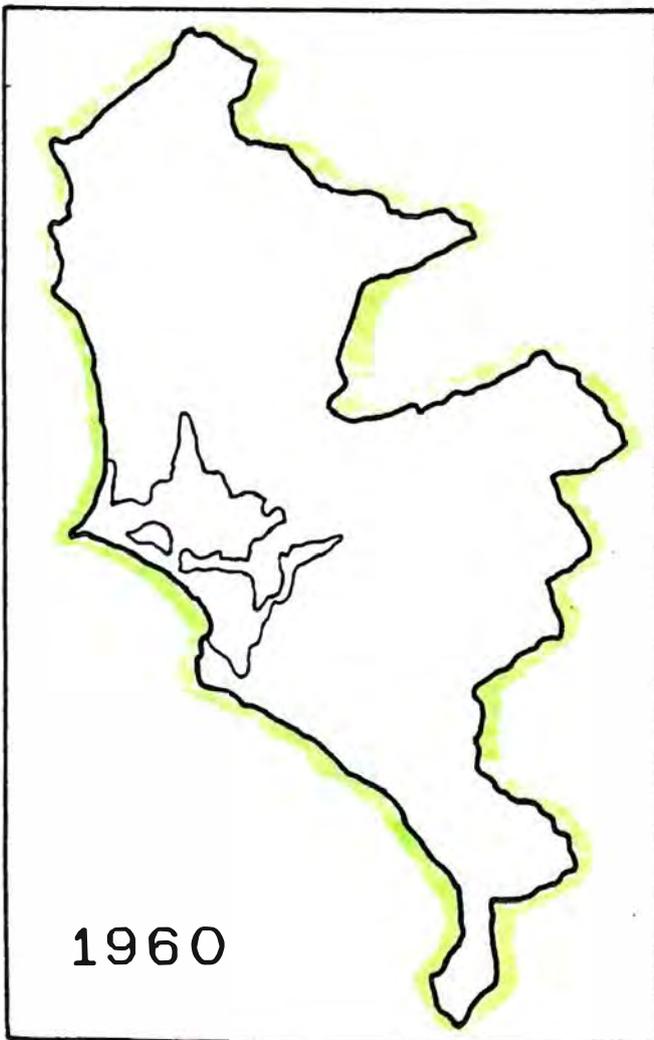


FIGURA 5.2.

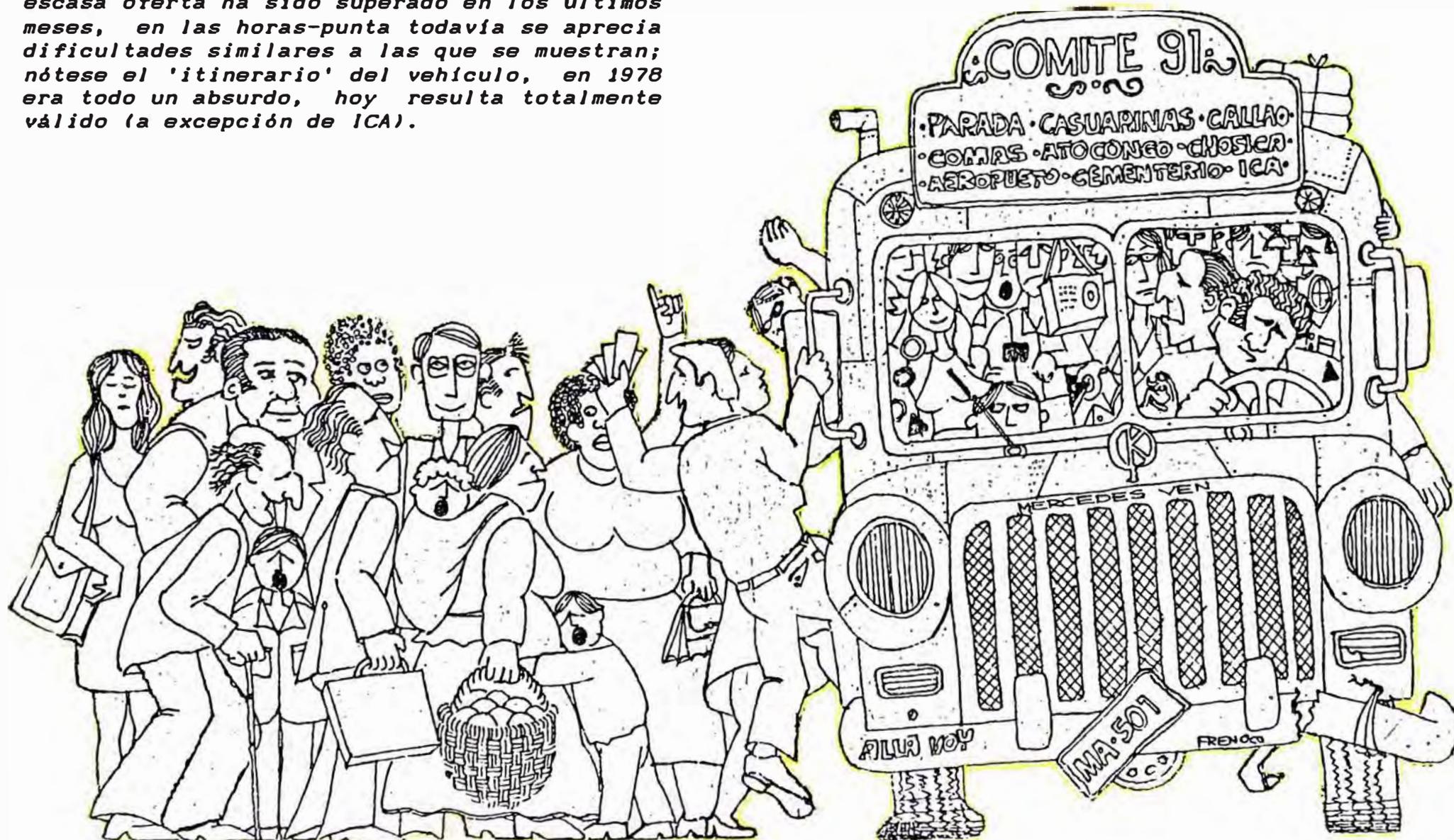


La congestión vehicular -como lo mencionáramos anteriormente- se ve fuertemente afectada por el incremento significativo del parque automotor en Lima Metropolitana. Cuando en 1978, DESCO realiza un estudio sobre el Transporte Urbano de pasajeros en Lima (PARADERO FINAL, ver bibliografía), comienza tratando de validar la importancia del Transporte Público dentro de la jerarquía de problemas urbanos, ya que hasta ese momento no era tomado muy en cuenta; se tenía alarmantes informes estadísticos de ciudades europeas y norteamericanas sobre la cantidad de vehículos a circular en las ciudades en un futuro próximo, fenómeno que también amenazaría a ciudades nuestras. En ese año, el número de unidades destinadas al transporte público estaba alrededor de 5,000 unidades; a 1993, esta cifra supera fácilmente las 60,000 unidades.

Cuando a inicios de los 90's se abre en el Perú el proceso de liberalización económica, en el transporte urbano se dió un vuelco en la relación oferta-demanda, la misma que ha revertido pasando de una oferta insuficiente a una sobreoferta, y aunque ello pueda representar una 'mejora relativa' para los usuarios del servicio, afecta fuertemente los niveles de congestión vehicular debido a que no se llevó en paralelo una incremento de la infraestructura vial.

Esta ilustración corresponde a la carátula de la publicación que hiciera DESCO en 1978 : ¿ PARADERO FINAL ?, el transporte público en Lima metropolitana; aunque el problema de la escasa oferta ha sido superado en los últimos meses, en las horas-punta todavía se aprecia dificultades similares a las que se muestran; nótese el 'itinerario' del vehículo, en 1978 era todo un absurdo, hoy resulta totalmente válido (a excepción de ICA).

FIGURA 5.3.



Sin embargo, es el automóvil privado el que tiene mayor influencia en la congestión vehicular. Según podemos apreciar en el cuadro 5.1., los automóviles de uso personal cubren casi el 75% del parque automotor, trasladando sólo al 28% de la población. En los últimos años se han tomado algunas medidas para aliviar esta situación -vías exclusivas para el transporte público, corredores viales, zonas restringidas, etc.-, obteniéndose resultados importantes (como en la Av. Brasil, Av. Ugarte o Av. Marsano), aunque generando congestión al salir de estas vías debido a que su fluidez es mucho mayor que otras a las que conecta.

Aunque algunos vean que la aparente competencia entre transporte público y automóvil privado justifica una compensación por parte del propietario privado para financiar subsidios al transporte público por "los gastos y demoras adicionales que ocasiona perjudicando a todos los usuarios del camino..." (LA LIMA DE LOS 80's, ver bibliografía), creemos que -en el entendido que la compensación procede- estos fondos deben destinarse a financiar un crecimiento sostenido y adecuado de la infraestructura vial para absorber el impacto evidente que se tiene por la renovación e incremento del parque automotor.

Cuadro 5.1. : Parque Automotor en el departamento de Lima
segun clase de vehiculo (en unidades)

CLASE	1987	1988	1989	1990	1991	1992
<i>TOTAL PAIS</i>	610813	616578	612249	605660	623947	672957
<i>TOTAL LIMA</i>	400130	404406	401842	397623	413318	456023
<i>% LIMA vs PAIS</i>	65.51	65.59	65.63	65.65	66.24	67.76
<i>% Crecimiento PAIS</i>		0.94	-0.7	-1.08	3.02	7.85
<i>% Crecimiento LIMA</i>		1.07	-0.63	-1.05	3.95	10.33
<i>AUTOMOVILES</i>	250466	250103	247398	244189	253365	271190
<i>STATION WAGON</i>	32263	32362	32025	31729	33230	37022
<i>CAMIONETA PICK UP</i>	45366	47726	48385	48307	49412	51366
<i>CAMIONETA RURAL</i>	19198	19987	20060	19913	22266	34186
<i>CAMIONETA PANEL</i>	7540	7466	7320	7181	7316	7625
<i>OMNIBUS</i>	12948	13171	13116	13100	13700	19159
<i>CAMION</i>	26749	27506	27331	26974	27319	28238
<i>REMOLCADOR</i>	2599	2806	2843	2849	3145	3436
<i>REMOLQUE-SemiRemolqu</i>	3001	3279	3364	3381	3565	3801
<i>% CRECIMIENTO</i>						
<i>Autos + S.Wagon</i>		-0.09	-1.08	-1.25	3.87	7.54
<i>Omnibus + Rurales</i>		3.15	0.05	-0.49	8.94	48.32

PARTE III

*MODELOS CUANTITATIVOS APLICADOS
AL TRANSPORTE URBANO DE PASAJEROS*

6.- MODELO DE PROGRAMACION LINEAL PARA ADMINISTRACION DE HORARIOS EN UNA LINEA DE TRANSPORTE

6.1. ENUNCIADO GENERAL

En diversos textos podemos encontrar algunos problemas propuestos como aplicaciones de la programación lineal referidos a la administración de itinerarios en una ruta de transporte urbano. Así, por ejemplo, en "Investigación de Operaciones : Una introducción", de Hamdy Taha (ver bibliografía), se enuncia el problema general :

"Suponga que el número mínimo de autobuses requeridos para cubrir la demanda en la i -ésima hora del día es $b_i = 1, 2, \dots, 24$. Cada autobús trabaja 6 horas consecutivas. Si el número de autobuses en el período ' i ' excede el mínimo requerido b_i , se incurre en un costo por exceso C_i por autobús-hora. Formule el problema como un modelo de programación lineal de tal manera que se minimice el exceso del costo total originado".

Mostraremos a continuación el modelo P.L. solución para el problema general, luego aplicaremos a un caso práctico :

- (a) X_i - Nº autobuses q'inician operación en hora 'i'
- (b) El lado derecho de las veinticuatro restricciones (una para cada hora) está dado por el valor b_i
- (c) Las restricciones serán del tipo \geq , lo que implica cumplir necesariamente con el mínimo b_i requerido en cada hora (objetivo adicional o implícito de cubrir la demanda).
- (d) El objetivo central (la función objetivo) es minimizar los costos C_i , donde :

$$C_i = X_i + X_{i-1} + X_{i-2} + X_{i-3} + X_{i-4} + X_{i-5} - b_i$$

osea : $\text{MIN } C_i \Rightarrow \text{MIN } 6 X_i - b_i \Rightarrow \text{MIN } X_i$

- (e) El modelo P.L. solución sería :

$$\text{MIN } X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_{24}$$

ST

$$X_{20} + X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{24} + X_1 \geq b_1$$

$$X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{24} + X_1 + X_2 \geq b_2$$

.

.

.

$$X_{19} + X_{20} + X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{24} \geq b_{24}$$

END

6.2. DESARROLLO DE UN CASO PRACTICO

A partir de entrevistas realizadas a algunos dirigentes y choferes de una línea de transporte masivo en Lima, se relevó una serie de supuestos para la formulación real del modelo :

- (a) Puede suponerse la misma capacidad para todas las unidades, 90 pasajeros entre sentados y parados.
- (b) Cada unidad realiza viajes a lo largo de seis(6) horas continuas, cada viaje cubre un tiempo aproximado de 120 minutos (2 horas); incluye recorrido, espera y registro al llegar o salir de los paraderos iniciales; no importa hora ni día de la semana, siempre de lunes a viernes.
- (c) Debe planearse los viajes en uno y otro sentido (ida y vuelta). A lo largo de las seis(6) horas de su jornada, cada unidad cubre dos idas y una vuelta (o viceversa). Así, las variables de decisión tienen la forma :

X_{ij} = Número de pasajeros que podrían ser atendidos por los autobuses que inician servicio en el sentido 'i' (1:ida, 2:vuelta) y bloque horario 'j' (1,2,...,8), es decir, OFERTA DE PASAJES

- (d) Si no existe el número suficiente de unidades, estas pueden alargar su jornada cubriendo un bloque adicional de dos, cuatro o seis horas; para el modelo es indiferente, ya que esos horarios adicionales aparecerían asignados a otra unidad (es decir, una unidad física de la situación real puede conectarse a más de una unidad en el modelo).
- (e) Las cifras que mostramos a continuación corresponden al promedio de las expectativas de demanda de un grupo de transportistas; hemos ajustado las cifras para mostrar complemento entre ida y vuelta, aunque esto no sea tan exacto; además, hemos bloqueado demanda cada dos horas, con una jornada completa de 16 horas :

<i>HORARIO</i>	<i>VIAJE IDA</i>	<i>VIAJE VUELTA</i>	<i>HORARIO</i>
<i>06am-08am</i>	<i>160</i>	<i>2400</i>	<i>06am-08am</i>
<i>08am-10am</i>	<i>320</i>	<i>3500</i>	<i>08am-10am</i>
<i>10am-12m</i>	<i>720</i>	<i>2000</i>	<i>10am-12m</i>
<i>12m -02pm</i>	<i>950</i>	<i>1120</i>	<i>12m -02pm</i>
<i>02pm-04pm</i>	<i>1120</i>	<i>950</i>	<i>02pm-04pm</i>
<i>04pm-06pm</i>	<i>2000</i>	<i>720</i>	<i>04pm-06pm</i>
<i>06pm-08pm</i>	<i>3500</i>	<i>320</i>	<i>06pm-08pm</i>
<i>08pm-10pm</i>	<i>2400</i>	<i>160</i>	<i>08pm-10pm</i>
<i>inicio-final</i>	<i>nro pasajeros</i>	<i>nro pasajeros</i>	<i>inicio-final</i>

6.3. CORRIDA DEL MODELO

MIN $X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} + X_{16} + X_{17} + X_{18} + X_{21}$
 $+ X_{22} + X_{23} + X_{24} + X_{25} + X_{26} + X_{27} + X_{28}$

SUBJECT TO

- | | | | |
|-----|----------------------------|--------|------|
| 2) | X_{11} | \geq | 160 |
| 3) | $X_{12} + X_{21}$ | \geq | 320 |
| 4) | $X_{11} + X_{13} + X_{22}$ | \geq | 720 |
| 5) | $X_{12} + X_{14} + X_{23}$ | \geq | 950 |
| 6) | $X_{13} + X_{15} + X_{24}$ | \geq | 1120 |
| 7) | $X_{14} + X_{16} + X_{25}$ | \geq | 2000 |
| 8) | $X_{15} + X_{17} + X_{26}$ | \geq | 3500 |
| 9) | $X_{16} + X_{18} + X_{27}$ | \geq | 2400 |
| 10) | X_{21} | \geq | 2400 |
| 11) | $X_{11} + X_{22}$ | \geq | 3500 |
| 12) | $X_{12} + X_{21} + X_{23}$ | \geq | 2000 |
| 13) | $X_{13} + X_{22} + X_{24}$ | \geq | 1120 |
| 14) | $X_{14} + X_{23} + X_{25}$ | \geq | 950 |
| 15) | $X_{15} + X_{24} + X_{26}$ | \geq | 720 |
| 16) | $X_{16} + X_{25} + X_{27}$ | \geq | 320 |
| 17) | $X_{17} + X_{26} + X_{28}$ | \geq | 160 |

END

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 12750.0000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X11	2380.000000	.000000
X12	.000000	.000000
X13	.000000	1.000000
X14	950.000000	.000000
X15	3340.000000	.000000
X16	2400.000000	.000000
X17	.000000	.000000
X18	.000000	.000000
X21	2400.000000	.000000
X22	1120.000000	.000000
X23	.000000	.000000
X24	.000000	1.000000
X25	.000000	1.000000
X26	160.000000	.000000
X27	.000000	.000000
X28	.000000	1.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	2220.000000	.000000
3)	2080.000000	.000000
4)	2780.000000	.000000
5)	.000000	-1.000000
6)	2220.000000	.000000
7)	1350.000000	.000000
8)	.000000	-1.000000
9)	.000000	-1.000000
10)	.000000	-1.000000
11)	.000000	-1.000000
12)	400.000000	.000000
13)	.000000	.000000
14)	.000000	.000000
15)	2780.000000	.000000
16)	2080.000000	.000000
17)	.000000	.000000

NO. ITERATIONS= 8

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

OBJ COEFFICIENT RANGES

VARIABLE	CURRENT COEF	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
X11	1.00000	.00000	1.00000
X12	1.00000	INFINITY	.00000
X13	1.00000	INFINITY	1.00000
X14	1.00000	.00000	1.00000
X15	1.00000	.00000	1.00000
X16	1.00000	.00000	1.00000
X17	1.00000	INFINITY	.00000
X18	1.00000	INFINITY	.00000
X21	1.00000	INFINITY	1.00000
X22	1.00000	1.00000	.00000
X23	1.00000	INFINITY	.00000
X24	1.00000	INFINITY	1.00000
X25	1.00000	INFINITY	1.00000
X26	1.00000	.00000	.00000
X27	1.00000	INFINITY	.00000
X28	1.00000	INFINITY	1.00000

RIGHTHAND SIDE RANGES

ROW	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2	160.00	2220.00	INFINITY
3	320.00	2080.00	INFINITY
4	720.00	2780.00	INFINITY
5	950.00	INFINITY	.00
6	1120.00	2220.00	INFINITY
7	2000.00	1350.00	INFINITY
8	3500.00	INFINITY	2220.00
9	2400.00	INFINITY	1350.00
10	2400.00	INFINITY	400.00
11	3500.00	INFINITY	2220.00
12	2000.00	400.00	INFINITY
13	1120.00	2220.00	1120.00
14	950.00	.00	INFINITY
15	7200.00	2780.00	INFINITY
16	320.00	2080.00	INFINITY
17	160.00	2220.00	160.00

6.4. ANALISIS DE RESULTADOS

En el acápite anterior llegamos a definir una solución óptima al problema planteado, sin embargo, esta solución no es única. En efecto, luego de hacer cálculos adicionales, hemos encontrado otras dos soluciones igualmente óptimas; según podemos apreciar en el modelo adicional que hemos diseñado (con auxilio de una hoja electrónica y con datos extraídos del modelo P.L.) , estas tres soluciones tienen diferentes implicancias a partir de los diversos resultados operativos que muestran (cuadros 6.1., 6.2 y 6.3):

(a) Variables de operación

- Capacidad por unidad de transporte
- Tarifa promedio
- % de atención a demanda

(b) Información del P.L.

- Oferta de pasajes por bloque horario
- Demanda de pasajes por bloque horario
- Exceso de oferta según solución

(c) Variables resultado

- Número de unidades en circulación según bloque
- Mínimo número de unidades requerido
- Ingreso monetario según bloque horario
- Ingreso monetario según hora de salida
- Ingreso monetario mínimo y máximo en el comité

Cuadro 6.1. · Solucion # 1

		INGRESAN AL SERVICIO		UNIDADES EN CIRCULACION		INGRESO POR UNIDAD (S/.)		INGRESO POR HORA SALIDA (S/.)					
		IDA	VUELTA	IDA	VUELTA	IDA	VUELTA	IDA	VUELTA				
6-8	1	27	27	27	27	2.67	40.00	50.14	76.00				
8-10	2	0	13	27	40	5.33	39.38	0.00	83.48				
10-12	3	0	0	40	27	8.10	33.33	0.00	0.00				
12-2	4	11	0	11	13	38.88	38.77	101.41	0.00				
2-4	5	38	0	38	11	13.28	38.88	80.74	0.00				
4-6	6	27	2	38	40	23.68	8.10	69.02	67.78				
6-8	7	0	0	40	27	38.38	5.33	0.00	0.00				
8-10	8	0	0	27	2	40.00	36.00	0.00	0.00				
Capacidad por Unidad		90		Minimo Requerido Unidades		40		Tarifa S/.		0.45	Minimo		50.14
						Dispersion		15.01		Maximo		101.41	

OFERTA vs DEMANDA (nro de pasajeros)

		OFERTA		Exceso Oferta		DEMANDA	
		IDA	VUELTA	IDA	VUELTA	IDA	VUELTA
1	6-8	2380	2400	2220	0	160	2400
2	8-10	2400	3500	2080	0	320	3500
3	10-12	3500	2400	2780	400	720	2000
4	12-2	950	1120	0	0	950	1120
5	2-4	3340	950	2220	0	1120	950
6	4-6	3350	3500	1350	2780	2000	720
7	6-8	3500	2400	0	2080	3500	320
8	8-10	2400	180	0	0	2400	180
TOTALES		21820	18430	10850	5260	11170	11170

SOLUCION LINDO

Atencion a Demanda 100%

		IDA	VUELTA	IDA	VUELTA	IDA	VUELTA
		Demanda	Demanda	Solucion	Solucion	Holguras	Holguras
1	6-8	160	2400	2380	2400	2220	0
2	8-10	320	3500	0	1120	2080	0
3	10-12	720	2000	0	0	2780	400
4	12-2	950	1120	950	0	0	0
5	2-4	1120	950	3340	0	2220	0
6	4-6	2000	720	2400	160	1350	2780
7	6-8	3500	320	0	0	0	2080
8	8-10	2400	180	0	0	0	0

Cuadro 6.1.: Solución # 1

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 12750.0000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X11	2380.000000	.000000
X12	.000000	.000000
X13	.000000	1.000000
X14	950.000000	.000000
X15	3340.000000	.000000
X16	2400.000000	.000000
X17	.000000	.000000
X18	.000000	.000000
X21	2400.000000	.000000
X22	1120.000000	.000000
X23	.000000	.000000
X24	.000000	1.000000
X25	.000000	1.000000
X26	160.000000	.000000
X27	.000000	.000000
X28	.000000	1.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	2220.000000	.000000
3)	2080.000000	.000000
4)	2780.000000	.000000
5)	.000000	-1.000000
6)	2220.000000	.000000
7)	1350.000000	.000000
8)	.000000	-1.000000
9)	.000000	-1.000000
10)	.000000	-1.000000
11)	.000000	-1.000000
12)	400.000000	.000000
13)	.000000	.000000
14)	.000000	.000000
15)	2780.000000	.000000
16)	2080.000000	.000000
17)	.000000	.000000

NO. ITERATIONS=

8

Cuadro 6.2. : Solucion # 2

		INGRESAN AL SERVICIO		UNIDADES EN CIRCULACION		INGRESO POR UNIDAD (S/.)		INGRESO POR HORA SALIDA (S/.)	
		IDA	VUELTA	IDA	VUELTA	IDA	VUELTA	IDA	VUELTA
6-8	1	2	27	2	27	36.00	40.00	83.48	109.33
8-10	2	0	38	27	40	5.33	39.38	0.00	57.97
10-12	3	0	0	40	27	8.10	33.33	0.00	0.00
12-2	4	11	0	11	38	38.86	13.26	101.41	0.00
2-4	5	38	0	38	11	13.26	38.86	60.74	0.00
4-6	6	27	2	38	40	23.68	8.10	69.02	67.78
6-8	7	0	0	40	27	39.38	5.33	0.00	0.00
8-10	8	0	0	27	2	40.00	36.00	0.00	0.00
Capacidad por Unidad		90		Minimo Requerido Unidades		40		Tarifa S/. 0.45	
						Dispersion 14.05		Minimo 57.97	
								Maximo 109.33	

OFERTA vs DEMANDA (nro de pasajeros)

		OFERTA		Exceso Oferta		DEMANDA	
		IDA	VUELTA	IDA	VUELTA	IDA	VUELTA
1	6-8	160	2400	0	0	160	2400
2	8-10	2400	3500	2080	0	320	3500
3	10-12	3500	2400	2780	400	720	2000
4	12-2	950	3340	0	2220	950	1120
5	2-4	3340	950	2220	0	1120	950
6	4-6	3350	3500	1350	2780	2000	720
7	6-8	3500	2400	0	2080	3500	320
8	8-10	2400	180	0	0	2400	180
TOTALES		19800	18650	8430	7480	11170	11170

SOLUCION LINDO

Atencion a Demanda 100%

		IDA	VUELTA	IDA	VUELTA	IDA	VUELTA
		Demanda	Demanda	Solucion	Solucion	Holguras	Holguras
1	6-8	160	2400	160	2400	0	0
2	8-10	320	3500	0	3340	2080	0
3	10-12	720	2000	0	0	2780	400
4	12-2	950	1120	950	0	0	2220
5	2-4	1120	950	3340	0	2220	0
6	4-6	2000	720	2400	180	1350	2780
7	6-8	3500	320	0	0	0	2080
8	8-10	2400	180	0	0	0	0

Cuadro 6.2.: Solución # 2

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 12750.0000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X11	160.000000	.000000
X12	.000000	.000000
X13	.000000	1.000000
X14	950.000000	.000000
X15	3340.000000	.000000
X16	2400.000000	.000000
X17	.000000	.000000
X18	.000000	.000000
X21	2400.000000	.000000
X22	3340.000000	.000000
X23	.000000	.000000
X24	.000000	1.000000
X25	.000000	1.000000
X26	160.000000	.000000
X27	.000000	.000000
X28	.000000	1.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	.000000	.000000
3)	2080.000000	.000000
4)	2780.000000	.000000
5)	.000000	-1.000000
6)	2220.000000	.000000
7)	1350.000000	.000000
8)	.000000	-1.000000
9)	.000000	-1.000000
10)	.000000	-1.000000
11)	.000000	-1.000000
12)	400.000000	.000000
13)	2220.000000	.000000
14)	.000000	.000000
15)	2780.000000	.000000
16)	2080.000000	.000000
17)	.000000	.000000
18)	.000000	.000000

NO. ITERATIONS= 1

Cuadro 6.3. · Solucion # 3

		INGRESAN AL SERVICIO		UNIDADES EN CIRCULACION		INGRESO POR UNIDAD (S/.)		INGRESO POR HORA SALIDA (S/.)			
		IDA	VUELTA	IDA	VUELTA	IDA	VUELTA	IDA	VUELTA		
6-8	1	2	27	2	27	36.00	40.00	83.48	99.68		
8-10	2	0	38	27	40	5.33	39.38	0.00	57.97		
10-12	3	0	11	40	38	8.10	23.68	0.00	70.65		
12-2	4	0	0	11	38	38.86	13.26	0.00	0.00		
2-4	5	38	0	38	11	13.26	38.86	60.74	0.00		
4-6	6	27	2	27	40	33.33	8.10	78.67	77.43		
6-8	7	0	0	40	27	39.38	5.33	0.00	0.00		
8-10	8	0	0	27	2	40.00	36.00	0.00	0.00		
Capacidad por Unidad		90		Minimo Requerido Unidades		40		Tarifa S/.	0.45	Minimo	57.97
						Dispersion		14.05	Maximo	99.68	

OFERTA vs DEMANDA (nro de pasajeros)

		OFERTA		Exceso Oferta		DEMANDA	
		IDA	VUELTA	IDA	VUELTA	IDA	VUELTA
1	6-8	160	2400	0	0	160	2400
2	8-10	2400	3500	2080	0	320	3500
3	10-12	3500	3350	2780	1350	720	2000
4	12-2	950	3340	0	2220	950	1120
5	2-4	3340	950	2220	0	1120	950
6	4-6	2400	3500	400	2780	2000	720
7	6-8	3500	2400	0	2080	3500	320
8	8-10	2400	160	0	0	2400	160
TOTALES		18650	19600	7480	8430	11170	11170

SOLUCION LINDO

Atencion a Demanda 100%

		IDA	VUELTA	IDA	VUELTA	IDA	VUELTA
		Demanda	Demanda	Solucion	Solucion	Holguras	Holguras
1	6-8	160	2400	160	2400	0	0
2	8-10	320	3500	0	3340	2080	0
3	10-12	720	2000	0	950	2780	1350
4	12-2	950	1120	0	0	0	2220
5	2-4	1120	950	3340	0	2220	0
6	4-6	2000	720	2400	160	400	2780
7	6-8	3500	320	0	0	0	2080
8	8-10	2400	160	0	0	0	0

Cuadro 6.3.: Solución # 3

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 12750.0000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X11	160.000000	.000000
X12	.000000	.000000
X13	.000000	1.000000
X14	.000000	.000000
X15	3340.000000	.000000
X16	2400.000000	.000000
X17	.000000	.000000
X18	.000000	.000000
X21	2400.000000	.000000
X22	3340.000000	.000000
X23	950.000000	.000000
X24	.000000	1.000000
X25	.000000	1.000000
X26	160.000000	.000000
X27	.000000	.000000
X28	.000000	1.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	.000000	.000000
3)	2080.000000	.000000
4)	2780.000000	.000000
5)	.000000	-1.000000
6)	2220.000000	.000000
7)	400.000000	.000000
8)	.000000	-1.000000
9)	.000000	-1.000000
10)	.000000	-1.000000
11)	.000000	-1.000000
12)	1350.000000	.000000
13)	2220.000000	.000000
14)	.000000	.000000
15)	2780.000000	.000000
16)	2080.000000	.000000
17)	.000000	.000000
18)	.000000	.000000

NO. ITERATIONS= 9

Según estos resultados, en todos los casos el mínimo número de unidades es 40 a pesar que se distribuya las unidades en circulación de diferente modo; sin embargo, el ingreso monetario si muestra diferencias evidentes, de tal modo que -según el criterio de conjunto y los objetivos de la organización- la preferencia por una de las soluciones estaría plenamente justificada.

Así, si se persigue el objetivo global de maximizar el ingreso, la solución 2 muestra los más altos valores tanto para el mínimo como para el máximo; la solución 1 afecta mayormente los niveles mínimos, y quizás valdría la pena explorar la sobreutilización de equipos para que pueda competir con la solución 2; y finalmente, la solución 3 arroja resultados intermedios y puede amoldarse a quienes minimizan el riesgo, ya que la distancia entre ingreso mínimo y máximo es menor.

Una vez más, en estudios cuantitativos, nos encontramos con alternativas que siendo óptimas según el criterio preestablecido, deben ser evaluadas junto a otras variables -como los objetivos de grupo o las tendencias y modalidades de organización- que no siempre pueden incluirse en un modelo cuantitativo.

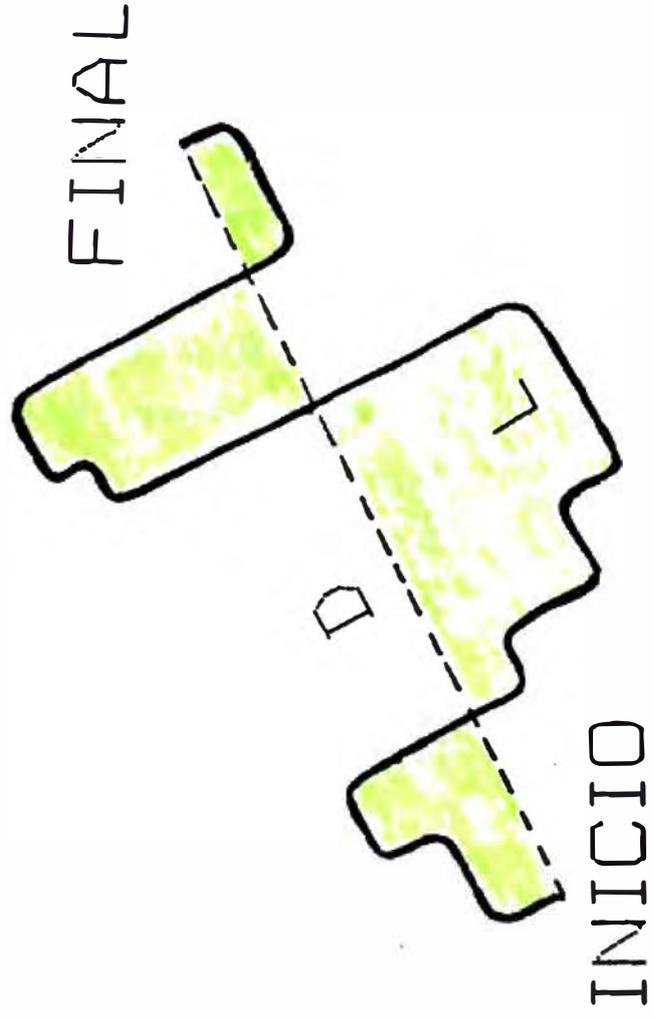
7.- MODELO PARA EVALUAR EL TRAZADO DE UNA RUTA DE TRANSPORTE: L-D

7.1. ENUNCIADO GENERAL

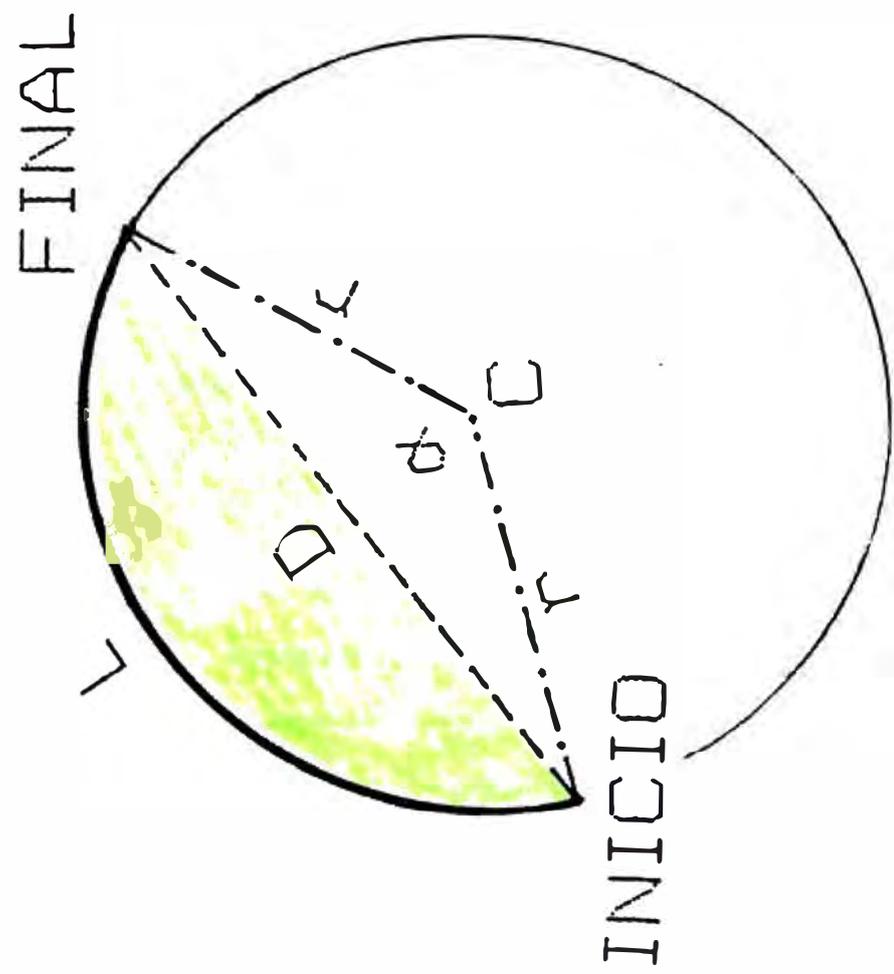
A partir de observaciones realizadas como usuarios de diversas líneas de transporte urbano masivo de pasajeros en la ciudad de Lima, podemos hacer mención al trazado a veces 'caprichoso' que muestran algunas de ellas. Con la idea de disponer una herramienta para evaluar este trazado, hemos diseñado este pequeño modelo cuyas características damos a continuación :

- (a) El recorrido de una línea de transporte puede graficarse como se indica en la figura 7.1(a), en la cual 'D' es la distancia recta entre el inicio y el final de la ruta, y 'L' es la distancia efectiva de recorrido.
- (b) Disponemos estos elementos en la figura 7.1(b), en la cual 'D' es una cuerda de la circunferencia que llamamos 'C', y 'L' el arco correspondiente. Aquí es relativamente fácil hallar el valor del ángulo central ' α ' asociado al arco 'L', el mismo que aprovecharemos para enunciar una medida de la eficiencia en el trazado de la ruta de transporte urbano.

(A)



(B)



$\alpha \rightarrow$ EFICIENTE

$\alpha \rightarrow$ 00

$\alpha \rightarrow$ 3600 INEFICIENTE

$\alpha \rightarrow$ 3600

FIGURA 7.1.

(c) En efecto, tomando como 'ideal' el trazo recto entre el inicio y el final, cuando los valores de 'L' y 'D' sean aproximadamente iguales, el valor de ' α ' tenderá a 0° ; y cuando 'L' sea muy superior a 'D', entonces el valor de ' α ' se acercará a 360° .

Este modelo puede ser utilizado para definir un criterio de comparación entre trazos de diferentes rutas, para disponer la creación de nuevas rutas o modificar rutas ya existentes, y también puede aplicarse parcialmente entre puntos intermedios de una ruta. Además, sería interesante aplicar este modelo para una clasificación de las rutas según la 'eficiencia' en el trazado de las mismas.

En general, disponemos de un útil para evaluar el trazado de una ruta de transporte, pudiendo incluirse algunos criterios adicionales al fijar el valor de 'D' no como la distancia lineal entre el punto inicial y final de la ruta, sino como una función de variables como : nivel de congestión vehicular, facilidad de acceso, vías alternativas, demanda y oferta de transporte, etc.

7.2. DESARROLLO DE UN CASO PRACTICO

Para el desarrollo de un caso práctico hemos dispuesto inicialmente el diseño de un plano de Lima Metropolitana, según puede verse en la figura 7.2., en la que se define la existencia de vías troncales y otras de similar importancia para ubicarnos en el espacio que queremos estudiar. Además, se fija una escala tal que cada 'cuadrado' representa un kilómetro cuadrado aproximadamente (1 Km²).

Por otro lado, hemos identificado hasta cinco(5) rutas genéricas diferentes que cubren un territorio más o menos vasto, aproximadamente 118 Km² (color oscuro) de un total de 522 Km² de Lima Metropolitana (zonas pobladas), llegando hasta 320 km² si se considera además aquellos que se cubre en forma indirecta (color claro). Todo esto es mostrado en las figuras 7.3.1., 7.3.2., 7.3.3., 7.3.4. y 7.3.5.

Creemos importante añadir algo más respecto del coloreado. Con un tono más oscuro marcamos aquellas zonas o 'cuadrados' por donde pasa la ruta, y de un tono más claro aquellos 'cuadrados' adyacentes a los anteriores. Cada ruta es expresada en función de un conjunto de 'cuadrados', usando las vías troncales y similares para hacer un seguimiento efectivo de ellas.

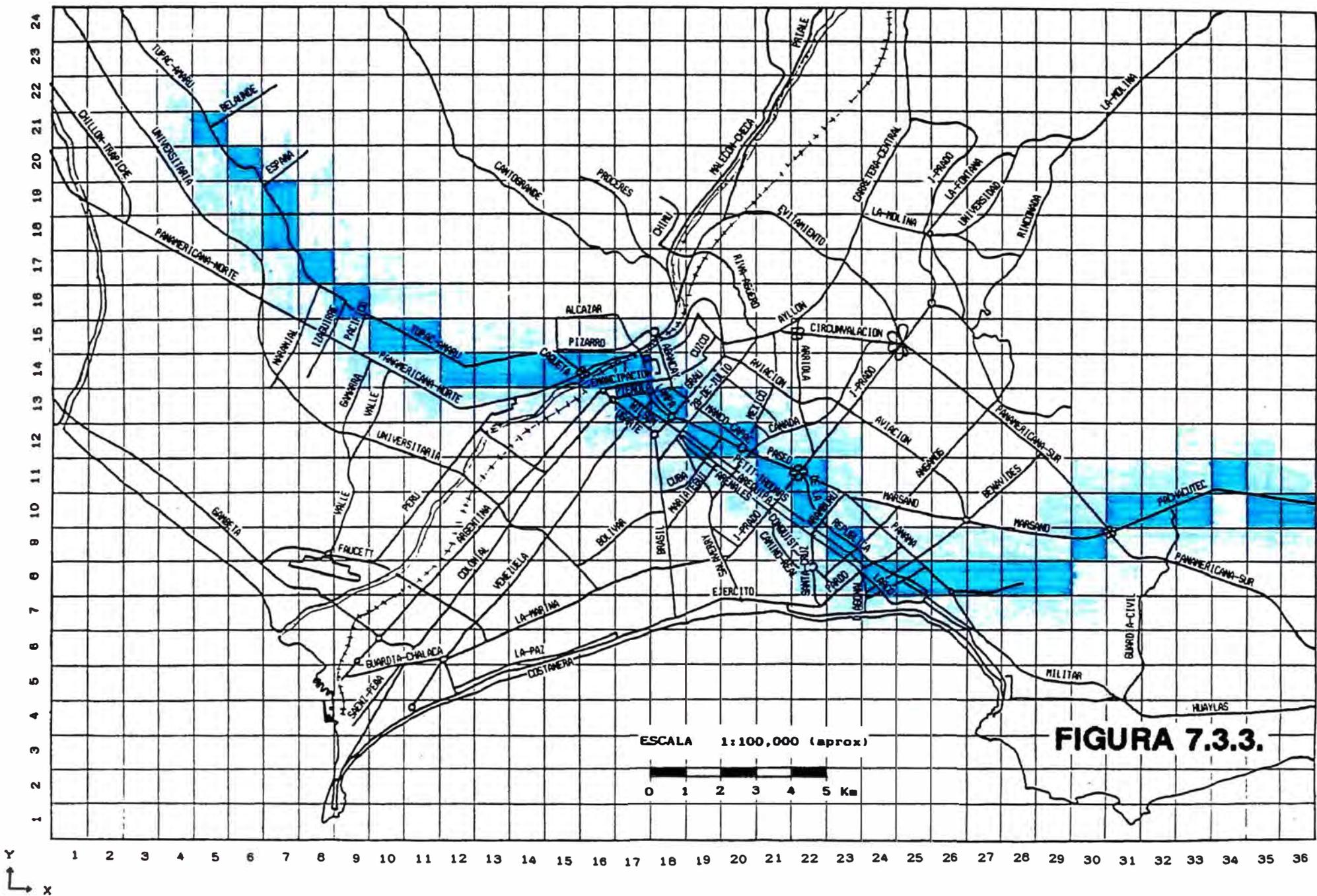


FIGURA 7.3.3.

ESCALA 1:100,000 (aprox)
 0 1 2 3 4 5 Km

Y
 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
 X
 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36

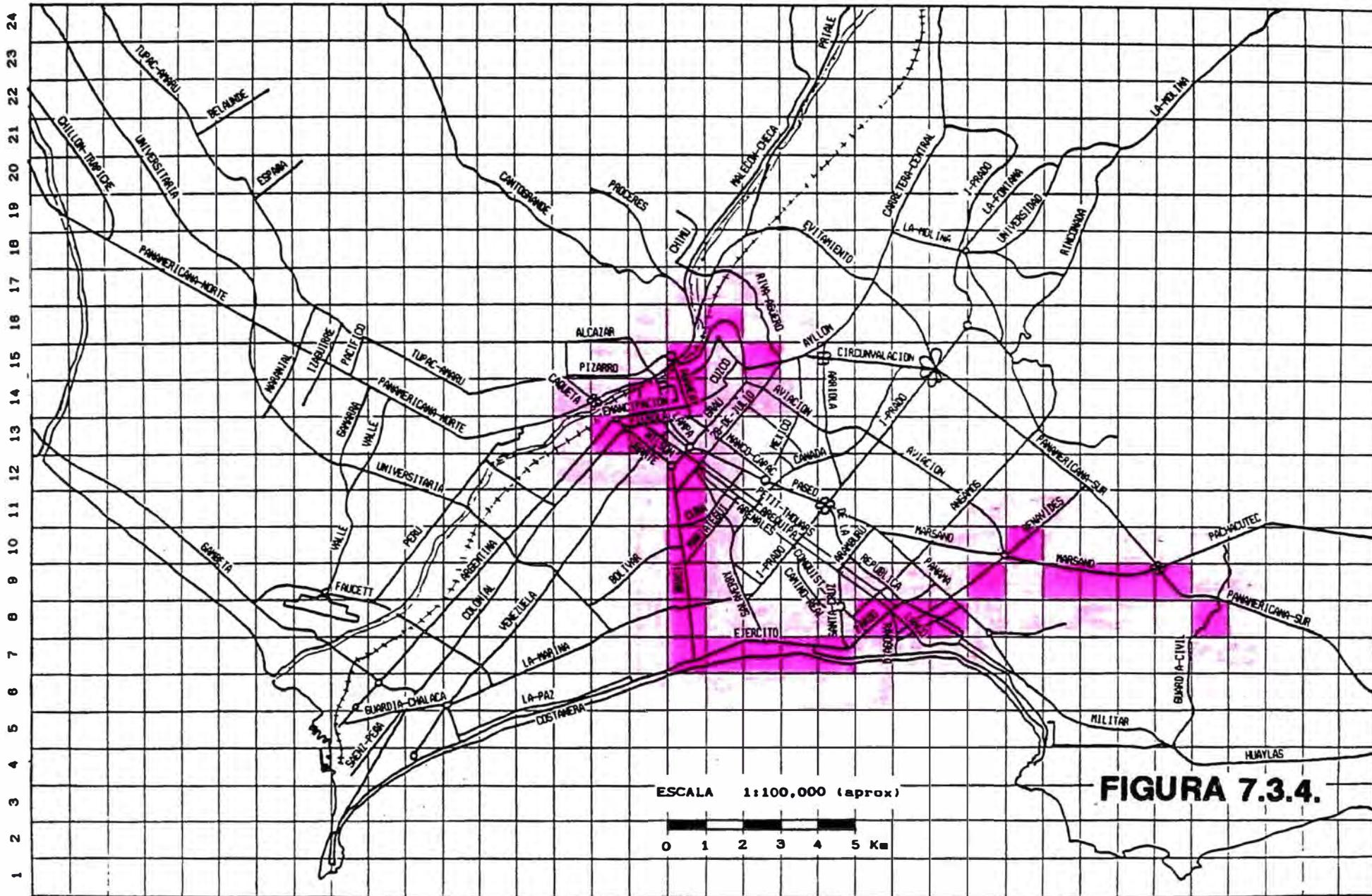


FIGURA 7.3.4.

Según podremos apreciar luego -en la corrida del modelo-, con este modo de representar las rutas es mucho más sencillo hacer el seguimiento físico de la ruta en el plano y hallar las cifras correspondientes a los valores 'L' y 'D' del modelo.

Finalmente, en la figura 7.4. se muestran las zonas pobladas de Lima, elemento que sirve de base para establecer el nivel de cobertura total y las zonas que no son atendidas en conjunto por estas cinco rutas de transporte urbano. A continuación, las cifras :

	Cobertura Directa	Cobertura Indirecta	Cobertura Total
Rutas que sirven	Km2	Km2	Km2
5	-	-	10
4	-	7	10
3	4	14	20
2	12	83	113
1	102	170	167
Con servicio	118	274	320
Sin servicio	-	-	202
TOTAL	-	-	522

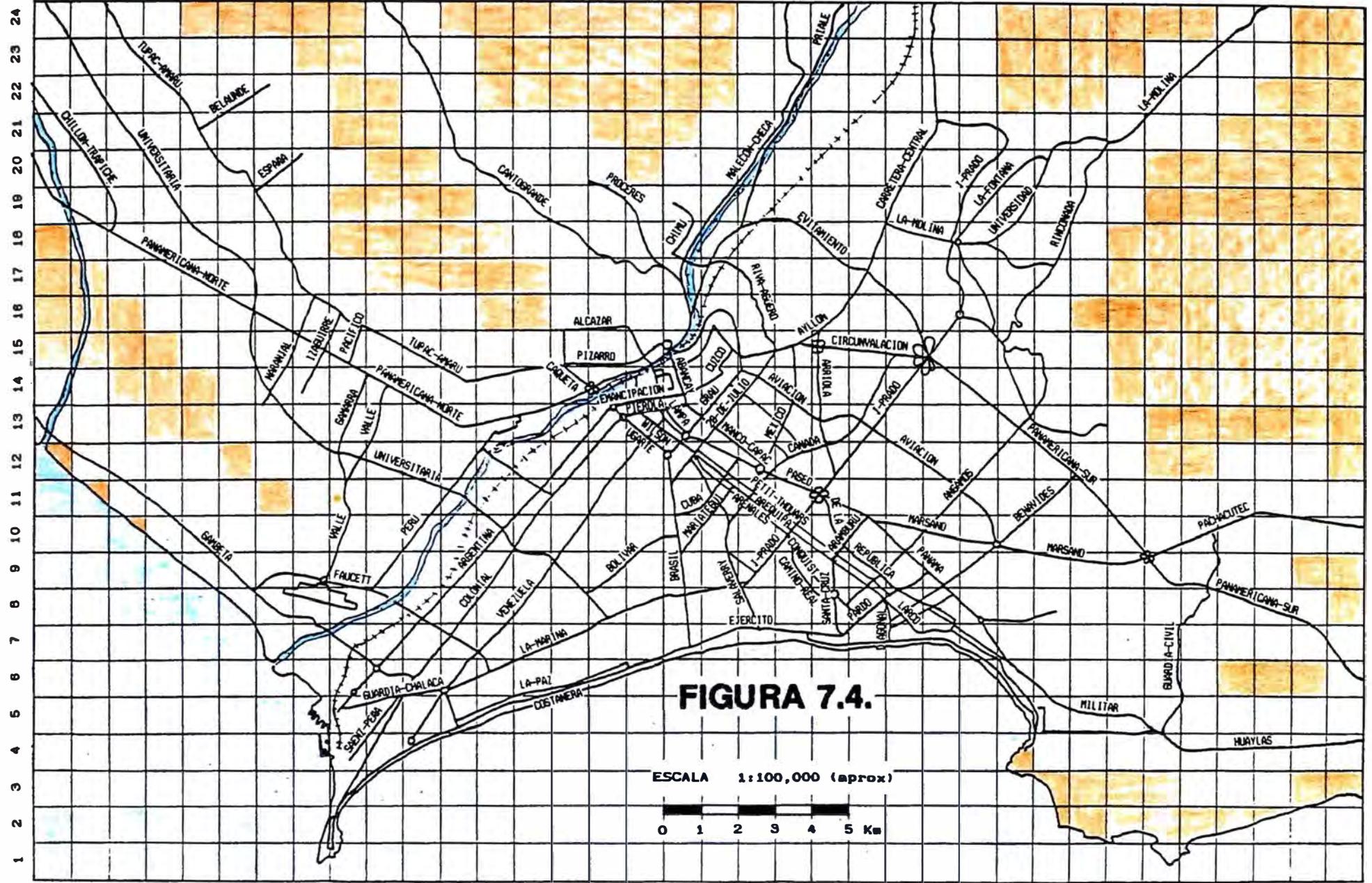


FIGURA 7.4.

ESCALA 1:100,000 (aprox)



Y
 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
 X
 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36

7.3. CORRIDA DEL MODELO

Luego de aprovechar la información generada para este modelo, de modo que nos ayude a conocer mejor el ambiente en estudio, pasamos a la aplicación del modelo L-D : EVALUACION DEL TRAZADO DE UNA RUTA DE TRANSPORTE URBANO.

Como puede apreciarse en el cuadro 7.1., hemos procedido a calcular los valores requeridos para la aplicación del modelo L-D :

- (a) RECORRIDO, a partir del conjunto continuo de 'cuadrados' que describen la trayectoria a seguir
- (b) DISTANCIA, entre los 'cuadrados' inicial y final
- (c) RADIO, calculado por prueba y error según se aprecia en la parte inferior del cuadro 7.1.
- (d) ANGULO, en grados sexagesimales a partir del valor correcto hallado por prueba y error (alfa)

Vale la pena añadir algo más en lo que respecta al cálculo del RADIO y las demás variables del modelo, que podemos encontrar en la parte inferior del cuadro 7.1. Para el cálculo correspondiente hemos utilizado la relaciones matemáticas que se obtienen a partir de la figura 7.1.(b) :

$$\text{Sen } \alpha/2 = D / 2R \quad \dots\dots(I)$$

$$L = \alpha * R \quad \dots\dots(II)$$

Con (I) y (II) obtenemos :

$$\text{Sen } \alpha/2 = (D * \alpha) / 2L \quad \dots\dots(III)$$

Entonces, a partir de (III) aplicamos el procedimiento prueba y error que consta en la parte inferior del cuadro 7.1. de modo que se cumpla la igualdad para un α que probamos. Una vez obtenido este valor de α , entonces se transforma de radianes a sexagesimal y calculamos el valor del radio para completar el conjunto.

Cuadro 7.1. : MODELO L-D para evaluar trazado de rutas de transporte

RUTA 1			RUTA 2			RUTA 3			RUTA 4			RUTA 5		
(l)	(j)	dlat												
9	7	Inicio	7	14	Inicio	5	21	Inicio	20	15	Inicio	5	17	Inicio
10	6	1.41	8	13	1.41	6	20	1.41	19	16	1.41	6	16	1.41
11	6	1.00	9	12	1.41	7	19	1.41	18	15	1.41	7	16	1.00
12	7	1.41	10	12	1.00	7	18	1.00	18	14	1.00	8	15	1.41
12	8	1.00	11	11	1.41	8	17	1.41	17	14	1.00	9	15	1.00
13	9	1.41	12	11	1.00	9	16	1.41	18	13	1.41	9	14	1.00
14	10	1.41	12	12	1.00	10	15	1.41	17	13	1.00	9	13	1.00
15	11	1.41	13	13	1.41	11	15	1.00	18	12	1.41	9	12	1.00
16	12	1.41	14	13	1.00	12	14	1.41	18	11	1.00	9	11	1.00
17	13	1.41	15	14	1.41	13	14	1.00	18	10	1.00	9	10	1.00
18	13	1.00	16	14	1.00	14	14	1.00	18	9	1.00	8	9	1.41
19	14	1.41	17	15	1.41	15	14	1.00	18	8	1.00	9	9	1.00
20	14	1.00	18	15	1.00	16	14	1.00	18	7	1.00	10	8	1.41
21	15	1.41	18	14	1.00	17	14	1.00	19	7	1.00	11	8	1.00
22	16	1.41	19	13	1.41	17	13	1.00	20	7	1.00	12	7	1.41
23	16	1.00	20	13	1.00	18	13	1.00	21	7	1.00	13	6	1.41
23	17	1.00	21	12	1.41	19	12	1.41	22	7	1.00	14	7	1.41
23	18	1.00	22	13	1.41	20	12	1.00	23	8	1.41	15	7	1.00
24	19	1.41	23	13	1.00	21	11	1.41	24	8	1.00	16	8	1.41
24	20	1.00	24	12	1.41	22	11	1.00	25	8	1.00	17	8	1.00
		Final	25	12	1.00	22	10	1.00	26	9	1.41	18	8	1.00
			26	11	1.41	23	9	1.41	27	10	1.41	19	9	1.41
			27	12	1.41	24	8	1.41	28	9	1.41	19	10	1.00
					Final	25	8	1.00	29	9	1.00	20	11	1.41
						26	8	1.00	30	9	1.00	20	12	1.00
						27	8	1.00	31	9	1.00	19	13	1.41
						28	8	1.00	32	8	1.41	18	13	1.00
						29	8	1.00			Final	18	14	1.00
						30	9	1.41				18	15	1.00
						31	10	1.41				17	15	1.00
						32	10	1.00				16	15	1.00
						33	10	1.00				15	15	1.00
						34	11	1.41				16	16	1.41
						35	10	1.41						Final
						36	10	1.00						Final
								Final						
RECORRIDO	23.8		RECORRIDO	27.0		RECORRIDO	39.8		RECORRIDO	29.7		RECORRIDO	37.0	
DISTANCIA	19.8		DISTANCIA	20.1		DISTANCIA	32.9		DISTANCIA	13.9		DISTANCIA	11.0	
RADIO	11.8		RADIO	10.5		RADIO	19.0		RADIO	7.5		RADIO	7.8	
ANGULO	114.4		ANGULO	147.7		ANGULO	120.3		ANGULO	225.9		ANGULO	270.2	

Calculo del Radio y angulo central del modelo L-D para las cinco rutas

RUTA 1				RUTA 2				RUTA 3				RUTA 4				RUTA 5			
base	1.60	recorr	23.86	base	2.60	recorr	26.97	base	2.10	recorr	39.80	base	3.73	recorr	29.73	base	4.60	recorr	36.97
deplz	0.05	dlat	19.85	deplz	0.02	dlat	20.10	deplz	0.09	dlat	32.89	deplz	0.09	dlat	13.99	deplz	0.02	dlat	11.05
*	radio	alfa	dif																
0	13.84	1.60	0.10	0	10.69	2.60	0.06	1	18.86	2.10	0.00	0	7.26	3.73	0.37	0	7.41	4.60	0.99
0	13.51	1.66	0.09	0	10.58	2.52	0.04	0	18.80	2.13	-0.01	0	7.29	3.76	0.32	0	7.47	4.62	0.99
0	13.21	1.70	0.08	0	10.52	2.54	0.02	0	18.85	2.18	-0.03	0	7.33	3.79	0.27	0	7.54	4.64	0.28
0	12.93	1.75	0.07	0	10.49	2.56	0.01	0	18.50	2.19	-0.04	0	7.37	3.82	0.22	0	7.61	4.66	0.20
0	12.67	1.80	0.06	1	10.46	2.58	0.00	0	18.38	2.22	-0.05	0	7.41	3.85	0.18	0	7.69	4.68	0.13
0	12.43	1.85	0.05	0	10.43	2.60	-0.01	0	18.23	2.25	-0.07	0	7.45	3.88	0.11	0	7.78	4.70	0.08
0	12.20	1.90	0.03	0	10.40	2.62	-0.03	0	18.10	2.28	-0.08	0	7.49	3.91	0.08	1	7.84	4.72	0.00
0	11.99	1.95	0.01	0	10.37	2.64	-0.04	0	17.98	2.31	-0.10	1	7.54	3.94	0.00	0	7.92	4.74	-0.07
1	11.79	2.00	0.00	0	10.35	2.66	-0.05	0	17.88	2.34	-0.11	0	7.59	3.97	-0.05	0	8.00	4.76	-0.14
0	11.61	2.05	-0.02	0	10.32	2.68	-0.07	0	17.75	2.37	-0.13	0	7.64	4.00	-0.11	0	8.09	4.78	-0.21

7.4. ANALISIS DE RESULTADOS

Revisando los resultados obtenidos en la corrida del modelo, los mismos que se muestran en el cuadro 7.1., podemos hacer algunos comentarios :

- (a) Por lo que se aprecia, existe una virtual equivalencia en cuanto a la bondad de trazo para las rutas 1 y 3; sin embargo, la distancia que une los puntos inicial y final de la ruta 3 es mucho mayor que la correspondiente de la ruta 1 (casi el doble). Ambas son, para el conjunto de las cinco rutas que estudiamos, las muestran el trazado más eficiente según criterio propuesto en modelo L-D.
- (b) La ruta 5 muestra un valor de α bastante elevado, lo que coloca a esta ruta como la de trazo más ineficiente, siempre de acuerdo al criterio señalado.
- (c) En un punto intermedio encontramos, de mayor a menor eficiencia, a las rutas 2 y 4, la primera de ellas muy cerca a las dos rutas más eficientes (rutas 1 y 3), la otra más cerca de la menos eficiente (ruta 5).

(d) En lugar de utilizar el ángulo α como indicador de eficiencia, podríamos utilizar simplemente la relación *DISTANCIA* vs *RECORRIDO*, lo que daría un resultado equivalente según puede verificarse :

MODELO L-D	RUTA 1	RUTA 2	RUTA 3	RUTA 4	RUTA 5
RECORRIDO	23.56	26.97	39.80	29.73	36.97
DISTANCIA	19.85	20.10	32.89	13.89	11.05
ANGULO	114.4	147.7	120.3	225.9	270.2
%EFICIENCIA	84.25%	74.53%	82.64%	46.72%	29.89%

(e) En general, podemos establecer una equivalencia entre valores porcentuales y el ángulo central para cada cuadrante del círculo trigonométrico, lo que mostramos en la siguiente tabla :

CUADRANTE	RANGO DE VALORES		% DE EFICIENCIA	
	INICIO	FINAL	MAXIMO	MINIMO
I	0°	90°	100%	90%
II	90°	180°	90%	64%
III	180°	270°	64%	30%
IV	270°	360°	30%	0%

8.- MODELO DE SIMULACION APLICADO A LA PROYECCION DE TENDENCIAS ORIGEN-DESTINO EN UNA RUTA DE TRANSPORTE URBANO

8.1. ENUNCIADO GENERAL

Con este modelo mostraremos que a partir del flujo de pasajeros que se verifica en cada uno de los paraderos en el recorrido de una línea de transporte podemos proyectar las tendencias origen-destino a lo largo de dicho recorrido.

Es fácil conocer el flujo de pasajeros al abordar el vehículo, o sea, cantidad y lugar; sin embargo, al bajar sólo conocemos la cantidad de pasajeros y el lugar de destino, mas no el lugar de origen. Para poder averiguarlo trabajamos el modelo mencionado bajo un supuesto fundamental : 'LA PROBABILIDAD DE BAJAR ES PROPORCIONAL A LA DISTANCIA RECORRIDA Y ESTA CONDICIONADA POR EL FLUJO DE PASAJEROS'.

Así, seleccionaremos los pasajeros que bajan en cada paradero aplicando el método de montecarlo con una distribución de probabilidad discreta sugerida por nuestro supuesto y de acuerdo al número de pasajeros que abandonan la unidad en cada paradero.

Para ello los pasajeros serán identificados con un número de control (consecutivo) al momento de abordar la unidad, y la distancia recorrida se simplificará con el conteo de paraderos acumulados por cada pasajero valiéndonos del número de control que definimos para él, asumiendo entonces la ubicación uniforme de los paraderos en el recorrido.

Además, el flujo de pasajeros mencionado se mantendrá constante, es decir, se asumirá una tendencia 'promedio' de este flujo que es producido por combinaciones diversas de subidas y bajadas, las que a su vez configuran finalmente las tendencias origen-destino que queremos identificar.

No esta de más mencionar la posibilidad de mejorar el criterio para definir quién baja en cada paradero, esto quiere decir que al criterio de 'mayor probabilidad para el pasajero que subió antes. podemos agregar otros tales como 'afinidad entre la zona de subida y un paradero dado...', lo que indudablemente mejoraría los resultados del modelo, el mismo que, en esencia, sólo sufriría un pequeño cambio al redefinir el cálculo de la probabilidad de bajada en cada paradero para cada pasajero a bordo, manteniendo las otras condiciones del problema.

En nuestro caso, trabajaremos el criterio simple sólo para mostrar más fácilmente el desarrollo del modelo y el caso práctico que mostramos luego.

Finalmente, también podríamos modificar el supuesto de 'flujo constante', de modo que sea variable de acuerdo a criterios predefinidos y acercarse más a la realidad, lo que provocaría cambios importantes en el diseño del modelo; en esta oportunidad no se incluirá en él ya que el supuesto original satisface los objetivos del presente estudio, es decir, una muestra didáctica de la aplicación de modelos de simulación para identificar tendencias origen-destino en una ruta de transporte urbano.

8.2. DESARROLLO DE UN CASO PRACTICO

Para mostrar el funcionamiento de este modelo, hemos trabajado el hipotético caso de una ruta que cubre una distancia de 4.5 km, con diez paraderos ubicados uno cada 500 metros (incluye inicial y final), inspirado en el trayecto que cubren camionetas rurales (también llamadas 'combis') en una céntrica avenida de Lima (Av. Arequipa, entre 28 de Julio y el Ovalo Central de Miraflores). Las cifras de pasajeros que suben y bajan en cada paradero corresponden a valores promedio de las estimaciones que hicieron un grupo de usuarios de la ruta consultados para ello.

La cantidad de pasajeros que suben y bajan en cada paradero (flujo) se muestra a continuación en el siguiente cuadro :

Paradero	Suben	Bajan
1	3	0
2	5	0
3	8	1
4	5	3
5	6	4
6	7	5
7	3	6
8	3	10
9	0	7
10	0	4

Además, considerando unidades cuya capacidad es de 18 asientos, todo exceso nos ubicará sobre el nivel de mínima comodidad, estableciéndose con la información mostrada, un criterio de 'calidad del servicio', comparando el número de pasajeros a bordo y aquel que fija un tope de mínima comodidad, observando cuál es el porcentaje de la ruta que se cubre estando encima de ese tope.

El criterio cuantitativo mencionado, resultado lateral del modelo de tendencias, sería de mucha utilidad para estudios sobre la calidad del servicio que prestan las unidades de transporte, elemento que es uno de los criterios más importantes -junto con el estado de conservación del vehículo- para la fijación de las tarifas.

La identificación de tendencias origen-destino en una ruta de transporte resulta de gran utilidad para estudiar la relación oferta-demanda que existe en ella; además, si a ello agregamos información similar obtenida en otras rutas (las más importantes), podemos finalmente llegar a enunciar las tendencias origen-destino globales en ese gran espacio urbano llamado Lima, y con ayuda el criterio 'tope de comodidad mínima', verificar la calidad del servicio.

8.3. CORRIDA DEL MODELO

Según los supuestos del enunciado general y las características del problema práctico propuesto, hemos diseñado el modelo correspondiente, haciendo uso de una hoja electrónica y considerando los siguientes módulos:

- A.- Generación de subidas y bajadas, en una matriz donde las filas tienen a los pasajeros y las columnas a los paraderos; se ingresa los datos de subida (pasajero y paradero) y de bajada (cantidad de pasajeros que bajan y paradero), registrando luego el pasajero que baja y su paradero correspondiente según información suministrada por el módulo B. (ver Cuadro 8.1.)
- B.- Bajadas en cada paradero, una matriz similar a la del módulo A; a partir de la información base de este módulo se determinan las probabilidades asociadas a la bajada de cada pasajero, y con el número random correspondiente (función interna de la hoja electrónica), se determina pasajero que baja y paradero de bajada, derivando toda esta información de vuelta al módulo A para su registro (ver cuadro 8.2.).

C.- Subida y Bajada de cada pasajero (resumen), con una columna que tiene el número de paradero de subida, otra con el paradero de bajada y una tercera indicando la distancia recorrida (en número de paraderos), con una fila por cada pasajero y dos bloques con el artificio empleado para encontrar los número de paradero de subida y de bajada en cada pasajero desde el módulo A.

Si bien en el módulo A se muestra la información de subidas y bajadas, es necesario darles el formato necesario para acumular los resultados de los experimentos montecarlo a realizar; la información del módulo C es la entrada más adecuada para el módulo D (ver Cuadro 8.3.).

D.- Esquema Base-Desplazamiento para registrar subida/bajada, este módulo es el que, como se aprecia en el Cuadro 8.4., acumula los resultados que luego se mostrarán en el cuadro final de tendencias origen-destino; la base es el paradero inicial y el desplazamiento el final, siendo el resultado base-desplazamiento un casillero único entre 1 y 100; estos resultados, uno para cada pasajero, se registran en la gran matriz del cuadro mencionado.

E.- Tendencias Origen-Destino (cuadro final), en el que mostramos los resultados de 100 experimentos, es decir, 4000 pasajeros que han hecho uso de la ruta, o lo que es lo mismo, el trabajo realizado por 100 unidades de transporte, trasladando un promedio de 40 pasajeros cada una.

Como puede apreciarse en el cuadro 8.5., los resultados aparecen tanto en cantidad de pasajeros como en porcentaje respecto del total, en forma de matriz Origen-Destino (fila-columna), según acumulación hecha desde módulo D.

Cuadro 8.1. : Generacion Subidas/Bajadas en Modelo de Tendencias

nro	1			2			3			4			5			6			7			8			9			10			nro					
	eu	ba	wo		eu	ba	wo																													
1	0	0	1	0	1	1	1	0	2	1	1	3	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1		
2	0	0	1	0	1	1	0	2	1	0	3	1	1	4	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	2	2		
3	0	0	1	0	1	1	0	2	1	0	3	1	0	4	1	0	5	1	1	6	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	3	3		
4	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	4		
5	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	2	1	1	3	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	5		
6	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	2	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	6		
7	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	2	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	7		
8	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	2	1	0	3	1	0	4	1	0	5	1	1	6	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	8		
9	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	2	1	0	3	1	0	4	1	0	5	1	1	6	0	1	0	0	1	0	0	9			
10	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	2	1	0	3	1	0	4	1	1	5	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	10			
11	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	2	1	0	3	1	0	4	1	0	5	1	1	6	0	1	0	0	1	0	0	11			
12	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	2	1	0	3	1	1	4	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	12			
13	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	2	1	1	3	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	13			
14	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	2	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	14			
15	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	2	1	1	3	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	15			
16	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	2	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	16			
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	2	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	17			
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	2	1	0	3	1	1	4	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	18		
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	2	1	1	3	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	19		
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	2	1	1	3	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	20		
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	2	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	21		
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	2	1	1	3	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	22			
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	2	1	1	3	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	23			
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	24			
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	2	1	0	3	1	1	4	0	1	0	1	0	0	25			
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	2	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	26		
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	2	1	1	3	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	27		
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	2	1	0	3	1	1	4	1	0	0	28			
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	29	
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	2	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	30		
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	2	1	1	3	0	1	0	1	0	0	31			
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	2	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	32		
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	2	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	33		
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	2	1	1	3	0	1	0	1	0	0	34			
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	2	1	1	3	1	0	0	1	0	0	35	
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	36
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	2	1	1	3	1	0	0	1	0	0	37	
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	38		
39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	39		
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	2	1	1	2	1	0	0	40		
nro	eu	ba	wo	eu	ba	wo	nro																													
pej	be	ja	rk	be	ja	rk	pej																													
sube	3			8			16			20			23			26			24			21			11			4			26					
baja	0			0			1			3			4			6			6			10			7			4			40					
base	0			0			3			11			25			35			43			53			52			32			12					
	0			0			1			4			8			13			19			29			35			40								

Cuadro 8.2. : Bajadas por paradero en Modelo de Tendencias (I)

	3	6	4	12	1	10	5	9	20	21	3		
1	0	2	0	0	3	0	1	0	0	1	0	0	1
2	0	2	2	0	3	3	0	3	0	0	4	0	1
3	0	2	4	0	3	6	0	3	3	0	4	4	0
4	0	1	6	1	0	9	1	0	6	1	0	6	1
5	0	1	7	0	2	9	0	2	6	0	3	8	1
6	0	1	8	0	2	11	1	0	8	1	0	8	1
7	0	1	9	0	2	13	0	2	11	0	2	8	1
8	0	1	10	0	2	15	0	2	13	0	2	10	0
9	0	0	11	0	1	17	0	1	15	0	1	12	0
10	0	0	11	0	1	18	0	1	16	0	1	13	0
11	0	0	11	0	1	19	0	1	17	0	1	14	0
12	0	0	11	0	1	20	0	1	18	0	1	15	0
13	0	0	11	0	1	21	0	1	19	0	1	16	0
14	0	0	11	0	1	22	0	1	20	0	1	17	0
15	0	0	11	0	1	23	0	1	21	0	1	18	0
16	0	0	11	0	1	24	0	1	22	0	1	19	0
17	0	0	11	0	0	25	0	0	23	0	0	20	0
18	0	0	11	0	0	25	0	0	23	0	0	20	0
19	0	0	11	0	0	25	0	0	23	0	0	20	0
20	0	0	11	0	0	25	0	0	23	0	0	20	0
21	0	0	11	0	0	25	0	0	23	0	0	20	0
22	0	0	11	0	0	25	0	0	23	0	0	20	0
23	0	0	11	0	0	25	0	0	23	0	0	20	0
24	0	0	11	0	0	25	0	0	23	0	0	20	0
25	0	0	11	0	0	25	0	0	23	0	0	20	0
26	0	0	11	0	0	25	0	0	23	0	0	20	0
27	0	0	11	0	0	25	0	0	23	0	0	20	0
28	0	0	11	0	0	25	0	0	23	0	0	20	0
29	0	0	11	0	0	25	0	0	23	0	0	20	0
30	0	0	11	0	0	25	0	0	23	0	0	20	0
31	0	0	11	0	0	25	0	0	23	0	0	20	0
32	0	0	11	0	0	25	0	0	23	0	0	20	0
33	0	0	11	0	0	25	0	0	23	0	0	20	0
34	0	0	11	0	0	25	0	0	23	0	0	20	0
35	0	0	11	0	0	25	0	0	23	0	0	20	0
36	0	0	11	0	0	25	0	0	23	0	0	20	0
37	0	0	11	0	0	25	0	0	23	0	0	20	0
38	0	0	11	0	0	25	0	0	23	0	0	20	0
39	0	0	11	0	0	25	0	0	23	0	0	20	0
40	0	0	11	0	0	25	0	0	23	0	0	20	0
	3	11	4	25	23	20	5	35	32	30	28		

Cuadro 8.2. : Bajadas por paradero en Modelo de Tendencias (II)

	27	25	30	21	29	30	33	42	29	4	27
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5
4	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0
5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0
6	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0
7	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0
8	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4
9	3	9	3	9	3	9	3	9	3	9	3
10	3	12	3	12	3	12	3	12	3	12	3
11	3	15	3	15	3	15	3	15	3	15	3
12	3	18	3	18	3	18	3	18	3	18	3
13	3	21	3	21	3	21	3	21	3	21	3
14	0	24	0	24	0	24	0	24	0	24	0
15	3	24	3	24	3	24	3	24	3	24	3
16	0	27	0	27	0	27	0	27	0	27	0
17	2	27	2	27	2	27	2	27	2	27	2
18	2	29	2	29	2	29	2	29	2	29	2
19	2	31	2	31	2	31	2	31	2	31	2
20	2	33	2	33	2	33	2	33	2	33	2
21	2	35	2	35	2	35	2	35	2	35	2
22	1	37	1	37	1	37	1	37	1	37	1
23	1	38	1	38	1	38	1	38	1	38	1
24	1	39	1	39	1	39	1	39	1	39	1
25	1	40	1	40	1	40	1	40	1	40	1
26	1	41	1	41	1	41	1	41	1	41	1
27	1	42	1	42	1	42	1	42	1	42	1
28	0	43	0	43	0	43	0	43	0	43	0
29	0	43	0	43	0	43	0	43	0	43	0
30	0	43	0	43	0	43	0	43	0	43	0
31	0	43	0	43	0	43	0	43	0	43	0
32	0	43	0	43	0	43	0	43	0	43	0
33	0	43	0	43	0	43	0	43	0	43	0
34	0	43	0	43	0	43	0	43	0	43	0
35	0	43	0	43	0	43	0	43	0	43	0
36	0	43	0	43	0	43	0	43	0	43	0
37	0	43	0	43	0	43	0	43	0	43	0
38	0	43	0	43	0	43	0	43	0	43	0
39	0	43	0	43	0	43	0	43	0	43	0
40	0	43	0	43	0	43	0	43	0	43	0
6	43	40	38	36	33	7	53	50	47	46	42

Cuadro 8.2. : Bajadas por paradero en Modelo de Tendencias (III)

	11	39	26	8	22	23	11	21	24	11
1	0 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1
2	0 0 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1
3	0 0 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1
4	0 0 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1
5	0 0 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1
6	0 0 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1
7	0 0 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1
8	6 0 0	6 0 0	6 0 0	6 0 1	6 0 1	6 0 1	6 0 1	6 0 1	6 0 1	6 0 1
9	5 6 0	5 6 0	5 6 0	5 6 0	5 0 0	5 0 0	5 0 0	5 0 0	5 0 0	5 0 0
10	5 11 1	5 11 1	5 11 1	5 11 1	5 6 1	5 6 1	5 6 1	5 6 1	5 6 1	5 6 1
11	5 16 0	5 11 0	5 11 0	5 11 0	5 5 0	5 5 0	5 5 0	5 5 0	5 5 0	5 5 0
12	0 21 1	0 16 1	0 16 1	0 16 1	0 10 1	0 10 1	0 10 1	0 10 1	0 10 1	0 10 1
13	0 21 1	0 16 1	0 16 1	0 16 1	0 10 1	0 10 1	0 10 1	0 10 1	0 10 1	0 10 1
14	0 21 1	0 16 1	0 16 1	0 16 1	0 10 1	0 10 1	0 10 1	0 10 1	0 10 1	0 10 1
15	0 21 1	0 16 1	0 16 1	0 16 1	0 10 1	0 10 1	0 10 1	0 10 1	0 10 1	0 10 1
16	0 21 1	0 16 1	0 16 1	0 16 1	0 10 1	0 10 1	0 10 1	0 10 1	0 10 1	0 10 1
17	0 21 1	0 16 1	0 16 1	0 16 1	0 10 1	0 10 1	0 10 1	0 10 1	0 10 1	0 10 1
18	4 21 0	4 16 0	4 16 0	4 16 0	4 10 0	4 10 0	4 10 1	4 10 1	4 10 1	4 10 1
19	0 25 1	0 20 1	0 20 1	0 20 1	0 14 1	0 14 1	0 14 1	0 10 1	0 10 1	0 10 1
20	0 25 1	0 20 1	0 20 1	0 20 1	0 14 1	0 14 1	0 14 1	0 10 1	0 10 1	0 10 1
21	0 25 1	0 20 1	0 20 1	0 20 1	0 14 1	0 14 1	0 14 1	0 10 1	0 10 1	0 10 1
22	3 25 0	3 20 0	3 20 0	3 20 0	3 14 0	3 14 0	3 14 0	3 10 0	3 10 0	3 10 1
23	3 28 0	3 23 0	3 23 1	3 23 1	3 17 1	3 17 1	3 17 1	3 13 1	3 13 1	3 13 1
24	0 31 1	0 26 1	0 26 1	0 23 1	0 17 1	0 17 1	0 17 1	0 13 1	0 13 1	0 13 1
25	3 31 0	3 26 0	3 26 0	3 23 0	3 17 0	3 17 0	3 17 0	3 13 0	3 13 0	3 13 0
26	0 34 1	0 29 1	0 29 1	0 26 1	0 20 1	0 20 1	0 20 1	0 16 1	0 16 1	0 16 1
27	3 34 0	3 29 0	3 29 0	3 26 0	3 20 1	3 20 1	3 20 1	3 16 1	3 16 1	3 16 1
28	2 37 0	2 32 0	2 32 0	2 29 0	2 23 0	2 20 0	2 20 0	2 16 0	2 16 0	2 16 0
29	0 39 1	0 34 1	0 34 1	0 31 1	0 25 1	0 22 1	0 22 1	0 18 1	0 18 1	0 18 1
30	2 39 0	2 34 0	2 34 0	2 31 0	2 25 0	2 22 1	2 22 1	2 18 1	2 18 1	2 18 1
31	2 41 0	2 36 0	2 36 0	2 33 0	2 27 0	2 24 0	2 22 0	2 18 0	2 18 0	2 18 0
32	2 43 0	2 38 1	2 38 1	2 35 1	2 29 1	2 26 1	2 24 1	2 20 1	2 20 1	2 20 1
33	2 45 0	2 40 0	2 38 0	2 35 0	2 29 0	2 26 0	2 24 0	2 20 1	2 20 1	2 20 1
34	2 47 0	2 42 0	2 40 0	2 37 0	2 31 0	2 28 0	2 26 0	2 22 0	2 20 0	2 20 0
35	1 49 0	1 44 0	1 42 0	1 39 0	1 33 0	1 30 0	1 28 0	1 24 0	1 22 0	1 22 0
36	1 50 0	1 45 0	1 43 0	1 40 0	1 34 0	1 31 0	1 29 0	1 25 0	1 23 1	1 23 1
37	1 51 0	1 46 0	1 44 0	1 41 0	1 35 0	1 32 0	1 30 0	1 26 0	1 24 0	1 23 0
38	0 52 0	0 47 0	0 45 0	0 42 0	0 36 0	0 33 0	0 31 0	0 27 0	0 25 0	0 24 0
39	0 52 0	0 47 0	0 45 0	0 42 0	0 36 0	0 33 0	0 31 0	0 27 0	0 25 0	0 24 0
40	0 52 0	0 47 0	0 45 0	0 42 0	0 36 0	0 33 0	0 31 0	0 27 0	0 25 0	0 24 0
Σ	52	47	45	42	36	33	31	27	25	24

Cuadro 8.2. : Bajadas por paradero en Modelo de Tendencias (IV)

	9	31	29	21	10	9	10	4	10	11	8	3	1
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	6	1	6	1	6	1	6	1	6	1	6	1	6
11	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6
12	12	1	12	1	12	1	12	1	12	1	12	1	12
13	12	1	12	1	12	1	12	1	12	1	12	1	12
14	12	1	12	1	12	1	12	1	12	1	12	1	12
15	12	1	12	1	12	1	12	1	12	1	12	1	12
16	12	1	12	1	12	1	12	1	12	1	12	1	12
17	12	1	12	1	12	1	12	1	12	1	12	1	12
18	12	1	12	1	12	1	12	1	12	1	12	1	12
19	12	1	12	1	12	1	12	1	12	1	12	1	12
20	12	1	12	1	12	1	12	1	12	1	12	1	12
21	12	1	12	1	12	1	12	1	12	1	12	1	12
22	12	1	12	1	12	1	12	1	12	1	12	1	12
23	12	1	12	1	12	1	12	1	12	1	12	1	12
24	12	1	12	1	12	1	12	1	12	1	12	1	12
25	4	12	4	12	4	12	4	12	4	12	4	12	4
26	0	16	0	16	0	16	0	16	0	16	0	16	0
27	0	16	0	16	0	16	0	16	0	16	0	16	0
28	3	16	3	16	3	16	3	16	3	16	3	16	3
29	0	19	0	19	0	19	0	19	0	19	0	19	0
30	0	19	0	19	0	19	0	19	0	19	0	19	0
31	3	19	3	19	3	19	3	19	3	19	3	19	3
32	0	22	0	22	0	22	0	22	0	22	0	22	0
33	0	22	0	22	0	22	0	22	0	22	0	22	0
34	3	22	3	22	3	22	3	22	3	22	3	22	3
35	2	25	2	25	2	25	2	25	2	25	2	25	2
36	0	27	0	27	0	27	0	27	0	27	0	27	0
37	2	27	2	27	2	27	2	27	2	27	2	27	2
38	1	29	1	29	1	29	1	29	1	29	1	29	1
39	1	30	1	30	1	30	1	30	1	30	1	30	1
40	1	31	1	30	1	29	1	26	1	20	1	7	3
9	32	31	30	27	21	17	14	10	12	10	7	3	

**Cuadro 8.3. : Subida/Bajada de cada pasajero
en el Modelo de Tendencias (resumen)**

nro pej	su be	ba ja	di st	Para hallar paradero de bajada										Para hallar paradero de subida									
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	4	3	1	2	3	4	0	0	0	0	0	0	1	2	3	4	99	99	99	99	99	99
2	1	5	4	1	2	3	4	5	0	0	0	0	0	1	2	3	4	5	99	99	99	99	99
3	1	7	6	1	2	3	4	5	6	7	0	0	0	1	2	3	4	5	6	7	99	99	99
4	2	3	1	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	99	2	3	99	99	99	99	99	99	99
5	2	5	3	0	2	3	4	5	0	0	0	0	0	99	2	3	4	5	99	99	99	99	99
6	2	4	2	0	2	3	4	0	0	0	0	0	0	99	2	3	4	99	99	99	99	99	99
7	2	4	2	0	2	3	4	0	0	0	0	0	0	99	2	3	4	99	99	99	99	99	99
8	2	6	6	0	2	3	4	5	6	7	8	0	0	99	2	3	4	5	6	7	8	99	99
9	3	9	6	0	0	3	4	5	6	7	8	9	0	99	99	3	4	5	6	7	8	9	99
10	3	6	5	0	0	3	4	5	6	7	8	0	0	99	99	3	4	5	6	7	8	99	99
11	3	9	6	0	0	3	4	5	6	7	8	9	0	99	99	3	4	5	6	7	8	9	99
12	3	7	4	0	0	3	4	5	6	7	0	0	0	99	99	3	4	5	6	7	99	99	99
13	3	6	3	0	0	3	4	5	6	0	0	0	0	99	99	3	4	5	6	99	99	99	99
14	3	5	2	0	0	3	4	5	0	0	0	0	0	99	99	3	4	5	99	99	99	99	99
15	3	6	3	0	0	3	4	5	6	0	0	0	0	99	99	3	4	5	6	99	99	99	99
16	3	5	2	0	0	3	4	5	0	0	0	0	0	99	99	3	4	5	99	99	99	99	99
17	4	6	2	0	0	0	4	5	6	0	0	0	0	99	99	99	4	5	6	99	99	99	99
18	4	8	4	0	0	0	4	5	6	7	8	0	0	99	99	99	4	5	6	7	8	99	99
19	4	7	3	0	0	0	4	5	6	7	0	0	0	99	99	99	4	5	6	7	99	99	99
20	4	7	3	0	0	0	4	5	6	7	0	0	0	99	99	99	4	5	6	7	99	99	99
21	4	6	2	0	0	0	4	5	6	0	0	0	0	99	99	99	4	5	6	99	99	99	99
22	5	6	3	0	0	0	0	5	6	7	8	0	0	99	99	99	99	5	6	7	8	99	99
23	5	8	3	0	0	0	0	5	6	7	8	0	0	99	99	99	99	5	6	7	8	99	99
24	5	6	1	0	0	0	0	5	6	0	0	0	0	99	99	99	99	5	6	99	99	99	99
25	5	9	4	0	0	0	0	5	6	7	8	9	0	99	99	99	99	5	6	7	8	9	99
26	5	7	2	0	0	0	0	5	6	7	0	0	0	99	99	99	99	5	6	7	99	99	99
27	5	8	3	0	0	0	0	5	6	7	8	0	0	99	99	99	99	5	6	7	8	99	99
28	6	10	4	0	0	0	0	0	6	7	8	9	10	99	99	99	99	99	6	7	8	9	10
29	6	7	1	0	0	0	0	0	6	7	0	0	0	99	99	99	99	99	6	7	99	99	99
30	6	6	2	0	0	0	0	0	6	7	8	0	0	99	99	99	99	99	6	7	8	99	99
31	6	9	3	0	0	0	0	0	6	7	8	9	0	99	99	99	99	99	6	7	8	9	99
32	6	8	2	0	0	0	0	0	6	7	8	0	0	99	99	99	99	99	6	7	8	99	99
33	6	6	2	0	0	0	0	0	6	7	8	0	0	99	99	99	99	99	6	7	8	99	99
34	6	9	3	0	0	0	0	0	6	7	8	9	0	99	99	99	99	99	6	7	8	9	99
35	7	10	3	0	0	0	0	0	0	7	8	9	10	99	99	99	99	99	99	7	8	9	10
36	7	6	1	0	0	0	0	0	0	7	8	0	0	99	99	99	99	99	99	7	8	99	99
37	7	10	3	0	0	0	0	0	0	7	8	9	10	99	99	99	99	99	99	7	8	9	10
38	8	9	1	0	0	0	0	0	0	0	8	9	0	99	99	99	99	99	99	8	9	99	99
39	8	9	1	0	0	0	0	0	0	0	8	9	0	99	99	99	99	99	99	99	8	9	99
40	8	10	2	0	0	0	0	0	0	0	8	9	10	99	99	99	99	99	99	99	8	9	10

nro prom 2.9

pej

Cuadro 8.4. : Esquema Base-Desplazamiento para registrar subida/bajada por pasajero (I)

Nro Pa	Su be	Ba ja	B+ D	1																				2
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	1	4	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
2	1	5	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
3	1	7	7	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
4	2	3	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0		
5	2	5	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0		
6	2	4	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0		
7	2	4	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0		
8	2	8	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0		
9	3	9	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
10	3	8	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
11	3	9	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
12	3	7	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
13	3	6	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
14	3	5	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
15	3	6	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
16	3	5	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
17	4	6	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
18	4	8	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
19	4	7	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
20	4	7	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
21	4	6	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
22	5	8	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
23	5	8	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
24	5	6	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
25	5	9	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
26	5	7	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
27	5	8	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
28	6	10	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
29	6	7	57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
30	6	8	58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
31	6	9	59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
32	6	8	58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
33	6	8	58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
34	6	9	59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
35	7	10	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
36	7	8	68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
37	7	10	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
38	8	9	79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
39	8	9	79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
40	8	10	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
				0	0	64	86	77	43	24	14	2	0	0	0	48	112	97	111	78	47	8	3	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	

Cuadro 8.4. : Esquema Base-Desplazamiento para registrar subida/bajada por pasajero (II)

Nro Pa	Su be	Ba ja	B+	3																	4		
				21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1	1	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	1	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	1	7	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	2	3	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	2	5	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	2	4	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	2	4	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	2	8	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	3	9	29	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	3	8	28	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11	3	9	29	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12	3	7	27	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13	3	6	26	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14	3	5	25	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15	3	6	26	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
16	3	5	25	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17	4	6	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
18	4	8	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
19	4	7	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
20	4	7	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
21	4	6	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
22	5	8	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23	5	8	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
24	5	6	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
25	5	9	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
26	5	7	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
27	5	8	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
28	6	10	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
29	6	7	57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
30	6	8	58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
31	6	9	59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
32	6	8	58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
33	6	8	58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
34	6	9	59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
35	7	10	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
36	7	8	68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
37	7	10	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
38	8	9	79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
39	8	9	79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
40	8	10	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
				0	0	0	102	166	192	157	191	42	1	0	0	0	0	71	115	112	154	41	7
				21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40

Cuadro 8.4. : Esquema Base-Desplazamiento para registrar subida/bajada por pasajero (V)

Nro Pa	100 100			9																			10	
	Su be	Ba ja	B+	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	***	
1	1	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	1	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	1	7	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	2	3	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	2	5	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	2	4	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	2	4	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	2	8	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	3	9	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	3	8	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11	3	9	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12	3	7	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13	3	6	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14	3	5	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15	3	8	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
16	3	5	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17	4	6	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18	4	8	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19	4	7	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20	4	7	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
21	4	6	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22	5	8	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23	5	8	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
24	5	8	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
25	5	9	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
26	5	7	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
27	5	8	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
28	6	10	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
29	6	7	57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
30	6	8	58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
31	6	9	59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
32	6	8	58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
33	6	8	58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
34	6	9	59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
35	7	10	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
36	7	8	68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
37	7	10	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
38	8	9	79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
39	8	9	79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
40	8	10	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
				81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	***	

**Cuadro 8.5. : Tendencias Origen-Destino
(resultado final)**

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	0	54	86	77	43	24	14	2	0
2	0	0	46	112	97	111	76	47	8	3
3	0	0	0	102	155	152	157	191	42	1
4	0	0	0	0	71	115	112	154	41	7
5	0	0	0	0	0	79	140	236	125	20
6	0	0	0	0	0	0	91	277	241	91
7	0	0	0	0	0	0	0	81	135	84
8	0	0	0	0	0	0	0	0	106	194
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

4000

%	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0.0	0.0	1.4	2.2	1.9	1.1	0.6	0.4	0.1	0.0
2	0.0	0.0	1.2	2.8	2.4	2.8	1.9	1.2	0.2	0.1
3	0.0	0.0	0.0	2.6	3.9	3.8	3.9	4.8	1.1	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	2.9	2.8	3.9	1.0	0.2
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	3.5	5.9	3.1	0.5
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	6.9	6.0	2.3
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	3.4	2.1
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	4.9
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

100.6

8.4. ANALISIS DE RESULTADOS

Los resultados finales que corresponden a la realización de 100 experimentos con el modelo que proponemos aparecen en el cuadro 8.5., generado por el módulo E : TENDENCIAS ORIGEN-DESTINO (cuadro final).

Puede apreciarse, a partir de estos resultados, una tendencia a concentrar los viajes hacia los últimos paraderos y un predominio de los viajes medianos respecto de los cortos y largos desplazamientos. Veamos a continuación algunas precisiones al respecto:

- (a) El paradero 8 absorbe un 25% del total de destinos, según flujo utilizado que se confirma revisando los resultados; más de la mitad provienen de los paraderos 5 y 6.
- (b) El promedio de distancia que recorren los pasajeros es de 3 paraderos , lo que se explica a partir del supuesto empleado para generar probabilidad de bajada, aunque es evidente que esto no necesariamente se mantendría de aplicar criterios adicionales.

- (c) En el paradero 3, también según el flujo de pasajeros, sube el 20% del total, los mismos que van bajando casi uniformemente en los paraderos siguientes, especialmente en 5, 6, 7 y 8 (en este último se tiene el máximo nivel de bajadas, manteniéndose los otros más o menos parejos)
- (d) Los tramos 3-4 y 8-9 son los más utilizados entre los cortos. En cada uno de ellos encontramos casi el 3% del total de pasajeros. Por otro lado, nadie ha hecho uso pleno de la ruta (1-10) y muy pocos recorren una distancia mayor a 7 paraderos.
- (e) Resulta evidente que, a partir de los resultados obtenidos, habilitar una ruta adicional que sólo cubra el tramo comprendido entre el paradero 4 y 8 ayudaría a elevar la calidad del servicio eliminando el exceso por encima del tope mínimo de comodidad, aunque podría afectar los ingresos de las unidades de transporte. Con esta ruta adicional, prácticamente se tendría un nivel uniforme de atención a la demanda en esta ruta y se 'achataría' los picos, aunque esta alternativa bien merecería un estudio más exhaustivo, ya que los costos fijos elevados y otros adicionales podrían afectar ingresos de los transportistas.

(f) Es importante señalar que las cifras muestran un comportamiento promedio de las rutas, pudiendo darse en algunos casos desplazamientos extremos generalizados y en otros tener pasajeros que requieren traslados de uno o dos paraderos en su mayoría.

(g) Para reducir incertidumbre en cuanto al ingreso monetario asociado para cada situación que pueda presentarse, existe la posibilidad de proponer tarifas diferenciadas según la distancia a recorrer, de modo que las 'pérdidas' (menor ganancia) que implica cubrir largas distancias se compensen con una mayor remuneración.

9 UN MODELO CLASICO : LA LEY DE GRAVITACION UNIVERSAL APLICADA A LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE URBANO

9.1. ENUNCIADO GENERAL

Como su mismo nombre lo indica, este modelo se define a partir de una variante (por analogía) de la Ley Gravitacional de Newton; con su aplicación se trata de establecer niveles de atracción o afinidad entre diferentes zonas de una ciudad, de modo que esta atracción pueda explicar a su vez los desplazamientos de la población entre las diversas zonas de la ciudad.

Supongamos dos zonas de tráfico 'i' y 'j', cuya distancia entre centroides es ' d_{ij} '. Los viajes de 'i' a 'j' pueden explicarse así (ver figura 9.1) :

La generación de viajes desde 'i' es proporcional a su 'masa', cuantificada a través de variables como población, empleo, producción, etc. De igual modo, la atracción de viajes hacia la zona 'j' será proporcional a su 'masa' medida a través de variables similares. De este modo, estudiando los flujos RESIDENCIA-EMPLEO, podemos usar la variable población para 'i' y la variable empleos para 'j'.

También es lógico suponer que la atracción recíproca entre dos zonas tiende a disminuir con el alejamiento entre ellas; entonces podemos asumir que los viajes entre 'i' y 'j' serán inversamente proporcionales a una potencia positiva de 'd_{i,j}'. En la Ley de Newton el exponente es 2, en nuestro caso, al tratarse sólo de una aproximación analógica y no de un problema físico regido por una propiedad universal, asumimos lo indicado.

Por lo tanto, para los flujos RESIDENCIA-EMPLEO, los viajes entre 'i' y 'j' se proyectarán a través de la relación :

$$F_{i,j} = K \frac{P_i E_j}{(d_{i,j})^\beta} \dots\dots\dots(1)$$

Aplicando logaritmos obtenemos :

$$\ln \left(\frac{F_{i,j}}{P_i E_j} \right) = \ln K - \beta \ln d_{i,j} \dots\dots\dots(II)$$

A partir de la relación (II) proyectamos los valores 'K' y 'β' por medio de la técnica de regresión lineal, contando con información muestral F_{i,j} (viajes entre i y j), P_i (Población de zona i), E_j (Empleos de zona j) también propia de cada par i-j.

Zona i

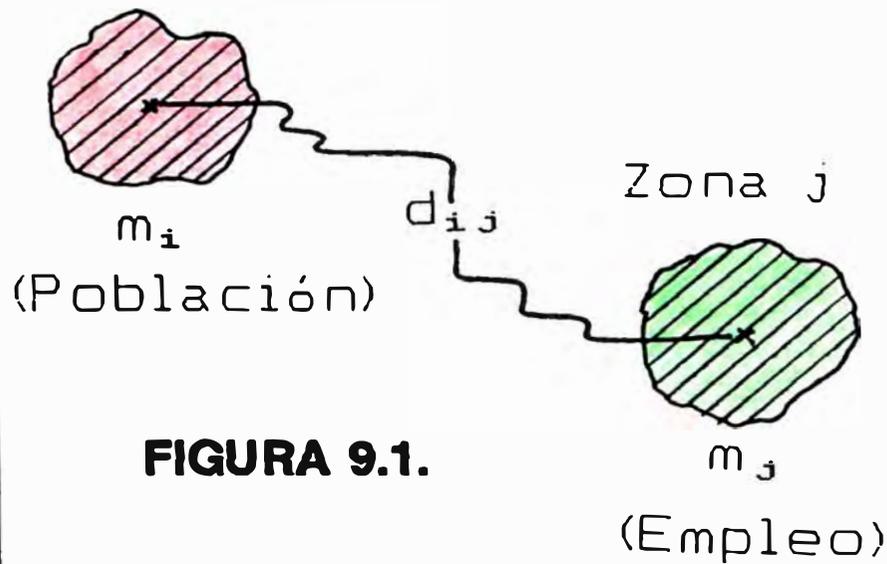


FIGURA 9.1.

$$F_{ij} = K \frac{P_i E_j}{(d_{ij})^\beta} \dots (I)$$

donde: F_{ij} VIAJES $i \rightarrow j$
 P_i Población i
 E_j Empleos j
 K, β Constantes

Aplicando logaritmos:

$$\ln \left(\frac{F_{ij}}{P_i * E_j} \right) = \ln K - \beta * (\ln d_{ij}) \dots (II)$$

Nosotros trabajaremos una variante que consiste en definir (K_i, β_i) como medida del desplazamiento de la población 'i' hacia otras zonas, y (K_j, β_j) para atracción de empleos 'j'. En el primer caso tenemos como datos muestrales las relaciones zona-población 'i' con cada zona-empleo 'j'; y en el segundo las relaciones zona-empleo 'j' con cada zona-población 'i'.

' β ' explica la importancia de factores objetivos propios del medio urbano, como infraestructura vial y distancia, para la atracción de dos zonas; 'K' nos habla del papel que juegan otros factores de orden subjetivo (preferencias de orden personal, nivel socioeconómico, intereses comunes, etc).

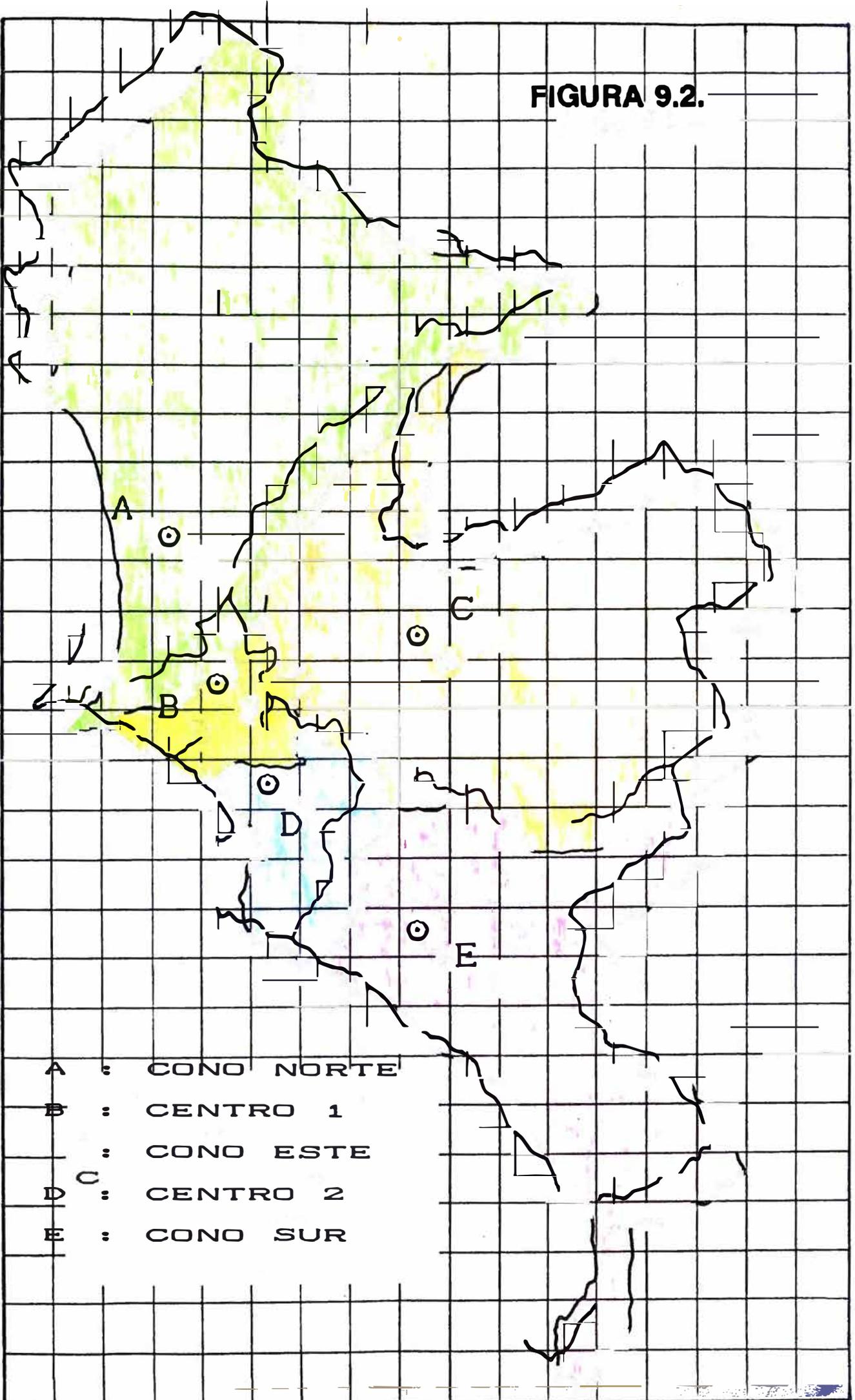
9.2. DESARROLLO DE UN CASO PRACTICO

Hemos definido un ambiente urbano basado en información real correspondiente a la provincia de Lima, con cinco(5) zonas diferentes (A,B,C,D,E) para establecer los niveles de atracción entre ellas según lo indicado en el enunciado general del modelo, para la relación RESIDENCIA-EMPLEO.

Las zonas B y D son conocidas como los 'DISTRITOS CENTRALES', mientras que las otras tres zonas, A,C y E, corresponden a lo que algunos llaman 'CONOS' NORTE, ESTE y SUR respectivamente (exceptuando los distritos del Callao, Carmen de la Legua y La Punta, que hemos incluido en la zona A). La ubicación geográfica de cada zona puede verificarse en la figura 9.2.

Se ha dividido el espacio geográfico sólo en cinco zonas con la finalidad de poder mostrar con mayor facilidad el funcionamiento del modelo gravitacional; sin embargo creemos que para lograr resultados más satisfactorios quizás debiéramos bloquear la provincia de Lima en diez o doce zonas, o hasta llegar a trabajar a nivel distrital; la información que estamos manejando permite pasar casi directamente a cualquiera de los esquemas alternativos mencionados.

FIGURA 9.2.



Las cinco zonas en que hemos agrupado los diferentes distritos de Lima son :

Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E
Ancón	Bellavista	Ate-Vitarte	Barranco	Lurín
Callao	Breña	Chaclacayo	Chorrillos	Pachacámac
Carabaylo	Cercado de Lima	Cieneguilla	Miraflores	Pucusana
Carmen de la Legua	Jesús María	El Agustino	San Borja	Punta Hermosa
Comas	La Perla	La Molina	San Isidro	Punta Negra
Independencia	La Victoria	Lurigancho	San Juan Miraflores	San Bartolo
La Punta	Lince	San Juan Lurigancho	San Luis	Santa María
Los Olivos	Magdalena del Mar	Santa Anita	Santiago de Surco	Villa El Salvador
Puente Piedra	Magdalena Vieja		Surquillo	Villa María
San Martín	Rímac			
Santa Rosa	San Miguel			
Ventanilla				

Se ha resumido la información del modelo en diversos cuadros estadísticos, desde el 9.2. al 9.6, correspondiendo en parte a cifras oficiales y en parte a datos obtenidos según supuestos que se dan en el cuadro 9.1.; la mayoría de las cifras allí mostradas han sido consignadas según la información que se registra en el 'Compendio Estadístico Lima-Callao' editado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) en Octubre de 1993, el mismo que incluye cifras preliminares del Censo efectuado en julio de ese mismo año.

Cuadro 9.1. : Trabajadores en establecimientos por distrito de trabajo y residencia

DISTRITO	Segun distrito de trabajo				Segun distrito de residencia				DISTRITO
	Total Trabajadores	Trabajadores Industriales	Trabajadores Comerciales	Otros	Total Trabajadores	Trabajadores Industriales	Trabajadores Comerciales	Otros	
LIMA	561249	153997	359639	48005	553306	157708	349797	48000	LIMA
ANCON	159	4	47	108	1598	483	979	135	ANCON
ATE	26868	16847	7276	1745	26868	7836	16274	2268	ATE
BARRANCO	4929	634	3629	460	3671	840	2669	348	BARRANCO
BREÑA	15998	5211	9675	1110	6684	2290	5681	691	BREÑA
CARABAYLLO	1558	63	639	830	11121	3154	6696	971	CARABAYLLO
CHACLACAYO	1741	798	638	435	3602	1069	2147	267	CHACLACAYO
CHORRILLOS	7397	3393	2679	1125	20338	6161	12463	1724	CHORRILLOS
CIENEGUILLA	40	0	14	26	1045	304	627	115	CIENEGUILLA
COMAB	5868	501	1500	3865	38833	11744	23796	3292	COMAB
EL AGUSTINO	2609	736	451	1422	15177	4690	9300	1287	EL AGUSTINO
INDEPENDENCIA	5409	2563	1116	1704	18009	5445	11032	1528	INDEPENDENCIA
JESUS MARIA	25430	2545	22294	591	6206	1347	4301	557	JESUS MARIA
LA MOLINA	5824	197	5384	243	7496	2126	4717	654	LA MOLINA
LA VICTORIA	36847	10166	25496	3165	21761	6761	14265	1736	LA VICTORIA
LIMA (Cercado)	125415	35938	84085	5392	32750	6659	21479	2913	LIMA (Cercado)
LINCE	18828	2420	15610	798	6022	1308	4175	541	LINCE
LOS OLIVOS	6653	3977	1490	1086	21690	6659	13291	1839	LOS OLIVOS
LURIGANCHO	1660	267	661	682	10016	2640	6301	874	LURIGANCHO
LURIN	498	197	97	204	3971	1098	2435	398	LURIN
MAGDALENA DEL M	5827	651	4894	282	4670	1235	3063	373	MAGDALENA DEL MA
MAGDALENA VIEJA	11289	5621	5269	399	7005	1852	4594	559	MAGDALENA VIEJA
MIRAFLORES	36630	4909	33466	1165	8296	1801	5749	745	MIRAFLORES
PACHACAMAC	150	16	51	83	2212	649	1326	243	PACHACAMAC
PUCUSANA	56	6	20	30	614	178	367	67	PUCUSANA
PUNTE PIEDRA	1953	480	430	1043	11060	3137	6958	965	PUNTE PIEDRA
PUNTA HERMOZA	69	0	22	41	184	62	116	16	PUNTA HERMOZA
PUNTA NEGRA	56	1	29	26	246	70	155	21	PUNTA NEGRA
RIMAC	6373	3061	2184	1128	18618	4922	12210	1466	RIMAC
SAN BARTOLO	36	0	10	26	490	122	271	38	SAN BARTOLO
SAN BORJA	33248	16197	16619	436	6462	2064	6558	849	SAN BORJA
SAN ISIDRO	71598	14285	56545	768	5699	1281	4089	530	SAN ISIDRO
SAN JUAN DE LURIG	12192	4484	8000	4728	66863	16891	34226	4736	SAN JUAN DE LURIGA
SAN JUAN DE MIRAF	4550	754	1947	1849	27404	8287	16762	2323	SAN JUAN DE MIRAF
SAN LUIS	9667	4458	4480	719	4670	1236	3063	373	SAN LUIS
SAN MARTIN DE POR	10595	3562	4044	2989	36969	11187	22666	3136	SAN MARTIN DE PORR
SAN MIGUEL	10715	1672	8549	494	11387	3005	7454	907	SAN MIGUEL
SANTA ANITA	5483	1882	2673	1028	11387	3438	6986	964	SANTA ANITA
SANTA ROBA	122	1	69	62	676	197	406	74	SANTA ROBA
SANTIAGO DE SURC	23504	1154	23400	950	19355	5489	12176	1689	SANTIAGO DE SURCO
SURQUILLO	11401	3410	7166	826	8902	2274	5642	687	SURQUILLO
VILLA EL SALVADOR	2933	163	688	2212	25131	7800	15400	2131	VILLA EL SALVADOR
VILLA MARIA DEL TRI	3166	663	613	1829	26376	7674	16660	2162	VILLA MARIA DEL TRI
CALLAO	53103	21939	27306	3876	61136	17798	36167	5142	CALLAO
BELLAVISTA	4191	1363	2365	473	7373	1949	4835	588	BELLAVISTA
CALLAO (Cercado)	41072	15844	23037	2191	38005	10889	22064	3038	CALLAO (Cercado)
CARMEN DE LA LEGU	4126	3270	436	419	3987	1116	2269	313	CARMEN DE LA LEGU
LA PERLA	1949	528	1100	315	5953	1494	3707	451	LA PERLA
LA PUNTA	158	26	120	12	553	120	383	50	LA PUNTA
VENTANILLA	1614	788	280	666	7864	2231	4949	687	VENTANILLA
LIMA Y CALLAO	614441	172506	366934	62001	614441	176608	366934	62001	LIMA Y CALLAO
DISTRITO	Total Trabajadores	Trabajadores Industriales	Trabajadores Comerciales	Otros	Total Trabajadores	Trabajadores Industriales	Trabajadores Comerciales	Otros	DISTRITO
	Segun distrito de trabajo				Segun distrito de residencia				

9.3. CORRIDA DEL MODELO

Con la finalidad de desarrollar correctamente la aplicación del modelo gravitacional en el transporte urbano, basados en la realidad de Lima y con la variante que enunciarnos, hemos tomado la información que corresponde al desplazamiento ORIGEN-DESTINO entre las zonas poblacionales definidas, tal como indicamos en las siguientes líneas :

A.- CONEXIONES DESDE 'i', para cada zona-población se establecerán las relaciones que esta tiene con cada zona-empleo (inclusive consigo misma); para cada zona 'i' hallaremos el respectivo valor de β_i (facilidad de acceso para desplazarse DESDE la zona 'i' hacia otras, según factor distancia) y K_i (Otros factores que favorecen desplazamiento DESDE la zona hacia el resto).

B.- CONEXIONES HACIA 'j', para cada zona-empleo se definirá las relaciones que esta tiene con cada zona-población (inclusive consigo misma); para cada zona 'j' hallaremos el respectivo valor de β_j (facilidad de acceso para desplazarse HACIA la zona 'j' desde otras, según factor distancia) y K_j (Otros factores que favorecen desplazamiento HACIA la zona desde el resto)

C.- NIVEL DE AUTONOMIA, variable-resultado que indica, para cada zona, el porcentaje(%) de población que habita y trabaja en la misma zona.

D.- NIVEL DE RECEPCION, variable-resultado que indica - para cada zona- el porcentaje(%) de empleos cubiertos por trabajadores que viven en otras zonas.

En cada bloque de información procesamos una regresión lineal para determinar los valores de K y β , de acuerdo a la siguiente equivalencia :

Regresión Lineal Y mX + b

$$X = \text{LN} (\text{DIST}_{i-j})$$

$$\text{DIST}_{i-j} = d_{i,j}$$

$$\text{VIA}_{j-i}$$

$$\text{VIA}_{j-i} = F_{i,j}$$

$$Y = \text{LN} (-----)$$

$$\text{POB}_i = P_i$$

$$\text{POB}_i * \text{EMP}_j$$

$$\text{EMP}_j = E_j$$

$$\beta = -m \quad K = \text{EXP}(b)$$

Cuadro 9.4. : Desplazamiento poblacional en Modelo Gravitacional

Conexiones desde i						$X = \ln(DISTI-j)$	$Y = \ln((VIAJI-j)/(POBI*EMPLj))$	$B = -m$	$K = @exp(b)$
i	j	POBI	EMPLj	VIAJI-j	DISTI-j	X	Y	RESULTADOS	
A	A	188079	79176	41209	13.4	2.595	-12.798	Y = mX + b	
A	B	188079	264854	85125	13.4	2.505	-13.280		
A	C	188079	55617	14751	22.9	3.131	-13.472		
A	D	188079	207808	46808	22.9	3.131	-13.635		
A	E	188079	6986	186	40.1	3.691	-15.771		
				sum(*)		15.144	-68.955	n= 5	
AUTONOMIA		21.91	%	sum(*2)		46.705	956.246	b= -6.851	
				avg(*)		3.029	-13.791	m= -2.291	
								r= 0.911	
								B= 2.2914	
								K= 1.1E-03	
B	A	130079	79176	23418	13.4	2.595	-12.994	Y = mX + b	
B	B	130079	264854	61421	6.0	1.792	-13.237		
B	C	130079	55617	11155	17.5	2.862	-13.382		
B	D	130079	207808	33957	9.5	2.251	-13.587		
B	E	130079	6986	128	27.2	3.303	-15.776		
				sum(*)		12.804	-68.977	n= 5	
AUTONOMIA		47.22	%	sum(*2)		34.118	956.649	b= -10.309	
				avg(*)		2.561	-13.795	m= -1.362	
								r= 0.696	
								B= 1.3616	
								K= 3.3E-05	
C	A	130323	79176	5635	22.9	3.131	-14.420	Y = mX + b	
C	B	130323	264854	46914	17.5	2.862	-13.509		
C	C	130323	55617	25365	13.4	2.595	-12.563		
C	D	130323	207808	52280	18.0	2.890	-13.158		
C	E	130323	6986	129	25.5	3.239	-15.770		
				sum(*)		14.718	-69.419	n= 5	
AUTONOMIA		19.46	%	sum(*2)		43.575	970.067	b= -0.089	
				avg(*)		2.944	-13.584	m= -4.689	
								r= 0.943	
								B= 4.6886	
								K= 9.2E-01	
D	A	107896	79176	6590	22.9	3.131	-14.075	Y = mX + b	
D	B	107896	264854	50221	9.5	2.251	-13.252		
D	C	107896	55617	2593	18.0	2.890	-14.655		
D	D	107896	207808	48114	6.0	1.792	-13.052		
D	E	107896	6986	378	18.0	2.890	-14.506		
				sum(*)		12.955	-69.539	n= 5	
AUTONOMIA		44.59	%	sum(*2)		34.791	969.240	b= -10.948	
				avg(*)		2.591	-13.808	m= -1.143	
								r= 0.871	
								B= 1.1425	
								K= 1.8E-05	
E	A	58064	79176	2324	40.1	3.691	-14.498	Y = mX + b	
E	B	58064	264854	21173	27.2	3.303	-13.496		
E	C	58064	55617	1753	25.5	3.239	-14.428		
E	D	58064	207808	26649	18.0	2.890	-13.023		
E	E	58064	6986	6165	9.5	2.251	-11.094		
				sum(*)		15.375	-68.537	n= 5	
AUTONOMIA		10.62	%	sum(*2)		48.449	893.128	b= -5.865	
				avg(*)		3.075	-13.307	m= -2.420	
								r= 0.945	
								B= 2.4204	
								K= 2.6E-03	

Cuadro 9.5. : Atraccion de Empleos en Modelo Gravitacional

Conexiones hacia j

$$X = \text{LN}(\text{DIST}_{i-j})$$

$$B = -m$$

$$Y = \text{LN}((\text{VIA}_{j-i}) / (\text{POB}_i * \text{EMPL}_j))$$

$$K = @\text{exp}(b)$$

I	J	POB _i	EMPL _j	VIA _{j-i}	DIST _{i-j}	X	Y	RESULTADOS
A	A	188079	79176	41209	13.4	2.595	-12.798	Y = mX + b
B	A	130079	79176	23418	13.4	2.595	-12.994	
C	A	130323	79176	5635	22.9	3.131	-14.420	
D	A	107898	79176	6590	22.9	3.131	-14.075	
E	A	58064	79176	2324	40.1	3.691	-14.498	
					sum(*)	15.144	-68.785	r = 0.909
RECEPCION			47.95 %	sum(*2)	46.705	948.864	B = 1.8008	
					avg(*)	3.029	-13.767	K = 1.4E-04
A	B	188079	264854	85125	13.4	2.595	-13.280	Y = mX + b
B	B	130079	264854	61421	6.0	1.792	-13.237	
C	B	130323	264854	48914	17.5	2.862	-13.509	
D	B	107898	264854	50221	9.5	2.251	-13.252	
E	B	58064	264854	21173	27.2	3.303	-13.498	
					sum(*)	12.804	-66.773	r = 0.865
RECEPCION			76.81 %	sum(*2)	34.118	691.802	B = 0.2035	
					avg(*)	2.561	-13.365	K = 2.7E-06
A	C	188079	55817	14751	22.9	3.131	-13.472	Y = mX + b
B	C	130079	55817	11155	17.5	2.862	-13.382	
C	C	130323	55817	25365	13.4	2.595	-12.563	
D	C	107898	55817	2593	18.0	2.890	-14.655	
E	C	58064	55817	1753	25.5	3.239	-14.426	
					sum(*)	14.718	-68.498	r = 0.635
RECEPCION			54.39 %	sum(*2)	43.575	941.287	B = 2.1447	
					avg(*)	2.944	-13.700	K = 6.2E-04
A	D	188079	207808	46808	22.9	3.131	-13.635	Y = mX + b
B	D	130079	207808	33957	9.5	2.251	-13.587	
C	D	130323	207808	52280	18.0	2.890	-13.158	
D	D	107898	207808	48114	6.0	1.792	-13.052	
E	D	58064	207808	26649	18.0	2.890	-13.023	
					sum(*)	12.955	-68.455	r = 0.238
RECEPCION			76.85 %	sum(*2)	34.791	683.620	B = 0.1275	
					avg(*)	2.591	-13.281	K = 2.4E-06
A	E	188079	6986	186	40.1	3.691	-15.771	Y = mX + b
B	E	130079	6986	128	27.2	3.303	-15.776	
C	E	130323	6986	129	25.5	3.239	-15.770	
D	E	107898	6986	378	18.0	2.890	-14.506	
E	E	58064	6986	6165	9.5	2.251	-11.094	
					sum(*)	15.375	-72.916	r = 0.932
RECEPCION			11.75 %	sum(*2)	48.449	*****	B = 3.4884	
					avg(*)	3.075	-14.583	K = 2.1E-02

En todos los casos los valores obtenidos para los diversos 'K' y 'β' que estamos evaluando serán normalizados para una mejor comparación entre ellos, ya que sólo tienen sentido comparándose entre sí.

Un detalle adicional muy importante que debemos anotar es que los valores 'β' tienen una relación INVERSA a la facilidad de acceso que representan, mientras los 'K' tienen una relación DIRECTA con ellos.

Cuadro 9.6. : Informacion consolidada del Modelo Gravitacional

Numero de PASAJEROS que se desplazan

Origen	Destino					Poblacion
	A	B	C	D	E	
A	41209	85125	14751	46808	186	188079
B	23418	61421	11155	33957	128	130079
C	5635	46914	25365	52280	129	130323
D	6590	50221	2593	48114	378	107896
E	2324	21173	1753	26649	6165	58064
Empleos	79176	264854	55817	207808	6986	614441

En este cuadro, como puede notarse, estan incluidos los desplazamientos al interior de un bloque, ademas de los que se verifican entre bloques

Distancia PROMEDIO entre bloques

		11	14	13	16	19	
Centro		4	5	9	6	9	
Centro	Bloque	A	B	C	D	E	
11	4	A	13.40	13.40	22.90	22.90	40.10
14	5	B	13.40	6.00	17.50	9.50	27.20
13	9	C	22.90	17.50	13.40	18.00	25.50
16	6	D	22.90	9.50	18.00	6.00	18.00
19	9	E	40.10	27.20	25.50	18.00	9.50
Segundo		8	15	12	17	21	
Centro		5	4	12	7	10	

Para la distancia promedio de un bloque consigo mismo hemos utilizado un 'segundo centro'; en los demas casos, la distancia entre centros, todo segun coordenadas de plano previo

Cuadro 9.7. : Resultado Final del Modelo Gravitacional

Niveles de Autonomia y Recepcion - Efecto de distancia y otras variables

	NIVEL (%) Autonomi	NIVEL (%) Recepco	Valores Originales				Valores Normalizados				
			ACCESO DESDE..	ACCESO HACIA..	Otras vars DESDE...	Otras vars HACIA...	ACCESO DESDE...	ACCESO HACIA..	Otras vars DESDE...	Otras vars HACIA..	
A	21.91	47.95	2.2914	1.6006	1.1E-03	1.4E-04	A	-0.071	0.070	-0.500	-0.506
B	47.22	76.81	1.3616	0.2035	3.3E-05	2.7E-06	B	-0.811	-1.039	-0.503	-0.522
C	19.46	54.39	4.6886	2.1447	9.2E-01	6.2E-04	C	1.835	0.501	2.000	-0.449
D	44.59	76.85	1.1425	0.1275	1.8E-05	2.4E-06	D	-0.985	-1.099	-0.503	-0.522
E	10.62	11.75	2.4204	3.4884	2.8E-03	2.1E-02	E	0.031	1.567	-0.495	1.999
	1	2	3	4	5	6		7	8	9	10
	Promedio		2.3809	1.5129	0.1849	0.0044					
	Desv. Típ		1.2576	1.2604	0.3678	0.0084					

- 1: Indica % de poblacion que habita y trabaja en el mismo bloque poblacional
 2: Indica % de empleos cubiertos por trabajadores que viven en otros bloques
 3,7: Facilidad de acceso para desplazarse DESDE el bloque hacia otros (distancia)
 4,8: Facilidad de acceso para desplazarse HACIA el bloque desde otros (distancia)
 5,9: Otros factores que favorecen desplazamiento DESDE el bloque hacia el resto
 6,10: Otros factores que favorecen desplazamiento HACIA el bloque desde el resto

3,4,7,8: Relacion INVERSA con facilidad de acceso

5,6,9,10: Relacion DIRECTA para favorecer desplazamiento

ESTOS VALORES SOLO SON COMPARABLES ENTRE SI

9.4. ANALISIS DE RESULTADOS

A partir de los resultados que mostramos en el cuadro 9.7., podemos hacer los siguientes comentarios:

- (a) Según el NIVEL DE AUTONOMIA, dos de las cinco zonas (B y D) cuentan con un porcentaje cercano al 50%, es decir, casi la mitad de los habitantes trabajan y habitan en la misma zona. En cambio, A, C y E muestran un porcentaje inferior (20% o menos), lo que quiere decir que el 80% de sus pobladores deben viajar diariamente a otras zonas para cumplir su jornada laboral. Esto tiene mucho que ver con que A, C y E se han poblado en las tres últimas décadas, mientras B y D son aglomeraciones más antiguas.
- (b) Según el NIVEL DE RECEPCION, las zonas B y D están un poco arriba del 75%, lo que habla de una alta concentración de empleos; las zonas A y C están alrededor del 50%, y la zona E apenas algo menos de 12%, quizás explicable por el escaso número de puestos de trabajo que ostenta.
- (c) En cuanto a la FACILIDAD DE ACCESO, según factor distancia, las cifras nuevamente colocan en mejor lugar a B y D, justo los llamados 'Distritos Centrales', tanto HACIA esas zonas como DESDE ellas; las otras tienen resultados similares entre sí, aunque muy distantes de las dos primeras.

- (d) Para OTROS FACTORES que favorecen el desplazamiento, encontramos cifras similares para las cinco zonas, lo que expresaría cierta homogeneidad en la influencia de otros factores diferentes a la distancia (lo que hace que este factor tenga la mayor importancia)
- (e) Sin embargo, hay dos cifras respecto de OTROS FACTORES que merecen una revisión adicional, las que corresponden a las zonas C (desde) y E (hacia); en el primer caso se detecta la importancia de otros factores para que los trabajadores salgan de esta zona hacia otras pese a las dificultades que pueda haber para desplazarse; en el segundo, es sin duda una distorsión atribuible a que en la zona E se ubica menos del 2% del total de empleos a nivel de Lima, dándose por ello un 'efecto trama' (que puede estar presente en otras cifras de HACIA E).
- (f) Es de notar que en casi todos los casos se obtiene un coeficiente de correlación muy cercano (a veces superior) al 90%, lo que indica un ajuste lineal importante, aunque el 'tamaño de muestra' no sea el más conveniente.

A nivel general, para los desplazamientos RESIDENCIA-EMPLEO, verificamos dos grandes grupos :
Distritos Centrales (B,D) y Conos (A,C,E).

PARTE IV
CONCLUSIONES

10.- COMENTARIOS FINALES

- (a) Es interesante anotar que la combinación de modelos puede configurar útiles muy valiosos para manejar información de buena calidad para la Gestión del Sistema de Transporte Urbano en la ciudad de Lima.
- (b) El Modelo de Tendencias Origen-Destino muy bien puede complementarse con el Modelo Gravitacional, definiendo así un criterio adicional para el cálculo de la probabilidad de bajar: la 'atracción' entre diferentes puntos de la ciudad.
- (c) Utilizando el modelo L-D o similares podemos tomar acciones a corto plazo, buscando resultados satisfactorios al mejorar el trazado de rutas. De igual modo, aprovechar la información referida a los 'niveles de comodidad' para poder manejar cuantitativamente este criterio.
- (d) En lo que respecta a la infraestructura vial de la ciudad, si bien reconoce avances importantes, todavía hay mucho por hacer. El 'asterisco' llamado Lima debe convertirse en una especie de 'telaraña', en la que múltiples ejes concéntricos conecten las 'puntas' del asterisco sin necesidad de pasar por el centro de la ciudad.

(e) El crecimiento de la ciudad y la mayor antigüedad de algunas zonas tienen relación directa con las facilidades en el uso de la infraestructura, siendo ello un indicador muy importante de la escasa y por lo general inexistente planificación de ese crecimiento por parte de las autoridades ediles y del gobierno central; los esfuerzos que vienen llevándose adelante para mejorar la infraestructura deben ir acompañados de labores preventivas frente al crecimiento caótico que no se detiene.

(f) Aunque en el presente trabajo insistimos en nuestra propuesta de aplicar diversos modelos para mejorar la administración del sistema de transporte urbano, debemos notar que somos muy conscientes de que el problema global del transporte está más allá de todo esto. Hay una relación muy fuerte con la estrategia de crecimiento de la ciudad que, en el caso de Lima, no nace en su mayor parte de una planeación estatal o municipal sino del accionar de grupos diversos para satisfacer necesidades básicas dentro de un marco de segregación social en el uso de los recursos, más aún ahora que se propone dejar al 'mercado' el encargo de distribuir los recursos con eficiencia (sin definir exactamente lo que se entiende por 'eficiencia' en este caso).

(g) Las organizaciones empresariales que dan soporte a las diferentes líneas de transporte urbano tienen un escaso desarrollo; las relaciones informales que se reflejan en los estilos administrativos (según puede verificarse en innumerables estudios hechos al respecto, algunos de los cuales podemos encontrar en la bibliografía) y la carencia de controles efectivos por parte de las autoridades hacen que el 'mal servicio al cliente' sea el sustento de las utilidades potenciales de muchos transportistas (debido especialmente a que, históricamente, la demanda siempre ha superado a la oferta). El planteo de modelos como los que aquí presentamos -como el diseñado para la administración de horarios- depende de una reestructuración administrativa de las empresas para poder aplicarse con éxito.

(h) Con la 'liberalización de tarifas y rutas', el manejo de las diversas empresas de transporte debe cambiar necesariamente, de otro modo corren el riesgo de desaparecer. Las condiciones que hacían del 'mal servicio' la base de las utilidades están cambiando, puesto que ahora hay mayor oferta que demanda, existe mayor variedad y la renovación del parque automotor es más dinámica.

- (i) Las relaciones sociales y productivas son muy importantes para definir el papel crucial que juegan los sistemas de transporte en general (y el de Transporte Urbano en particular) dentro de la economía de toda sociedad, mas aún en la de tipo industrial del siglo XX. Como lo señalara Manuel Abejón en 'El Transporte en la Sociedad Actual' (ver bibliografía): "Las inversiones en materia de transporte -en nuevas infraestructuras, por ejemplo- tendrían, aparte del efecto multiplicador de toda inversión, una influencia adicional al promover, facilitar o incluso hacer posibles actividades industriales o comerciales antes irrealizables o poco productivas. El Transporte actuaría así como un factor estructurante del desarrollo económico "
- (j) En el caso de la ciudad de Lima, la importancia del transporte se pone de manifiesto, por ejemplo, cuando en su función de trasladar fuerza de trabajo desde zonas periféricas hacia zonas industriales, una paralización del servicio implica una reducción drástica de las actividades productivas.

BIBLIOGRAFIA

Fundamental

- (1) ABEJON, Manuel (1985)
"El Transporte en la Sociedad Actual"
Barcelona, España, Salvat Editores S.A.
- (2) BURGA, César (1991)
"El Transporte Urbano de Pasajeros en Lima"
Lima, Perú
Instituto Libertad y Democracia (ILD)
- (3) CANO, José Luis / UNGER, Tomás (1989)
"El Secreto del Tren Eléctrico"
Lima, Perú, Mosca Azul Editores S.A.
- (4) DE SOTO, Hernando (1986)
"El Otro Sendero"
Lima, Perú
Instituto Libertad y Democracia (ILD)
- (5) DE WIT, Hans (1980)
"El Transporte Público en Lima Metropolitana"
Lima, Perú, Centro de Investigación de la
Universidad del Pacífico (CIUP)
- (6) FIGARI, Eduardo / RICOU, Xavier (1990)
"LIMA EN CRISIS : Propuestas para la gestión
de servicios urbanos en Lima Metropolitana"
Lima, Perú, Centro de Investigación de la
Universidad del Pacífico (CIUP)
- (7) GALVAO NOVAES, Antonio (1986)
"Sistemas de Transporte"
Sao Paulo, Brasil, Edit Edgard Blücher Ltda.
- (8) GROMPONE / ZOLEZZI / CALDERON / OLIVERA (1983)
"La Lima de los 80's: Crecimiento y
Segregación Social"
Lima, Perú, Centro de Estudios y Promoción del
Desarrollo (DESCO)
- (9) INVERMET / MUNICIPALIDAD DE LIMA METROPOLITANA
(1987)
"Plan del Centro de Lima"
Comisión Especial del Cercado de Lima
Lima, Perú, Municipalidad de Lima

- (10) ORTIZ DE ZEVALLOS, Augusto
 (Coordinador y Editor - 1986)
 "Lima a los 450 años"
 Bernaldes/Fuenzalida/Ortiz de Zevallos/Otros
 Lima, Perú, Centro de Investigación de la
 Universidad del Pacífico (CIUP)
- (11) ORTIZ DE ZEVALLOS, Augusto (1992)
 "Urbanismo para sobrevivir en Lima"
 Lima, Perú, APOYO S.A.
- (12) PORRAS BARRENECHEA, Raúl (1987)
 "El Río, el Puente y la Alameda"
 Colección MUNILIBROS, Nro 16
 Lima, Perú, Municipalidad de Lima
- (13) SANCHEZ / CALDERON / GUERRERO (1978)
 "¿ Paradero Final ? ... El Transporte Público
 en Lima Metropolitana"
 Lima, Perú, Centro de Estudios y Promoción del
 Desarrollo (DESCO)

Documentos, Diarios y Revistas

- (14) ACKOFF, Russell L. (1983)
 "Uso de modelos en el Planeamiento Empresario"
 Revista ADMINISTRACION DE EMPRESAS, Tomo XIV
 Buenos Aires, Argentina
- (15) BANCO CENTRAL DE RESERVA DEL PERU (1984)
 "Identificación de diferencias interdistrita-
 les en Lima Metropolitana : En la línea del
 Mapa de Pobreza"
 Gerencia de Investigación Económica
 Lima, Perú, B.C.R.
- (16) DIARIO "LA REPUBLICA" (1986)
 "Tomando a Lima por las astas : El Plan de
 Desarrollo" (Especial 30/11/86)
 Lima, Perú
- (17) ENRIQUEZ S., Darío (1991)
 "Análisis Sistémico del Tráfico Urbano en la
 ciudad de Lima"
 Revista SISTEMICA, Año II, Nro 1
 Lima, Perú, Instituto Andino de Sistemas

- (18) FERRER REGALES, Manuel (1985)
 "Ciudad y Urbanismo"
 Enciclopedia Práctica de Economía, Fascículo 57
 Barcelona, España, Editorial Orbis S.A.
- (19) GUIA INCA DE LIMA METROPOLITANA (1994)
 25 planos totalmente actualizados
 Lima, Perú
 Promoción Editorial Inca S.A. - PEISA
- (20) INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA
 "Compendio Estadístico 1992-93 / Lima-Callao"
 Dirección Nacional de Estadísticas Regionales
 y Locales - Publicado en Octubre de 1993
 Lima, Perú, I.N.E.I.
- (21) PLANO LIMA 2000 (1988)
 Plano global de la ciudad de Lima y alrededores
 Lima, Perú, Editorial LIMA 2000 S.A.

Complementaria

- (22) GALLAGHER, Charles / WATSON, Hugh (1989)
 "Métodos Cuantitativos para la Toma de
 decisiones en Administración"
 México D.F., Editorial McGraw Hill
- (23) GOMEZ BEZARES, Fernando (1983)
 "Como utilizar e interpretar la Estadística"
 Madrid, España, Ibérico Europea de Ediciones
- (24) TAHA, Hamdy (1989)
 "INVESTIGACION DE OPERACIONES : Introducción"
 México D.F., Prentice Hall S.A.

ANEXOS

ANEXO 1

¿ Cómo hacer un estudio de mercado que obtenga información para el Modelo Gravitacional aplicado al Transporte ?

¿ Qué vamos a estudiar ?

Debemos averiguar cuáles son los patrones de desplazamiento de la población para la relación RESIDENCIA-EMPLEO

¿ Por qué vamos a estudiar este fenómeno ?

Porque necesitamos conocer las conexiones ORIGEN-DESTINO entre las diversas zonas de la ciudad, cuantificándolas con el modelo gravitacional.

¿ Para qué se va a estudiar el tema ?

En el modelo gravitacional queremos establecer los grados de afinidad y la atracción (para la relación RESIDENCIA-EMPLEO) entre las diferentes zonas de la ciudad, lo que permitiría un mejor planeamiento en la dotación de servicios de transporte e infraestructura adecuada. Además, como producto colateral, se va a conocer el tipo de vehículo usado en el desplazamiento.

¿ Cómo se va a realizar el estudio ?

Previamente, hemos dividido la ciudad en cinco zonas. En cada zona definiremos un tamaño de muestra ideal y luego se seleccionará aleatoriamente las viviendas en las que efectuaremos la encuesta -muy breve- conteniendo los siguientes puntos :

- (a) Distrito de residencia y de trabajo (Código Postal)*
- (b) Giro del negocio: Industrial/Comercial/Servicios*
- (c) Situación Legal: Formal/Informal*
- (d) Régimen Legal: Dependiente/Propietario/Familiar/Otros*
- (e) Se moviliza en :*
 - (1) Omnibús/Microbús/Combi/Colectivo/Taxi*
 - (2) Vehículo Propio : Auto/Moto/Bicicleta*
 - (3) Otros*
- (f) Si hace uso de vehículos de transporte público, ¿ Hace conexión en algún lugar ? ¿ Dónde ?*
- (g) ¿ Cuánto tiempo en promedio demora en llegar a su trabajo?*

La encuesta se realizará los fines de semana y serán interrogados -por separado- todos los habitantes de la vivienda seleccionada que tengan una actividad económica regular.

¿ Cuál será el tamaño de muestra ?

Para determinar el tamaño de muestra ideal en cada zona de la ciudad (las cinco que hemos definido) usaremos la formulación que extraemos de 'Cómo utilizar e interpretar la Estadística', de Fernando Gómez Bezares (ver bibliografía) :

$$n_i = \frac{N_i * t^2_{\alpha/2} * \sigma^2}{t^2_{\alpha/2} * \sigma^2 + d^2 * N} \dots\dots\dots (I)$$

donde :

n_i = tamaño de muestra en zona i

N_i = población en zona i

N = población total

n = tamaño de muestra total

$\alpha = 95\%$ (grado de confianza) $\Rightarrow t_{\alpha/2} = 1.96$ (T de student)

σ_i = desviación típica por zona i

$$\sigma^2 = \frac{N_1 * \sigma_1^2 + N_2 * \sigma_2^2 + \dots + N_5 * \sigma_5^2}{N} \dots\dots\dots (II)$$

$2d$ = amplitud de intervalo ($\mu_s - \mu_i$) = 1 km
(extremos superior e inferiores del intervalo de confianza para la media)

Vamos a medir, la distancia que recorren los pobladores en la relación RESIDENCIA-EMPLEO (cuántos en cada caso).

Dado que no tenemos información suficiente para aplicar la fórmula (I), obtendremos un valor directo de σ^2 a partir de las varianzas de las distancias promedio entre zonas, según apreciamos en el cuadro 1-A (un promedio ponderado de la varianza en cada zona, según población, también en el cuadro 1-A), aplicando la fórmula (II); además, para la amplitud de intervalo estamos suponiendo $2d = 1\text{km}$. Luego, en el cuadro 1-B podemos apreciar el resultado de aplicar estos criterios, obteniendo los tamaños de muestra en cada zona y la muestra total.

Calculo del tamaño muestral para cada zona de la ciudad

Cuadro 1-A : Distancia promedio entre zonas de la ciudad

			11	14	13	16	19
	Centro		4	5	9	6	9
Centro	Zona	A	B	C	D	E	
11	4	A	13.40	13.40	22.90	22.90	40.10
14	5	B	13.40	6.00	17.50	9.50	27.20
13	9	C	22.90	17.50	13.40	18.00	25.50
16	6	D	22.90	9.50	18.00	6.00	18.00
19	9	E	40.10	27.20	25.50	18.00	9.50
	Segundo		8	15	12	17	21
	Centro		5	4	12	7	10
	Varianza		95.14	53.70	18.20	38.32	103.59
	Poblacion		188079	130079	130323	107896	58064
	Var Total		60.87				

Esta 'Varianza Total', que utilizaremos para el calculo del tamaño muestral para cada zona, ha sido obtenida como un promedio ponderado de las varianzas en cada zona (columna) y la poblacion

Cuadro 1-B : Tamaño muestral para cada zona de la ciudad

ZONA	i	Ni	ni
A	1	188079	286
B	2	130079	198
C	3	130323	198
D	4	107896	164
E	5	58064	88

N	614441	Tamaño
d ²	0.25	Muestral
var	60.87	Total
t ²	3.8416	934

De acuerdo a formula en el ANEXO 1

¿ Cómo seleccionaremos la muestra ?

Habiendo obtenido todos los valores n_i (tamaño muestral por zonas), definimos un procedimiento para seleccionar las viviendas en las que tomaremos los datos, basado en la generación de números aleatorios (pares ordenados), de acuerdo a los casilleros que correspondan a cada zona, siguiendo un criterio similar al de la figura 7.2. que aquí se reproduce como la figura 1-A.

Por ejemplo, si queremos hacer encuestas en el espacio definido por ($X:10..14, Y:5..9$), generamos dos números aleatorios, uno para cada intervalo, de modo que así identificamos los casilleros en los que haremos la encuesta. Así, para elegir cinco casilleros de entre los veinticinco en total que tiene el espacio definido, para hacer cien encuestas en cada casillero (con 100 manzanas aproximadamente, ya que cada casillero representa un km^2) :

Random 1	Random 2	X	Y
0,4576	0,1907	12	6
0,3754	0,8765	11	9
0,0987	0,6351	10	8
0,7063	0,2836	13	6
0,7653	0,9867	13	9

Si quisieramos tener una fijación espacial más al detalle (menor a $1km^2$), habría que dividir el plano de la figura 1-A en cuadrículas más pequeñas. En esta labor podemos utilizar la publicación 'Plano Inca de Lima 1994' (ver Anexo 2).

¿ Cuánto tiempo demoraremos y cuáles serán los costos ?

Dado que el cuestionario a tomar es bastante breve, se calcula que cada encuestador podría hacer hasta 40 encuestas en dos días (sábado y domingo). Según el tamaño de muestra, la cantidad de encuestadores y el desembolso de efectivo que corresponda, puede definirse luego el tiempo total.

Debemos tener en cuenta los siguientes requerimientos :

- (a) Encuestadores
- (b) Alquiler de equipo de cómputo
- (c) Edición de cuestionario y resultados
- (d) Honorarios de Equipo Técnico : Un experto y tres asistentes
- (e) Papelería y útiles de escritorio

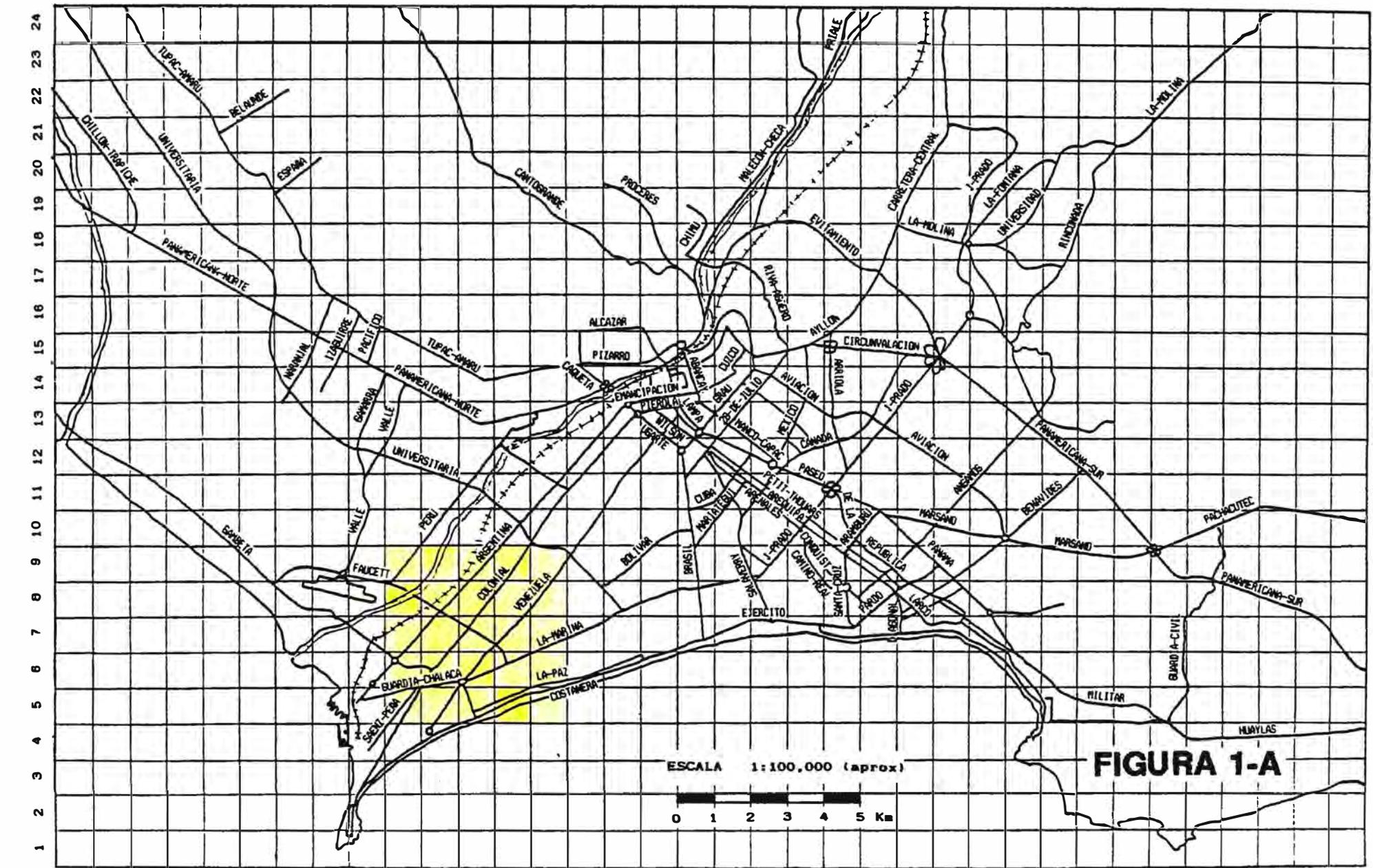


FIGURA 1-A

ESCALA 1:100,000 (aprox)



Y
↑
X

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36

Debidamente costeados, tendríamos una idea de los costos asociados al proceso. Evidentemente, el gasto más fuerte es el de los encuestadores y el equipo técnico, los demás pueden cubrirse con apoyo institucional, por ejemplo que la universidad provea de estos recursos.

En el caso de los encuestadores, si consideramos un total aproximado de 1000 encuestas, estaríamos hablando de S/. 2,000.00 aproximadamente (S/. 2.00 por cada encuesta, incluido movilidad); los honorarios profesionales del equipo técnico pueden estar entre S/. 400.00 y S/. 750.00 semanales, dependiendo de la dedicación en el desarrollo del proyecto (parcial o total) y de su duración.

ANEXO 2

Herramientas Computacionales y Fuentes de Información

PARA LOS TEXTOS

Hemos utilizado el procesador de textos 'WORDPERFECT', versión 5.1., en Español. El tipo de letra en los capítulos es el 'Roman 8 cpi Italic', a doble espacio (en la bibliografía, espacio simple); en los anexos hemos utilizado el tipo 'Roman 10 cpi italic', a espacio simple.

PARA LOS CUADROS Y MODELOS

Hemos usado la hoja electrónica 'QUATTRO PRO', versión 4.0, tanto para cuadros como para los modelos; en el caso del modelo de programación lineal hemos utilizado el paquete de propósito específico 'LINDO'.

PARA LAS FIGURAS

Hemos realizado un trabajo manual cuidadoso, buscando que mostrar lo correcto -en especial, los planos de la ciudad- y ser lo más didácticos posible para acompañar la explicación de los textos relacionados.

FUENTES DE INFORMACION UTILIZADAS

Principalmente, hemos utilizado la publicación del I.N.E.I. (Instituto Nacional de Estadística e Informática) denominada 'Compendio Estadístico 1992-1993 de Lima y Callao', de la Dirección General de Estadísticas Regionales y Locales, de Octubre de 1993. También se ha tomado algunas cifras presentadas por la Gerencia de Investigación Económica del B.C.R. (Banco Central de Reserva del Perú) en el documento 'En la línea del Mapa de Pobreza : IDENTIFICACION DE DIFERENCIAS INTERDISTRITALES EN LIMA METROPOLITANA', de Enero de 1984.

Además, para la confección de los planos de Lima hemos consultado las publicaciones 'PLANO 2000 - LIMA (Edición 1988)', por Editorial Lima 2000 S.A., actualizando datos con la novísima edición 1994 de la 'Guía Inca de Lima Metropolitana', por la Promotora Editorial Inca S.A. (PEISA).

ANEXO 3

Resumen de las aplicaciones prácticas posibles con los modelos propuestos

A.- MODELO DE PROGRAMACION LINEAL PARA ADMINISTRACION DE HORARIOS EN UNA LINEA DE TRANSPORTE

CLIENTE

Empresas de transporte urbano de pasajeros

INFORMACION REQUERIDA

- * *Estimación de la demanda (según periodos de tiempo que se crea conveniente)*
- * *Capacidad promedio por unidad de transporte*
- * *Tarifas promedio por pasajero*
- * *Tiempo promedio de uso diario por unidad*
- * *Cobertura de atención a demanda (%)*

RESULTADOS

- * *Ingreso monetario mínimo y máximo por unidad, según inicio de actividades*
- * *Mínimo número de unidades de transporte requeridas para cada día y en cada bloque horario, con horario de inicio de actividades por unidad*

OTROS

- * *Puede plantearse un modelo para cada día de la semana si se cree que hay diferencias significativas*

El modelo trabaja con un tipo de unidad (capacidad), pero puede modificarse para considerar varios.

- * *Se trabaja una tarifa promedio, aunque es posible disgregar variables para considerar tarifas diferentes*

Se asume un tiempo fijo de uso diario por unidad, cualquier exceso se asignará en el modelo a otra unidad, aunque físicamente se trate de la misma

B.- MODELO PARA EVALUAR TRAZADO DE UNA RUTA DE TRANSPORTE : L-D

(1) PRIMERA ALTERNATIVA

CLIENTE

Empresas de transporte urbano de pasajeros

INFORMACION REQUERIDA

- * *Puntos inicial y final de la ruta*
- * *Recorrido físico de la ruta, uniendo inicio y final*

RESULTADOS

- * *Distancia inicio-final y distancia real recorrida*
- * *Eficiencia del trazo actual*

OTROS

- * *La información puede utilizarse para determinar la eficiencia del trazo y para proponer modificaciones que también serán evaluadas por el modelo*
- * *No se considera existencia de accidentes geográficos o falta de infraestructura para conectar inicio-final*

(2) SEGUNDA ALTERNATIVA

CLIENTE

Municipalidades (provincial o distrital, según sea el caso) o cualquier organismo similar

INFORMACION REQUERIDA

La misma que la primera alternativa, extendida para varias rutas (o todas si fuera el caso)

RESULTADOS

Comparación en la eficiencia de varias rutas y fijación de estándares para la conexión de diversos puntos de la ciudad por medio de rutas eficientes

OTROS

No se considera que distancia inicio-final sea diferente a línea recta en razón de accidentes geográficos o ausencia de infraestructura que imposibiliten conexión directa

C.- MODELO DE SIMULACION PARA PROYECCION DE TENDENCIAS
ORIGEN-DESTINO EN UNA RUTA DE TRANSPORTE URBANO

(1) PRIMERA ALTERNATIVA

CLIENTE

Empresas de transporte urbano de pasajeros

INFORMACION REQUERIDA

- * *Recorrido de la ruta de transporte y sus paraderos*
- * *Flujo de pasajeros por paradero (en promedio)*
- * *Capacidad promedio de cada unidad*

RESULTADOS

- * *Tendencias Origen-Destino a lo largo de la ruta*
- * *Distancia promedio recorrida por pasajero y evaluación del nivel de mínima comodidad a lo largo de la ruta*

OTROS

La bajada de cada pasajero se proyecta en función de la distancia recorrida hasta el paradero respectivo, pudiendo añadir afinidad entre zona de subida y probable bajada

(2) SEGUNDA ALTERNATIVA

CLIENTE

Municipalidades (provincial/distrital) u organismo similar

INFORMACION REQUERIDA

- * *Las rutas más importantes en espacio urbano a estudiar*
- * *Para cada ruta, información de la primera alternativa*

RESULTADOS

- * *Tendencias Origen-destino a nivel global*
- * *Desplazamientos promedio y niveles de comodidad en las diferentes rutas del espacio urbano respectivo*

OTROS

El traslape de las rutas identificadas obliga a verificar información para evitar duplicidad al registrar tendencias

D.- MODELO DE GRAVITACION UNIVERSAL APLICADO A LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE URBANO

CLIENTE

Municipalidad provincial u organismo competente similar

INFORMACION REQUERIDA

- * *Población según distrito de residencia y distrito de empleo (si relación a estudiar es residencia-empleo)*
- * *Agrupación o división de distritos según se crea conveniente (zonas)*
- * *Distancia promedio entre las zonas definidas*

RESULTADOS

- * *Empleos y población trabajadora por zonas*
- * *Niveles de AUTONOMIA por zona (población que habita y trabaja en la misma zona)*
- * *Niveles de RECEPCION por zona (empleos cubiertos por trabajadores que habitan en otras zonas)*
- * *Facilidad de acceso DESDE un bloque hacia otros*
- * *Facilidad de acceso HACIA un bloque desde otros*
- * *Esquema comparativo para acceso DESDE/HACIA las diversas zonas de la ciudad*

OTROS

- * *Puede aplicarse a otras relaciones diferentes a residencia-empleo, para ello debe tomarse las variantes correspondientes tanto a la información requeridas como a los resultados*
- * *También puede tenerse como clientes a empresas de transporte urbano de pasajeros que deseen conocer los desplazamientos de la población a nivel global para reforzar la ruta que sirven o modificarla y buscar otra de mayor cuantía*

ANEXO 4

Breve historia de Lima .

A raíz de la designación de Lima por la UNESCO como 'Patrimonio Cultural de la Humanidad', se vienen desarrollando múltiples actividades para poner a la ciudad a tono con tan distinguido honor. Esta tarea es muy difícil si consideramos los graves problemas que aquejan a la ciudad y el fuerte deterioro que sufre en especial el denominado 'Centro Histórico de la ciudad', sobre el cual recae directamente tal designación. Una de las instituciones más importantes en este esfuerzo es el 'PATRONATO DE LIMA', que según propia declaración "tiene por objeto fundamental la realización de todas aquellas actividades conducentes a la recuperación y preservación del Centro Histórico de Lima :...".

Una de las labores más encomiables del patronato es la de recopilar mayor información para un conocimiento cabal de Lima y su historia; en este sentido, creemos importante incluir aquí un documento denominado 'BREVE HISTORIA DE LIMA' :

"Hace por lo menos 14,000 años que el hombre llegó al valle del Rímac. Desde esa lejana época, sus habitantes se organizaron de diversas maneras para aprovechar mejor los recursos económicos de la región. Sus ocupantes fueron, sucesivamente, Chavín, Maranga, Huari e Incas. Su historia puede describirse como la del lento proceso de transformación de un desértico valle en un apacible hábitat cultivado de 30,000 hectáreas.

Esta bella campiña, dedicada especialmente a frutales, atrajo la atención del conquistador Francisco Pizarro para fundar en ella, el 18 de Enero de 1535, la capital de su gobernación, que luego lo fue del virreinato y, desde hace más de 160 años, de la República Peruana.

Durante su larga historia, el Centro Histórico de Lima ha acumulado la mayor concentración de monumentos con valor artístico, histórico y cultural de la Nación. Por sus espacios urbanos han circulado y trabajado no solamente todos los virreyes coloniales y presidentes republicanos, sino también todos los peruanos ilustres, desde el Inca Garcilaso de la Vega hasta nuestros héroes de la Guerra del Pacífico, pasando por Túpac Amaru y los Precursores de la Independencia.

Esta 'Breve Historia ...' ha sido tomada de la 'Guía Inca de Lima Metropolitana-PEISA', que a su vez la consigna como una contribución del PATRONATO DE LIMA.

La mayor parte de sus monumentos son especímenes únicos, de valor universal, obras de arte mestizas de raigambre hispano-occidental, construidas con materiales locales como el adobe, el barro y la quincha, logrando una monumentalidad extraordinaria y una gran originalidad. La casa solariega limeña no tiene semejantes en los lugares donde se cree tiene sus raíces, como Andalucía, Extremadura o las Islas Canarias.

Durante el virreinato, la capitalidad sudamericana le dio a Lima importancia histórica continental y mundial. En esta ciudad, los virreyes daban las regulaciones y designaban a las autoridades para ciudades como Buenos Aires, Santiago o Bogotá. La existencia de la única universidad y la única imprenta de América del Sur, así como de los más prestigiados colegios, obligaba a estudiosos e intelectuales a radicarse en Lima.

Durante los primeros 100 años republicanos, el balance entre la ciudad y su campo circundante se mantuvo equilibrado. Posteriormente, fuerzas económicas y telúricas atrajeron hacia la capital una incontenible ola de migrantes, que rápidamente hizo extender su área urbana, convirtiéndola en una aún desconocida forma de metrópoli. Este proceso se ha intensificado fuertemente en los últimos 25 años, y la urbe limeña, campesina e informal, ha crecido con tal rapidez que no ha tenido tiempo de equipar adecuadamente a sus barrios, produciendo una 'sobreutilización' de su centro tradicional por multitud de personas que tratan de satisfacer en él sus necesidades de comercio, estudio, empleo y recreación.

El excesivo uso del centro de Lima ha causado ya un notable deterioro en su limpieza y ornato urbano, y atenta contra la integridad de su riqueza artística, cultural y monumental.

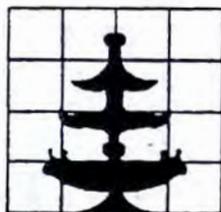
Los peruanos de hoy estamos obligados a salvar tan valioso legado. La designación que ha merecido el Centro Histórico de Lima por la UNESCO, debe movernos a todos a asumir nuestra responsabilidad en lo que va a ser una efectiva tarea de recuperación del Centro de Lima, ahora Patrimonio Cultural de la Humanidad..."

La invitación está hecha y todos debemos asumir el reto, bajo la consigna que es a su vez el lema de campaña del Patronato de Lima : SALVEMOS EL CENTRO HISTORICO DE LIMA, PATRIMONIO CULTURAL DE LA HUMANIDAD.

BREVE HISTORIA DE LIMA

PATRIMONIO CULTURAL DE LA HUMANIDAD

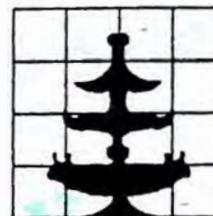
Una contribución del:



PATRONATO DE LIMA

**SALVEMOS EL CENTRO
HISTÓRICO DE LIMA**

FIGURA 4-A



PATRONATO
DE LIMA

El Patronato de Lima tiene por objeto fundamental la realización de todas aquellas actividades conducentes a la recuperación y preservación del Centro Histórico de Lima.



ANEXO 5

Relación de Cuadros, Figuras y Anexos

C U A D R O S

CUADRO 4.1.	:	<i>Población, Densidad y Superficie (km²) según distrito (Lima/Callao)</i>
CUADRO 5.1.	:	<i>Parque Automotor en el departamento de Lima</i>
CUADRO 6.1.	:	<i>Solución óptima P.L. # 1</i>
CUADRO 6.2.		<i>Solución óptima P.L. # 2</i>
CUADRO 6.3.	:	<i>Solución óptima P.L. # 3</i>
CUADRO 7.1.	:	<i>Modelo L-D para evaluar el trazado de rutas de transporte urbano</i>
CUADRO 8.1.		<i>Generación de Subidas y Bajadas en el Modelo de Tendencias Origen-Destino</i>
CUADRO 8.2.	:	<i>Bajadas por paradero en el Modelo de Tendencias Origen-Destino</i>
CUADRO 8.3.	:	<i>Subida/Bajada de cada pasajero en el Modelo de Tendencias Origen-Destino (resumen)</i>
CUADRO 8.4.	:	<i>Esquema Base-desplazamiento para registrar subida/bajada por pasajero</i>
CUADRO 8.5.		<i>Tendencias Origen-Destino (Resultado Final)</i>
CUADRO 9.1.		<i>Trabajadores en establecimientos por distrito de trabajo y residencia</i>
CUADRO 9.2.	:	<i>Población, Densidad y Superficie (km²) por grupo poblacional</i>
CUADRO 9.3.	:	<i>Empleos en establecimientos por lugar de trabajo y residencia, según grupo</i>
CUADRO 9.4.	:	<i>Desplazamiento poblacional en el Modelo Gravitacional (conexiones desde i)</i>

- CUADRO 9.5. : *Atracción de empleos en Modelo Gravitacional (conexiones hacia j)*
- CUADRO 9.6. : *Número de pasajeros que se desplazan y distancia promedio entre bloques definidos*
- CUADRO 9.7. : *Niveles de Autonomía y Recepción / Efecto de la distancia y otras variables en el Modelo Gravitacional (Resultado Final)*
- Cuadro 1-A : *Distancia promedio entre zonas de la ciudad*
- Cuadro 1-B : *Tamaño muestral para cada zona de la ciudad*

F I G U R A S

- FIGURA 3.1. : *No hay soluciones absolutas para los problemas del Transporte Urbano*
- FIGURA 4.1. : *División Política de la provincia de Lima*
- FIGURA 4.2. : *Crecimiento de la ciudad de Lima en siglo XX*
- FIGURA 4.3. : *El Macrosistema llamado LIMA y sus partes*
- FIGURA 5.1. : *Esquema de la Ciudad de Lima (Asterisco)*
- FIGURA 5.2. : *Secuencia histórica del crecimiento de Lima a través del siglo XX*
- FIGURA 5.3. : *El 'suplicio' de los pasajeros a bordo de una unidad de transporte público en Lima*
- FIGURA 7.1. : *Modelo para evaluar trazado · L-D
(A) Trazado real
(B) Aplicación en circunferencia*
- FIGURA 7.2. : *Plano de Lima con vías troncales y otras*
- FIGURA 7.3.1. : *Ruta 1 en el plano de Lima*
- FIGURA 7.3.2. : *Ruta 2 en el plano de Lima*
- FIGURA 7.3.3. : *Ruta 3 en el plano de Lima*
- FIGURA 7.3.4. : *Ruta 4 en el plano de Lima*

- FIGURA 7.3.5. : Ruta 5 en el plano de Lima*
- FIGURA 7.4. : Zonas pobladas (urbanas) en Lima*
- FIGURA 9.1. : Modelo de Gravitación Universal aplicado al Transporte Urbano - Esquema general*
- FIGURA 9.2. : División de Lima en 5 zonas (A,B,C,D,E) para aplicación de modelo gravitacional*
- FIGURA 1-A : Zonas definidas para muestreo (EN ANEXO 1)*
- FIGURA 4-A : El Patronato de Lima (EN ANEXO 4)*

A N E X O S

- ANEXO 1 : Cómo hacer un estudio de mercado que obtenga información para el Modelo Gravitacional aplicado al Transporte*
- ANEXO 2 : Herramientas computacionales y Fuentes de información*
- ANEXO 3 : Resumen de las aplicaciones prácticas posibles de los modelos propuestos*
- ANEXO 4 : Breve Historia de Lima*
- ANEXO 5 : Relación de Cuadros, Figuras y Anexos*