

Determination of trip generation rate of public hospitals in Metropolitan Lima

L. Saldaña, Bachiller¹, O. Vásquez, Bachiller¹, F. Castro, D. Sc.¹

¹Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Perú

u201310724@upc.edu.pe, u201220135@upc.edu.pe, pccifcas@upc.edu.p

Abstract– Demand and travel rates generated by public hospitals in the city of Metropolitan Lima are studied. It allows an improvement in the feasibility of hospital projects, urban planning and transport. Four hospitals were used throughout the city and their information is evaluated as independent variables. The linear or logarithmic regression equation is determined, the trend curves are plotted and the independent variables that most influence these hospitals are known after knowing the coefficient of determination (R^2) and performing the null hypothesis test, which demonstrates statistically if the correlation is acceptable with a confidence level of 95%. The guidelines of the Trip Generation Manual of the ITE (Institute of Transportation Engineers) were used as reference. It is verified that there is variation in local results between 78 and 84% than those of the ITE, underestimating trips.

Keywords-- Trip generation rate, Hospitals, Estimation of future traffic, Transportation planning, land use.

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.597>
ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

Determinación de la tasa de generación de viajes de hospitales públicos en Lima Metropolitana

L. Saldaña, Bachiller¹, O. Vásquez, Bachiller¹, F. Castro, D. Sc.¹

¹Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Perú

u201310724@upc.edu.pe, u201220135@upc.edu.pe, pccifcas@upc.edu.pe

Resumen— Se estudia la demanda y las tasas de viajes que generan los hospitales públicos en la ciudad de Lima Metropolitana. Permite una mejora en la viabilización de proyectos hospitalarios, en la planificación urbana y la de transporte. Se utilizaron cuatro hospitales de toda la ciudad y sus características son evaluadas como variables independientes. Se determina la ecuación de regresión lineal o logarítmica, se grafican las curvas de tendencia y se conocen las variables independientes que más influyen a estos hospitales luego de conocer el coeficiente de determinación (R^2) y de realizar la prueba de hipótesis nula, la cual demuestra estadísticamente si la correlación es aceptable con un nivel de confianza del 95%. Se usó como referencia los lineamientos del Trip Generation Manual del ITE (Institute of Transportation Engineers). Se comprueba que existen variaciones en los resultados locales entre el 78 y el 84 % que los del ITE, subestimando viajes.

Palabras claves—Tasa de generación de viajes, hospitales, estimación de tráfico futuro, planeamiento de transporte, uso de suelo.

Abstract— Demand and travel rates generated by public hospitals in the city of Metropolitan Lima are studied. It allows an improvement in the feasibility of hospital projects, urban planning and transport. Four hospitals were used throughout the city and their information is evaluated as independent variables. The linear or logarithmic regression equation is determined, the trend curves are plotted and the independent variables that most influence these hospitals are known after knowing the coefficient of determination (R^2) and performing the null hypothesis test, which demonstrates statistically if the correlation is acceptable with a confidence level of 95%. The guidelines of the Trip Generation Manual of the ITE (Institute of Transportation Engineers) were used as reference. It is verified that there is variation in local results between 78 and 84% than those of the ITE, underestimating trips.

Keywords-- Trip generation rate, Hospitals, Estimation of future traffic, Transportation planning, land use.

I. INTRODUCCIÓN

El planeamiento de transporte se realiza basado en el modelo secuencial de 4 etapas: Generación de viajes, distribución de viajes, selección modal y asignación de viajes, [1] La presente investigación está basada en la primera etapa, cuya finalidad es conocer el número total de viajes generados por un determinado uso de suelo, que en este caso son los hospitales públicos situados en la ciudad de Lima Metropolitana [2]. Posterior a ello, se calculan las tasas de generación de viajes, las curvas de tendencia, ecuación de regresiones y se establecen las variables independientes, las cuales son las que guardan mayor relación con los viajes generados.

Al finalizar el estudio de las tasas de generación de viajes con la realidad local, se procede a comparar las tasas de las variables propuestas y la de las sugeridas por el ITE y así poder analizar cuánto es la variación entre ambas. Se considera este aspecto muy importante para evitar sobreestimar los viajes generados por el uso del suelo analizado dando como resultado una inversión exagerada en infraestructura vial; o subestimarla, generando congestión, bajos niveles de servicio, empeorando el sistema vial del polo generador y de su área de influencia. La muestra de estudio es de 4 hospitales públicos ubicados en distintas zonas urbanas de la ciudad de Lima Metropolitana [3]. Los hospitales seleccionados fueron Kaelín de la Fuente, ubicado en el distrito de Villa María del Triunfo; Hospital José Agurto Tello, ubicado en el distrito de San Juan de Lurigancho; hospital Lanfranco La Hoz, ubicado en Puente Piedra; y el hospital Luis Negreiros Vega, ubicado en el distrito del Callao. El estudio es desarrollado ante la falta de datos locales de generación de viajes para este tipo de uso de suelo para poder así mejorar la planificación del sistema de transporte en esta metrópoli, considerada como la 3era ciudad con mayor tráfico vehicular en el mundo [4].

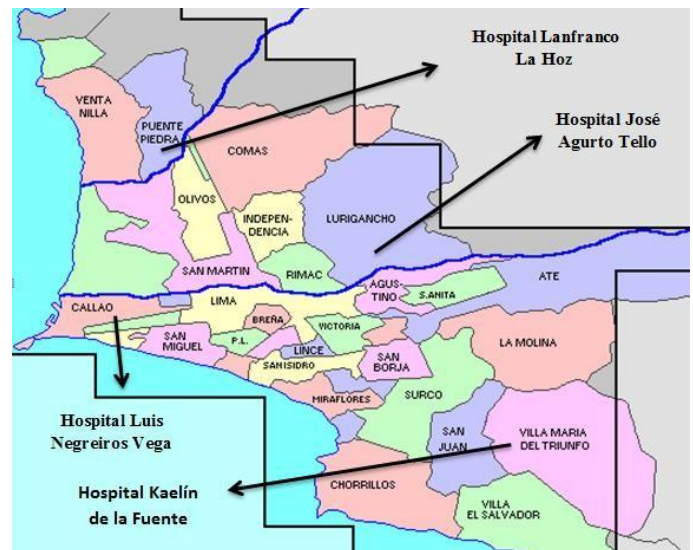


Fig. 1 Ubicación de los hospitales seleccionados en Lima Metropolitana.

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.599>

ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

II. ANTECEDENTES

En Lima y Callao, casi el 25% de los viajes ocurren principalmente en dos horas, entre las 7:00 a.m. y las 9:00 a.m., y son los distritos de Lima Centro, en especial el Cercado de Lima, Miraflores y San Isidro, los que más viajes atraen de los 43 distritos de la capital. Esto demuestra una deficiencia en la planificación urbana y cómo el modelo de ciudad difusa, caracterizada por viajes largos que atraviesan la ciudad, genera pérdidas de horas/persona e impacta negativamente en la calidad de vida de sus ciudadanos. [5]

Muchos de esos viajes son destinados hacia el centro laboral, centros de estudios, visitas médicas a hospitales, compras a supermercados, entre otros. Por ello, es necesario un estudio de tránsito cuando una actividad, proyecto o emprendimiento sea capaz de producir un impacto relevante sobre el sistema vial. Dicho impacto tiene que ser analizado tomando en cuenta el tipo de uso de suelo de los lugares de origen y destino de los usuarios afectados.

Las entidades encargadas de otorgar la factibilidad a los mencionados proyectos son las municipalidades a través de sus Gerencias de Desarrollo Urbano. Para el caso de la planificación de transporte los municipios son los encargados de otorgar los lineamientos y de exigir el desarrollo de Estudios de Impacto Vial para cada proyecto los cuales se sustentan, entre otros. En las tasas de generación de viajes; sin embargo, Lima carece de una red confiable de datos de generación de viajes, además encontró que "... las mediciones de tráfico generado real de los proyectos difieren en gran manera de aquellos considerados en su Estudio de Impacto Vial (EIV), teniendo variaciones que oscilan entre -70% a +50%." [6], acrecentando así el problema de congestión en la ciudad.

En el año 1967, el ITE desarrolló el "TRIP GENERATION MANUAL" que es un conjunto de datos de generación de viajes para cada tipo de proyecto, cada tipo de uso de suelo, variables y ubicación del proyecto [7]. Al ser una institución Norteamericana, los datos del Trip Generation Manual son principalmente de EEUU [8]. Para el caso de Latinoamérica la data disponible es escasa y por ello se ha creado la Red Iberoamericana con el mismo objetivo, generar datos de usos de suelo y datos de generación de viajes, labor que aún no cuenta con mucho éxito. En el Perú, la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) y la Universidad Nacional de Ingeniería son las únicas asociadas a esta red.

III. MÉTODO

Para estimar la generación de viajes de hospitales en la ciudad de Lima, se propone seguir los lineamientos del Institute of Transportation Engineers (ITE), además de una validación estadística de correlación entre variables y un análisis

comparativo de acuerdo a los siguientes pasos:

- A. Selección de 3 muestras como mínimo para la investigación.
- B. Conteos para cuantificar los viajes generados.
- C. Determinar las variables independientes, información real, medible y causante a la atracción de viajes.
- D. Determinar la tasa de generación de viajes para los hospitales de cada variable independiente seleccionada.
- E. Análisis de regresión lineal y logarítmica de cada variable independiente.
- F. Validar estadísticamente la relación entre variable dependiente e independiente mediante la Prueba de Hipótesis Nula.
- G. Elección del mejor método de cálculo para estimación de viajes (tasa o ecuación de curva ajustada).
- H. Comparación de cantidad de viajes generados usando resultados locales y los del ITE.

En este estudio las variables independientes serán las mismas recomendadas por el ITE: área de terreno total, número total de trabajadores y el número de camas. También se agregaron otras variables como el área total de construcción, número de personal médico, número de consultorios y el número de visitantes.

III. RESULTADOS

A. Para la selección de los hospitales, se buscaron 4 hospitales localizados en distintos puntos de Lima Metropolitana. Dicha selección presenta características similares, como el estar ubicados cerca de avenidas importantes y con un servicio socioeconómico similar.

TABLA I
UBICACIÓN DE HOSPITALES SELECCIONADOS CATEGORÍA II-2 EN LIMA METROPOLITANA

HOSPITAL	DISTRITO UBICACIÓN
Hospital José Agurto Tello	Chosica
Hospital Carlos Lanfranco La Hoz	Puente Piedra
Hospital Luis Negreiros Vega	Callao
Hospital Guillermo Kaelín De La Fuente	Villa María del Triunfo

B. Debido a la falta de estudios previos en conocer la hora pico de este tipo de uso de suelo hospitalario, se tuvo que realizar un aforo de 12 horas para los 4 hospitales, cada hora fraccionada por 4 periodos de 15 minutos, con el objetivo de determinar los Volúmenes Horarios de Máxima Demanda (VHMD), las horas en las que ocurren y enfocar el estudio en estos periodos. Luego, se procede a realizar conteos de viajes horas antes y después de la hora pico de manera simultánea durante 3 días de la semana para poder tener datos más exactos de volúmenes generados para esta investigación.

TABLA II

RESUMEN DE LOS 3 DÍAS DE AFORO DE TODOS LOS HOSPITALES SELECCIONADOS. SE MUESTRA LA HORA PICO, VHMD Y EL VOLUMEN TOTAL.

HOSPITAL AGURTO TELLO		
HORA PICO PEATONAL VHMD	VOLUMEN TOTAL	VHMD
8:45 - 9:45	676	MENOR
8:45 - 9:45	742	MEDIO
8:30 - 9:30	767	MAYOR
VHMD PROMEDIO = 728		
HOSPITAL LUIS NEGREIROS		
HORA PICO PEATONAL VHMD	VOLUMEN TOTAL	VHMD
7:30 - 8:30	1137	MENOR
8:00 - 9:00	1344	MEDIO
8:00 - 9:00	1385	MAYOR
VHMD PROMEDIO = 1289		
HOSPITAL LANFRANCO LA HOZ		
HORA PICO PEATONAL VHMD	VOLUMEN TOTAL	VHMD
7:00 - 8:00	1162	MENOR
7:00 - 8:00	1179	MEDIO
7:00 - 8:00	1231	MAYOR
VHMD PROMEDIO = 1191		
HOSPITAL KAELÍN DE LA FUENTE		
HORA PICO PEATONAL VHMD	VOLUMEN TOTAL	VHMD
7:30 - 8:30	1410	MENOR
7:30 - 8:30	1426	MEDIO
7:45 - 8:45	1649	MAYOR
VHMD PROMEDIO = 1495		

C. Se procede a recopilar información de las variables independientes de los hospitales mediante entrevistas a personal directivo de los mismos y revisión de expedientes técnicos, con estos datos se procede a obtener las tasas de generación de viajes. Los resultados se presentan en la siguiente tabla.

TABLA III

VALORES DE LAS VARIABLES INDEPENDIENTES CON SU RESPECTIVO HOSPITAL A ESTUDIAR.

VARIABLES INDEPENDIENTES	H. AGURTO TELLO	H. NEGREIROS	H. LANFRANCO LA HOZ	H. KAELÍN DE LA FUENTE
ÁREA DE TERRENO (m ²)	2061	17307	11504.48	17427
ÁREA DE CONSTRUCCIÓN (m ²)	3897	15700	9119.5	23616
NÚMERO DE TRABAJADORES	136	741	808	1017
NÚMERO DE PERSONAL MÉDICO	63	478	588	816
NÚMERO DE CONSULTORIOS	26	45	37	101
NÚMERO DE CAMAS	87	120	111	165
NÚMERO DE VISITANTES	186	620	524	463

D. La ecuación (1) es la relación de cada variable independiente respecto a los valores de VHMD de los hospitales seleccionados, también conocidos como tasas.

$$T_i = \frac{VG_i \text{ actuales}}{Vli \text{ actuales}} \quad (1)$$

La Tabla IV representa las tasas de generación de viajes con el VHMD peatonal de menor, medio y mayor valor de los 4 hospitales.

TABLA IV
TASAS DE GENERACIÓN DE VIAJES

VARIABLES INDEPENDIENTES	VHMD	H. AGURTO TELLO	H. LANFRANCO LA HOZ	H. NEGREIROS	H. KAELÍN DE LA FUENTE
ÁREA DE TERRENO (m ²)	MENOR	0.3280	0.1010	0.0657	0.0809
	MEDIO	0.3600	0.1025	0.0777	0.0818
	MAYOR	0.3721	0.1070	0.0800	0.0947
ÁREA DE CONSTRUCCIÓN (m ²)	MENOR	0.1735	0.1274	0.0724	0.0597
	MEDIO	0.1904	0.1293	0.0856	0.0604
	MAYOR	0.1968	0.1350	0.0882	0.0699
NÚMERO DE TRABAJADORES	MENOR	4.9706	1.4381	1.5344	1.3864
	MEDIO	5.4559	1.4592	1.8138	1.4022
	MAYOR	5.6397	1.5235	1.8691	1.6224
NÚMERO DE PERSONAL MÉDICO	MENOR	10.7302	1.9762	2.3787	1.7279
	MEDIO	11.7778	2.0051	2.8117	1.7475
	MAYOR	12.1746	2.0935	2.8975	2.0221
NÚMERO DE CONSULTORIOS	MENOR	26.0000	31.4054	25.2667	13.9604
	MEDIO	28.5385	31.8649	29.8667	14.1188
	MAYOR	29.5000	33.2703	30.7778	16.3366
NÚMERO DE CAMAS	MENOR	7.7701	10.4685	9.4750	8.5455
	MEDIO	8.5287	10.6216	11.2000	8.6424
	MAYOR	8.8161	11.0901	11.5417	10.0000
NÚMERO DE VISITANTES	MENOR	3.6344	2.2176	1.8339	3.0454
	MEDIO	3.9892	2.2500	2.1677	3.0799
	MAYOR	4.1237	2.3492	2.2339	3.5637

Se procede a realizar el promedio de las tasas de mayor, medio y menor valor de cada hospital respecto a la variable a estudiar. Los resultados son presentados en la siguiente tabla:

TABLA V

TASAS PROMEDIO DE GENERACIÓN DE VIAJES DE CADA VARIABLE INDEPENDIENTE RESPECTO A LOS MÁXIMOS, MEDIOS Y MINIMOS VALORES DE VHMD DE LOS HOSPITALES SELECCIONADOS.

VARIABLES INDEPENDIENTES	VHMD	H. AGURTO TELLO	H. LANFRANCO LA HOZ	H. NEGREIROS	H. KAELÍN DE LA FUENTE	TASA GENERACIÓN PROMEDIO PONDERADO
ÁREA TERRENO	P R O M E D I O	0.353	0.103	0.074	0.086	0.097
ÁREA DE CONSTRUCCIÓN		0.187	0.131	0.082	0.063	0.090
NÚMERO DE TRABAJADORES		5.355	1.474	1.739	1.470	1.741
NÚMERO DE PERSONAL MÉDICO		11.561	2.025	2.696	1.833	2.418
NÚMERO DE CONSULTORIOS		28.013	32.180	28.637	14.805	22.502
NÚMERO DE CAMAS		8.372	10.727	10.739	9.063	9.737
NÚMERO DE VISITANTES		3.916	2.272	2.078	3.230	2.623

E. Se realiza el análisis de regresión lineal y logarítmica para cada variable independiente y se escoge el coeficiente de determinación (R^2) con mayor valor, la cual es el porcentaje de variación de viajes generados por el tamaño de la variable independiente.

Se presenta en las siguientes figuras la regresión lineal y logarítmica de algunas variables independientes como el área de terreno, número de trabajadores y número de camas.

Se selecciona la regresión lineal para la variable independiente área de terreno, pues el coeficiente de determinación que presenta ($R^2 = 0.9293$) es mayor al logarítmica ($R^2 = 0.9218$).

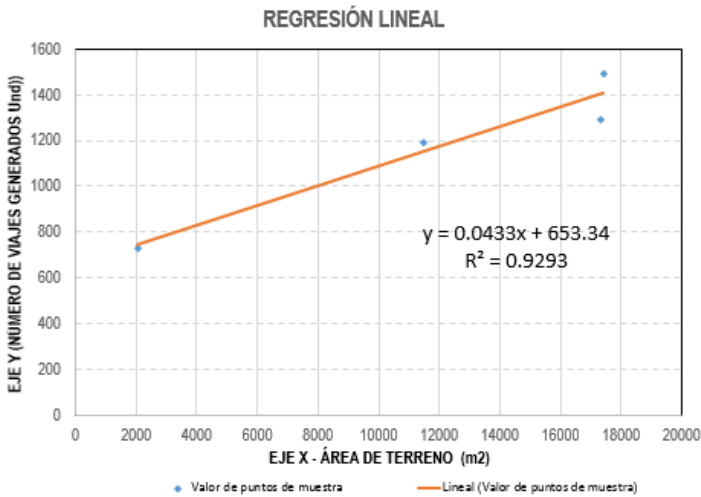


Fig. 2 Regresión lineal entre el área de terreno y la demanda generada. Elaboración propia.

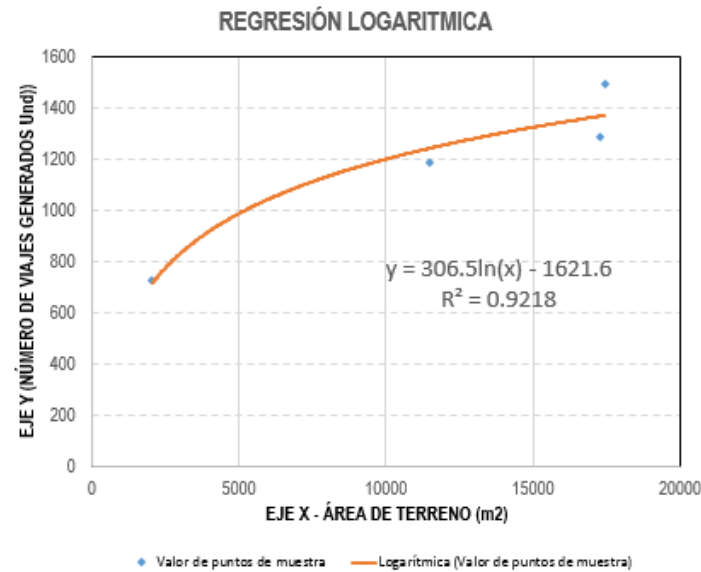


Fig. 3 Regresión logarítmica entre el área de terreno y la demanda generada. Elaboración propia.

Se selecciona la regresión lineal para la variable independiente número de trabajadores, pues el coeficiente de determinación que presenta ($R^2 = 0.9566$) es mayor al de la regresión logarítmica ($R^2 = 0.9174$).

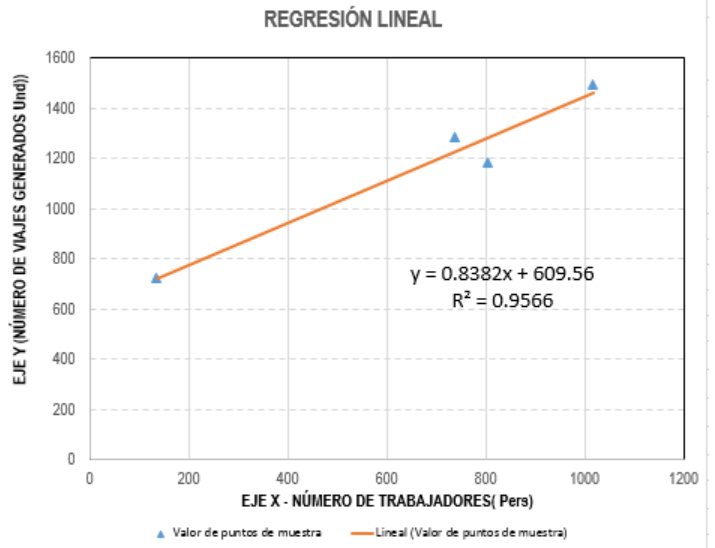


Fig. 4 Regresión lineal entre el número de trabajadores y la demanda generada. Elaboración propia.

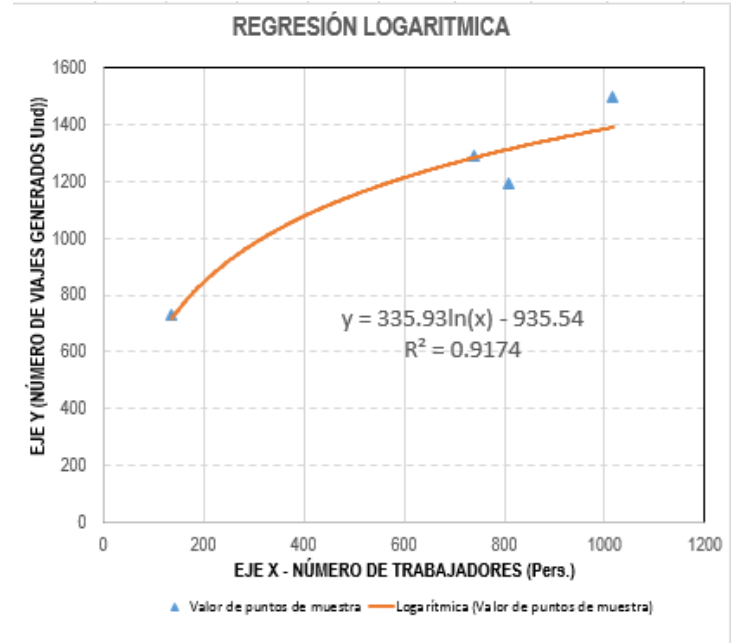


Fig. 5 Regresión logarítmica entre el número de trabajadores y la demanda generada. Elaboración propia.

Se selecciona la regresión logarítmica para la variable independiente número de camas, pues el coeficiente de determinación que presenta ($R^2 = 0.9053$) es mayor al de la regresión lineal ($R^2 = 0.8353$).

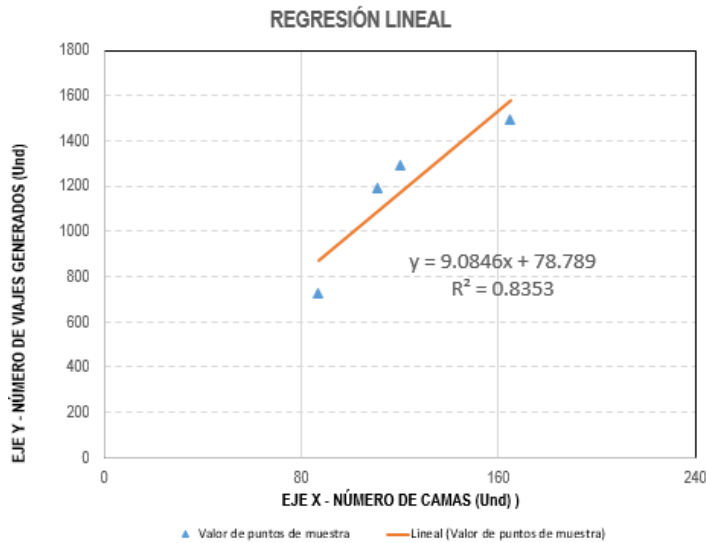


Fig. 6 Regresión lineal entre el número de camas y la demanda generada. Elaboración propia

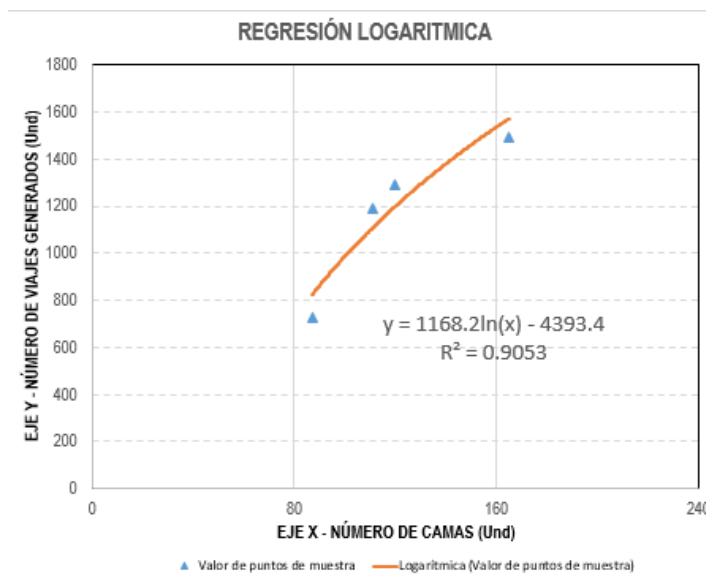


Fig. 7 Regresión logarítmica entre el número de camas y la demanda generada. Elaboración propia

F. La validación estadística no es un paso establecido por el ITE, pero se considera dicha validación con el método de hipótesis nula para comprobar que exista relación lógica de la variable independiente con la dependiente.

La hipótesis nula sugiere que para un estadístico “t de Student” calculado mayor al de tabla, con una significancia del 95% la correlación entre ambos es estadísticamente real, es decir; que cambios en la variable independiente sí están relacionados

con las variaciones de la variable dependiente.

$$t_{\text{calculado}} = r \left(\frac{\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-R^2}} \right) \quad (2)$$

Donde:

*n = grados de libertad o cantidad de variables analizadas.

* R^2 = Mayor coeficiente de correlación de Pearson.

*r = |R|

El resultado de t calculado para (n=4) y R^2 de acuerdo al mayor valor de regresión estimado según variable analizada es comparado con el valor de t de Student de tabla (3.182) previamente hallado, rechazando o validando la hipótesis de relación entre las variables dependiente e independiente, para cada caso.

A continuación, se presenta una tabla con las ecuaciones adoptadas y su respectivo t calculado, para el cual se utilizó el mayor coeficiente de correlación R^2 .

TABLA VI
ECUACIONES ADOPTADAS Y EL RESPECTIVO T CALCULADO DE TODAS LAS VARIABLES INDEPENDIENTES

VARIABLE EXPLICATIVA	TIPO	Ecuación determinada	R2
ÁREA DE TERRENO	Lineal	$y = 0.0433x + 653.34$	0.929
	T calculado	5.127	
ÁREA DE CONSTRUCCIÓN	Logarítmica	$y = 414.82\ln(x) - 2675.8$	0.9675
	T calculado	6.639	
NÚMERO DE TRABAJADORES	Lineal	$y = 08382x + 609.56$	0.957
	T calculado	7.716	
NÚMERO DE PERSONAL MÉDICO	Lineal	$y = 0.9903x + 694.22$	0.927
	T calculado	5.051	
NÚMERO DE CONSULTORIOS	Logarítmica	$y = 504.87\ln(x) - 754.21$	0.8014
	T calculado	2.841	
NÚMERO DE CAMAS	Logarítmica	$y = 1168.2\ln(x) - 4393.4$	0.9053
	T calculado	4.373	
NÚMERO DE VISITANTES	Logarítmica	$y = 509.11\ln(x) - 1885.9$	0.715
	T calculado	3.545	

Respecto a los valores de los coeficientes de regresión, el ITE establece como variables válidas aquellas que superen el valor de 0.75 en su R^2 . Los valores hallados en general superan la valla indicada a excepción del número de visitantes con un valor de 0.715 y queda descartado como variable independiente para el uso de suelos en hospitales para la realidad local.

Se puede afirmar luego de realizar el estudio de hipótesis nula que las variables independientes de Área de terreno, Área de construcción, Número de trabajadores, Número de médicos y Número de camas han obtenido valores de t calculado mayores al t de Student, rechazando la hipótesis de nulidad y contrastando que tienen relación con la variable dependiente. El caso fue distinto con el Número de consultorios cuyo valor de t calculado es menor al t de Student de tabla, quiere decir que dicha variable independiente queda descartada porque no genera cambios en la variable dependiente, a pesar de que su coeficiente de correlación (0.801) supera el valor mínimo establecido por el ITE (0.75).

G. La elección del método consiste en una secuencia de 8 pasos con condicionales, que direccionan los resultados hacia la elección de un método en específico y así estimar el número de viajes generados, los mismos que se muestran en el gráfico siguiente:

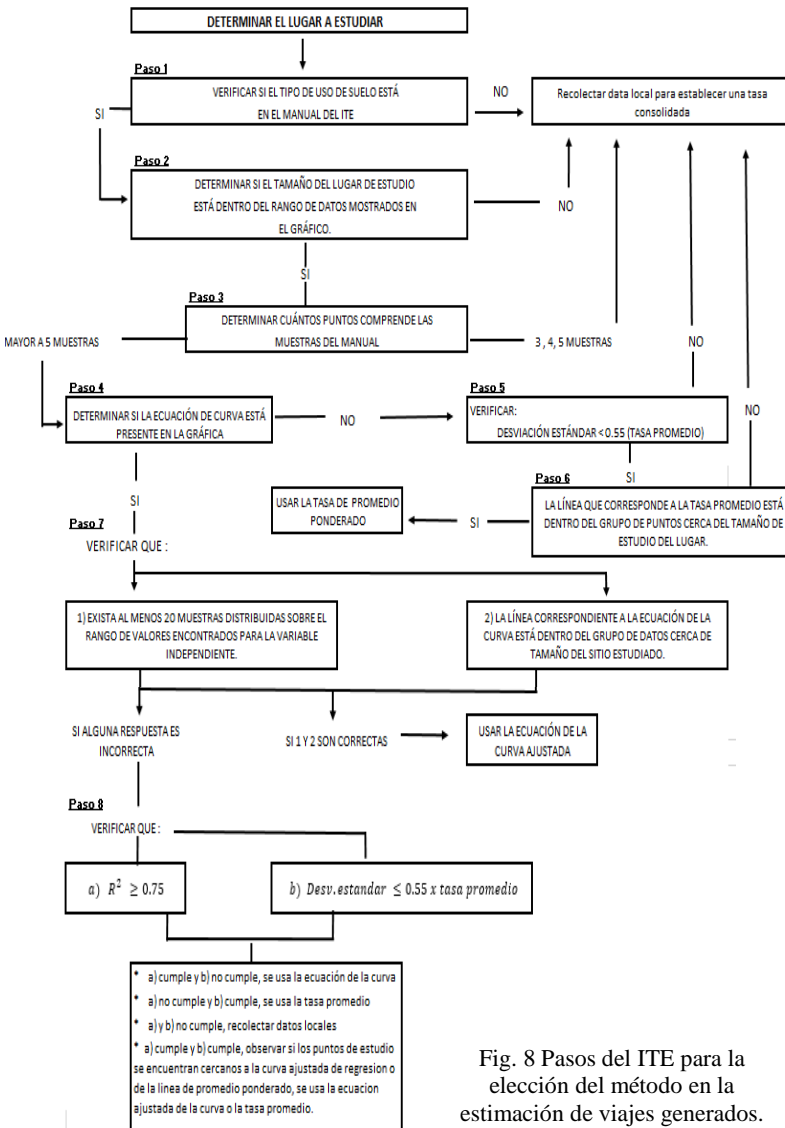


Fig. 8 Pasos del ITE para la elección del método en la estimación de viajes generados.

Se realiza dichos pasos cuando se obtiene el gráfico final de generación de viajes para cada variable independiente, cuyos resultados son de uso para condiciones locales. Se toma como referencia de forma de presentación a los gráficos del ITE.

HOSPITAL (610 – II-2)	
Viajes vs	: Área de terreno
Periodo de estudio	: Día laborales, hora pico A.M.
Número de estudios	: 4
Locación	: Zona urbana
Promedio de variable independiente	: 12074.87 m2

Generador de viajes de personas

Tasa promedio	Rango de promedio	Desviación estándar
0.0974	0.074 – 0.1332	0.1332

Gráfico y ecuación

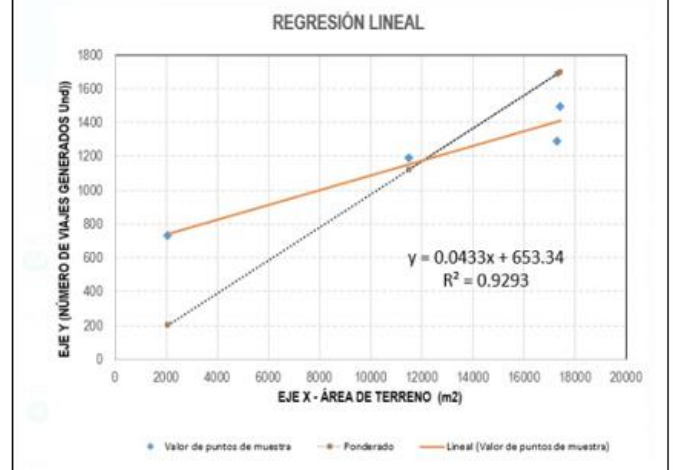


Fig. 9 Gráfica de generación de viajes para la variable independiente área de terreno para condiciones locales.

Al seguir los pasos sugeridos por el manual del ITE acerca de la metodología a usar, verificamos que:

*Paso 1: El tipo de uso de suelo sí está en el manual del ITE (Código 610)

*Paso 2: El tamaño de nuestra variable independiente (área de terreno) para cada hospital, está dentro del rango de datos mostrados en el gráfico. Se considera su conversión a la unidad usada por el ITE (pies²)

*Paso 3: Comprende 4 muestras de estudio. El ITE sugiere una muestra mayor a 5 puntos estudiados para la selección del método de cálculo de generación de viajes; Sin embargo propone obviar esta sugerencia y pasar al paso 4 con la finalidad de evaluar el desempeño estadístico de una muestra pequeña (mayor a 3 muestras cuando se establece una tasa local).

*Paso 4: La curva está presente en el gráfico.

Pasar al paso 7.

*Paso 7: No existe 20 muestras en el gráfico. La línea que corresponde a la tasa promedio no está dentro del grupo de puntos cerca del tamaño de estudio.

*Paso 8: R^2 (0.9293) es mayor a 0.75 y la desviación estándar (0.1332) no es menor al 55% de la tasa promedio ($0.55 \times 0.0974 = 0.0536$).

*Al finalizar los 8 pasos sugeridos por el ITE, se usa la ecuación ajustada de la curva para hallar los viajes generados en la variable independiente de área de terreno.

HOSPITAL (610 – II-2)

Viajes vs	:	Número de camas
Periodo de estudio	:	Día laborales, hora pico A.M.
Número de estudios	:	4
Locación	:	Zona urbana
Promedio de variable independiente	:	120.75 unidades

Generador de viajes de personas

Tasa promedio	Rango de promedio	Desviación estándar
9.7371	8.368 – 10.742	1.2009

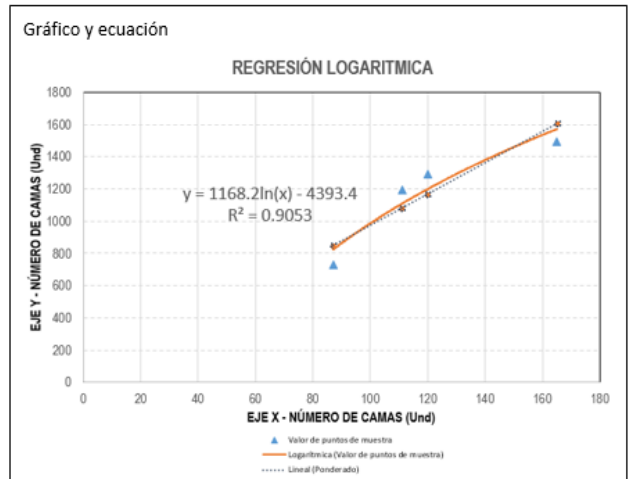


Fig. 11 Gráfica de generación de viajes para la variable independiente número de camas para condiciones locales.

HOSPITAL (610 – II-2)

Viajes vs	:	Número de trabajadores
Periodo de estudio	:	Día laborales, hora pico A.M.
Número de estudios	:	4
Locación	:	Zona urbana
Promedio de variable independiente	:	675.5 personas

Generador de viajes de personas

Tasa promedio	Rango de promedio	Desviación estándar
1.7406	1.47 – 5.353	1.9001

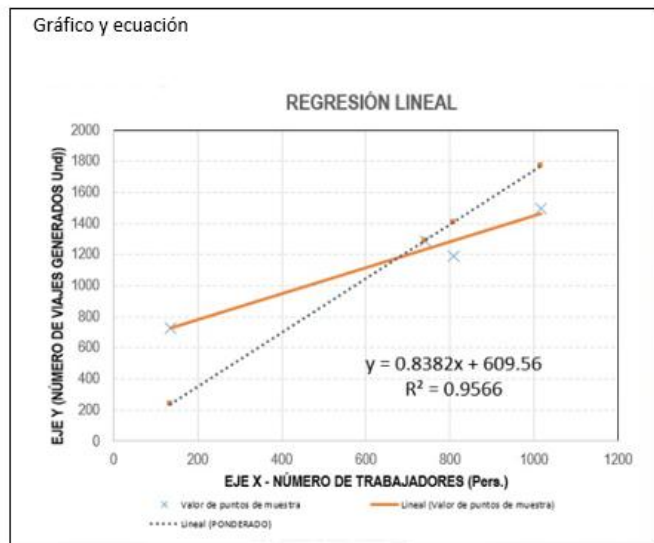


Fig.10 Gráfica de generación de viajes para la variable independiente número de trabajadores para condiciones locales.

De la misma forma a la desarrollada para anterior variable, al finalizar los 8 pasos sugeridos por el ITE, se usa la ecuación ajustada de la curva para hallar los viajes generados en la variable independiente de número de trabajadores.

*Al finalizar los pasos sugeridos por el ITE, en el paso 8 se obtiene una doble afirmación, lo que alienta a establecer el método en función a lo observado en la gráfica. Se observa que los puntos de estudio se encuentran cercanos a la curva ajustada de regresión; además, de estar cerca también a la línea de valores promedios ponderados; Sin embargo, para los valores reales mostrados en la gráfica, el desarrollo de la curva de la ecuación es más cercano. Por ende, se utiliza la ecuación de la curva ajustada como método final.

H. Se realiza un análisis comparativo entre las variables independientes seleccionadas contra los datos que establece el ITE [8] y se tiene los siguientes resultados:

*Respecto a la variable de tamaño del área de terreno, el uso de la tasa de generación del ITE también llega a subestimar viajes. Varía en un 84% aproximadamente de viajes totales en condiciones locales no contabilizados. Ejemplificando, si se calcula la estimación de la demanda con la tasa ITE en el hospital Lanfranco La Hoz, el resultado sería de 190 viajes, mientras que si lo realizamos con la tasa calculada en esta investigación sería de 1149 viajes. La diferencia es significativa, pues se estaría estimando 959 viajes menos en caso se usen los datos ITE en la realidad local peruana.

*Respecto a la variable de número de trabajadores, el uso de la tasa de generación del ITE también llega a subestimar viajes.

Varía en un 78% aproximadamente de viajes totales en condiciones locales no contabilizados. Ejemplificando, si se calcula la estimación de la demanda con la tasa ITE en el Hospital Kaelin Herrera, el resultado sería de 376 viajes, mientras que si lo realizamos con la tasa calculada en esta investigación sería de 1462 viajes. La diferencia es significativa, pues se estaría estimando 1086 viajes menos en caso se usen los datos ITE en la realidad local peruana.

*Respecto a la variable de número de camas, el uso de la tasa de generación del ITE también llega a subestimar viajes. Varía en un 84% aproximadamente de viajes totales en condiciones locales no contabilizados. Ejemplificando, si se calcula la estimación de la demanda con la tasa ITE en el hospital Negreiros, el resultado sería de 179 viajes, mientras que si lo realizamos con la tasa calculada en esta investigación sería de 1199 viajes. La diferencia es significativa, pues se estaría estimando 1021 viajes menos en caso se usen los datos ITE en la realidad local peruana

IV. CONCLUSIONES

Las variables independientes que guardan mayor relación con la generación de viajes de hospitales Categoría II-2 en Lima Metropolitana son: el área de terreno, el área de construcción, el número de trabajadores, el número de personal médico y el número de camas. Se escogen estas variables y no se toman en cuenta la variable del número de visitantes, por tener un R^2 (0.715) menor al recomendado por el ITE (0.75) y a la variable de número de consultorios, luego de haber sido validado estadísticamente al no rechazar la hipótesis de nulidad, contrastando así que no guarda relación con la variable dependiente.

Ante la evidencia mostrada, se concluye que existe la necesidad de tener datos de carácter local. Se ha demostrado que estos permiten una mejor estimación de la cantidad de viajes a generar en función a características establecidas, esto permite mejorar la planificación y viabilización de proyectos desde su formulación, teniendo una visión futura de su afectación permitiendo el desarrollo de estrategias de mitigación sobre la infraestructura vial existente o de optimización de las variables independientes tal que se ajusten a la oferta vial. Es por ello que es importante su actualización de uso dentro del Reglamento Nacional de Edificaciones, ampliando su alcance como requisito previo para la viabilización de proyectos hospitalarios.

Para la realidad local es distinta, no existen los mismos parámetros que en el país de origen del ITE. Se considera este aspecto muy importante para evitar sobreestimar o subestimar los viajes generados por el uso del suelo analizado generando

una inversión exagerada en infraestructura vial o subestimar, generando congestión, bajos niveles de servicio, empeorando el sistema vial del polo generador y de su área de influencia.

Por último, se exhorta a probar otros tipos de regresiones o diversas metodologías las cuales implican otros modelos matemáticos que puedan ofrecer un mejor ajuste respecto a las proyecciones de tráfico generado. También se recomienda el estudio de otras categorías de hospitales y de otros usos de suelo, pues esta información es muy escasa en el país y se ha demostrado su utilidad. Además, la ampliación de la base de datos de generación de viajes puede servir como base para evaluar la interacción entre diferentes usos de suelos en contextos urbanos como se viene investigando en países que si cuentan con amplia data de generación de viajes.

AGRADECIMIENTO

Al Doctor César Morales, por su asesoría en el método y proceso de elaboración de un manuscrito científico para publicación internacional basado en un trabajo de investigación concluido por los autores.

REFERENCIAS

- [1] J. Ortúzar, y L. Willumsen “Modelos de transporte”. Cantabria, España. Universidad de Cantabria. p56. 2008.
- [2] Rede Ibero-Americana de Estudo em Polos Geradores de Viagens. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2010
- [3] “Texas Department of transportation 2014 Texas Trip Generation Manual”, 1st Edition-Volume 1.p16.2014
- [4] Tom Tom International B (2018, 11 DICIEMBRE.) Tom Tom 2018 Traffic Index. Recuperado 12 de marzo de 2018, de https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/ranking/
- [5] M. Alegre y G. Alarcón “Transporte Urbano: ¿Cómo resolver la movilidad en Lima y Callao? Lima, Perú” CONSORCIO DE INVESTIGACION ECONOMICA Y SOCIAL. 2016
- [6] J. B. Velasco. “Los estudios de impacto vial y el tráfico generado en la ciudad de Lima” Tesis de bachiller, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú, 2017.
- [7] A. Quintero “Determinación de tasas de generación de viajes para conjuntos residenciales ubicados en la ciudad de Mérida, Venezuela.” Mérida, Venezuela. 2011
- [8] “Trip Generation Manual”, 10th Edition- Volume 2”, P1599.2. 2018.

