

# The vertical city: Rent gradients, spatial structure, and agglomeration economies.

---

Liu, Rosenthal & Strange (2018)

Economía Urbana: Angel Espinoza

# Motivación.

- El número de edificios altos está creciendo dramáticamente en el mundo.
- La literatura ha estudiado ampliamente los patrones de desarrollo urbano en horizontal [vg. Brueckner (1897) y Duranton y Puga (2015)].
  - Poco o nada se ha estudiado sobre la estructura de organización interna de los edificios.
- Los grandes edificios pueden incluso ser comparados con pequeñas ciudades: el World Trade Center (compuesto por las dos torres gemelas) albergaba alrededor de 50,000 trabajadores en 10 millones de pies cúbicos de espacio.



¿Cómo se ordenan las compañías dentro de los edificios? ¿Qué fuerzas llevan a las firmas a acomodarse de una u otra forma y cómo afecta esto a las rentas?

- Con la altura del edificio se presenta un *trade off* entre la facilidad de acceso (costos y tiempos de transporte) y la cantidad de *amenities* (mejores vistas y estatus).
- La variación vertical de las rentas va de la mano con la literatura de aglomeración que atribuye ganancias en la productividad al hecho que las empresas funcionen en proximidad de otras.
  - *Sharing, matching, learning.*
- Las empresas más productivas buscan ubicarse en lo más alto de los edificios, en los que las rentas son más altas.
  - Mayores rentas comerciales deben ser compensadas en el equilibrio por mayores ganancias o menores costos operativos.

- En primer lugar, los autores documentan que las empresas más productivas se ubican en los pisos más altos de los edificios, las menos productivas más abajo y los negocios de ventas al menudeo en el nivel de acceso.
- Los autores realizan una adaptación del modelo monocéntrico de Alonso, Mills y Muth para cada edificio para el que se obtienen predicciones que son probadas empíricamente.
  - Se encuentra que los gradientes de renta son no monótonos e independientes del empleo cercano.
  - Doblar la cantidad de empleo por código postal conlleva a un incremento de 10.7% en las rentas.
    - Notemos que estos efectos son mayores que los que se observarían en el modelo monocéntrico tradicional, en el que ante aumentos en  $N$ , producen aumentos en las rentas pero son mitigados con el aumento de  $r_f$  (en el modelo vertical, los edificios están construídos y no pueden crecer más).
  - Moverse un piso hacia arriba es equivalente en el aumento de las rentas a añadir 3500 trabajadores en un código postal.

- Esta investigación es novedosa al estudiar por primera vez la estructura de organización de los edificios. Esto contrasta con la literatura previa que se enfoca en los patrones horizontales de las ciudades.
- La investigación ajusta de manera satisfactoria el modelo monocéntrico horizontal a un diseño vertical.
  - El diseño teórico con el que se plantea la investigación flexibiliza los supuestos del modelo tradicional, introduciendo varios tipos de agentes con preferencias distintas y cuyas funciones de Bid Rent responden de manera distinta a la distancia del "centro".
- Ante el acelerado desarrollo de edificios, se produce un rápido crecimiento del empleo. No estudiar el fenómeno puede llevar a desaprovechar primas de productividad.

- Se propone un modelo que contempla la interacción de agentes de dos tipos: inquilinos de ventas al menudeo (cuyas ganancias y rentas dependen únicamente del acceso en el edificio) y de empresas de oficina (cuyas ganancias y rentas dependen únicamente del acceso en el edificio). Se supone un conjunto grande de potenciales inquilinos.
- Se definen las siguientes variables:
  - $s$ : tamaño de lote que consumen los inquilinos
  - $n$ : trabajadores empleados por cada inquilino
  - $M$ : número de consumidores
  - $\eta$ : share de los consumidores por inquilino
  - $v$ : utilidad de compra de los consumidores
  - $p$ : precio de venta de los productos de los inquilinos
  - $z$ : piso del inquilino
  - $\tau$ : costo de transporte
  - $w$ : costos laborales
  - $\alpha$ : beneficio en los ingresos por la altura
  - $\omega$ : ganancia en la utilidad del trabajador por la altura
  - $\phi N$ : demanda por servicios de oficina

# Planteamiento teórico (II).

- Actividades comerciales al menudeo:

- Ganancias de la empresa:

$$\pi(z) = (v - \tau^R z - c) \eta M - w^R - r(z).$$

- Bid Rent:

$$r(z) = \eta M (v - \tau^R z - c) - w^R.$$

- Cambio en Bid Rent respecto al piso:

$$\partial r / \partial z = -\eta M \tau^R < 0$$

- Actividades de oficina:

- Ganancias de la empresa:

$$\pi(z) = \phi N (v - \tau^O z - c) + \alpha z - (w^O - \omega z) - r(z),$$

- Bid Rent:

$$r(z) = \phi N (v - \tau^O z - c) + \alpha z - (w^O - \omega z)$$

- Cambio en Bid Rent respecto al piso:

$$\partial r / \partial z = -\phi N \tau^O + \alpha + \omega$$



- Renta de equilibrio y estructura espacial vertical:

- La posición relativa de los inquilinos depende de sus pendientes de Bid Rent
- Para que los agentes estén presentes (comerciantes y oficinas), equilibrio debe cumplirse:

- Para piso  $z=0$

$$\eta M(v - c) - w^R > \phi N(v - c) - w^O$$

- Para piso  $z=Z$

$$\phi N(v - \tau^O Z - c) + \alpha Z - (w^O - \omega z) > \eta M(v - \tau^R Z - c) - w^R.$$

- Implicaciones del modelo:

- El gradiente vertical será no monótono, decreciente con la altura en los primeros pisos y creciente en los más altos.
- Los inquilinos de ventas al menudeo los primeros pisos, mientras las oficinas los más altos.
- Entre los inquilinos que reciben rentas por *amenities* los más productivos se ubicarán en los pisos más altos.

- Según la aplicación se mezclaron datos de tres fuentes:
  - Memorando confidencial de la oferta de bienes raíces para inversores: reúne información detallada cuando un edificio está a la venta.
    - 93 edificios en 18 áreas metropolitanas para 2003 a 2014.
    - Información financiera de inquilinos (5,445 establecimientos) y otros detalles.
  - CompStack: reúne información sobre inquilinos de oficinas para distintas áreas metropolitanas.
    - 1922 edificios.
    - Información más reciente
  - Dun and Bradstreet: Obtenida de la Universidad de Syracuse.
    - Información detallada con direcciones, datos de empleo y ventas a nivel establecimiento.
  - Data censal de empleo por código postal para 2013.

# Estadística Descriptiva



Angel de Jesús Espinoza E.

**Panel A: Three Data Sources**

	Offering Memo (OM)	CompStak (CS)	Dun and Bradstreet Merged with OM Data	Dun and Bradstreet For 5 Industries Not Merged with OM or CS Data <sup>a</sup>
Number of Buildings	93	1,922	93	19,721
Number of Tenant-Suite Obs	5,750	37,007	5,472	57,748
Number of MSAs	18	8	18	12
Time Period for Data	2003 - 2014	1999 - 2015	2014	2015

**Panel B: Industry Composition in Offering Memo Tall Buildings in Percent<sup>b</sup>**

	All Floors	Ground Floor and Concourse	Floor > 2 and < 40	Floor >= 40
Retail (SIC 52-59)	6.79	32.71	2.34	3.45
FIRE (SIC 60-67)	23.43	10.12	25.74	25.43
Business Services (SIC 73)	8.43	7.76	8.62	8.19
Law Offices (SIC 81)	20.31	8.24	20.65	43.10
Eng, Acc, Man (SIC 87)	12.13	2.59	14.00	11.64
All Other Industries	28.91	38.58	28.65	8.19

**Panel C: Commercial Rents Per Square Foot (\$2014)**

	Average	25 <sup>th</sup> percentile	50 <sup>th</sup> percentile	75 <sup>th</sup> percentile
Offering Memo Data	38	22	33	51
CompStak Data	36	17	33	49

- Estimadores para el gradiente de renta y la prima del piso de acceso:

$$\log(r_i) = h(z_i, \beta_z) + \theta_1 z_{\text{concourse}} + \theta_2 z_{\text{ground}} + \theta_3 z_{\text{ground}} X_{\text{buildingheight}} + \theta_4 X_j + \varepsilon_i$$

- Estimadores para la estructura vertical espacial:

$$\log(z_i) = \delta_1 T_i + \delta_2 X_{\text{Bldg},j} + \delta_3 X_{\text{Location},m} + \varepsilon_i$$

- Aquí, hemos definido:

- $h(z_i, \beta_z) = \beta_z \log(z_i)$  (double log model) y  $h(z_i, \beta_z) = \beta_z z_i$  (semilog model) como el gradiente vertical de forma que  $\beta_z$  es su elasticidad.
- $\theta_1, \theta_2$  son los niveles de renta por competencia y prima por primer nivel.
- $X_j$  controla por atributos físicos del edificio (en algunos modelos se usan efectos fijos)

# Resultados (I)

- Prima de piso de acceso para un edificio de 30 pisos (double log model):
  - Datos OM:
    - $30 \times 0.0046 + 0.46 = 0.6 \Rightarrow 60\%$
  - Datos CS:
    - $30 \times 0.007 + 0.11 \Rightarrow 0.33 \Rightarrow 33\%$
- Interpretación: el piso de acceso es especialmente valorado relativo a pisos debajo y por arriba de éste.

**Table 2a**  
Rent gradients with building fixed effects<sup>a</sup>.

	Offering memo data		CompStak data	
	Double log	Semi-log	Double log	Semi-log
Below ground floor	-0.2621 (0.1035)	-0.4596 (0.0987)	-	-
Ground floor	0.4661 (0.0952)	0.3448 (0.1002)	0.1156 (0.0357)	0.0295 (0.0354)
Ground floor X Bldg height	0.0046 (0.0017)	0.0059 (0.0018)	0.0070 (0.0017)	0.0073 (0.0017)
Log(Floor number + k) <sup>b</sup>	0.1883 (0.0355)	-	0.0858 (0.0049)	-
Floor number	-	0.0087 (0.0012)	-	0.0058 (0.0003)
Observations	5,445	5,445	37,007	37,007
Lease quarter Fixed Effects	-	-	Yes	Yes
Building Fixed Effects	93	93	1,922	1,922
R-sq within	0.162	0.177	0.247	0.254

<sup>a</sup> Dependent variable for the OM regressions is gross rent per square foot in \$2014. Dependent variable for the CS regressions is in \$2014 and is net rent which adjusts gross rent for months of free rent at the start of the lease and other accommodations. Standard errors clustered at the building level are in parentheses.

<sup>b</sup> k is set to a value 1 unit larger in absolute value than the lowest basement floor in the data, -5 for the offering memo data and -1 for the CompStak data.

# Resultados (II)

**Table 2b**  
Convex Rent Gradients<sup>a</sup>.

	Offering Memo Data			CompStak Data		
	(1) Floors 3 through 29	(2) Floors 30 through 59	(3) Floors 60 and above	(4) Floors 3 through 29	(5) Floors 30 through 59	(6) Floors 60 and above
<b>PANEL A: Double Log</b>						
Log(Floor number + k) <sup>b</sup>	0.1334 (0.0322)	0.1810 (0.1571)	1.036 (0.0196)	0.0760 (0.0046)	0.2873 (0.0394)	1.274 (0.3036)
Observations	3,524	774	115	29,360	4,602	116
Lease quarter Fixed Effects	No	No	No	Yes	Yes	Yes
Building Fixed Effects	93	44	4	1,862	369	18
R-sq within	0.029	0.008	0.112	0.257	0.295	0.710
<b>PANEL B: Semi-Log</b>						
Floor number	0.0075 (0.0018)	0.0045 (0.0034)	0.0124 (0.0002)	0.0058 (0.0003)	0.0068 (0.0009)	0.0161 (0.0032)
Observations	3,524	774	115	29,360	4,602	116
Lease quarter Fixed Effects	No	No	No	Yes	Yes	Yes
Building Fixed Effects	93	44	4	1,862	369	18
R-sq within	0.030	0.010	0.117	0.259	0.295	0.708

<sup>a</sup> Dependent variable for the OM regressions is gross rent per square foot in \$2014. Dependent variable for the CS regressions is in \$2014 and is net rent which adjusts gross rent for months of free rent at the start of the lease and other accommodations. Standard errors clustered at the building level are in parentheses.

<sup>b</sup> k is set to a value 1 unit larger in absolute value than the lowest basement floor in the data, -5 for the offering memo data and -1 for the CompStak data.

- Resultados importantes: las rentas se incrementan de manera creciente a partir del primer piso.

# Resultados (III)



Angel de Jesús Espinoza E.

**Table 5**  
Location by Sales per Worker  
(Dependent Variable: Log Floor Number)<sup>a</sup>.

	(1) Head Quarters 12 MSAs	(2) Single Site 12 MSAs <sup>b</sup>	(3) Single Site 12 MSAs <sup>b</sup>	(4) Law Offices 12 MSAs (SIC 81)	(5) Law Offices 12 MSAs (SIC 81)	(6) Advertising Offices 12 MSAs (SIC 7311)	(7) Brokerage Offices 12 MSAs (SIC 62)	(8) Insurance Carriers 12 MSAs (SIC 63)	(9) Insurance Agents, Brokers & Services 12 MSAs (SIC 64)
Log sales/worker at site	-	0.0139	0.0153	0.0463	0.0224	-0.0353	0.0040	-0.0227	-0.0064
	-	(0.0069)	(0.0075)	(0.0100)	(0.0102)	(0.0276)	(0.0156)	(0.0183)	(0.0148)
Log employment at site	-0.0110	0.0304	0.0169	0.0372	0.0134	0.0065	0.0406	-0.0112	0.0160
	(0.0078)	(0.0047)	(0.0034)	(0.0062)	(0.0040)	(0.0140)	(0.0089)	(0.0193)	(0.0068)
Log sales/worker - Firm	0.0262	-	-	-	-	-	-	-	-
	(0.0046)	-	-	-	-	-	-	-	-
Log employment - Firm	0.0352	-	-	-	-	-	-	-	-
	(0.0060)	-	-	-	-	-	-	-	-
Publicly traded	0.1061	0.5371	0.2245	-	-	-0.2242	0.4196	1.3266	0.6150
	(0.0334)	(0.2926)	(0.2544)	-	-	(0.0779)	(0.1687)	(0.1862)	(0.0134)
Subsidiary	-0.0488	0.0029	-0.0811	0.0523	-0.0243	0.0741	-0.0184	0.0599	0.0501
	(0.0254)	(0.0255)	(0.0345)	(0.1392)	(0.1321)	(0.0868)	(0.0412)	(0.0902)	(0.0475)
Risk Rating: Low	0.0286	0.0284	0.0003	0.0331	-0.0046	0.0364	0.0450	-0.0216	0.0058
	(0.0169)	(0.0104)	(0.0086)	(0.0134)	(0.0101)	(0.0544)	(0.0346)	(0.0953)	(0.0167)
Risk Rating: Medium	0.0680	0.0432	-0.0225	0.0372	-0.0316	0.0547	0.0300	0.0982	0.0456
	(0.0287)	(0.0179)	(0.0128)	(0.0296)	(0.0161)	(0.0655)	(0.0348)	(0.1145)	(0.0257)
Observations	16,335	58,389	58,389	36,980	36,980	1,700	6,884	1,268	10,916
Within R-squared	0.013	0.011	-	0.004	-	0.003	0.005	0.014	0.002
Total (Adj) R-squared	0.308	0.458	0.716	0.454	0.735	0.253	0.403	0.293	0.353
2-digit Industry FE	-	5	5	-	-	-	-	-	-
5-Digit Zipcode FE	640	1,767	-	1,493	-	428	1,001	574	1,460
Building FE	-	-	20,215	-	11,963	-	-	-	-

<sup>a</sup> Data are from Dun and Bradstreet. Standard errors in parentheses are clustered at the level of the geographic fixed effects (zipcode or building).

<sup>b</sup> Includes SIC 62, 63, 64, 7311, 81.

- Resultados importantes: las empresas más grandes (y más productivas) se ubican en los pisos más altos.

- Ventajas:
  - La estrategia de los autores parte de un modelo estructural que después es verificado empíricamente.
  - Los autores cuentan con tres bases de datos distintas con las que pueden probar la robustez de sus resultados.
  - Prueba de robustez mediante regresión de polinomios locales (regresión no paramétrica).
  - La estrategia de los autores permite evaluar distintos fenómenos como la ubicación y productividad de los establecimientos y las elasticidades de la renta y salarios.
  - Uso de efectos fijos para controlar por características no observables invariantes en el tiempo en los edificios.
- Limitaciones:
  - Ruido en la definición de las variables:
    - Productividad: ventas promedio
  - Inferencia de causalidad: la relación renta, productividad puede estar contaminada por variables no observables.
    - Posibilidad de endogeneidad y sesgo por variables omitidas: ubicación de los edificios, giros de empresas residentes en edificios cercanos.
    - En los modelos de efectos fijos este problema persiste para variables no observables que si cambian con el tiempo: flujos migratorios y fenómenos naturales.
  - Los autores pueden enfrentarse a sesgos muestrales. Es posible que los establecimientos de la información con la que cuentan se comporta sistemáticamente distinta respecto a establecimientos en edificios cuya información no fue reportada en las bases de datos con las que los autores cuentan.
    - De la base de datos OM, solo 4 edificios tienen más de 60 pisos



- Liu, C. H., Rosenthal, S. S., & Strange, W. C. (2015). The vertical city: rent gradients and spatial structure. Under Review