

# ANÁLISIS DE LOS VALORES DE MERCADO DE BIENES INMUEBLES URBANOS UBICADOS EN EL BARRIO MALVÍN, URUGUAY, A TRAVÉS DE REGRESIÓN ESPACIAL Y GEOESTADÍSTICA

Analysis Of The Market Values Of Urban Real Estate Located In The  
Malvín Neighborhood, Uruguay, Through Spatial And Geostatistical  
Regression

**Ana Caren Pozzi Vazquez**  
**Universidad de la República**

Facultad de Ingeniería - Instituto de Agrimensura  
[anapozzi3@gmail.com](mailto:anapozzi3@gmail.com)

**Julia García Oviedo**

**Universidad de la República**

Facultad de Ingeniería - Instituto de Agrimensura  
[juliagarcia43210@gmail.com](mailto:juliagarcia43210@gmail.com)

**Carlos Alberto Peruzzo Trivelloni**

**Universidad de la República**

Facultad de Ingeniería - Instituto de Agrimensura  
[cperuzzo@fing.edu.uy](mailto:cperuzzo@fing.edu.uy)

**Martha Siniacoff Del Pino**

**Universidad de la República**

Facultad de Ingeniería - Instituto de Agrimensura  
[msiniacoff@fing.edu.uy](mailto:msiniacoff@fing.edu.uy)

## Resumen

Este trabajo analiza los factores que influyen en el valor de los bienes inmuebles urbanos para el barrio Malvín Sur, ubicado en Montevideo, Uruguay, limítrofe al Río de la Plata. A través de muestras de compraventa de los bienes inmuebles en estudio, con la complementación de datos originarios de la Dirección Nacional de Catastro como categoría, estado de conservación, edad, altura máx, área del predio y área edificada; y datos de distancias a avenidas principales y rambla. Para ello, se utilizan herramientas estadísticas avanzadas como regresión espacial, regresión múltiple y geoestadística para el análisis detallado de su dinámica socioeconómica. Trás el análisis se transita de un modelo poco explicativo a un modelo con un poder explicativo del 88%, lo que indica una capacidad robusta para predecir los precios basados en las características estudiadas, persistiendo únicamente un 12% de variabilidad inexplicada. El análisis de residuos y la depuración de datos ayudan a mejorar la precisión del modelo. Especialmente, se observó que la ubicación es crucial: áreas cerca de la rambla y avenidas, tienen valores más altos debido a vistas atractivas, buena conectividad y servicios cercanos. Por el contrario, zonas cercanas a asentamientos irregulares o sin acceso directo a vías principales tienden a tener valores más bajos. En resumen, la investigación subraya la importancia de la ubicación geográfica, la infraestructura urbana y la proximidad a servicios como factores clave en la valorización inmobiliaria de Malvín Sur.

**Palabras claves:** inferencia estadística, regresión espacial, geoestadística.

## Resumo:

Este trabalho analisa os fatores que influenciam o valor dos imóveis urbanos do bairro Malvín Sur, localizado em Montevideú, Uruguai, na divisa com o Río de la Plata. Através de amostras de vendas dos imóveis em estudo, com complementação de dados provenientes da Direção Nacional de Cadastro como categoria, estado de conservação, idade, altura máxima, área do imóvel e área

construída; e dados de distância às principais avenidas e rambla. Para isso, são utilizadas ferramentas estatísticas avançadas como regressão espacial, regressão múltipla e geoestatística para análise detalhada de sua dinâmica socioeconômica. Após a análise, passamos de um modelo pouco explicativo para um modelo com poder explicativo de 88%, o que indica uma capacidade robusta de previsão de preços com base nas características estudadas, persistindo apenas 12% de variabilidade inexplicável. A análise residual e a limpeza de dados ajudam a melhorar a precisão do modelo. Principalmente, observou-se que a localização é crucial: áreas próximas ao calçadão e avenidas apresentam valores mais elevados devido às vistas atraentes, boa conectividade e serviços próximos. Pelo contrário, áreas próximas a assentamentos irregulares ou sem acesso direto às estradas principais tendem a apresentar valores mais baixos. Em resumo, a pesquisa destaca a importância da localização geográfica, da infraestrutura urbana e da proximidade de serviços como fatores-chave na valorização imobiliária de Malvín Sur.

**Palavras-chave:** inferência estatística, regressão espacial, geoestatística.

## 1. INTRODUCCIÓN

El barrio Malvín está ubicado en Montevideo (Uruguay, ver Figura 1), es un área codiciada debido a su cercanía a la costa, calles arboladas y servicios, lo que eleva el precio del metro cuadrado. En contraste, Malvín Norte, al norte de Malvín, presenta condiciones menos favorables y asentamientos más precarios.

Este análisis se centra en los inmuebles urbanos en régimen de propiedad común (tipo casa) en Malvín, utilizando herramientas estadísticas avanzadas como regresión espacial, regresión múltiple y geoestadística. Se analizan datos de compraventa y características de propiedades proporcionados por la Dirección Nacional de Catastro<sup>1</sup>, incluyendo el estado de conservación, edad, altura de construcción, área del predio y distancia a avenidas principales y la rambla.

El objetivo es entender y ofrecer recomendaciones para un desarrollo urbano más equitativo y sostenible.

Figura 1 - Mapa de Ubicación.



<sup>1</sup> Órgano Nacional encargado de diseñar, realizar, conservar y administrar el catastro de los bienes inmuebles.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo General

El objetivo general del trabajo es analizar los valores de mercado de bienes inmuebles urbanos ubicados en el barrio Malvín Sur, Montevideo, Uruguay, a partir del análisis de precios de venta y del uso de métodos de regresión espacial y geoestadística.

### 2.2. Objetivos Específicos

Recolectar datos de propiedades inmuebles en Malvín Sur, incluyendo características intrínsecas y geoespaciales relevantes; y realizar un análisis descriptivo de la distribución detectando posibles valores atípicos.

Identificar y validar las variables significativas que influyen en el valor de mercado de los inmuebles a través de la regresión múltiple, optimizando los modelos estadísticos para mejorar la precisión y relevancia.

Aplicar regresión espacial y geoestadística para analizar la dinámica espacial de los valores de bienes inmuebles de propiedad común en el barrio Malvín.

Estimar los factores geográficos que valorizan o desvalorizan los bienes inmueble, que explican el desarrollo socioeconómico del barrio Malvín.

## 3. METODOLOGÍA

### 3.1. Recopilación de datos iniciales

En primera instancia, se obtienen datos de compraventas de inmuebles en el barrio Malvín, Montevideo, Uruguay, que incluyen coordenadas UTM, número de padrón, fecha de transacción, monto de compraventa y ubicación. Junto a ellos, se crea una tabla con características de los inmuebles como categoría constructiva, estado de conservación, edad (calculada para año de venta), área total y área edificada, extraídos de la Dirección Nacional de Catastro (DNC). Estos datos se utilizarán para analizar el valor de mercado de los inmuebles. El criterio de clasificación de estado de conservación y categoría es extraído de la DNC; se confecciona una tabla para plasmar dicha clasificación, como se observa en la Tabla 1.

Tabla 1 - Criterios de clasificación Categoría y Estado de Conservación. (Elaborada por los autores).

|   | Categoría     | Estado de Conservación |
|---|---------------|------------------------|
| 1 | Muy buena     | Excelente              |
| 2 | Buena         | Bueno                  |
| 3 | Mediana       | Regular                |
| 4 | Económica     | Malo                   |
| 5 | Muy económica | Muy malo               |

Fuente: [https://montevideo.gub.uy/sites/default/files/biblioteca/djcu-instructivoweb\\_0.pdf](https://montevideo.gub.uy/sites/default/files/biblioteca/djcu-instructivoweb_0.pdf).

Los valores de compraventa que se encontraban en diferentes monedas, Pesos Uruguayos, Dólares Estadounidenses y Unidades Reajustables, fueron transformados para estar todos en una única moneda, en este caso Dólares Estadounidenses para la fecha de venta.

Malvín Sur es uno de los barrios más codiciados de Montevideo, con altos precios por metro cuadrado debido a su proximidad a la costa, vistas y avenidas principales como Av. Italia, Av. General Rivera y la Rambla O'Higgins, sin embargo la Av. Gral. Rivera es una avenida estrecha, con un gran tránsito y contaminación sonora.

Al norte de Av. Italia, las condiciones son menos favorables debido a la cercanía con asentamientos precarios. Siguiendo el criterio mencionado por Peruzzo Trivelloni (1998 y 2005), se evalúa la influencia de infraestructuras como shoppings, vías principales y espacios públicos en la valorización de los inmuebles. Se calculan distancias a las avenidas principales mencionadas, utilizando el software QGIS para analizar su impacto en los valores de los inmuebles. Los inmuebles cercanos a estas avenidas tienden a tener un mayor valor por su accesibilidad y atractivo.

A su vez, se definen tres zonas diferenciadas para los inmuebles.

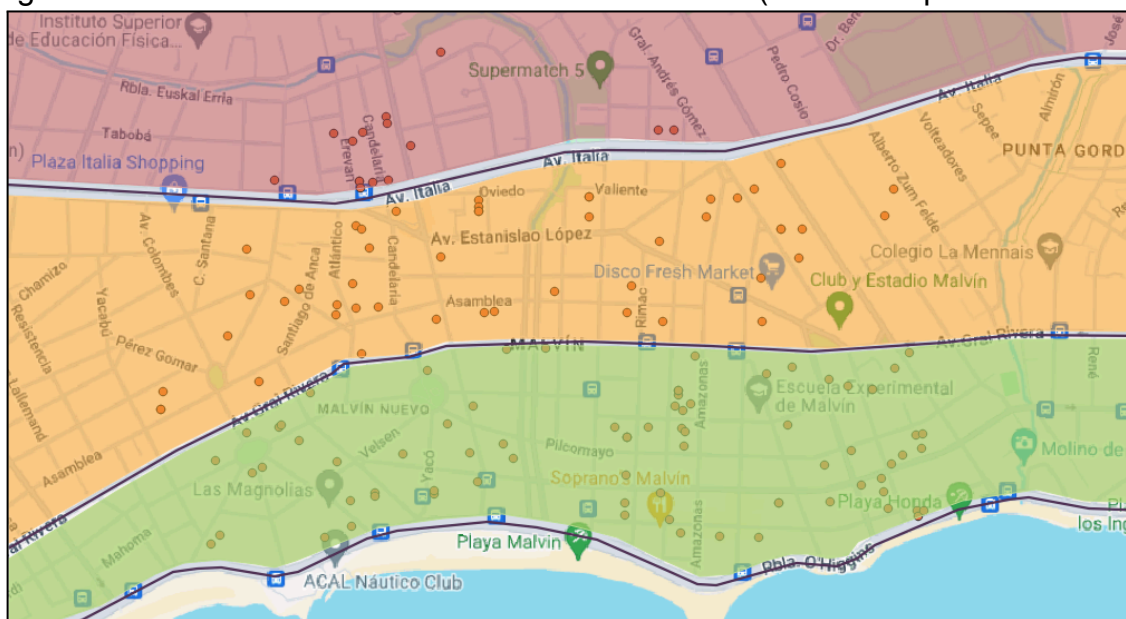
- Zona 1: Entre Rambla O'Higgins y Av. Gral Rivera (Sur de Rivera).
- Zona 2: Entre Av. Gral Rivera (Norte de Rivera) y Av. Italia (Sur de Av. Italia).
- Zona 3: Norte de Av. Italia.

Se definen dos variables dicotómicas, para diferenciar estas tres zonas, variables "Sur de Av. Italia", "Sur de Av. Gral. Rivera", (ver Tabla 2, y Figura 2).

Tabla 2 - Determinación de las zonas por variables dicotómicas. (Elaborada por los autores).

|               | Sur de Av. Italia | Sur de Rivera | Se prevé que la zona sea: |
|---------------|-------------------|---------------|---------------------------|
| <b>Zona 1</b> | 1                 | 1             | Más valorizada            |
| <b>Zona 2</b> | 1                 | 0             | Intermedia                |
| <b>Zona 3</b> | 0                 | 0             | Menos valorizada          |

Figura 2- Distribución de los elementos de la muestra (Elaborada por los autores).



### 3.2. Depuración de datos

En una primera depuración, se eliminan aquellas observaciones que carecen de algunos datos, como lo son la edad, si es propiedad horizontal (apartamentos) en vez de propiedad común (casa), etc. A la vez también, se eliminan todas aquellas observaciones que poseen construcciones con destino diferente a vivienda, como por ejemplo, local comercial, escritorio, club social, hotel, centro de enseñanza, entre otros.

### 3.3. Regresión múltiple

Se utiliza inferencia estadística y regresión múltiple de acuerdo a la metodología originalmente propuesta por Rosen (1974) y posteriormente incorporada ampliamente en la Ingeniería Avaluatoria (Dantas, 1998; Peruzzo Trivelloni, 1998; Michael, 2004; Peruzzo Trivelloni, 2005; Oliveira et al, 2016; Fontoura Jr. et al, 2018; Duarte et al., 2022; Peruzzo Trivelloni et al, 2023a y 2023b; entre otros). Se realiza un primer análisis de la influencia de las variables independientes consideradas en el precio de los inmuebles. Se utilizan como variables de localización las distancias a las avenidas y las variables dicotómicas. Como se observa en la Tabla 3, el bajo valor de  $R^2$  obtenido indica que el modelo no explica correctamente la variabilidad de los datos o la presencia de datos atípicos en la muestra. Las distancias a las avenidas y las variables dicotómicas de localización muestran baja significancia.

Tabla 3 - Primer modelo generado por regresión múltiple, no explica el modelo.

| REGRESSION                                           |             |             |                         |              |
|------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------------------|--------------|
| SUMMARY OF OUTPUT: ORDINARY LEAST SQUARES ESTIMATION |             |             |                         |              |
| Data set                                             | :           | tabla       |                         |              |
| Dependent Variable                                   | :           | Monto       | Number of Observations: | 101          |
| Mean dependent var                                   | :           | 254120      | Number of Variables     | : 11         |
| S.D. dependent var                                   | :           | 123724      | Degrees of Freedom      | : 90         |
| R-squared                                            | :           | 0,275945    | F-statistic             | : 3,43       |
| Adjusted R-squared                                   | :           | 0,195495    | Prob(F-statistic)       | : 0,00076412 |
| Sum squared residual                                 | :           | 1,11944e+12 | Log likelihood          | : -1311,31   |
| Sigma-square                                         | :           | 1,24382e+10 | Akaike info criterion   | : 2644,63    |
| S.E. of regression                                   | :           | 111527      | Schwarz criterion       | : 2673,39    |
| Sigma-square ML                                      | :           | 1,10836e+10 |                         |              |
| S.E of regression ML                                 | :           | 105279      |                         |              |
| Variable                                             | Coefficient | Std.Error   | t-Statistic             | Probability  |
| CONSTANT                                             | 288511      | 183833      | 1,56942                 | 0,12006      |
| Dist_Rambla                                          | 1,80667     | 135,498     | 0,0133336               | 0,98941      |
| Dist_AvItalia                                        | 13,0031     | 152,106     | 0,0854871               | 0,93207      |
| Dist_Rivera                                          | -32,4599    | 89,9249     | -0,360967               | 0,71897      |
| Sur de Av Italia                                     | 35305,7     | 61373,6     | 0,575259                | 0,56655      |
| Sur de Rivera                                        | 52613,6     | 49522,1     | 1,06243                 | 0,29088      |
| Area_Predio                                          | 254,053     | 86,6357     | 2,93242                 | 0,00426      |
| Area_Edificada                                       | -40,0037    | 85,7991     | -0,466248               | 0,64217      |
| Categoria                                            | -42974,6    | 19151,9     | -2,24388                | 0,02729      |
| EstConserv                                           | -7869,32    | 17822,9     | -0,441528               | 0,65989      |
| Edad                                                 | -550,041    | 795,679     | -0,691286               | 0,49117      |

El análisis de signos de la regresión revela las siguientes observaciones:

- **Área del Predio:** El signo positivo es correcto, pues un mayor área suele significar un mayor valor.
- **Área Edificada:** Esta variable es poco significativa en este modelo.
- **Categoría:** El signo negativo es coherente con el criterio de la DNC, donde una mejor categoría tiene un valor más bajo.
- **Estado de conservación:** Esta variable es poco significativa en este modelo.
- **Edad:** Esta variable es poco significativa en este modelo.

A continuación, se eliminan las variables distancias y se estudia el modelo considerando sólo las variables dicotómicas, como variables de localización, y se agrega la variable Altura Máxima permitida de Edificación, de acuerdo a la reglamentación municipal.

Con estas variables explicativas, el valor del  $R^2$  aumenta a 47% como se observa en la Tabla 4.

Las variables dicotómicas, se muestran altamente significativas y con los signos esperados. La variable altura máxima muestra una probabilidad de 0.36, con el signo esperado. Las demás variables se muestran significativas y con el signo esperado.

Tabla 4 - Modelo generado con las variables independientes más significativas, por regresión múltiple.

| REGRESSION                                           |                  |                        |               |  |
|------------------------------------------------------|------------------|------------------------|---------------|--|
| SUMMARY OF OUTPUT: ORDINARY LEAST SQUARES ESTIMATION |                  |                        |               |  |
| Data set                                             | : tabla sin repe |                        |               |  |
| Dependent Variable                                   | : Monto          | Number of Observations | : 94          |  |
| Mean dependent var                                   | : 264858         | Number of Variables    | : 7           |  |
| S.D. dependent var                                   | : 116288         | Degrees of Freedom     | : 87          |  |
| R-squared                                            | : 0,470851       | F-statistic            | : 12,9025     |  |
| Adjusted R-squared                                   | : 0,434358       | Prob(F-statistic)      | : 2,23188e-10 |  |
| Sum squared residual                                 | : 6,72632e+11    | Log likelihood         | : -1199,87    |  |
| Sigma-square                                         | : 7,7314e+09     | Akaike info criterion  | : 2413,73     |  |
| S.E. of regression                                   | : 87928,4        | Schwarz criterion      | : 2431,53     |  |
| Sigma-square ML                                      | : 7,15565e+09    |                        |               |  |
| S.E of regression ML                                 | : 84591,1        |                        |               |  |

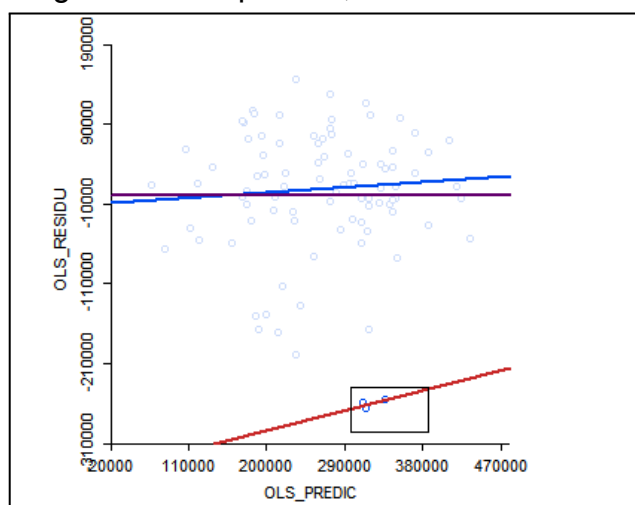
| Variable         | Coefficient | Std.Error | t-Statistic | Probability |
|------------------|-------------|-----------|-------------|-------------|
| CONSTANT         | 220381      | 106220    | 2,07476     | 0,04096     |
| Area_Predio      | 316,474     | 64,8206   | 4,88231     | 0,00000     |
| EstConserv       | -14060,5    | 13381,3   | -1,05076    | 0,29628     |
| Categoria        | -58763,3    | 15596,1   | -3,76783    | 0,00030     |
| Altura max       | 5228,89     | 5703,24   | 0,916828    | 0,36177     |
| Sur de Rivera    | 61117,6     | 20814,5   | 2,9363      | 0,00425     |
| Sur de Av Italia | 62251,1     | 38295,2   | 1,62556     | 0,10766     |

### 3.4. Análisis de residuos

Para mejorar el modelo explicativo, se realiza el análisis de residuos del modelo como es sugerido por Dantas (1998). El análisis de los diagramas de dispersión de los residuos contra los valores estimados permiten detectar posibles datos inconsistentes y valores erróneos, outliers o puntos atípicos.

En el diagrama de la Figura 3, se observan puntos atípicos que al ser analizados individualmente se comprueba que corresponden a valores absurdos, productos de sub-declaraciones. Estos elementos son eliminados de la muestra.

Figura 3 - Diagrama de dispersión, residuos vs valores estimados.



Se identifican varios inmuebles con montos de venta incoherentes que podrían ser puntos atípicos. Se decide eliminar aquellos que cumplan simultáneamente con las siguientes características:

- Ubicación al sur de Av. Italia

- Valor de venta menor a U\$S 100.000

Se vuelve a realizar la regresión múltiple para observar cómo se comporta el modelo y sus variables, como se observa en la Tabla 5. El poder explicativo aumenta para 0.73 y se considera que ahora explica mejor la variabilidad de los datos.

Tabla 5 - Regresión múltiple después de depurar elementos atípicos.

| REGRESSION                                           |             |             |                         |               |
|------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------------------|---------------|
| SUMMARY OF OUTPUT: ORDINARY LEAST SQUARES ESTIMATION |             |             |                         |               |
| Data set                                             | :           | tabla dep3  |                         |               |
| Dependent Variable                                   | :           | Monto       | Number of Observations: | 83            |
| Mean dependent var                                   | :           | 292428      | Number of Variables     | : 9           |
| S.D. dependent var                                   | :           | 92923       | Degrees of Freedom      | : 74          |
| R-squared                                            | :           | 0,733115    | F-statistic             | : 25,4092     |
| Adjusted R-squared                                   | :           | 0,704263    | Prob(F-statistic)       | : 2,38116e-18 |
| Sum squared residual                                 | :           | 1,91271e+11 | Log likelihood          | : -1012,43    |
| Sigma-square                                         | :           | 2,58474e+09 | Akaike info criterion   | : 2042,87     |
| S.E. of regression                                   | :           | 50840,3     | Schwarz criterion       | : 2064,64     |
| Sigma-square ML                                      | :           | 2,30447e+09 |                         |               |
| S.E of regression ML                                 | :           | 48004,9     |                         |               |
| Variable                                             | Coefficient | Std.Error   | t-Statistic             | Probability   |
| CONSTANT                                             | 299583      | 88752,4     | 3,3755                  | 0,00118       |
| Dist_Rambla                                          | -61,7468    | 66,941      | -0,922407               | 0,35931       |
| Dist_AvItalia                                        | -84,8167    | 73,0435     | -1,16118                | 0,24930       |
| Dist_Rivera                                          | 75,7726     | 43,8523     | 1,7279                  | 0,08818       |
| Sur de Av Italia                                     | 113627      | 30344,1     | 3,7446                  | 0,00035       |
| Sur de Rivera                                        | 37523,4     | 24083,8     | 1,55803                 | 0,12349       |
| Area_Predio                                          | 301,456     | 38,0842     | 7,91552                 | 0,00000       |
| Categoria                                            | -49925      | 9563,94     | -5,22013                | 0,00000       |
| EstConserv                                           | -14625,7    | 8196,9      | -1,7843                 | 0,07847       |

Los coeficientes de las variables distancias Rambla y Av. Italia, tienen signo negativo, lo cuál es lógico ya que se espera que cuanto más alejado se esté de estas avenidas menos valorado será el inmueble. Al mismo tiempo, el coeficiente de la variable distancia a Av. Gral. Rivera tiene signo positivo por ser una Avenida de mucho tránsito y ruido, sin ser una calle de servicios comerciales.

Los coeficientes de las dos variables dicotómicas son positivos, indicando que los inmuebles localizados al Sur de Av. Italia son más valorizados que al Norte de la misma, y que los que se encuentran al Sur de Av. Gral. Rivera, más próximos a la Rambla, son más valorizados aún.

La variable área de predio posee coeficiente con signo positivo, indicando que a mayor área del terreno el inmueble tendrá mayor valor, y las variables categoría y estado de conservación presentan coeficientes con signo negativo, debido a que la mejor categoría y estado de conservación corresponden a (1), mientras que la peor categoría y estado de conservación corresponden a (5).

### 3.5. Modelo Espacial: Regresión Espacial y Geoestadística

De acuerdo con la metodología propuesta en Peruzzo Trivelloni (2005) y Peruzzo Trivelloni y Hochheim (2006) son utilizadas las técnicas de regresión

espacial y geoestadística para modelar los aspectos espaciales de localización, buscando la definición del valor de localización de los inmuebles. A diferencia de la regresión lineal ordinaria, que asume que las observaciones son independientes entre sí, los métodos espaciales tienen en cuenta la influencia de la ubicación geográfica de las observaciones y cómo esta ubicación puede influir en el valor de los inmuebles (Anselin, 1999; Anselin, 2002; Dantas et al, 2002; Dantas et al, 2003; Marisco y Hochheim 2021). Se crea una matriz de pesos espaciales para analizar los efectos espaciales presentes en la muestra de datos. La distancia mínima a utilizar para la matriz W es de 249 metros para que todos los elementos tengan por lo menos un vecino.

Fue aplicado el modelo espacial del error sin considerar las variables de localización (Peruzzo Trivelloni, 2005) a los efectos de calcular los coeficientes de homogeneización del monto total del valor de los inmuebles, como se observa en la Tabla 6.

Tabla 6 - Regresión múltiple para variables no locativas

| REGRESSION                                                             |                 |                         |                |             |
|------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------------|----------------|-------------|
| -----                                                                  |                 |                         |                |             |
| SUMMARY OF OUTPUT: SPATIAL ERROR MODEL - MAXIMUM LIKELIHOOD ESTIMATION |                 |                         |                |             |
| Data set                                                               | : tabla dep4    |                         |                |             |
| Spatial Weight                                                         | : pesos nuevo   |                         |                |             |
| Dependent Variable                                                     | : Monto         | Number of Observations: | 82             |             |
| Mean dependent var                                                     | : 291349,073171 | Number of Variables     | : 4            |             |
| S.D. dependent var                                                     | : 92969,724300  | Degrees of Freedom      | : 78           |             |
| Lag coeff. (Lambda)                                                    | : 0,453227      |                         |                |             |
| R-squared                                                              | : 0,664489      | R-squared (BUSE)        | : -            |             |
| Sq. Correlation                                                        | : -             | Log likelihood          | : -1012,193216 |             |
| Sigma-square                                                           | : 2,89994e+09   | Akaike info criterion   | : 2032,39      |             |
| S.E of regression                                                      | : 53851,1       | Schwarz criterion       | : 2042,01      |             |
| -----                                                                  |                 |                         |                |             |
| Variable                                                               | Coefficient     | Std.Error               | z-value        | Probability |
| -----                                                                  |                 |                         |                |             |
| CONSTANT                                                               | 407939          | 39287,5                 | 10,3834        | 0,00000     |
| Area_Predio                                                            | 316,389         | 40,8357                 | 7,74784        | 0,00000     |
| Categoria                                                              | -60049,8        | 9928,35                 | -6,04832       | 0,00000     |
| EstConserv                                                             | -20028,2        | 8460,44                 | -2,36727       | 0,01792     |
| LAMBDA                                                                 | 0,453227        | 0,109449                | 4,14099        | 0,00003     |
| -----                                                                  |                 |                         |                |             |

### 3.6. Homogeneización de la variable monto total

Se homogeneiza la variable monto ajustándose por los coeficientes de las variables no locativas, como área del predio, categoría y estado de conservación, que son significativas en el modelo. Esta homogeneización es necesaria para realizar el análisis geoestadístico que debe ser aplicado a variables regionalizadas (Chica Olmo, 1994; Chica Olmo, 1995; Cano Guervós, 1999). La regresión espacial es útil cuando los datos están distribuidos espacialmente y las observaciones cercanas pueden influirse mutuamente (Anselin, 1999; Anselin, 2002; Anselin, 2003).

El modelo de error espacial (SEM), descrito por Anselin (2002) y Dantas (2003), aborda la dependencia espacial en los errores del modelo.

Para calcular el valor homogeneizado son utilizados los coeficientes estimados por el modelo de regresión espacial del error.

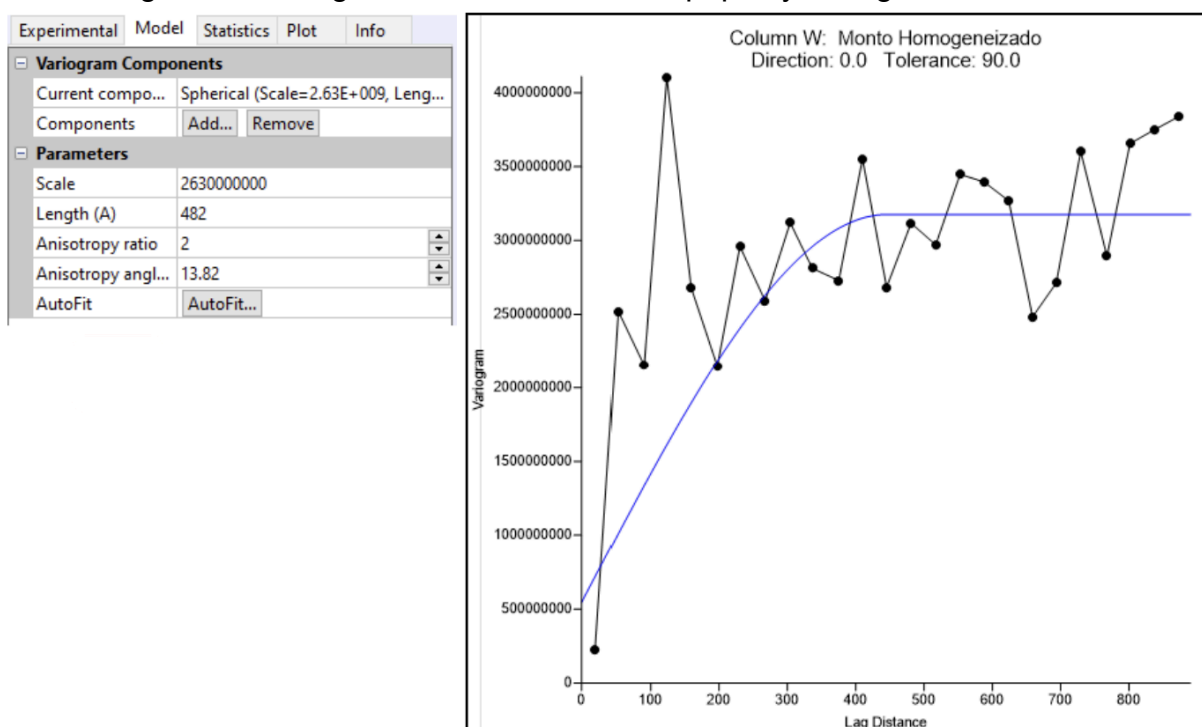
La ecuación para homogeneizar el monto es:

$$\text{Monto Homogenizado} = \text{Monto} - (316.389 \times \text{Área\_Predio}) - (-60049.8 \times \text{Categoría}) - (-20028.2 \times \text{Estado\_de\_Conservación})$$

### 3.7. Modelo geoestadístico: Variograma experimental y krigeado

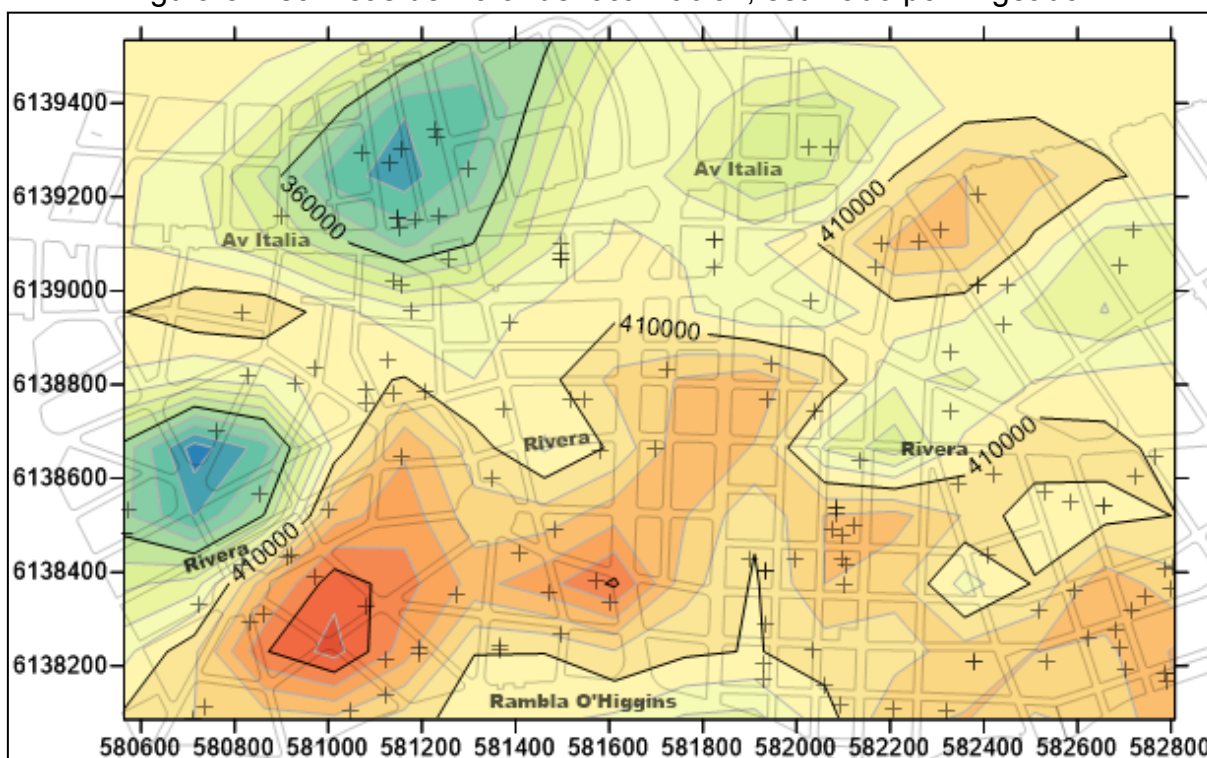
A partir de la variable monto homogeneizado, será estimado el valor de localización utilizando la interpolación de krigeado (Chica Olmo, 1994; Peruzzo Trivelloni, 2005). A partir del variograma experimental fue modelado el variograma teórico, compuesto por efecto pepita y variograma esférico, el cual fue ajustado por mínimos cuadrados. El variograma obtenido se observa en la Figura 4.

Figura 4 - Variograma modelado, efecto pepita y variograma esférico.



Con el variograma modelado, fue realizada la interpolación de krigeado por los bloques de la variable monto homogeneizado. Para los bloques se toma una distancia de 150 metros x 150 metros. Una vez realizada la interpolación de datos, fueron creadas las isóneas del valor de localización por medio del krigeado, como se observa en la Figura 5.

Figura 5 - Isolíneas del valor de localización, estimado por krigeado.



Del análisis de la Figura 5, se observan las regiones más valorizadas y menos valorizadas.

Entre las zonas menos valorizadas, indicadas en color azul, se incluye la región de la Plaza del Leonismo, desvalorizada debido a temas de seguridad pública, donde efectivamente los valores de venta de inmuebles son inferiores a U\$S 360.000. Otra zona poco valorizada se encuentra efectivamente al norte de Av. Italia, como era esperado, donde predominan asentamientos irregulares y los valores de venta también son bajos, menores a U\$S 360.000.

Las zonas más valorizadas (anaranjadas y rojas) se encuentran entre la Rambla O'Higgins y Av. Gral. Rivera, lo que también era esperado, donde los inmuebles tienen un valor superior a U\$S 410.000, indicando una alta valoración en esta área. En el lado sur de Av. Italia, los inmuebles también presentan valores elevados. En el área entre Av. Italia y Av. Gral. Rivera, los valores de los inmuebles oscilan entre U\$S 360.000 y poco más de U\$S 410.000, reflejando una valoración intermedia.

En resumen, los resultados obtenidos por kriging observados en la Figura 5 cumplen con las expectativas esperadas. El valor de localización obtenido por esta metodología se muestra coherente y contempla las diferentes zonas de mayor y menor valorización del barrio.

Los resultados del kriging en los bordes del área estudiada, también se muestran coherentes, debido a la importante presencia de elementos de la muestra en dichos bordes, principalmente en las proximidades de la Avenida Rambla y de Avenida Italia.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Modelo de regresión final

Una vez estimado el valor de localización, se calcula nuevamente la regresión múltiple utilizando ahora las variables intrínsecas de los inmuebles y la nueva variable de localización (ver Tabla 7).

Tabla 7 - Regresión múltiple, con variables intrínsecas y variable de localización.

| REGRESSION                                           |                             |                        |               |             |
|------------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------|---------------|-------------|
| SUMMARY OF OUTPUT: ORDINARY LEAST SQUARES ESTIMATION |                             |                        |               |             |
| Data set                                             | : tabla monto homogeneizado |                        |               |             |
| Dependent Variable                                   | : Monto                     | Number of Observations | : 82          |             |
| Mean dependent var                                   | : 291349                    | Number of Variables    | : 7           |             |
| S.D. dependent var                                   | : 92969,7                   | Degrees of Freedom     | : 75          |             |
| R-squared                                            | : 0,879212                  | F-statistic            | : 90,9872     |             |
| Adjusted R-squared                                   | : 0,869549                  | Prob(F-statistic)      | : 2,22942e-32 |             |
| Sum squared residual                                 | : 8,56092e+10               | Log likelihood         | : -967,773    |             |
| Sigma-square                                         | : 1,14146e+09               | Akaike info criterion  | : 1949,55     |             |
| S.E. of regression                                   | : 33785,4                   | Schwarz criterion      | : 1966,39     |             |
| Sigma-square ML                                      | : 1,04401e+09               |                        |               |             |
| S.E of regression ML                                 | : 32311,2                   |                        |               |             |
| Variable                                             | Coefficient                 | Std.Error              | t-Statistic   | Probability |
| CONSTANT                                             | -337694                     | 74619,3                | -4,52556      | 0,00002     |
| Area_Predio                                          | 309,311                     | 31,6187                | 9,78253       | 0,00000     |
| Area_Edificada                                       | 165,163                     | 67,8699                | 2,43352       | 0,01733     |
| Categoria                                            | -58379,9                    | 6523,87                | -8,94866      | 0,00000     |
| EstConserv                                           | -17154,7                    | 5520,21                | -3,10761      | 0,00266     |
| Altura max                                           | 2796,86                     | 2140,5                 | 1,30664       | 0,19533     |
| Valor Localizacion                                   | 1,65813                     | 0,14104                | 11,7565       | 0,00000     |

En el modelo final, el valor de  $R^2$  obtenido es de 88%, mostrando un alto poder explicativo del modelo. Todas las variables son significativas y presentan coeficientes con signo coherente.

El área del predio tiene signo positivo, significando que a mayor área, mayor es el valor, lo que se corresponde con lo supuesto.

El área edificada, posee signo positivo, lo que es coherente, a mayor área edificada, mayor valor.

En cuanto a la categoría, el signo negativo es coherente debido al criterio establecido por la DNC, donde el valor con mejor categoría es el valor más bajo (1).

Sobre el estado de conservación, el signo negativo también es coherente por el mismo criterio que el correspondiente a la categoría.

La altura máxima tiene un signo positivo, lo que se considera coherente, pues a mayor altura permitida de construcción del inmueble, mayor será el valor.

La variable localización se muestra altamente significativa y posee signo positivo lo que es lógico que se valore el bien inmueble según su mejor ubicación.

## 5. CONCLUSIONES

La aplicación de la metodología utilizada, permitió modelar todos los aspectos relevantes del valor de mercado de los inmuebles, obteniéndose un modelo altamente satisfactorio. El modelo final explica más del 88% de la variación de los datos. Todas las variables intrínsecas importantes en la caracterización de los

inmuebles, como área de terreno, área edificada, categoría, estado de conservación, altura máxima permitida, se mostraron significativas en la explicación del valor.

El análisis espacial del factor de localización revela que la ubicación es crucial para la valorización de los inmuebles en el barrio Malvín. Las propiedades cercanas a la Avenida Rambla O'Higgins, Av. Gral. Rivera y Av. Italia, especialmente al sur de esta última, tienden a tener valores más altos debido a las vistas atractivas, la buena conectividad y la proximidad a servicios como transporte público y comercios.

Se observan diferencias significativas entre zonas: las áreas cercanas a asentamientos irregulares o sin acceso a vías principales tienen valores más bajos, mientras que las áreas frente a Avenidas y la Rambla, con valores superiores a U\$S 410,000, son las más valorizadas. La presencia de servicios como buena iluminación y transporte público frecuente también contribuye a esta valorización.

La influencia negativa de los asentamientos irregulares al norte de Av. Italia destaca la importancia de la planificación y gestión urbana para mantener o aumentar los valores de mercado de las propiedades.

En conclusión, tanto las variables intrínsecas como la ubicación geográfica, la proximidad a servicios y la calidad de la infraestructura urbana son determinantes clave en los valores de mercado de los inmuebles tipo casa del barrio Malvín.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANSELIN, L. **Spatial Econometrics**. Discussion paper. Bruton Center, School of Social Sciences, University of Texas at Dallas, 1999.

ANSELIN, L. **Under the Hood. Issues in the Specification and Interpretations of Spatial Regression Models**. *Agricultural Economics*, vol.27, Issue 3, pp 247-267, 2002.

ANSELIN, L. **GeoDa 0.9 User's Guide**. Spatial Analysis Laboratory, University of Illinois, Urbana-Champaign, 2003.

CANO GUERVÓS, R. **Aproximación al Valor de la Vivienda. Aplicación a la Ciudad de Granada**. Ed. Universidad de Granada, 1999.

CHICA OLMO, J. **Teoría de las Variables Regionalizadas. Aplicación en Economía Espacial y Valoración Inmobiliaria**. Ed. Universidad de Granada, 1994.

CHICA OLMO, J. **Spatial Estimation of Housing Prices and Locational Rents**. *Urban Studies*, Vol. 32, N. 8, pag. 1331-1344, 1995.

DANTAS, R. A. **Engenharia de avaliações: uma introdução à metodologia científica**. Ed. Pini, 1998.

DANTAS, R. A., MAGALHÃES, A. M., ROCHA, F. J. S. **La importancia de la regresión espacial en la tasación inmobiliaria**. I Congreso Internacional en Tasación y Valoración. Valencia, 2002.

DANTAS, R. A. **Modelos Espaciais aplicados ao Mercado Habitacional. Um Estudo de Caso para a Cidade do Recife**. Tese de Doutorado em Economia. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2003.

DANTAS, R. A., MAGALHÃES, A. M., VERGOLINO, J. R. de O. **Modelos Espaciais aplicados ao Mercado de apartamentos do Recife**. XII COBREAP

**Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias, Anais.** Belo Horizonte, 2003.

**DUARTE, L. S.; HOCHHEIM, N; REGINATO, V. S. C. Regressão Linear Múltipla Aplicada em Avaliação Imobiliária. Estudo de caso na área central de Florianópolis. Concilium (Brasil) Vol. 22, Nº 6, 2022.**

**FONTOURA JR, C. F. M.; UBERTI, M. S. Avaliação em Massa de Imóveis Urbanos utilizando Regressão Múltipla e Estimador Kernel. XIII Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário e Gestão Territorial.** Florianópolis, 2018.

**MARISCO, N.; HOCHHEIM, N. Avaliação em Massa para a elaboração da Planta de Valores Genéricos para as cidades de Aquidauana-MS e Anastácio-MS através de Macromodelos Espaciais. Revista Pantaneira, ISSN 1677-0609, V. 19, 2021.**

**MICHAEL, R. Avaliação em Massa de Imóveis com Uso de Inferência Estatística e Análise de Superfície de Tendência.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.

**OLIVEIRA, R. F.; RAMOS, A. P. M.; MALAMAN, C. S.; AMORIM, A. Análise de Modelos de Regressão Linear Múltipla para elaboração de Planta de Valores Genéricos. XII Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário e Gestão Territorial.** Florianópolis, 2016.

**PERUZZO TRIVELLONI, C. A Metodologia para Avaliação em Massa de Apartamentos por Inferência Estatística e Técnicas de Análise Multivariada – Uma Análise Exploratória.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, 1998.

**PERUZZO TRIVELLONI, C. A. Método para determinação do valor de localização com uso de técnicas inferenciais e geoestatísticas na avaliação em massa de imóveis.** Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

**PERUZZO TRIVELLONI, C. A.; HOCHHEIM, Norberto. O valor de localização dos imóveis: determinação por métodos de Análise Espacial. XIII Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias e XXII Congresso Panamericano de Valuación, Fortaleza, Brasil, 2006.**

**PERUZZO TRIVELLONI, C. A.; RODRIGUEZ, Maria Florencia; CALDERÓN, Luis. Análise comparativa de métodos: inferência estatística tradicional, inferência espacial e redes neurais artificiais. Estudo de caso. XXII Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias.** São Paulo, Brasil, 2023a.

**PERUZZO TRIVELLONI, C. A.; RODRIGUEZ, Maria Florencia, CALDERÓN, Luis. Evaluación de inmuebles por métodos de inferencia estadística e Inteligencia Artificial. Un análisis comparativo. XXXVII Congreso Panamericano de Valuación.** Asunción, Paraguay, 2023b.

**ROSEN, S. Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition. Journal of Political Economy, Vol. 82, pp. 34-55, 1974.**