



FACULTAD DE ESTUDIOS ESTADÍSTICOS

GRADO EN ESTADÍSTICA APLICADA

Curso 2020/2021

Trabajo de Fin de Grado

TÍTULO: Factores, causas y estimación del fraude fiscal en España

Alumno: Guillermo Calvo Arenaza

Tutor: César Pérez López

Empresa: Instituto de Estudios Fiscales

Junio de 2021



**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE
MADRID**

Dedicado a mis padres, Marta y Miguel, así como también a mí hermano, Íñigo, por todo el apoyo, ánimos y ayuda que me han dado en estos cuatro años de grado.

También agradecer a mis amigos, compañeros y profesores de carrera por todos los buenos y malos momentos que hemos comportadito a lo largo de este viaje que culmina con este precioso trabajo de fin de grado.

Finalmente expresar mi eterna gratitud hacia el Instituto de Estudios Fiscales y a las personas del departamento del ala estadística, César y Adela, por la maravillosa oportunidad que me han brindado para realizar tanto mis prácticas como este trabajo en dicha casa.

ÍNDICE

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	I
ÍNDICE DE TABLAS	II
Resumen.....	III
2. Introducción.....	1
3. Nota metodológica.....	11
a) Método Monetario.....	11
b) Método de Consumo de Energía Eléctrica.....	12
c) Método de Ecuaciones Estructurales MIMIC.....	12
4. Resultados.....	15
a) Método eléctrico.....	15
b) Método monetario.....	19
c) Método MIMIC.....	34
5. Conclusiones.....	43
6. Bibliografía.....	45
7. Anexos.....	47

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.

Ilustración 1 Extraído de (Agencia Tributaria, 2008)	3
Ilustración 2 Economía sumergida en Europa durante el año 2016. Extraído de (Kelmanson, Kirabaeva, Medina, Mircheva, & Weiss, 2019)	4
Ilustración 3 Evolución de la economía sumergida en Europa y otros economías. Extraído de (Kelmanson, Kirabaeva, Medina, Mircheva, & Weiss, 2019).....	4
Ilustración 4 Economía sumergida de los países en 2006. Extraído de (Mohammad, Singh, & Jain-Chandra, 2012).....	5
Ilustración 5 Estimadores de los métodos empíricos para la estimación de la economía informal. Extraído de (Kelmanson, Kirabaeva, Medina, Mircheva, & Weiss, 2019)	6
Ilustración 6 Diagramas de los métodos MIMIC para la estimación de la economía sumergida. Extraído de (Kelmanson, Kirabaeva, Medina, Mircheva, & Weiss, 2019)	7
Ilustración 7 Ejemplo de estructura de un modelo MIMIC. Elaboración propia.	12
Ilustración 8 Ejemplo relación directa entre dos variables en un modelo MIMIC. Elaboración propia.	13
Ilustración 9 Representación gráfica de la economía informal según el modelo eléctrico. Elaboración propia.	18
Ilustración 10 Salidas y validación del primer modelo de regresión lineal.	21
Ilustración 11 Estadístico de Durbin-Watson asociado al primer modelo de regresión.	22
Ilustración 12 Resumen y validación de los supuestos del primer modelo.	22
Ilustración 13 Valores influyentes en el primer modelo de regresión.	23

Ilustración 14 Salidas y validación del segundo modelo de regresión lineal.25

Ilustración 15 Estadístico de Durbin-Watson asociado al segundo modelo de regresión.....26

Ilustración 16 Resumen y validación de los supuestos del segundo modelo.....26

Ilustración 17 Representación de las estimaciones de la economía informal según el modelo monetario. Elaboración propia.29

Ilustración 18 Representación de las estimaciones de la economía informal con intervalos de confianza al 95% según el modelo monetario. Elaboración propia.31

Ilustración 19 Representación de las estimaciones de la economía informal final según el modelo monetario. Elaboración propia.32

Ilustración 20 Comparación de la economía informal del modelo eléctrico y monetario. Elaboración propia.34

Ilustración 21 Esquema del path diagram hipotético. Elaboración propia.35

Ilustración 22 Resumen de los parámetros del modelo MIMIC.....37

Ilustración 23 Path diagram del modelo MIMIC.38

Ilustración 24 Representación de la economía informal según el modelo MIMIC. Elaboración propia.40

Ilustración 25 Representación de los valores estimados del modelo eléctrico, monetario y MIMIC. Elaboración propia.....42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Recopilación de las estimaciones de economía sumergida en España. Extraído de (REAF, 2017)8

Tabla 2 Recopilación de las estimaciones de economía sumergida de la OCDE-21. Extraído de (REAF, 2017).....9

Tabla 3 Datos empleados en el modelo eléctrico.16

Tabla 4 Resultados del modelo eléctrico.17

Tabla 5 Datos empleados en el modelo monetario.20

Tabla 6 Estimaciones del primer modelo de regresión.....24

Tabla 7 Estimaciones del segundo modelo de regresión.27

Tabla 8 Estimaciones de la economía informal según el modelo monetario.28

Tabla 9 Estimaciones de la economía informal con intervalos de confianza al 95% según el modelo monetario.30

Tabla 10 Comparación de las estimaciones del modelo eléctrico y monetario.33

Tabla 11 Datos empleados en el modelo MIMIC.....36

Tabla 12 Tasas de variación del modelo MIMIC.....36

Tabla 13 Valores estimados de la economía informal según el modelo MIMIC.39

Tabla 14 Valores estimados del modelo eléctrico, monetario y MIMIC.41

RESUMEN.

En este trabajo abordaremos la estimación y el estudio de las causas de la economía sumergida del territorio nacional haciendo uso de tres técnicas de estimación y de los datos macroeconómicos.

Palabras clave: economía sumergida, economía informal, estimación.

ABSTRACT.

In this work we will approach the estimation and study of the causes of the underground economy of the national territory using three estimation techniques and macroeconomic data.

Key words: underground economy, informal economy, estimation.

1. INTRODUCCIÓN.

Hoy en día es bien sabido que existe una economía paralela a la oficial, a la que comúnmente denominamos economía sumergida o informal y que se puede apreciar en el día a día: obras en negro; venta de sustancias recreativas ilegales; puestos ambulantes; trabajos no registrados; etc.... De forma que por norma general este tipo de actividades se suele caracterizar por:

- Ser una actividad económica que opera fuera del ámbito legal.
- No está regulada ni protegida por ninguna entidad estatal u organización, lo que supone que su actividad no queda reflejada en registros ni estadísticas oficiales.

A la vista de lo anterior resulta un tanto difícil dar una definición global, ya que generalmente esta depende del enfoque del estudio, por lo que es muy común que existan infinidad de definiciones propuestas por varios autores y economistas. Algunos ejemplos de definiciones de este fenómeno son:

- Hart (1971) en Ghana, indica que este tipo de actividades está ligada al empleo autónomo.
- REAF (2017) comenta en su informe que son todas aquellas actividades económicas, ya sean de producción o servicios, que no son declaradas.

Debido a la gran amplitud de este fenómeno estableceremos la definición de este tipo de actividades como toda aquella actividad económica que no tributa a las cuentas nacionales.

A raíz de esta definición Rodríguez Jiménez (2006) indica que existen ventajas y desventajas asociadas a este tipo de prácticas, siendo algunos ejemplos:

VENTAJAS	<p>Crea un nicho de trabajo caracterizado por la precariedad y bajos sueldos que puede ser aprovechado por personas que no tengan el potencial necesario para acceder al mercado laboral.</p> <p>Repercute en menor medida a la economía formal de forma indirecta vía la adquisición de productos para el necesario funcionamiento de la actividad sumergida.</p>
DESVENTAJAS	<p>Repercute de forma negativa en la recaudación de impuestos, afectando así a la prestación de servicios esenciales como sería la educación o sanidad pública.</p> <p>No están amparados por la protección jurídica laboral o policial, lo que les hace más vulnerables en comparación con la actividad legal.</p>

En lo que a causas de este tipo de fenómeno, Rodríguez Jiménez (2006) indica que varían en función del país y su situación de desarrollo, ya que las causas de este son distintas en un país desarrollado o no. Debido a esto y al ámbito Español al que haremos alusión en este trabajo, mencionaremos a continuación algunas de las causas que pueden dar origen a este tipo de prácticas:

- La alta presión fiscal sobre el contribuyente.
- La dificultad de las autoridades y los órganos reguladores para rastrear y perseguir la economía informal.

Análogamente, la Agencia Tributaria (2005) apunta también a que este fenómeno es debido a la falta de información y quedó patente en los resúmenes de la Agencia Tributaria (2008) indicando que con la campaña de concienciación los resultados mejoraron tal y como se puede observar en la siguiente gráfica:



Ilustración 1 Extraído de (Agencia Tributaria, 2008)

Donde además en ese mismo documento se expone la siguiente cita:

"Por cada euro dedicado en recursos para la prevención del fraude la Agencia Tributaria ingresa doce. En 2004, este ratio era de seis euros por cada euro" (Agencia Tributaria, 2008)

Debido a todo lo anterior, vemos que este tema es de suma importancia, hasta el punto que existen multitud de informes de organismos oficiales y privados donde se estiman los valores de este fenómeno.

Empezaremos pues analizando el informe de Kelmanson, Kirabaeva, Medina, Mircheva, & Weiss (2019) donde se exponen las estimaciones y causas de este fenómeno en Europa entre los años 2000 y 2016. Para ello emplearon la metodología MIMIC así como el método empírico usando un modelo de regresión lineal. En lo que a las estimaciones respectan, encontramos en dicho informe lo siguiente:

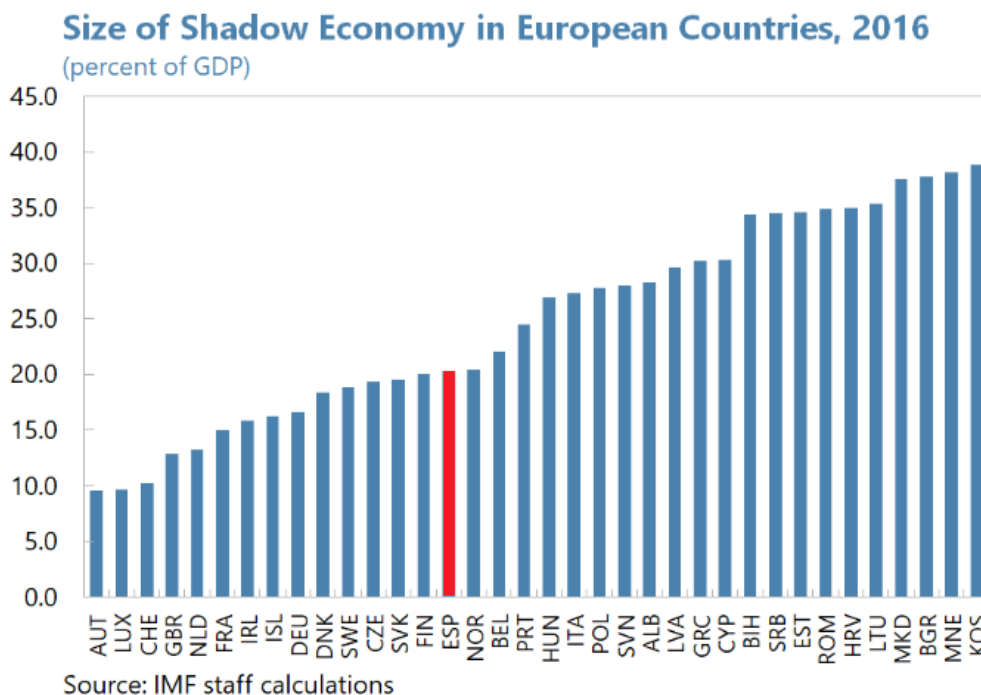


Ilustración 2 Economía sumergida en Europa durante el año 2016. Extraído de (Kelmanson, Kirabaeva, Medina, Mircheva, & Weiss, 2019)

Shadow Economy Estimates, 2000-2016 (Percent of GDP)

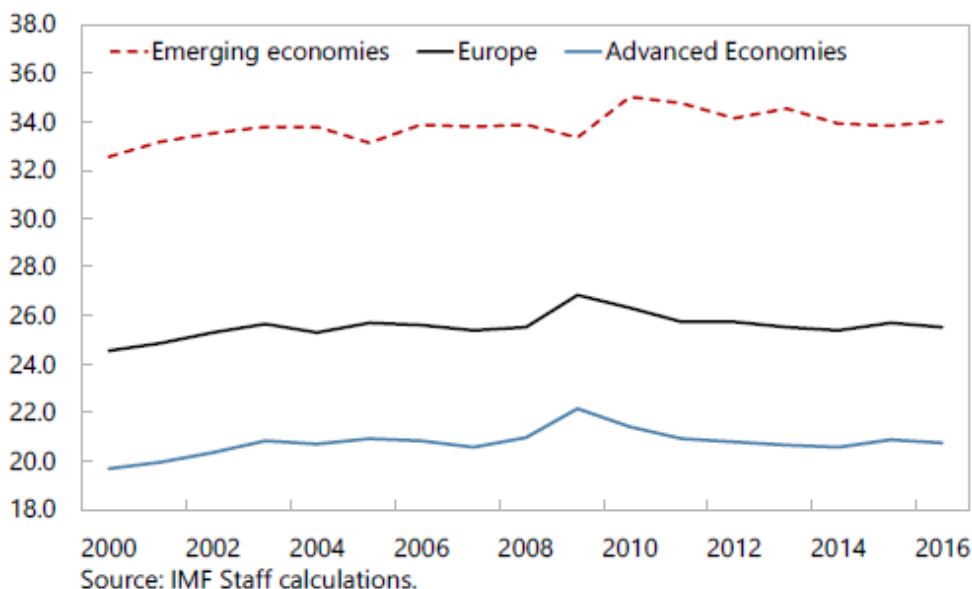


Ilustración 3 Evolución de la economía sumergida en Europa y otros economías. Extraído de (Kelmanson, Kirabaeva, Medina, Mircheva, & Weiss, 2019)

Vemos que en el primer gráfico los países que menos economía sumergida presentan se caracterizan por ser las principales economías de la unión europea, mientras que los que más sufren de este tipo de actividades son los países menos desarrollados de la zona. Cabe remarcar que en dicho gráfico España presenta aproximadamente una economía sumergida del 20%.

Valores que concuerdan con informes anteriores de este mismo organismo, siendo una representación global de este tipo de fenómeno en 2012 extraída de artículo de Mohommad, Singh, & Jain-Chandra (2012):

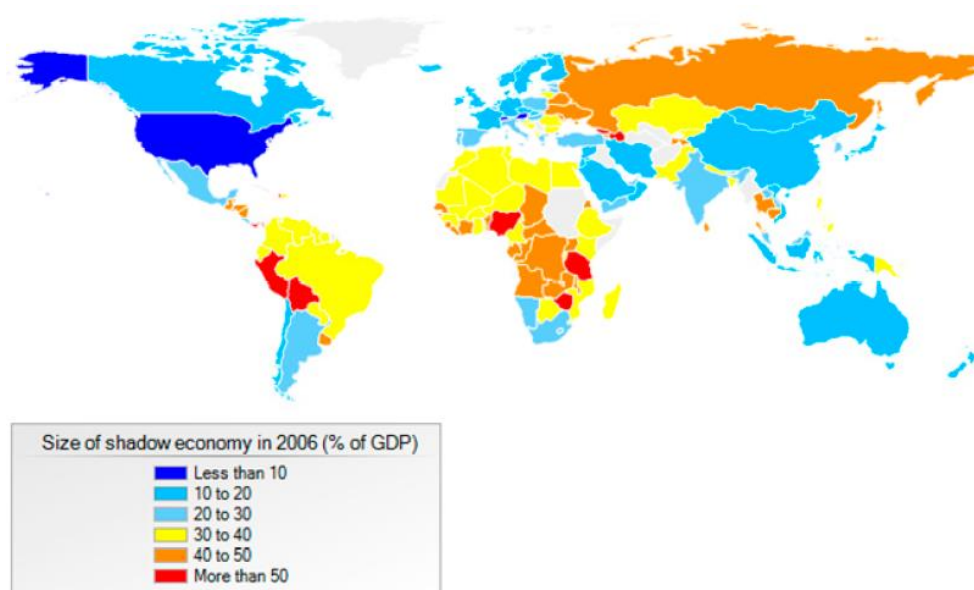


Ilustración 4 Economía sumergida de los países en 2006. Extraído de (Mohommad, Singh, & Jain-Chandra, 2012)

Donde podemos apreciar nuevamente como la economía sumergida afecta a los países de forma diferente en función del desarrollo de los mismos.

Finalmente en el último gráfico se aprecia como la economía informal está más o menos presente en función del desarrollo del país así como su situación, pero independientemente de esto, presentan un comportamiento muy similar.

En lo que a las causas y factores de dicho informe respecta, encontramos las siguientes tablas y gráficos resumen:

	Europe		Eastern Europe	
	1	2	3	4
Productivity (GDP/worker)		-.221**	-.266***	-.271***
Trade Openness	-.276***	-.286***		
Remittances	-.038***		-.056**	-.022***
Agriculture VA/GDP	-.125***	-.150***		
Minimum Wage		-.011		
Regulatory Quality	-.149***			-.148**
Fiscal Freedom		-.001**		
Government Effectiveness			-.162**	
Human Capital			-.805***	-.782***
Estimation	FE	FE	RE	RE
R-square	0.317	0.334	0.710	0.776
Chi-square				
Observations	509	289	205	205
Countries	40	28	23	23
Years	2000-13	2004-13	2005-13	2005-13

***p<0.01, **p<0.05, *p<0.1

Ilustración 5 Estimadores de los métodos empíricos para la estimación de la economía informal. Extraído de (Kelmanson, Kirabaeva, Medina, Mircheva, & Weiss, 2019)

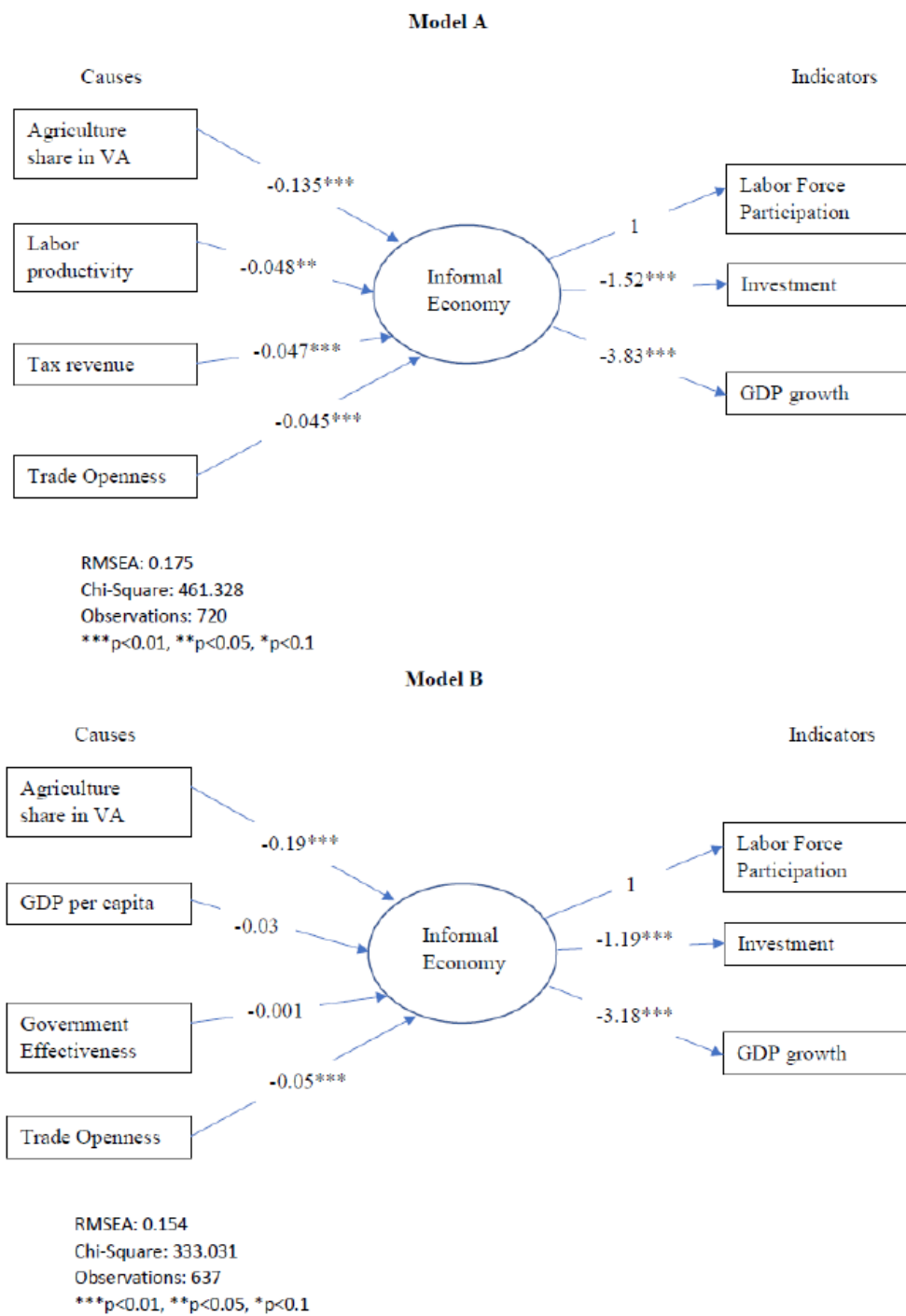


Ilustración 6 Diagramas de los métodos MIMIC para la estimación de la economía sumergida. Extraído de (Kelmanson, Kirabaeva, Medina, Mircheva, & Weiss, 2019)

Cabe remarcar que tanto en los resultados empíricos como en los del modelo MIMIC las variables de causa muestran valores negativos pero con distinta intensidad dependiendo de la región de estudio.

Por otra parte, encontramos informes de organizaciones privadas donde se estudia este fenómeno como el caso de RAEF (2017). En dicho informe se expone una recopilación de las diferentes estimaciones de la economía informal nacional de diferentes autores y métodos así como también la comparación de este fenómeno en Europa.

España									
MÉTODO	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	FUENTE
Monetario: demanda de dinero			3,7	13,0					Escobedo - Mauleón (1991)
Monetario: demanda de dinero		14,4	17,9	15,7	16,2	16,4			Mauleón - Sardá (1997)
(no disponible)			15,5	17,2	19,8	20,1			Gómez Antonio-Alañón (2004)
(no disponible)			14,0	14,9	17,2	16,8	15,9		Alañón-Gómez Antonio (2005)
Enfoque monetario	11,0	4,0	6,0	23,5	24,5	31,2	26,2		Dell'Anno-Gómez Antonio-Alañón (2007)
(no disponible)	15,6	12,6	14,3	16,9	19,5	26,9	18,5		Prado Domínguez (2004)
(no disponible)	3,0	2,9	6,3	8,9	16,1	18,9			Gadea - Serrano Sanz (2002)
(no disponible)	4,6	3,7	7,3	9,5	16,5	17,4			Gadea - Serrano-Sanz (2002)
Difs. población activa: real y est.	4,4	3,7	5,9	8,5	12,5	14,1			Serrano-Sanz (1998) y Pickhardt - Sardá (2011)
Monetario: demanda de dinero	17,6	13,8	13,5	14,4	24,5	41,6	26,3	18,2	Pickhardt - Sardá (2011)
Monetario: transacciones			11,7	11,7	17,9	17,3	19,0	20,9	Arrazola y otr. (2011)
Consumo de electricidad			11,7	14,9	18,1	17,9	19,3	19,5	Arrazola y otr. (2011)
máximo	17,6	14,4	17,9	23,5	24,5	41,6	26,3	20,9	
mínimo	3,0	2,9	3,7	8,5	12,5	14,1	15,9	18,2	
divergencia	14,5	11,6	14,2	15,1	12,1	27,5	10,4	2,7	
MIMIC					16,1	22,4	22,4	22,4	Schneider-Williams (2013)

Tabla 1 Recopilación de las estimaciones de economía sumergida en España. Extraído de (RAEF, 2017)

Pais	1989/90	1994/95	1997/98	1999	2001	2003	2005	2007	2009	2011	2012	Evol.
Australia	10,1	13,5	14,0	14,4	14,3	13,9	13,7	13,5	nd	nd	nd	3,4
Austria	6,9	8,6	9,0	10,0	9,7	9,8	9,8	9,5	8,5	8,0	7,6	0,7
Bélgica	19,3	21,5	22,5	22,7	22,1	22,0	21,8	21,3	17,8	17,1	16,8	-2,5
Canadá	12,8	14,8	16,2	16,3	15,9	15,7	15,5	15,3	nd	nd	nd	2,5
Dinamarca	10,8	17,8	18,3	18,4	18,0	18,0	17,6	16,9	14,3	13,8	13,4	2,6
Finlandia	13,4	18,2	18,9	18,4	17,9	17,7	17,4	17,0	14,2	13,7	13,3	-0,1
Francia	9,0	14,5	14,9	15,7	15,0	15,0	14,8	14,7	11,6	11,0	10,8	1,8
Alemania	11,8	13,5	14,9	16,4	15,9	16,3	16,0	15,3	14,6	13,7	13,3	1,5
Grecia	22,6	28,6	29,0	28,5	28,2	27,4	26,9	26,5	25,0	24,3	24,0	1,4
Irlanda	11,0	15,4	16,2	16,1	15,9	16,0	15,6	15,4	13,1	12,8	12,7	1,7
Italia	11,8	26,0	27,1	27,8	26,7	27,0	27,1	26,8	22,0	21,2	21,6	9,8
Japón	8,8	10,6	11,1	11,4	11,2	11,2	10,7	10,3	nd	nd	nd	1,5
Países Bajos	11,9	13,7	13,5	13,3	13,1	13,3	13,2	13,0	10,2	9,8	9,5	-2,4
Nueva Zelanda	9,2	11,3	11,9	13,0	12,6	12,2	12,1	12,0	nd	nd	nd	2,8
Noruega	14,8	18,2	19,6	19,2	19,0	19,0	18,5	18,0	nd	nd	nd	3,2
Portugal	15,9	22,1	23,1	23,0	22,6	23,0	23,3	23,0	19,5	19,4	19,4	3,5
España	16,1	22,4	23,1	23,0	22,4	22,4	22,4	22,2	19,5	19,2	19,2	3,1
Suecia	15,8	19,5	19,9	19,6	19,1	18,7	18,6	17,9	15,4	14,7	14,3	-1,5
Suiza	6,7	7,8	8,1	8,8	8,6	8,8	8,5	8,1	nd	nd	nd	1,4
Reino Unido	9,6	12,5	13,0	12,8	12,6	12,5	12,4	12,2	10,9	11,0	10,3	0,7
EE.UU.	6,7	8,8	8,9	8,8	8,8	8,7	8,5	8,4	nd	nd	nd	1,7
OCDE-21	12,67	16,16	16,82	17,03	16,65	16,60	16,40	16,06	15,47	14,98	14,73	1,75

Tabla 2 Recopilación de las estimaciones de economía sumergida de la OCDE-21. Extraído de (REAF, 2017)

A la vista de lo anteriormente expuesto, exploraremos diferentes métodos y técnicas para la estimación y comprensión de las posibles causas y factores de la economía informal.

2. NOTA METODOLÓGICA.

En lo que a la metodología respecta, nos centraremos en los métodos macroeconómicos, siendo estos:

a) Método Monetario

Este método fue desarrollado en primera instancia por Gutmann (1977) y finalmente fue evolucionado hasta el modelo final propuesto por Tanzi (1982) y (1983) donde se plantea la estimación de la economía informal puede ser estimada mediante un modelo de regresión múltiple que toma la siguiente estructura:

$$\begin{aligned} \ln\left(\frac{M0}{M2}\right) &= \beta_0 + \beta_1 \ln\left(\frac{IR}{PIB}\right) + \beta_2 \ln\left(\frac{S}{PIB}\right) + \beta_3 \ln(I) + \beta_4 \ln(PIB_PC) + \beta_5 \alpha + e \\ &\rightarrow MOE/M2 \\ \ln\left(\frac{M0}{M2}\right) &= \beta_0 + \beta_1 \ln\left(\frac{S}{PIB}\right) + \beta_3 \ln(I) + \beta_4 \ln(PIB_PC) + \beta_5 \alpha + e \rightarrow MOF/M2 \\ MOI/M2 &= MOE/M2 - MOF/M2 \end{aligned}$$

M0	Masa monetaria en manos de la ciudadanía.
M1	Masa monetaria en manos de la ciudadanía, depósitos de dinero público y empresarial.
M2	Masa monetaria M1 junto con los depósitos a corto plaza de los ciudadanos.
IR	Impuestos recaudados totales.
PIB	Producto interior bruto nacional.
I	Intereses legales.
PIB_PC	Producto interior bruto nacional per cápita.
α	Otras variables de libre elección que puedan afectar al cálculo de los valores.

Una vez se tienen estimados los valores para cada modelo de regresión lineal, se aplica la siguiente formula:

$$\text{Índice de informalidad} = \frac{M0I/M2}{M1/M2 - M0I/M2}$$

El valor resultante de esta, serán las estimaciones de la economía sumergida.

b) Método de Consumo de Energía Eléctrica

Este modelo fue creado por Kaufmann y Kaliberda (1996) y se basa en el consumo eléctrico ya que según indican, es el mejor indicador que refleja la evolución de la economía. De esta forma, para estimar el porcentaje de la economía sumergida se emplea la siguiente fórmula:

$$I \text{ Economía sumergida}_i = \left(1 + \frac{\text{Variación consumo eléctrico}_{i-1}^i}{100} \right) * I \text{ Economía sumergida}_{i-1}$$

c) Método de Ecuaciones Estructurales MIMIC

Los modelos de ecuaciones estructurales nos permiten poder analizar variables latentes u ocultas, así como cuantificarlas y analizar los factores que las causan. En este trabajo nos centraremos en concreto en la variable de los modelos MIMIC (Multiple Indicator and Multiple Causes), ya que solo se centran en una única variable latente como es nuestro caso de la economía informal.

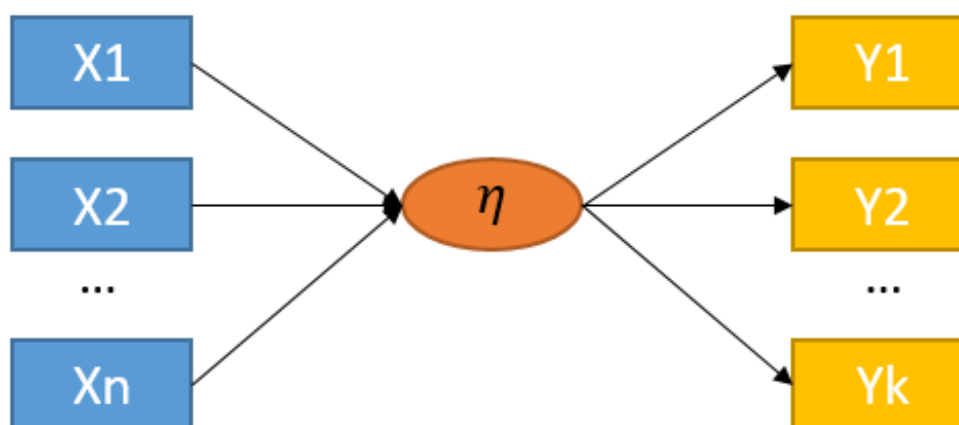


Ilustración 7 Ejemplo de estructura de un modelo MIMIC. Elaboración propia.

Las principales ventajas de este modelo según Rodríguez Jiménez (2006) son:

- Emplear múltiples variables tanto de entrada como de salida para el análisis y estudio de las variables latentes, permitiendo un comportamiento más real.
- Permite una interpretación de los resultados mucho más intuitiva con los diagramas causales.
- Pueden usarse para contrastar hipótesis previas planteadas por el investigador.

A la vista de lo anterior, trabajaremos con una relación causal directa, es decir, que una variable afecta de forma directa a otra.



Ilustración 8 Ejemplo relación directa entre dos variables en un modelo MIMIC. Elaboración propia.

3. RESULTADOS.

Una vez vista la metodología empleada así como el marco teórico, pasaremos a realizar y explicar detalladamente los cálculos y resultados expuestos por cada modelo.

a) Método eléctrico.

Empezaremos pues por el método eléctrico, ya que es el más sencillo en cuanto a operaciones. Tal y como se comentó en su correspondiente apartado de metodología, necesitaremos de los siguientes datos:

Variable	Origen	Referencia
Consumo eléctrico	BDSICE	255100
PIB	INE	.

De forma que primero calcularemos la suma total del consumo eléctrico ya que los registros vienen desagregados por mes. Una vez ya tenemos los datos anuales, se calculara la tasa de variación anual, para lo que se ha empleado la siguiente formula:

$$\text{Variación electricidad}_{i-1}^i = 1 - \frac{\text{Consumo electrico}_i}{\text{Consumo electrico}_{i-1}}$$

Tras esto, calcularemos el índice del PIB mediante la siguiente forma:

$$I \text{ PIB}_i \begin{cases} 100 \text{ si } i = 0 \\ 100 + \text{variación PIB}_{i+1} \text{ si } i = 1 \\ I \text{ PIB}_{i-1} \left(1 + \frac{\text{variación PIB}_{i+1}}{I \text{ PIB}_{i-2}} \right) \end{cases}$$

Aplicando todo eso a los datos en bruto obtendremos la siguiente tabla, la cual usaremos para realizar las correspondientes estimaciones para este método:

Obs	year	variacion_pib	indice_pib_1997	consumo_electrico	variacion_consumo
1	1996	2.66051	100.000	156245.17	0.00000
2	1997	3.70255	104.393	162412.52	3.94723
3	1998	4.39311	109.081	173105.46	6.58382
4	1999	4.49052	114.562	184359.21	6.50109
5	2000	5.24589	118.693	195050.28	5.79904
6	2001	3.93300	121.522	205681.77	5.45064
7	2002	2.73098	124.575	211672.16	2.91246
8	2003	2.98191	127.777	225931.57	6.73655
9	2004	3.12278	131.523	236108.84	4.50458
10	2005	3.65204	135.746	246303.08	4.31760
11	2006	4.10273	139.466	255114.38	3.57742
12	2007	3.60472	140.377	262587.36	2.92927
13	2008	0.88709	136.590	265344.33	1.04992
14	2009	-3.76318	136.748	252773.92	-4.73740
15	2010	0.16300	135.933	260644.19	3.11356
16	2011	-0.81439	132.991	255706.07	-1.89458
17	2012	-2.95940	131.587	251896.60	-1.48978
18	2013	-1.43546	132.956	245973.15	-2.35154
19	2014	1.38394	136.831	243251.58	-1.10645
20	2015	3.83517	139.951	248047.79	1.97171
21	2016	3.03130	142.992	249787.20	0.70124
22	2017	2.97368	145.475	252817.54	1.21317
23	2018	2.43005	147.459	253851.19	0.40885
24	2019	1.95011	147.459	249479.99	-1.72195

Tabla 3 Datos empleados en el modelo eléctrico.

A continuación calcularemos el índice del consumo eléctrico según indica el modelo propuesto por Kaufmann y Kaliberda (1996) de forma que usaremos la fórmula:

$$I \text{ Consumo}_i = \left(1 + \frac{\text{Variación consumo eléctrico}_{i-1}^i}{100} \right) * I \text{ Consumo}_{i-1}$$

Una vez tenemos el índice del PIB y del consumo eléctrico, restamos al índice de consumo eléctrico el índice del PIB, de forma que obtenemos la siguiente tabla:

Obs	year	variacion_pib	indice_pib_1997	consumo_electrico	variacion_consumo	indice_consumo	informalidad
1	1996	2.66051	100.000	156245.17	0.00000	100.000	0.0000
2	1997	3.70255	104.393	162412.52	3.94723	103.947	-0.4459
3	1998	4.39311	109.081	173105.46	6.58382	110.791	1.7100
4	1999	4.49052	114.562	184359.21	6.50109	117.994	3.4312
5	2000	5.24589	118.693	195050.28	5.79904	124.836	6.1430
6	2001	3.93300	121.522	205681.77	5.45064	131.640	10.1179
7	2002	2.73098	124.575	211672.16	2.91246	135.474	10.8989
8	2003	2.98191	127.777	225931.57	6.73655	144.601	16.8240
9	2004	3.12278	131.523	236108.84	4.50458	151.114	19.5917
10	2005	3.65204	135.746	246303.08	4.31760	157.639	21.8933
11	2006	4.10273	139.466	255114.38	3.57742	163.278	23.8122
12	2007	3.60472	140.377	262587.36	2.92927	168.061	27.6836
13	2008	0.88709	136.590	265344.33	1.04992	169.826	33.2359
14	2009	-3.76318	136.748	252773.92	-4.73740	161.780	25.0320
15	2010	0.16300	135.933	260644.19	3.11356	166.817	30.8845
16	2011	-0.81439	132.991	255706.07	-1.89458	163.657	30.6657
17	2012	-2.95940	131.587	251896.60	-1.48978	161.219	29.6320
18	2013	-1.43546	132.956	245973.15	-2.35154	157.428	24.4715
19	2014	1.38394	136.831	243251.58	-1.10645	155.686	18.8546
20	2015	3.83517	139.951	248047.79	1.97171	158.755	18.8046
21	2016	3.03130	142.992	249787.20	0.70124	159.869	16.8764
22	2017	2.97368	145.475	252817.54	1.21317	161.808	16.3330
23	2018	2.43005	147.459	253851.19	0.40885	162.470	15.0106
24	2019	1.95011	147.459	249479.99	-1.72195	159.672	12.2130

Tabla 4 Resultados del modelo eléctrico.

$$\text{Informalidad} = I \text{ Consumo electrico} - I \text{ PIB}$$

Si trasladamos dichos datos a una representación gráfica obtendremos lo siguiente:

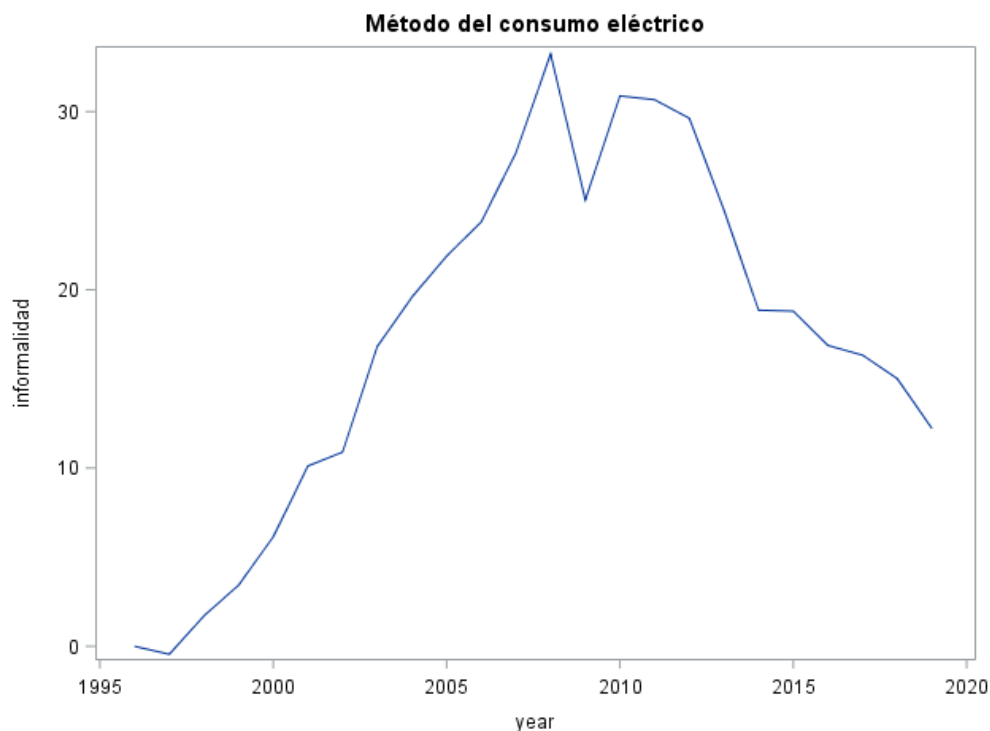


Ilustración 9 Representación gráfica de la economía informal según el modelo eléctrico. Elaboración propia.

Cabe remarcar que este método suele dar estimaciones muy superiores al resto de modelos ya que se basa en una suposición muy general y que dicho método no sería representativo para futuros cálculos que incluyan el fenómeno del Sars-Cov 2, ya que dicha pandemia produjo una serie de confinamientos que duraron meses produciendo un incremento de la electricidad consumida y puede distorsionar las estimaciones.

Por otra parte debido a la naturaleza de los cálculos de este método, podemos observar que las estimaciones de la economía informal en los primeros años son muy bajas.

Pese a esto, podemos observar que se produce un incremento de la economía sumergida entorno al año 2007-2008, fecha que coincide con la crisis económica, por lo que tiene sentido suponer que este fenómeno se ve afectado por periodos de crisis económicas tal y como también comenta Rodríguez Jiménez (2006) en su tesis doctoral.

b) Método monetario.

Para este método emplearemos el modelo propuesto por Tanzi (1982) y (1983) de forma que primero necesitaremos los siguientes datos:

Variable	Origen	Referencia
RNB	INE	.
IR	BADESPE	.
Salarios	INE	.
PIB	INE	.
M0	BDSICE	808604
M1	BDSICE	808601
M2	BDSICE	808602
Intereses	BDSICE	861241

Por otra parte, añadiremos las variables dummy de crisis ya que como vimos en el método eléctrico se puede apreciar una relación entre los años de crisis y el incremento de la economía sumergida así como también incluiremos la entrada en vigor del euro en España, momento el cual supuso un momento de grandes movimientos de masas monetarias. Con todo esto, tendremos la siguiente tabla de datos:

Obs	Year	RNB	IR	Salario	PIB	PIB_PC	M1	M2	M0	Interes	Crisis	Euro
1	1997	516717	85607124.4	251731	519268	12966	91593.75	299468.00	48799.00	7.500	0	0
2	1998	551619	87558619.0	270252	555993	13826	102189.58	307688.67	48895.50	5.500	0	0
3	1999	590312	95215537.0	290471	595723	14757	123343.08	337589.92	50896.58	4.250	0	0
4	2000	643218	103117695.0	316255	647851	15975	141563.17	373382.00	53229.58	4.250	0	0
5	2001	691291	109307665.0	337035	700993	17196	153862.08	418725.17	49717.50	5.500	0	0
6	2002	741062	94125169.0	358872	749552	18095	175569.17	462567.08	28138.83	4.250	0	1
7	2003	795682	96049656.0	380155	802266	19013	192923.92	503617.17	34769.08	4.250	0	1
8	2004	851424	100396954.0	405612	859437	20053	215117.58	541036.00	41562.17	3.750	0	1
9	2005	914553	115846916.0	435359	927357	21239	346192.17	603935.08	48040.42	4.000	0	1
10	2006	985258	130126548.0	471840	1003823	22629	464613.33	702517.92	53955.75	4.000	0	1
11	2007	1049146	146270603.0	508993	1075539	23776	493006.50	824850.92	59020.83	5.000	1	1
12	2008	1078741	114082922.0	544867	1109541	24129	477960.58	950696.08	64449.17	5.500	1	1
13	2009	1048849	83601484.0	530739	1069323	23062	501808.50	1029733.58	79885.00	4.375	1	1
14	2010	1057075	111824385.0	527662	1072709	23038	517222.67	1019144.17	84832.25	4.000	1	1
15	2011	1044991	88905101.0	514202	1063763	22761	506829.83	1003812.42	89226.58	4.000	1	1
16	2012	1022852	76464276.0	482715	1031099	22048	498845.42	956671.42	93753.58	4.000	1	1
17	2013	1013534	98869976.0	469537	1020348	21899	514256.83	980949.25	96834.08	4.000	1	1
18	2014	1028374	103124343.0	475584	1032158	22218	556184.25	979987.92	109401.25	4.000	1	1
19	2015	1077348	108847411.0	494971	1077590	23219	643714.33	1022906.92	117526.33	3.500	1	1
20	2016	1116592	106187323.0	505826	1113840	23979	739033.67	1099954.92	123116.17	3.000	1	1
21	2017	1162300	105571190.0	526002	1161867	24969	861078.33	1135478.50	128098.92	3.000	1	1
22	2018	1206436	116331311.0	547339	1204241	25771	952335.25	1163862.75	133743.75	3.000	1	1
23	2019	1246631	116898889.0	573466	1244772	26426	1042108.58	1225877.33	133966.25	3.000	1	1

Tabla 5 Datos empleados en el modelo monetario.

Con estos datos, plantearemos el modelo de regresión lineal aplicando la transformación logarítmica de las variables.

$$\ln\left(\frac{M0}{M2}\right) = \beta_0 + \beta_1 \ln\left(\frac{IR}{PIB}\right) + \beta_2 \ln\left(\frac{S}{PIB}\right) + \beta_3 \ln(I) + \beta_4 \ln(PIB \text{ per capita}) + \beta_5 \text{Crisis} + \beta_6 \text{Euro}$$

Para ello, emplearemos el código de SAS presente en el anexo de este trabajo, de forma que obtendremos las siguientes salidas:

Número de observaciones leídas	23
Número de observaciones usadas	23

Análisis de la varianza					
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	6	1.66887	0.27814	31.70	<.0001
Error	16	0.14038	0.00877		
Total corregido	22	1.80924			

Raíz MSE	0.09367	R-cuadrado	0.9224
Media dependiente	-2.31726	R-Sq Ajust	0.8933
Coef Var	-4.04214		

Estimadores de parámetros						
Variable	DF	Estimador del parámetro	Error estándar	Valor t	Pr > t	Inflación de la varianza
Intercept	1	2.31677	3.16080	0.73	0.4742	0
log_salario_pib	1	-4.13478	1.02457	-4.04	0.0010	2.12316
log_impuestos_pib	1	-0.19536	0.19798	-0.99	0.3384	5.71365
log_tipos	1	-0.30438	0.16543	-1.84	0.0844	3.42422
log_pib_pc	1	-0.59669	0.31538	-1.89	0.0767	10.16912
Crisis	1	0.27511	0.09122	3.02	0.0082	5.36063
Euro	1	-0.76190	0.12104	-6.29	<.0001	6.53456

Ilustración 10 Salidas y validación del primer modelo de regresión lineal.

Podemos apreciar que la significación conjunta del modelo es correcta, ya que su p-valor asociado es próxima a cero, por otra parte la variabilidad que explica el modelo es bastante alto, siendo su R_{ajust}^2 del 89'33%. En lo que a los parámetros del modelo respecta vemos que el PIB per cápita sobrepasa por poco la barrera del 10 en la detección de problemas de multicolinealidad, pese a eso daremos por válida dicha variable. Finalmente, en lo que a la significación individual de los parámetros, vemos que andan por un rango razonable.

Pasando a la parte de la validación del modelo, vemos que este no presenta problemas de autocorrelación de los residuos, ya que el estadístico

de Durbin-Watson toma un valor de 1.106, siendo este un tanto bajo pero próximo a 2. Pese a esto, dicho valor del estadístico es asumible.

D de Durbin-Watson	1.106
Pr < DW	0.0004
Pr > DW	0.9996
Número de observaciones	23
Autocorrelación de 1er orden	0.372

Ilustración 11 Estadístico de Durbin-Watson asociado al primer modelo de regresión.

En lo que a los supuestos de la normalidad de los residuos y la homocedasticidad de estos respecta, vemos que tampoco encontramos violaciones de las mismas.

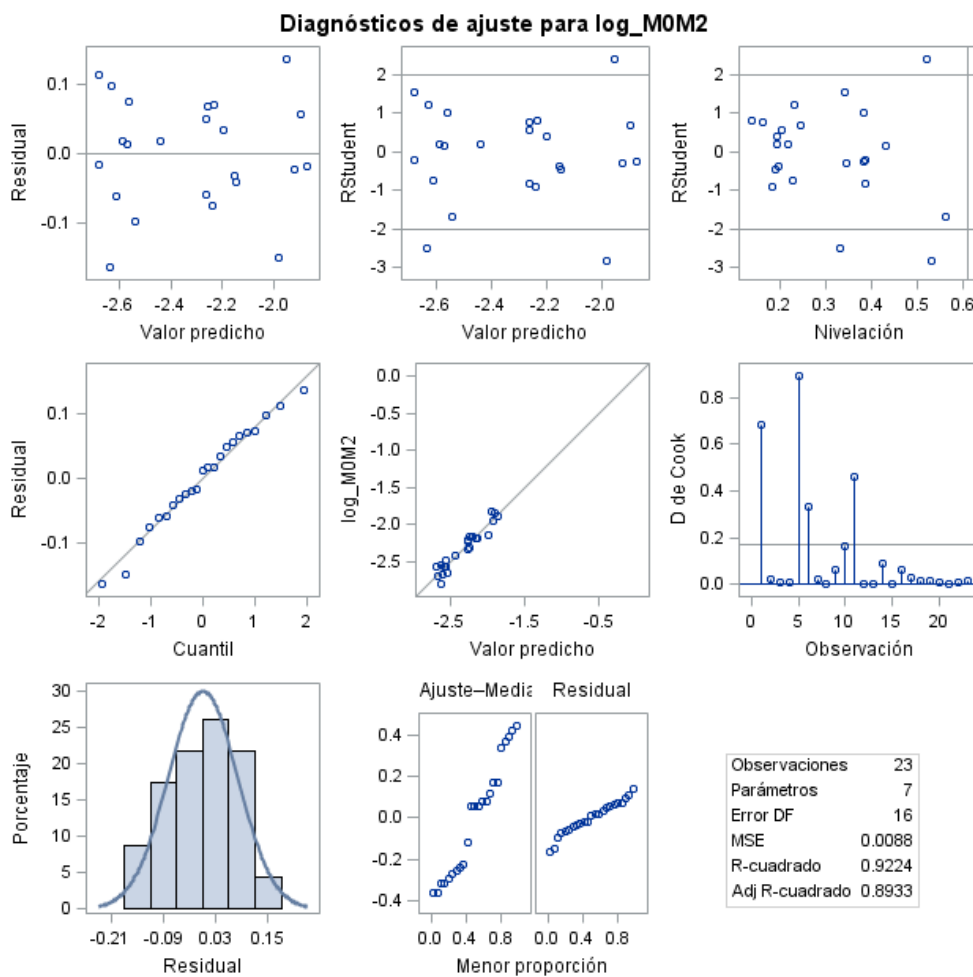


Ilustración 12 Resumen y validación de los supuestos del primer modelo.

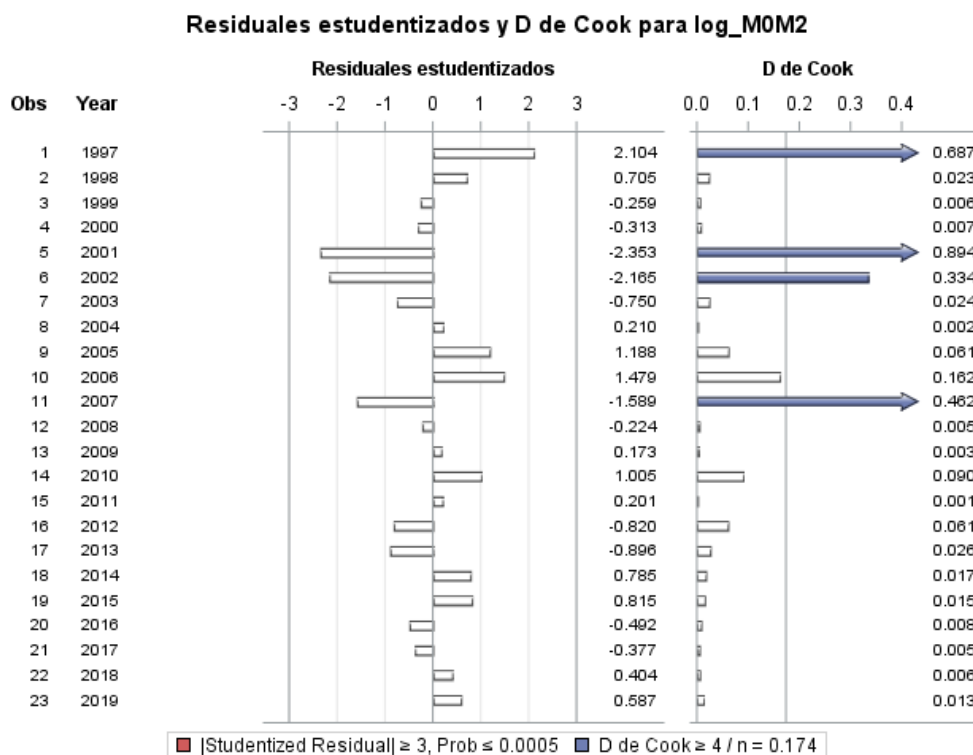


Ilustración 13 Valores influyentes en el primer modelo de regresión.

Nota: obviaremos la presencia de valores atípicos presentes en el gráfico de la distancia de Cook, ya que la eliminación de valores intermedios supondría la pérdida de información relevante para este estudio.

Finalmente en lo que a las predicciones del modelo respecta, encontramos el siguiente cuadro resumen:

Estadísticos de salida							
Observación	Year	Variable dependiente	Valor predicho	Error std Media predicha	Predicción CL al 95%		Residual
1	1997	-1.81	-1.9508	0.0676	-2.1956	-1.7059	0.1365
2	1998	-1.84	-1.8967	0.0465	-2.1184	-1.6750	0.0573
3	1999	-1.89	-1.8730	0.0579	-2.1064	-1.6395	-0.0191
4	2000	-1.95	-1.9243	0.0549	-2.1545	-1.6941	-0.0237
5	2001	-2.13	-1.9798	0.0682	-2.2255	-1.7342	-0.1510
6	2002	-2.80	-2.6340	0.0540	-2.8633	-2.4048	-0.1656
7	2003	-2.67	-2.6114	0.0448	-2.8316	-2.3913	-0.0617
8	2004	-2.57	-2.5837	0.0437	-2.8028	-2.3646	0.0174
9	2005	-2.53	-2.6288	0.0452	-2.8494	-2.4083	0.0974
10	2006	-2.57	-2.6790	0.0547	-2.9089	-2.4491	0.1125
11	2007	-2.64	-2.5388	0.0702	-2.7869	-2.2906	-0.0986
12	2008	-2.69	-2.6748	0.0582	-2.9086	-2.4411	-0.0165
13	2009	-2.56	-2.5687	0.0614	-2.8062	-2.3313	0.0122
14	2010	-2.49	-2.5599	0.0581	-2.7935	-2.3263	0.0739
15	2011	-2.42	-2.4373	0.0414	-2.6544	-2.2202	0.0169
16	2012	-2.32	-2.2626	0.0582	-2.4965	-2.0288	-0.0602
17	2013	-2.32	-2.2397	0.0403	-2.4559	-2.0236	-0.0758
18	2014	-2.19	-2.2597	0.0381	-2.4740	-2.0453	0.0672
19	2015	-2.16	-2.2346	0.0349	-2.4465	-2.0226	0.0708
20	2016	-2.19	-2.1485	0.0409	-2.3652	-1.9318	-0.0414
21	2017	-2.18	-2.1504	0.0418	-2.3678	-1.9329	-0.0316
22	2018	-2.16	-2.1975	0.0414	-2.4146	-1.9804	0.0339
23	2019	-2.21	-2.2629	0.0422	-2.4807	-2.0451	0.0491

Tabla 6 Estimaciones del primer modelo de regresión.

Nota: los valores predichos están en base logarítmica.

Una vez tenemos estimados los valores para el modelo completo, que contempla tanto la interacción de las economías formal e informal, plantearemos un segundo modelo que solo tenga en cuenta las variables que afectan a la economía sumergida, la cual parte de la siguiente expresión:

$$\ln(M0/M2) = \beta_0 + \beta_1 \ln(\text{Salarios}/\text{PIB}) + \beta_2 \ln(\text{Tipos de interes}) + \beta_3 \text{Crisis} + \beta_4 \text{Euro}$$

De esta forma, empleando el software estadístico SAS obtendremos las siguientes salidas:

Número de observaciones leídas	23
Número de observaciones usadas	23

Análisis de la varianza					
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	4	1.61592	0.40398	37.61	<.0001
Error	18	0.19333	0.01074		
Total corregido	22	1.80924			

Raiz MSE	0.10364	R-cuadrado	0.8931
Media dependiente	-2.31726	R-Sq Ajust	0.8694
Coef Var	-4.47235		

Estimadores de parámetros						
Variable	DF	Estimador del parámetro	Error estándar	Valor t	Pr > t	Inflación de la varianza
Intercept	1	-4.36115	0.95332	-4.57	0.0002	0
log_salario_pib	1	-3.91140	1.08585	-3.60	0.0020	1.94802
log_tipos	1	-0.23458	0.15103	-1.55	0.1378	2.33132
Crisis	1	0.23648	0.05511	4.29	0.0004	1.59828
Euro	1	-0.86829	0.07350	-11.81	<.0001	1.96794

Ilustración 14 Salidas y validación del segundo modelo de regresión lineal.

Nuevamente vemos que la significancia del modelo completo así como la variabilidad que este explica son muy buenas. Por otra parte, vemos que las variables que componen el modelo no presentan problemas de multicolinealidad así como aportar información significativa al modelo.

Si nos fijamos en los supuestos del modelo y por ende su validación, vemos que no presenta problemas de autocorrelación de los residuos, ya que el estadístico de Durbin-Watson nuevamente toma un valor aceptable y próximo a 2:

D de Durbin-Watson	1.010
Pr < DW	0.0002
Pr > DW	0.9998
Número de observaciones	23
Autocorrelación de 1er orden	0.404

Ilustración 15 Estadístico de Durbin-Watson asociado al segundo modelo de regresión.

Por otra parte, si nos fijamos en el siguiente gráfico, tampoco observamos problemas de normalidad de los residuos así como problemas de heterocedasticidad o violaciones de los supuestos de un modelo de regresión lineal.

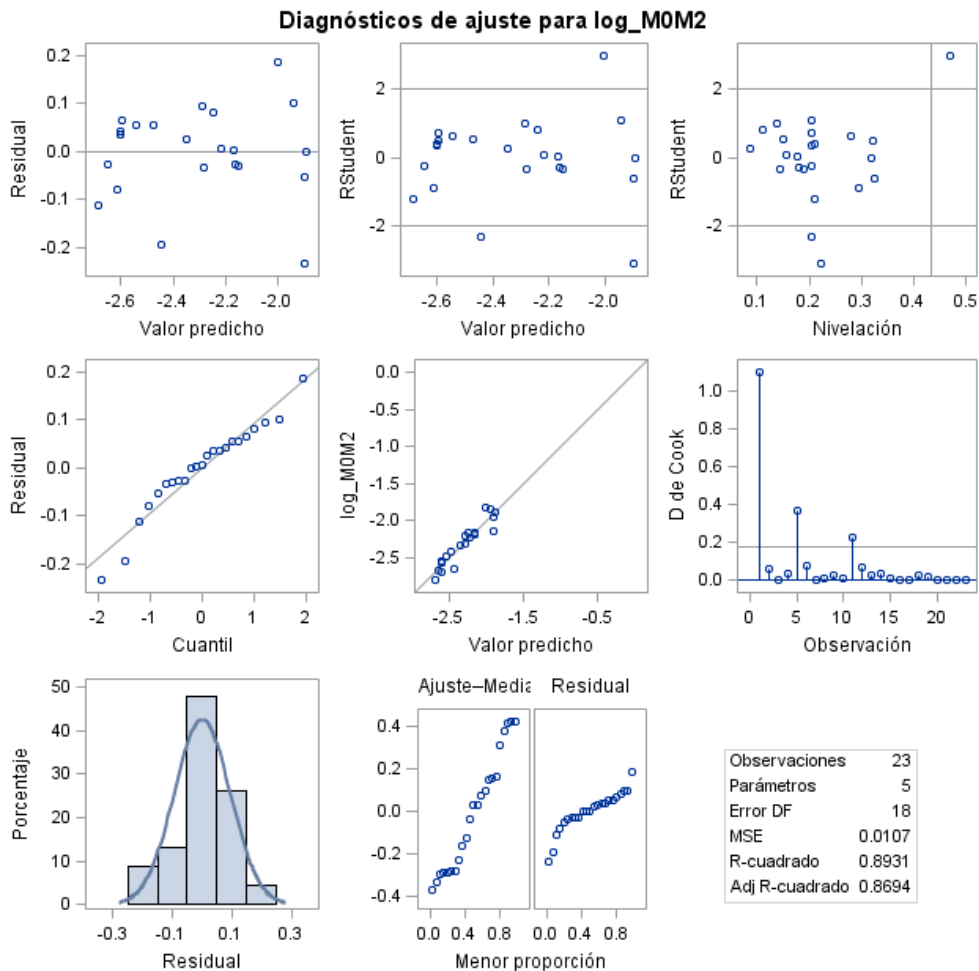


Ilustración 16 Resumen y validación de los supuestos del segundo modelo.

En lo que a las estimaciones de este modelo tendremos la siguiente tabla resumen:

Estadísticos de salida							
Observación	Year	Variable dependiente	Valor predicho	Error std Media predicha	Predicción CL al 95%		Residual
1	1997	-1.81	-2.0017	0.0711	-2.2658	-1.7376	0.1874
2	1998	-1.84	-1.9394	0.0467	-2.1782	-1.7006	0.1000
3	1999	-1.89	-1.8911	0.0585	-2.1411	-1.6411	-0.000910
4	2000	-1.95	-1.8957	0.0590	-2.1462	-1.6451	-0.0523
5	2001	-2.13	-1.8967	0.0487	-2.1373	-1.6561	-0.2342
6	2002	-2.80	-2.6881	0.0477	-2.9277	-2.4484	-0.1116
7	2003	-2.67	-2.6476	0.0468	-2.8865	-2.4087	-0.0255
8	2004	-2.57	-2.6025	0.0475	-2.8420	-2.3630	0.0362
9	2005	-2.53	-2.5970	0.0469	-2.8359	-2.3580	0.0655
10	2006	-2.57	-2.6018	0.0467	-2.8406	-2.3630	0.0353
11	2007	-2.64	-2.4442	0.0468	-2.6831	-2.2053	-0.1931
12	2008	-2.69	-2.6112	0.0563	-2.8590	-2.3635	-0.0801
13	2009	-2.56	-2.5992	0.0587	-2.8494	-2.3490	0.0427
14	2010	-2.49	-2.5431	0.0548	-2.7894	-2.2968	0.0570
15	2011	-2.42	-2.4748	0.0401	-2.7082	-2.2413	0.0544
16	2012	-2.32	-2.3496	0.0303	-2.5765	-2.1227	0.0268
17	2013	-2.32	-2.2823	0.0393	-2.5152	-2.0494	-0.0332
18	2014	-2.19	-2.2874	0.0384	-2.5196	-2.0551	0.0948
19	2015	-2.16	-2.2438	0.0347	-2.4734	-2.0142	0.0801
20	2016	-2.19	-2.1631	0.0438	-2.3995	-1.9267	-0.0268
21	2017	-2.18	-2.1510	0.0451	-2.3884	-1.9135	-0.0310
22	2018	-2.16	-2.1664	0.0435	-2.4025	-1.9303	0.002821
23	2019	-2.21	-2.2193	0.0410	-2.4535	-1.9851	0.005482

Tabla 7 Estimaciones del segundo modelo de regresión.

Nota: los valores predichos están en base logarítmica.

Juntando las predicciones de ambos modelos en una única base de datos y aplicando la siguiente formula podremos obtener la estimación de la economía sumergida:

$$\text{Indice de informalidad} = \frac{M0I/M2}{M1/M2 - M0I/M2}$$

De esta forma obtenemos las siguientes predicciones y su correspondiente representación gráfica:

Obs	Year	M1M2	M0M2E	M0M2F_E	M0M2I_E	informalidad_E
1	1997	0.30585	0.14216	0.13510	0.007063	0.023638
2	1998	0.33212	0.15006	0.14379	0.006264	0.019223
3	1999	0.36536	0.15367	0.15090	0.002765	0.007626
4	2000	0.37914	0.14598	0.15022	-0.004237	-0.011051
5	2001	0.36745	0.13809	0.15006	-0.011973	-0.031554
6	2002	0.37955	0.07179	0.06801	0.003779	0.010056
7	2003	0.38308	0.07343	0.07082	0.002609	0.006858
8	2004	0.39760	0.07550	0.07409	0.001409	0.003556
9	2005	0.57323	0.07216	0.07450	-0.002337	-0.004061
10	2006	0.66135	0.06863	0.07414	-0.005509	-0.008261
11	2007	0.59769	0.07896	0.08679	-0.007829	-0.012930
12	2008	0.50275	0.06892	0.07344	-0.004526	-0.008923
13	2009	0.48732	0.07663	0.07433	0.002301	0.004745
14	2010	0.50751	0.07731	0.07862	-0.001313	-0.002580
15	2011	0.50490	0.08740	0.08418	0.003213	0.006404
16	2012	0.52144	0.10408	0.09541	0.008667	0.016903
17	2013	0.52424	0.10649	0.10205	0.004440	0.008541
18	2014	0.56754	0.10438	0.10153	0.002850	0.005048
19	2015	0.62930	0.10704	0.10605	0.000988	0.001572
20	2016	0.67188	0.11666	0.11497	0.001698	0.002533
21	2017	0.75834	0.11644	0.11637	0.000069	0.000091
22	2018	0.81825	0.11108	0.11459	-0.003510	-0.004272
23	2019	0.85009	0.10405	0.10868	-0.004636	-0.005424

Tabla 8 Estimaciones de la economía informal según el modelo monetario.

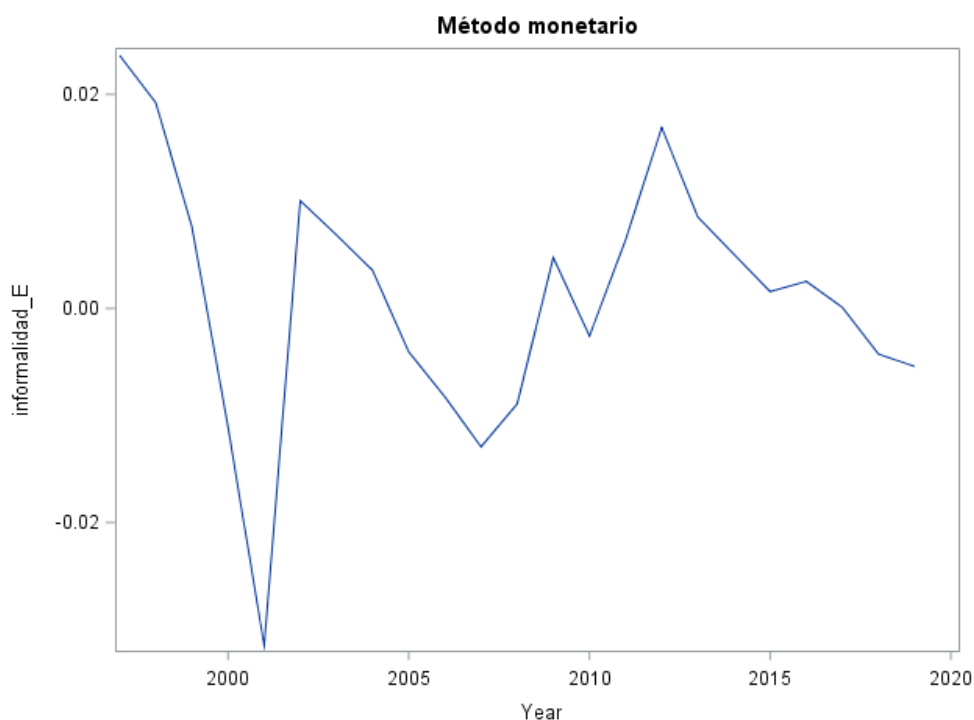


Ilustración 17 Representación de las estimaciones de la economía informal según el modelo monetario. Elaboración propia.

Vemos que los valores de la informalidad en España toman valores negativos, siendo inadmisibles la mera existencia de dichos valores. Es por ello, que haciendo uso de los intervalos de confianza de las predicciones, calcularemos y representaremos ambos casos. De esta forma, la tabla y gráfico resultante quedan de la siguiente forma:

Obs	Year	informalidad_L	informalidad_E	informalidad_U
1	1997	0.14365	0.023638	-0.09943
2	1998	0.12465	0.019223	-0.08918
3	1999	0.10979	0.007626	-0.09889
4	2000	0.08300	-0.011051	-0.11031
5	2001	0.05791	-0.031554	-0.12561
6	2002	0.05058	0.010056	-0.03714
7	2003	0.04832	0.006858	-0.04130
8	2004	0.04518	0.003556	-0.04479
9	2005	0.02411	-0.004061	-0.03768
10	2006	0.01573	-0.008261	-0.03713
11	2007	0.01808	-0.012930	-0.04969
12	2008	0.02360	-0.008923	-0.04769
13	2009	0.04003	0.004745	-0.03721
14	2010	0.03224	-0.002580	-0.04384
15	2011	0.04284	0.006404	-0.03613
16	2012	0.05681	0.016903	-0.02910
17	2013	0.05143	0.008541	-0.04084
18	2014	0.04394	0.005048	-0.04007
19	2015	0.03750	0.001572	-0.04024
20	2016	0.04010	0.002533	-0.04132
21	2017	0.03362	0.000091	-0.03942
22	2018	0.02581	-0.004272	-0.03993
23	2019	0.02170	-0.005424	-0.03771

Tabla 9 Estimaciones de la economía informal con intervalos de confianza al 95% según el modelo monetario.

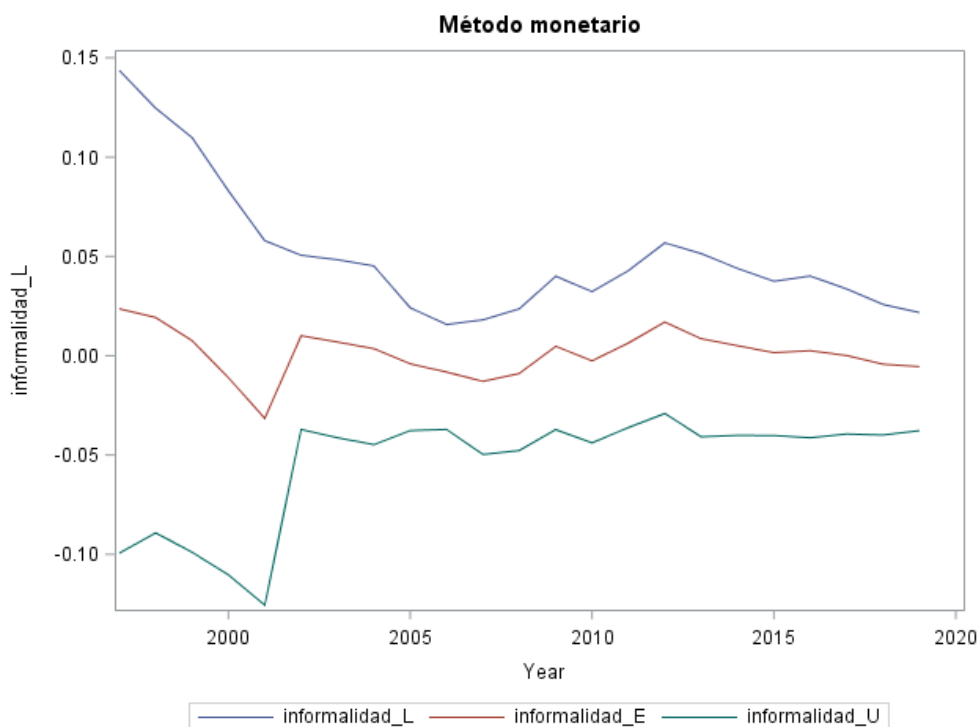


Ilustración 18 Representación de las estimaciones de la economía informal con intervalos de confianza al 95% según el modelo monetario.

Elaboración propia.

A la vista de este gráfico, vemos que la informalidad se moverá el 95% de las veces entre las franjas verde (informalidad_U) y azul (informalidad_L), por lo que aplicando el sentido común y obviando los valores negativos, diremos que dicho fenómeno estará comprendido entre el 0 y la banda azul. De esta forma la economía informal tomara la siguiente forma y área bajo la curva:

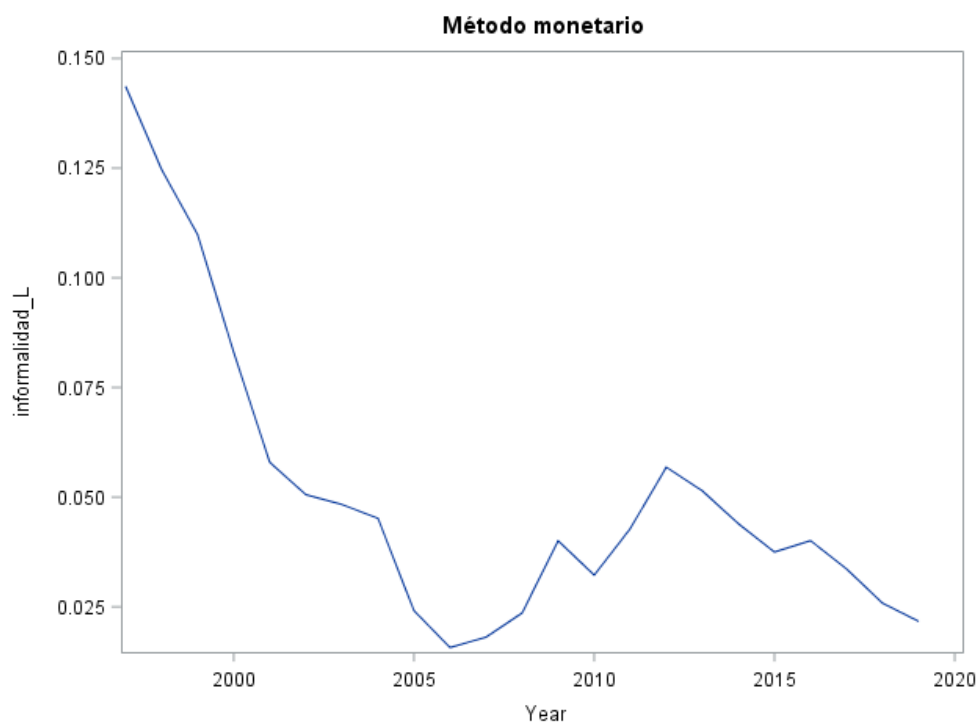


Ilustración 19 Representación de las estimaciones de la economía informal final según el modelo monetario. Elaboración propia.

A raíz del anterior gráfico, podemos apreciar que la economía sumergida está afectada principalmente por dos fenómenos:

- El cambio de la moneda nacional de la peseta al euro, como se puede apreciar en el año 2002 donde se produce una reducción drástica de la economía sumergida.
- Las crisis económicas como ya nos adelantó anteriormente el modelo eléctrico, de forma que los niveles de la economía informal aumentan en épocas de crisis y disminuyen en épocas de bonanza económica.

Finalmente, si recopilamos el modelo eléctrico y el monetario en una única gráfica podremos ver la comparación entre ambos modelos, siendo sus valores y gráfico:

Obs	year	informalidad_monetario	informalidad_electrico
1	1996	.	0.0000
2	1997	14.3655	-0.4459
3	1998	12.4647	1.7100
4	1999	10.9794	3.4312
5	2000	8.2998	6.1430
6	2001	5.7913	10.1179
7	2002	5.0576	10.8989
8	2003	4.8324	16.8240
9	2004	4.5185	19.5917
10	2005	2.4113	21.8933
11	2006	1.5727	23.8122
12	2007	1.8083	27.6836
13	2008	2.3602	33.2359
14	2009	4.0030	25.0320
15	2010	3.2243	30.8845
16	2011	4.2840	30.6657
17	2012	5.6814	29.6320
18	2013	5.1425	24.4715
19	2014	4.3945	18.8546
20	2015	3.7497	18.8046
21	2016	4.0096	16.8764
22	2017	3.3621	16.3330
23	2018	2.5814	15.0106
24	2019	2.1698	12.2130

Tabla 10 Comparación de las estimaciones del modelo eléctrico y monetario.

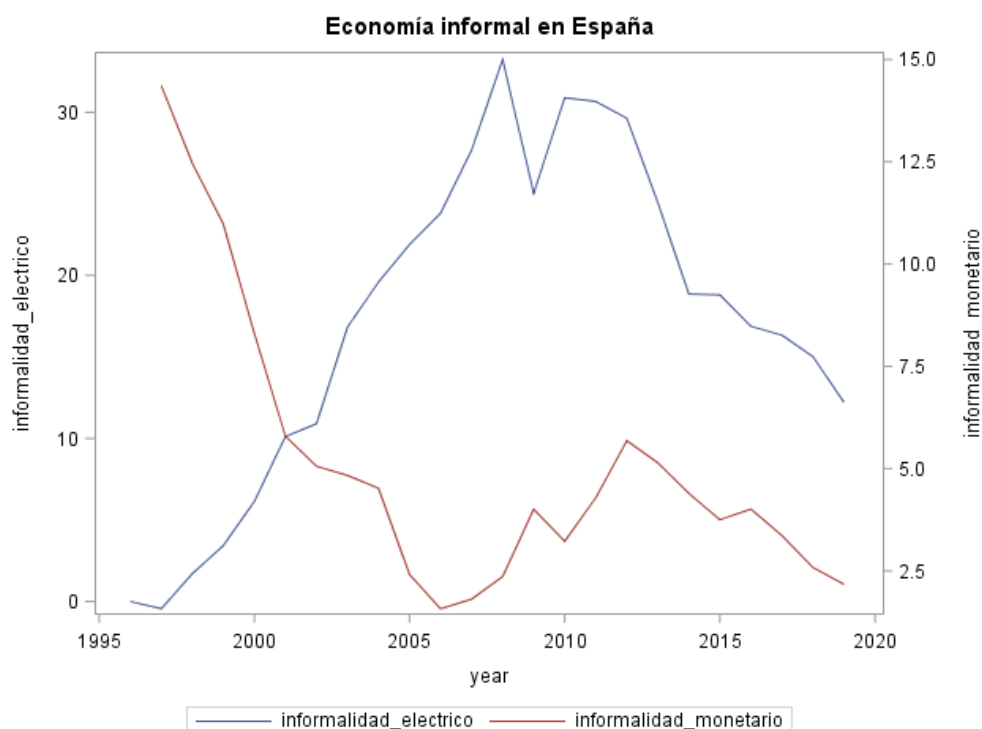


Ilustración 20 Comparación de la economía informal del modelo eléctrico y monetario. Elaboración propia.

A la vista de la tabla y el gráfico, podemos observar como ambos métodos coinciden en la tendencia de la economía sumergida de España desde el año 2006 en adelante. Por otra parte en lo que a las estimaciones respecta, cabe recordar que el método eléctrico tiende a dar predicciones con una tendencia muy a la alza.

c) Método MIMIC.

Como ya explicamos anteriormente en el apartado de metodología, realizaremos un modelo MIMIC con el fin de analizar las causas y también una posible estimación de los valores de la economía informal. Para ello, necesitaremos de dos tipos de variables:

- Variables de entrada
- Variables de salida

Variable	Origen	Referencia
Trabajo dependiente	INE	.
Apertura	INE	.
Presión fiscal	Expansión	.
Desempleo	INE	.
PIB per cápita	INE	.
Consumo eléctrico	BDSICE	255100
Dinero Circulante	BDSICE	808604
PIB	INE	.

$$\text{Trabajo dependiente} = \frac{\text{Ocupados}}{\text{Activos}}$$

$$\text{Apertura} = \frac{\text{Importaciones} + \text{Exportaciones}}{\text{PIB}}$$

De esta forma, plantearemos el siguiente esquema de causalidad:

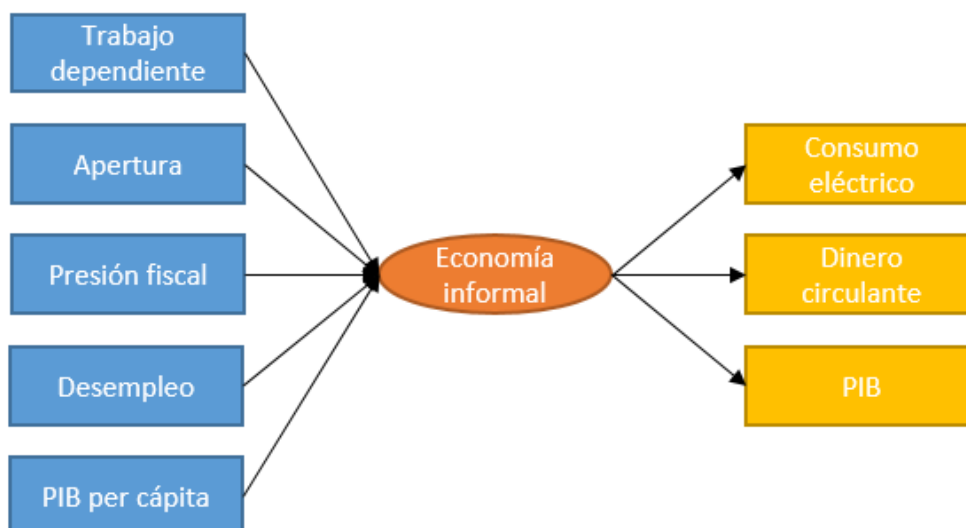


Ilustración 21 Esquema del path diagram hipotético. Elaboración propia.

En lo que a los datos para este modelo respecta, encontramos las siguientes tablas de valores brutos y tasas de variación:

Obs	year	activos	ocupados	parados	PIB	PIB_PC	M0	Presion_fiscal	Remuneracion_asalariados	Apertura	Coste_laboral	Desempleo	Trabajo_dependiente
1	1997	67238.6	53382.3	13856.3	519268	12966	48799.00	0.327	20.2868	0.51166	0.52138	3464.08	0.79392
2	1998	68323.9	55616.8	12707.2	555993	13826	48895.50	0.335	20.7511	0.52661	0.51894	3176.80	0.81402
3	1999	69648.2	58759.3	10888.9	595723	14757	50896.58	0.339	21.1440	0.54636	0.52139	2722.23	0.84366
4	2000	72009.1	62023.6	9985.4	647851	15975	53229.58	0.338	21.8283	0.60082	0.52245	2496.35	0.86133
5	2001	72202.8	64585.1	7617.7	700993	17196	49717.50	0.335	22.4418	0.57997	0.51691	1904.43	0.89450
6	2002	75844.9	67160.4	8684.5	749552	18095	28138.83	0.340	23.2543	0.55099	0.52090	2171.13	0.88550
7	2003	78971.0	69902.4	9068.7	802266	19013	34769.08	0.339	23.7347	0.53464	0.51701	2267.18	0.88517
8	2004	81503.1	72569.0	8934.1	859437	20053	41562.17	0.348	24.3882	0.54524	0.51482	2233.53	0.89038
9	2005	84562.2	76828.0	7734.2	927357	21239	48040.42	0.359	24.9953	0.54762	0.51769	1933.55	0.90854
10	2006	87119.9	79756.4	7363.5	1003823	22629	53955.75	0.367	25.8525	0.56177	0.51351	1840.88	0.91548
11	2007	89704.4	82319.7	7384.6	1075539	23776	59020.83	0.371	26.8935	0.57748	0.51459	1846.15	0.91768
12	2008	92262.2	81878.6	10383.7	1109541	24129	64449.17	0.328	28.7388	0.55983	0.53020	2595.93	0.88746
13	2009	93041.6	76427.4	16614.2	1069323	23062	79885.00	0.305	29.8118	0.46995	0.53268	4153.55	0.82143
14	2010	93458.4	74897.9	18560.6	1072709	23038	84832.25	0.321	30.3046	0.52928	0.52898	4640.15	0.80140
15	2011	93736.3	73685.7	20050.7	1063763	22761	89226.58	0.320	30.3058	0.58793	0.52481	5012.68	0.78610
16	2012	93774.8	70530.7	23244.1	1031099	22048	93753.58	0.332	29.9133	0.60845	0.51154	5811.03	0.75213
17	2013	92760.6	68556.0	24204.5	1020348	21899	96834.08	0.340	29.8564	0.61996	0.50150	6051.13	0.73906
18	2014	91818.3	69376.7	22441.6	1032158	22218	109401.25	0.346	29.9489	0.63866	0.50326	5610.40	0.75559
19	2015	91688.1	71464.2	20223.9	1077590	23219	117526.33	0.345	30.2585	0.64213	0.50167	5055.98	0.77943
20	2016	91290.9	73366.2	17924.7	1113840	23979	123116.17	0.342	30.1377	0.63773	0.49628	4481.18	0.80365
21	2017	90966.8	75299.2	15667.7	1161867	24969	128098.92	0.344	30.3412	0.66693	0.49159	3916.93	0.82777
22	2018	91227.3	77310.9	13916.5	1204241	25771	133743.75	0.352	30.7602	0.67573	0.49369	3479.13	0.84745
23	2019	92108.4	79117.2	12991.1	1244772	26426	133966.25	0.352	31.4909	0.66776	0.50039	3247.78	0.85896

Tabla 11 Datos empleados en el modelo MIMIC.

Obs	year	tv_presion	tv_coste	tv_trabajo_de	tv_desempleo	tv_pib_pc	tv_apertura	tv_m0	tv_pib	tv_consumo
1	1998	0.02446	-0.004688	0.025309	-0.08293	0.066327	0.02922	0.00198	0.043931	0.065838
2	1999	0.01194	0.004714	0.036414	-0.14309	0.067337	0.03750	0.04093	0.044905	0.065011
3	2000	-0.00295	0.002031	0.020946	-0.08297	0.082537	0.09967	0.04584	0.052459	0.057990
4	2001	-0.00888	-0.010593	0.038505	-0.23712	0.076432	-0.03471	-0.06598	0.039330	0.054506
5	2002	0.01493	0.007717	-0.010061	0.14004	0.052280	-0.04997	-0.43403	0.027310	0.029125
6	2003	-0.00294	-0.007472	-0.000374	0.04424	0.050732	-0.02968	0.23563	0.029819	0.067366
7	2004	0.02655	-0.004231	0.005895	-0.01484	0.054699	0.01984	0.19538	0.031228	0.045046
8	2005	0.03161	0.005575	0.020390	-0.13431	0.059143	0.00437	0.15587	0.036520	0.043176
9	2006	0.02228	-0.008073	0.007639	-0.04793	0.065446	0.02584	0.12313	0.041027	0.035774
10	2007	0.01090	0.002107	0.002402	0.00287	0.050687	0.02796	0.09387	0.036047	0.029293
11	2008	-0.11590	0.030317	-0.032933	0.40613	0.014847	-0.03055	0.09197	0.008871	0.010499
12	2009	-0.07012	0.004692	-0.074396	0.60003	-0.044221	-0.16056	0.23950	-0.037632	-0.047374
13	2010	0.05246	-0.006956	-0.024383	0.11715	-0.001041	0.12626	0.06193	0.001630	0.031136
14	2011	-0.00312	-0.007875	-0.019101	0.08028	-0.012024	0.11081	0.05180	-0.008144	-0.018946
15	2012	0.03750	-0.025284	-0.043210	0.15927	-0.031326	0.03491	0.05074	-0.029594	-0.014898
16	2013	0.02410	-0.019624	-0.017370	0.04132	-0.006758	0.01892	0.03286	-0.014355	-0.023515
17	2014	0.01765	0.003492	0.022357	-0.07283	0.014567	0.03015	0.12978	0.013839	-0.011065
18	2015	-0.00289	-0.003142	0.031552	-0.09882	0.045054	0.00543	0.07427	0.038352	0.019717
19	2016	-0.00870	-0.010761	0.031081	-0.11369	0.032732	-0.00685	0.04756	0.030313	0.007012
20	2017	0.00585	-0.009433	0.030004	-0.12592	0.041286	0.04579	0.04047	0.029737	0.012132
21	2018	0.02326	0.004266	0.023784	-0.11177	0.032120	0.01320	0.04407	0.024301	0.004089
22	2019	0.00000	0.013561	0.013575	-0.06650	0.025416	-0.01179	0.00166	0.019501	-0.017220

Tabla 12 Tasas de variación del modelo MIMIC

Con todo esto, al plantear el modelo de ecuaciones estructurales obtendremos las siguientes salidas relevantes:

Standardized Results for PATH List							
Path		Parameter	Estimate	Standard Error	t Value	Pr > t	
ecoinfo	====> tv_pib	_Parm1	0.96824	0.01625	59.5969	<.0001	
ecoinfo	====> tv_consumo	_Parm2	0.81704	0.07204	11.3414	<.0001	
ecoinfo	====> tv_m0	_Parm3	-0.30871	0.17945	-1.7203	0.0854	
tv_pib_pc	====> ecoinfo	_Parm4	0.87034	0.04831	18.0153	<.0001	
tv_desempleo	====> ecoinfo	_Parm5	0.55294	0.14862	3.7206	0.0002	
tv_apertura	====> ecoinfo	_Parm6	0.12341	0.04056	3.0425	0.0023	
tv_trabajo_de	====> ecoinfo	_Parm7	0.61270	0.13576	4.5130	<.0001	
tv_presion	====> ecoinfo	_Parm8	0.09454	0.04938	1.9148	0.0555	

Squared Multiple Correlations			
Variable	Error Variance	Total Variance	R-Square
tv_consumo	0.33244	1.00000	0.6676
tv_m0	0.90470	1.00000	0.0953
tv_pib	0.06252	1.00000	0.9375
ecoinfo	-0.01752	0.38075	.

Ilustración 22 Resumen de los parámetros del modelo MIMIC.

A la vista de lo anterior, vemos que todas las variables empleadas para este modelo son significativas y que por ende corroboran en cierta forma la causalidad de su comportamiento en la economía informal. Por otra parte en lo que a las variables de salida, podemos ver (en sus valores de R^2) cómo estas se ven afectadas por el comportamiento de la economía informal.

En lo que al diagrama de causalidad asociado al modelo respecta, encontramos lo siguiente:

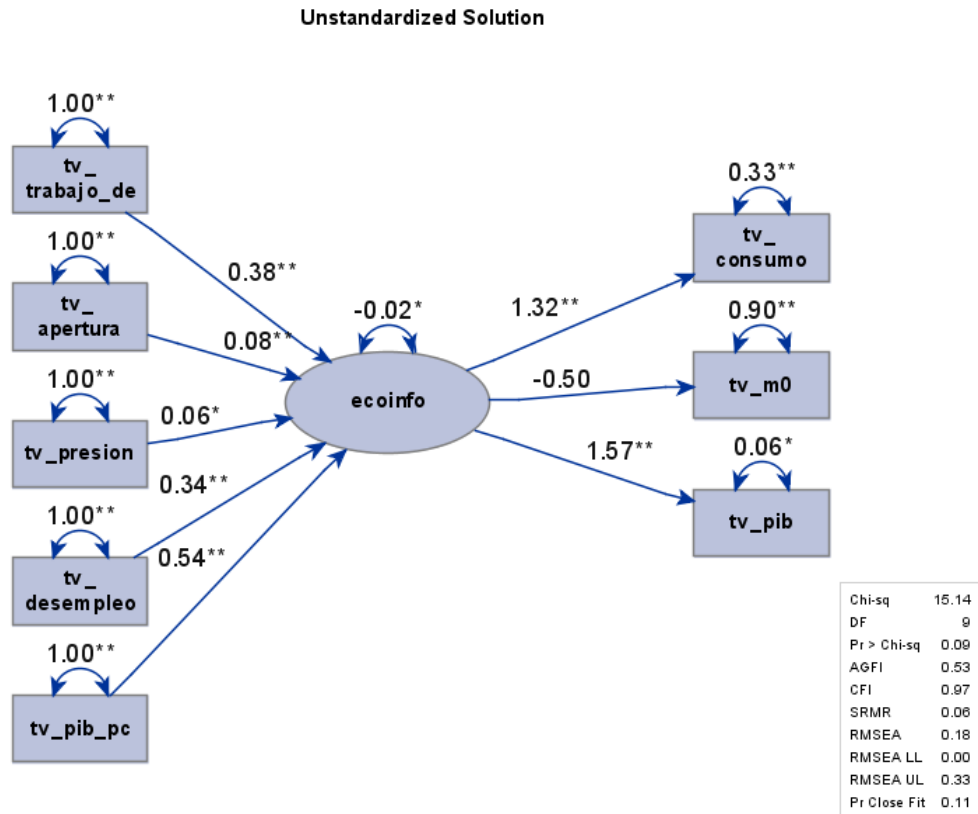


Ilustración 23 Path diagram del modelo MIMIC.

En el anterior grafico vemos que el valor del RMSEA es mediocre, pese a eso daremos por valido el modelo. Con todo esto, vemos que la economía informal es explicada de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 ecoinfo = & 0'87034 * tv\ pib\ per\ capita + 0'55294 * tv\ desempleo + 0'12341 \\
 & * tv\ apertura + 0'6127 * tv\ trabajo\ dependiente + 0'09454 \\
 & * tv\ presion\ fiscal
 \end{aligned}$$

A la vista de la anterior formula, vemos que todas las variables hipotetizadas para este modelo tienen un impacto correlacionado positivo en la economía informal.

En lo que a la estimación de esta respecta, seguiremos la metodología expuesta por Rodríguez Jiménez (2006) donde aplicaremos la formula con los respectivos datos y le sumaremos el valor del primer año pronosticado de la economía informal por el modelo monetario, siendo dicho valor 0'143655:

Obs	year	informal_mimic
1	1998	0.17747
2	1999	0.15241
3	2000	0.19490
4	2001	0.09983
5	2002	0.25397
6	2003	0.20737
7	2004	0.19152
8	2005	0.13820
9	2006	0.18430
10	2007	0.19505
11	2008	0.34166
12	2009	0.35854
13	2010	0.21171
14	2011	0.17828
15	2012	0.18415
16	2013	0.15411
17	2014	0.13580
18	2015	0.14872
19	2016	0.12761
20	2017	0.13558
21	2018	0.12929
22	2019	0.13659

Tabla 13 Valores estimados de la economía informal según el modelo MIMIC.

Siendo la representación de los datos la siguiente:

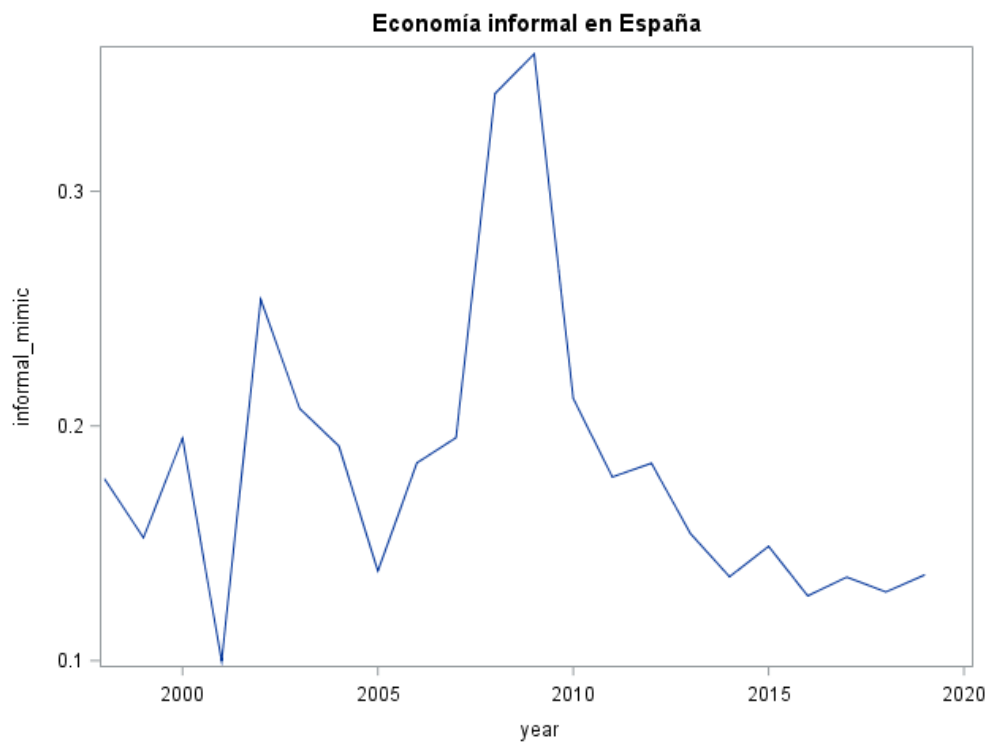


Ilustración 24 Representación de la economía informal según el modelo MIMIC. Elaboración propia.

Vemos como nuevamente la economía informal se ve incrementada en periodos de crisis económicas. Finalmente, si comparamos estos resultados con los predichos en los anteriores modelos obtenemos la siguiente tabla de valores y gráfico:

Obs	year	informalidad_electrico	informalidad_monetario	informal_mimic
1	1996	0.0000	.	.
2	1997	-0.4459	14.3655	.
3	1998	1.7100	12.4647	17.7468
4	1999	3.4312	10.9794	15.2412
5	2000	6.1430	8.2998	19.4900
6	2001	10.1179	5.7913	9.9826
7	2002	10.8989	5.0576	25.3971
8	2003	16.8240	4.8324	20.7367
9	2004	19.5917	4.5185	19.1521
10	2005	21.8933	2.4113	13.8200
11	2006	23.8122	1.5727	18.4302
12	2007	27.6836	1.8083	19.5053
13	2008	33.2359	2.3602	34.1660
14	2009	25.0320	4.0030	35.8536
15	2010	30.8845	3.2243	21.1709
16	2011	30.6657	4.2840	17.8277
17	2012	29.6320	5.6814	18.4150
18	2013	24.4715	5.1425	15.4105
19	2014	18.8546	4.3945	13.5799
20	2015	18.8046	3.7497	14.8718
21	2016	16.8764	4.0096	12.7614
22	2017	16.3330	3.3621	13.5584
23	2018	15.0106	2.5814	12.9290
24	2019	12.2130	2.1698	13.6587

Tabla 14 Valores estimados del modelo eléctrico, monetario y MIMIC.

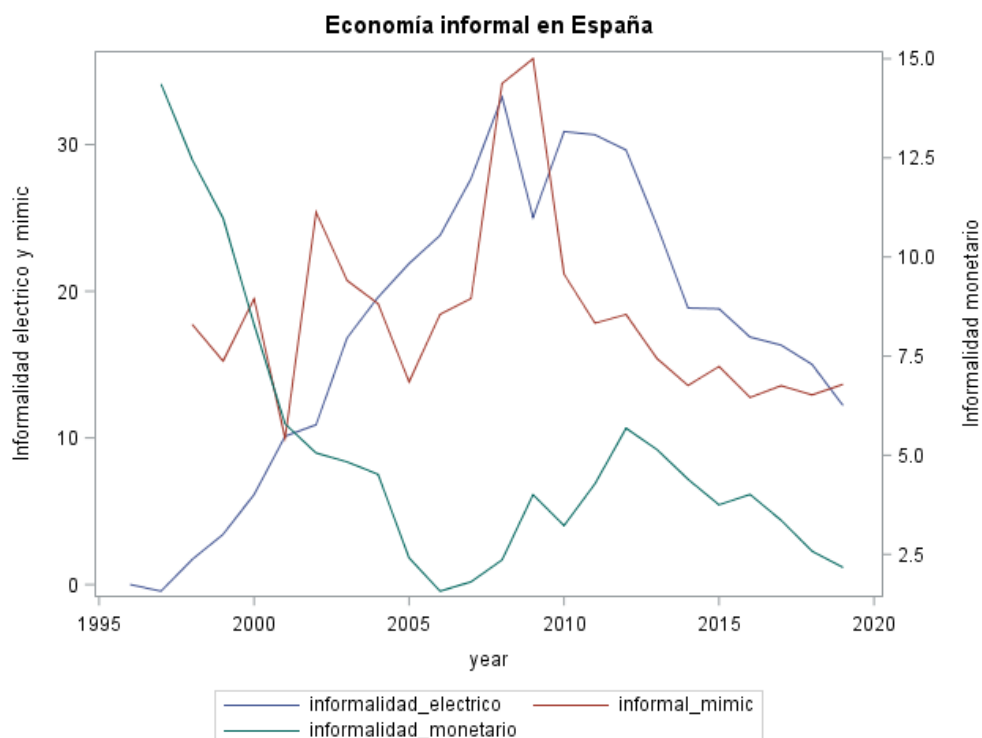


Ilustración 25 Representación de los valores estimados del modelo eléctrico, monetario y MIMIC. Elaboración propia.

A la vista del gráfico vemos como los tres modelos concuerdan en el comportamiento de la economía sumergida desde el año 2007 en adelante. Por otra parte, también se aprecia un comportamiento similar al presentado en la ilustración 3 donde se exponía la evolución de la economía sumergida en Europa.

4. CONCLUSIONES.

A la vista de este trabajo podemos concluir que la economía sumergida actual en territorio español se encuentra en un intervalo del 3% y 12% y que según las causas identificadas, dichos valores aumentarían debido a la crisis económica-social producida por el Sars-Cov 2. En lo que a los factores que fomentan encontramos lo siguiente:

- A mayor tasa de desempleo, mayor es la incidencia de la economía sumergida, ya que en muchas ocasiones es la única fuente de ingresos para las personas con un estatus que les impide encontrar un trabajo legal.
- La presión fiscal afecta también a este tipo de actividades, ya que en este fenómeno no están sujetos al pago de impuestos y evita la declaración de los mismos.
- La apertura económica hacia otros países permite vías alternativas que facilitan la aparición de este tipo de fenómenos.
- A mayor PIB per cápita y salarios, más se tiende a defraudar, ya que los incrementos de riqueza están sujetos al pago de mayores cantidades de impuestos, haciendo ver que el fraude es una vía más sencilla para la evasión fiscal y de mantener dicha riqueza.
- Las épocas de crisis suelen ser el caldo de cultivo perfecto para este tipo de actos fiscales.

Todos estos factores además de afectar a la economía sumergida, tienen un claro impacto en:

- El consumo eléctrico nacional, ya que dicho fenómeno aumentaría junto al consumo eléctrico.
- El dinero en circulación es otro indicador de la economía informal debido a que cuando este aumenta la economía sumergida disminuye.
- El crecimiento del Producto Interior Bruto también refleja la evolución de este fenómeno.

5. BIBLIOGRAFÍA.

- Agencia Tributaria. (2005). *Plan de Prevención del Fraude Fiscal*.
- Agencia Tributaria. (2008). *Actualización del Plan de Plan de Prevención del Fraude Fiscal*.
- Agencia Tributaria. (2008). *Actualización Plan de Prevención de Fraude Fiscal*.
- Alañón Pardo, Á., & Gómez de Antonio, M. (2004). *Estimación del tamaño de la economía sumergida en España: un modelo estructural de variables latentes*. Fundación de las cajas de ahorros.
- Escobedo López, M., & Mauleón Torres, I. (1991). *Demanda de dinero y economía sumergida*. Instituto de Estudios Fiscales y UNED.
- Esteller-Moré, A. (2014). *Fraude fiscal*. Instituto de economía de Barcelona.
- Gutman, P. (1977). The subterranean economy. *Financial Analysts Journal*, 35, 26-8.
- Hart, K. (1971). Informal Income Opportunities and urban employment in Ghana.
- Kaufmann, D., & Kaliberda, A. (1996). An "unofficial" analysis of economies in transition an empirical framework and lessons for policy. *Development Discussion Paper(558)*. doi:10.22004/ag.econ.294375
- Kelmanson, B., Kirabaeva, K., Medina, L., Mircheva, B., & Weiss, J. (2019). Explaining the Shadow Economy in Europe: Size, Causes and Policy Options. *IMF Working Papers*, 1-29. Obtenido de <https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2019/12/13/Explaining-the-Shadow-Economy-in-Europe-Size-Causes-and-Policy-Options-48821>
- Mohommad, A., Singh, A., & Jain-Chandra, S. (2012). *Inclusive Growth, Institutions, and the Underground Economy*. Obtenido de <https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2016/12/31/Inclusive-Growth-Institutions-and-the-Underground-Economy-25721>

- REAF. (2017). *Reflexiones sobre el fraude fiscal y 20 propuestas para reducirlo*. Obtenido de <https://www.economiadehoy.es/noticia/18832/economia/reflexiones-sobre-el-fraude-fiscal-y-20-propuestas-para-reducirlo.html>
- Rodríguez Jiménez, A. (2006). Cuantificación del tamaño de la economía informal en México. Una estimación a través del método monetario de insumos físicos y modelos estructurales. *Universidad Autónoma de Madrid*.
- Tanzi, V. (1982). *The underground economy in the United States and abroad*. Lexington: Lexington Books.
- Tanzi, V. (1983). The Underground Economy in the United States: Annual Estimates, 1930-80. *International Monetary Fund*, 30(2), 283-305. doi:10.2307/3867001

6. ANEXOS.

```

/* DATOS PARA EL MODELO ELECTRICO */

data consumo;
  infile 'F:\TFG\Datos electricos.csv' dsd delimiter=',';
  input year variacion_pib indice_pib_1997 consumo_electrico
variacion_consumo;
run;

proc print data=consumo;run;

data consumo;
  set consumo;
  if indice_pib_1997 = 100 then do;
    indice_consumo = 100;
    retain indice_consumo;
  end;
  else do;
    indice_consumo = (1 + variacion_consumo/100)*indice_consumo;
    retain indice_consumo;
  end;
  informalidad = indice_consumo - indice_pib_1997;
run;

proc print data=consumo;run;

title "Método del cansumo eléctrico";
proc sgplot data=consumo;
  series x=year y=informalidad;
run;
title;

/* DATOS PARA EL MODELO MONETARIO*/

data monetario;
  infile 'F:\TFG\monetario.csv' dsd delimiter=',';
  input Year RNB IR Salario PIB PIB_PC M1 M2 M0 Interes Crisis Euro
MOM2 M1M2 SalariosRNB SalariosPIB ImpuestosPIB;
run;

proc print data=monetario;
run;

data monetario;
  set monetario;
  log_MOM2 = log(MOM2);
  log_salario_pib = log(SalariosPIB);
  log_salario_rnb = log(SalariosRNB);
  log_impuestos_pib = log(ImpuestosPIB);
  log_tipos = log(Interes);
  log_pib_pc = log(PIB_PC);
run;

proc print data=monetario;run;

/* MODELO PARA LA ECONOMIA TOTAL - */
proc reg data=monetario plots=(CooksD(label) DFFITS(label) DFBETAS
ObservedByPredicted(label) residualchart);

```

```

    model log_MOM2 = log_salario_pib log_impuestos_pib log_tipos
log_pib_pc crisis euro/ CLI dwprob VIF;
    ID Year;
    output out=MOM2E predicted=MOM2E lcl=icl_MOM2E ucl=icu_MOM2E;
run;

/* MODELO PARA LA ECONOMIA FORMAL */

proc reg data=monetario;
    model log_MOM2 = log_salario_pib log_tipos crisis euro/ CLI dwprob
VIF;
    ID Year;
    output out=MOM2F predicted=MOM2F lcl=icl_MOM2F ucl=icu_MOM2F;
run;

/* DATOS FINALES MONETARIO*/

data datos_finales;
    merge MOM2E MOM2F;
    by year;
    M1M2 = M1/M2;
    MOM2E = exp(MOM2E);
    /*IC INFERIOR*/
    MOM2F_L = exp(icl_MOM2F);
    MOM2I_L = MOM2E - MOM2F_L;
    informalidad_L = MOM2I_L / (M1M2 - MOM2I_L);
    /*PREDICCION*/
    MOM2F_E = exp(MOM2F);
    MOM2I_E = MOM2E - MOM2F_E;
    informalidad_E = MOM2I_E / (M1M2 - MOM2I_E);
    /*IC SUPERIOR*/
    MOM2F_U = exp(icu_MOM2F);
    MOM2I_U = MOM2E - MOM2F_U;
    informalidad_U = MOM2I_U / (M1M2 - MOM2I_U);
run;

proc print data=datos_finales;
    var year M1M2 MOM2E MOM2F_E MOM2I_E informalidad_E;
run;

title "Método monetario";
proc sgplot data=datos_finales;
    series x=year y=informalidad_E;
run;
title;

proc print data=datos_finales;
    var year informalidad_L informalidad_E informalidad_U;
run;

title "Método monetario";
proc sgplot data=datos_finales;
    series x=year y=informalidad_L;
    series x=year y=informalidad_E;
    series x=year y=informalidad_U;
run;
title;

title "Método monetario";
proc sgplot data=datos_finales;
    series x=year y=informalidad_L;

```

```

run;
title;

data comparar;
  merge consumo datos_finales;
  by year;
  informalidad_monetario = informalidad_L*100;
  informalidad_electrico = informalidad;
run;

proc print data=comparar;
  var year informalidad_monetario informalidad_electrico;
run;

title "Economía informal en España";
proc sgplot data=comparar;
  series x=year y=informalidad_electrico;
  series x=year y=informalidad_monetario / Y2AXIS;
run;
title;

/* DATOS PARA EL MIMIC */

data mimic;
  infile 'F:\TFG\Datos TFG\MIMIC\mimic_cesar.csv' dsd delimiter=';';
  input year activos ocupados parados PIB PIB_PC M0 Presion_fiscal
  Remuneracion_asalariados Apertura Coste_laboral Desempleo
  Trabajo_dependiente tv_presion tv_coste tv_trabajo_de tv_desempleo
  tv_pib_pc tv_apertura tv_m0;
run;

data mimic;
  merge consumo mimic;
  by year;
  where year > 1997;
  tv_pib=variacion_pib/100;
  tv_consumo=variacion_consumo/100;
  keep Year tv_pib tv_consumo tv_presion tv_coste tv_trabajo_de
  tv_desempleo tv_pib_pc tv_apertura tv_m0;
run;

proc print data=mimic;
run;

proc calis data=mimic maxiter=500 corr;
  path ecoinfo ---> tv_pib tv_consumo tv_m0,
  tv_pib_pc tv_desempleo tv_apertura tv_trabajo_de tv_presion --->
  ecoinfo;
  pathdiagram;
run;

data final;
  set mimic;
  informal_mimic = tv_pib_pc*0.86675 + tv_desempleo*0.54068 +
  tv_apertura*0.12212 + tv_trabajo_de*0.60456 + tv_presion*0.09498 +
  tv_coste*0.00660 +0.143655;
run;

proc print data=final;
  var year informal_mimic;
run;

```

```
title "Economía informal en España";
proc sgplot data=final;
  series x=year y=informal_mimic;
run;
title;

data comparar;
  merge consumo datos_finales final;
  by year;
  informalidad_monetario = informalidad_L*100;
  informalidad_electrico = informalidad;
  informal_mimic = informal_mimic*100;
run;

proc print data=comparar;
  var year informalidad_electrico informalidad_monetario
  informal_mimic;
run;

title "Economía informal en España";
proc sgplot data=comparar;
  series x=year y=informalidad_electrico;
  series x=year y=informal_mimic;
  series x=year y=informalidad_monetario / Y2AXIS;
  yaxis label='Informalidad eléctrico y mimic';
  y2axis label='Informalidad monetario';
run;
title;
```