

Determinar y cuantificar el efecto de la invasión Rusia-Ucrania y de un conjunto de variables económicas/financieras sobre la volatilidad del mercado representado por el indicador VIX.



Felipe Ángel & Santiago Velasquez

Analítica de los Negocios

Juan Nicolás Velasquez

14 de noviembre de 2025

## Table of Contents

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>3</b>
OBJETIVO PRINCIPAL.....	3
OBJETIVOS SECUNDARIOS.....	3
<b>PRESENTACIÓN DE VARIABLES.....</b>	<b>3</b>
VIX.....	4
S&P 500.....	5
NASDAQ COMPOSITE.....	5
DOW JONES INDUSTRIAL AVERAGE .....	5
BONOS DEL TESORO A 2 Y 10 AÑOS .....	5
EURO STOXX 50 .....	5
RUSSELL 2000 .....	5
ORO Y PETRÓLEO CRUDO.....	6
DXY .....	6
<b>EXPLORACIÓN DE VARIABLES .....</b>	<b>6</b>
ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS.....	6
ESTUDIO DE CORRELACIÓN.....	7
<i>Correlación entre Variables.....</i>	7
<i>Correlación entre Variables (Retornos Semanales) .....</i>	8
<b>PRUEBA DE HIPÓTESIS .....</b>	<b>9</b>
RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN .....	9
<i>Estimación de Medias.....</i>	9
<i>Resultado del Pvalue .....</i>	10
<i>Intervalo de Confianza .....</i>	10
<i>Interpretación y Conclusiones.....</i>	10
<b>MODELOS .....</b>	<b>11</b>
DUMMY.....	11
MODELO COMPLETO .....	13
MODELO COMPLETO (RETORNOS SEMANALES).....	15
<b>RESULTADO Y ANÁLISIS .....</b>	<b>17</b>

# Introducción

La valoración de los mercados financieros no solo responde a fundamentos económicos, sino también a la percepción del riesgo e incertidumbre. El índice del miedo “VIX” es el termómetro que mide la incertidumbre del mercado. Históricamente se ha visto a este índice reaccionar con picos y eventos extremos ante shocks exógenos, siendo conflictos geopolíticos algunos de los detonadores.

La invasión de Ucrania en 2022 se ha convertido en uno de los eventos geopolíticos más desestabilizante de las últimas décadas, causando revuelo en los mercados globales de forma casi que inmediata. Estas reacciones reflejaron la aversión generalizada al riesgo ante la nueva realidad incierta generada por la guerra.

Si bien el VIX captura de manera eficiente los sentimientos del mercado, no logra aislar el impacto directo de un evento como la invasión de ucrania en 2022 frente a otros factores de ruido. El siguiente estudio busca profundizar en el impacto que tuvieron los seis primeros meses de la guerra en ucrania en 2022 frente al comportamiento del índice VIX.

## Objetivos

### Objetivo Principal

Determinar y cuantificar el efecto de la invasión Rusia-Ucrania y de un conjunto de variables económicas/financieras sobre la volatilidad del mercado representado por el indicador VIX, usando regresión multivariable y pruebas de diferencia de medias entre periodos.

### Objetivos Secundarios

1. Identificar los factores de mercado y activos financieros que explican la mayor proporción de la variabilidad del VIX durante el periodo analizado.
2. Evaluar si la guerra afecto los niveles del VIX a través de variables intermediarias (como el petróleo, el dólar y los indicadores bursátiles), y no de manera directa.
3. Determinar la existencia de cambios estructurales en la relación entre el VIX y los principales mercados financieros antes y durante los primeros seis meses del conflicto.

## Presentación de Variables.

Por medio del lenguaje de programación de R, se generó un código que trae directamente de Yahoo Finance la información semanal de 11 variables relacionadas al sector financiero. El código crea un dataframe que se convierte en la base de datos para el estudio estadístico de manera limpia. Las variables son presentadas a continuación.

## VIX

El índice de volatilidad CBOE, mejor conocido como el VIX (coloquialmente llamado índice del miedo), mide la volatilidad esperada del mercado utilizando una cartera de opciones en el S&P 500. Este se utiliza principalmente para medir el sentimiento del mercado y el riesgo percibido, pues este actúa como un barómetro de miedo e incertidumbre, su importancia se traduce a que es una cuantificación tanto del riesgo de mercado y el sentimiento de los inversionistas.

Lo que busca el VIX es medir la magnitud de los movimientos del S&P 500, o sea su volatilidad, en donde entre más movimiento haya, o sea su precio se vuelven más fluctuantes, mayor es la volatilidad.

El modelo de este indicador se sale de las medidas básicas como varianza y desviación estándar, los cuales están basados en datos históricos, en este caso, el VIX implica inferir su valor como está implícito en los precios de las opciones (instrumento financiero que funciona como contrato que ofrece al titular el derecho de comprar o vender un activo subyacente a un precio y fecha determinados). Ya que el factor de volatilidad describe la probabilidad de que estos cambios en los precios sucedan dentro del marco temporal establecido, diversos métodos para determinar los precios de las opciones (el modelo Black-Scholes, por ejemplo) incorporan a la volatilidad como un parámetro esencial. Entonces, como los precios de las opciones son públicos, es posible emplearlos para calcular la volatilidad de un valor subyacente. Se le conoce como volatilidad implícita con visión futura (IV) a la volatilidad que se deriva de los precios del mercado.



Figura 1. Evolución del VIX (Franja 6 meses de guerra Ucrania)

## S&P 500

El Standard & Poor's 500, es sin duda uno de los índices más importantes del mercado bursátil de los estados unidos, pues es considerado como “el índice más representativo de la situación real del mercado”. Este se basa en las 500 empresas con la mayor capitalización bursátil que poseen acciones que cotizan tanto en la NYSE y NASDAQ, donde aproximadamente captura el 80% de la capitalización del mercado estadounidense.

## NASDAQ Composite

A diferencia del S&P 500, el NASDAQ composite es un índice ponderado por capitalización de mercado de casi todas las empresas que cotizan en la bolsa de valores NASDAQ. Este índice está compuesto por empresas nacionales e internacionales, fuertemente ponderado por empresas del sector tecnológico, seguido por el consumidor discrecional y las empresas de atención médica.

## Dow Jones Industrial Average

Mientras que el S&P 500 y el NASDAQ Composite se basan en la capitalización bursátil de compañías, el índice del Dow Jones refleja el precio de las 30 empresas más importantes de Estados Unidos, tanto en tamaño como en negociación.

## Bonos del Tesoro a 2 y 10 años

Los bonos del gobierno de los estados unidos, también conocidos como bonos del tesoro, son instrumentos de deuda del gobierno emitidos por el departamento del tesoro de los Estados Unidos para financiar los gastos del gobierno como suplemento a los impuestos.

Su mayor ventaja es que están respaldados por “la plena fe y crédito del gobierno de Estados Unidos”, a los inversores se les garantiza la devolución tanto de sus intereses como del capital que se les debe, siempre y cuando los mantengan hasta el vencimiento (para el caso se tomaron los de vencimiento a 2 y 10 años).

## EURO STOXX 50

El índice EURO STOXX 50 diseñado por STOXX, un proveedor de índices propiedad del Grupo Deutsche Börse, similar a sus contrapartes americanas como el S&P 500 y el NASDAQ Composite, rastrea a los líderes del supersector de la zona euro. La ponderación de este índice se basa en la capitalización de mercado de flotación libre, en donde se asigna una máxima ponderación de 10% por componente.

## Russell 2000

Considerado como “el índice pequeño más grande”, rastrea y está constituido por las 2000 empresas más pequeñas del mercado americano, este es mantenido por FTSE Russell, una subsidiaria del London Stock Exchange Group. Este es considerado como el punto de referencia

más común para los fondos mutuos identificados como de pequeña capitalización, mientras q el S&P 500 se utiliza principalmente para empresas de gran capitalización. Es la medida más cotizada del rendimiento general de las acciones de empresas con pequeña y mediana capitalización, siendo considerado como un indicador de la economía de los estados unidos debido a su enfoque en estas empresas.

## Oro y Petróleo Crudo

Dos de los commodities más importantes del mundo. Por un lado, está el oro, uno de los activos más antiguos y reconocidos como reserva. Su cotización refleja factores tanto económicos como geopolíticos, ya que este suele actuar como “activo refugio” ante la incertidumbre y la inflación a nivel global, principalmente debido a su capacidad para mantener su valor cuando los mercados financieros están experimentando volatilidad o las monedas pierden su valor adquisitivo.

Por otro lado, está el petróleo crudo, uno de los recursos más importantes y negociados del mundo, llegando a ser considerado la principal materia prima energética que impulsa la economía global, pues su precio influye directamente en los costos de transporte, producción e inflación, siendo indicador clave del dinamismo económico del mundo. Donde factores geopolíticos, decisiones de la OPEP y la variación en la oferta y demanda de este afectan en gran medida su cotización.

## DXY

El DXY, mayormente conocido como índice dólar, es un indicador del valor del dólar estadounidense en relación con una canasta de monedas extranjeras, a menudo denominada como una canasta de monedas de los socios comerciales de los Estados Unidos, el índice sube cuando el dólar gana fuerza o se valoriza y baja cuando ocurre lo contrario. Este índice es diseñado, mantenido y publicado por el ICE donde el euro es la moneda con mayor peso dentro de este siendo superior al 50%.

# Exploración de Variables

## Estadísticas Descriptivas

Para empezar con el estudio, realizamos un análisis de las estadísticas descriptivas de las variables. Esto para comprender la naturaleza de cada variable previo al análisis de modelos explicativos. Inicialmente encontramos un patrón interesante, y es que en la mayoría de los activos riesgosos (definidos por las variables de los índices bursátiles) mostraron tener un sesgo positivo, al ser su media mayor que su mediana. Esto sugiere que, si bien las caídas en la renta variable pueden ser abruptas, los datos están influenciados por colas derechas de crecimiento con picos extremos de volatilidad. Esto precisamente se puede evidenciar en el VIX, que es una medida de volatilidad y la variable dependiente del estudio, que en la muestra registro una media de 18,11 pero con un máximo de 66,04. Esto significa que la muestra captura períodos de alto

estrés de mercado, dentro de los cuales posiblemente se encuentre la guerra de Ucrania. Los resultados son mostrados a continuación:

Variable	Media	SD	Min	Max	Mediana
VIX	18,11	6,98	9,14	66,04	16,37
SP500	3583,08	1291,72	1864,78	6840,20	3240,02
DOW	29018,96	8293,01	15973,84	47562,87	27930,33
NASDAQ	10691,06	4872,37	4337,51	23724,96	9757,22
RUSSELL	1702,06	382,24	971,99	2513,47	1660,87
GOLD	1743,83	614,37	1056,20	4189,90	1694,50
OIL	62,40	17,42	16,94	120,67	61,50
US10Y	2,63	1,13	0,54	4,92	2,39
US2Y	1,94	1,90	-0,06	5,35	1,49
DOLLAR	98,33	4,89	89,07	113,31	97,55
EUROPE	3830,93	705,40	2548,50	5674,50	3599,20

Tabla 1. Estadísticas Descriptivas Base de Datos.

## Estudio de Correlación

Para identificar la forma en la que las distintas variables se relacionan con el índice VIX y a su vez entre ellas mismas, se realizó un estudio de correlación para entender el comportamiento de las variables y empezar a buscar un camino para explicar la variabilidad del VIX en la muestra.

### Correlación entre Variables

El primer paso fue calcular la correlación entre las variables de la base de datos crudas. Estas arrojaron resultados bastante inesperados.

Al observar la matriz de correlaciones, se evidencia que la mayoría de los índices bursátiles, como el S&P 500, NASDAQ y Russell 2000, presentan una alta correlación positiva siendo mayor a 0.9, lo cual resulta coherente ya que todos representan el comportamiento en general del mercado financiero de los Estados Unidos y tienden moverse en la misma dirección. Algo similar ocurre con los bonos de 2 y 10 años, reflejando su relación directa dentro del mercado de renta fija.

Por otro lado, los activos refugio como el oro, muestran correlaciones moderadas y positivas con los índices ya mencionados, mientras que el petróleo muestra menores niveles de correlación, demostrando una relación menos directa con el mercado.

En cuanto a la variable de la guerra en Ucrania, el efecto directo del conflicto sobre las series consideradas no fue contundente a lo largo del periodo analizado, aunque es importante resaltar que los mayores niveles de correlación que hay con este fueron con el petróleo y el VIX.

Ahora bien, particularmente hablando del VIX, que suele moverse en sentido contrario al mercado accionario, este no presenta las correlaciones negativas esperadas con los principales índices. De hecho, aparecen correlaciones muy cercanas a cero, o sea casi nulas, lo que resulta atípico, pues este tiende a aumentar cuando los mercados accionarios reaccionan de forma negativa.

	VIX	SP500	DOW	NASDAQ	RUSSELL	GOLD	OIL	US10Y	US2Y	DOLLAR	EUROPE	Guerra6m	CORR
1	0,078	0,073	0,112	-0,005	0,157	-0,039	-0,220	-0,138	0,105	-0,156	0,236		VIX
	1	0,988	0,993	0,912	0,928	0,575	0,618	0,672	0,433	0,922	0,098		SP500
		1	0,979	0,935	0,888	0,616	0,607	0,688	0,416	0,896	0,104		DOW
			1	0,924	0,924	0,533	0,544	0,608	0,369	0,896	0,082		NASDAQ
				1	0,756	0,636	0,444	0,491	0,218	0,812	0,113		RUSSELL
					1	0,353	0,560	0,598	0,362	0,873	0,041		GOLD
						1	0,573	0,512	0,464	0,512	0,536		OIL
							1	0,901	0,674	0,715	0,022		US10Y
								1	0,679	0,706	-0,080		US2Y
									1	0,412	0,206		DOLLAR
										1	-0,038		EUROPE
											1		Guerra6m

Figura 2. Matriz de Correlación.

### Correlación entre Variables (Retornos Semanales)

Lo siguiente fue calcular la correlación entre los retornos semanales de las variables estudiadas, esto debido a que los retornos semanales son comparables. Al realizar el ejercicio, se encontraron múltiples resultados más predecibles.

En primer lugar, se encontró la fuerte correlación negativa entre el VIX y los índices bursátiles (SP500, NASDAQ, DOW JONES, EURO STOXX 50 & RUSSELL 2000) lo que indica que cuando la volatilidad (VIX) incrementa, la incertidumbre generada los activos riesgosos caen. Esto sugiere que el VIX es un excelente medidor del sentimiento de mercado.

Por otro lado, encontramos una sorprendente indiferencia entre el VIX y los activos refugio como el Oro, el dólar y los tesoros de corto plazo americanos. Esto nos revela que los picos de volatilidad en el VIX no provocan un flujo de capital claro hacia los activos refugio, la estadística sugiere que no se mueven juntos.

Finalmente, dos de las variables de la muestra, específicamente los futuros de petróleo de referencia WTI y los tesoros americanos de 10 años, mostraron tener una correlación negativa débil, pero existente. En el caso del petróleo, un incremento en el VIX sugiere que la volatilidad puede generar desaceleración económica, generando caídas en los precios del petróleo. Por el lado del tesoro americano de 10 años, cuando el VIX sube sus rendimientos bajan ligeramente, indicando un alza en sus precios, sustentando su reputación como activos de cobertura. Los resultados del estudio de correlación de los retornos semanales de las variables se muestran a continuación:

	VIX	SP500	DOW	NASDAQ	RUSSELL	GOLD	OIL	US10Y	US2Y	DOLLAR	EUROPE	CORR
1	-0,731	-0,687	-0,711	-0,656	0,010	-0,261	-0,181	-0,002	0,022	-0,626		VIX
1	0,952	0,945	0,869	0,137	0,260	0,134	0,032	-0,275	0,688			SP500
1	0,829	0,860	0,124	0,264	0,167	0,042	-0,279	0,692				DOW
1	0,814	0,103	0,204	0,085	0,012	-0,225	0,629					NASDAQ
1	0,128	0,279	0,183	0,040	-0,270	0,688						RUSSELL
1	0,115	-0,346	-0,037	-0,486	0,030							GOLD
1	0,129	0,033	-0,064	0,212								OIL
1	0,083	0,172	0,191									US10Y
1	-0,016	0,025										US2Y
1	-0,094											DOLLAR
1												EUROPE

Figura 3. Matriz de Correlación Retornos Semanales.

## Prueba de Hipótesis

El objetivo de realizar una prueba de hipótesis de diferencia de medias en este contexto es evaluar si la invasión de Rusia a Ucrania, genero un cambio estadísticamente significativo en el nivel de volatilidad del mercado financiero, medida a través del indicador del VIX. Para ello se compararon dos tipos de periodos, el primero siendo el periodo de “No guerra” y el segundo siendo “Primeros seis meses de guerra”.

Se aplico una prueba t para diferencia de medias con muestras independientes donde las hipótesis fueron las siguientes:

- H0: No existe diferencia en el promedio del VIX antes y durante los primeros seis meses de la guerra, donde:

$$\mu_{guerra} = \mu_{no\ guerra}$$

- H1: El VIX promedio durante los primeros seis meses del conflicto es distinto al promedio de los demás periodos, donde:

$$\mu_{guerra} \neq \mu_{no\ guerra}$$

## Resultados de la Estimación

Métrica	Grupo 0 (No Guerra)	Grupo 1 (Guerra)	Estadística de Prueba
Media (Promedio)	17,75224	25,63154	
Estadístico t			-9,16030
Grados de Libertad (df)			32,14
Valor p (p-value)			1,78E-07
Intervalo de Confianza (95%) para la diferencia ( $\mu_0 - \mu_1$ )			[-9.631087, -6.127517]
Decisión ( $\alpha = 0.05$ )			Rechazar H0 (Resultado Significativo)

Tabla 2. Resultados Estimacion T.Test.

## Estimación de Medias

- a. Media periodo no guerra:

$$\bar{X}_1 = 17.75$$

b. Media primeros 6 meses:

$$\bar{X}_2 = 25.63$$

c. Diferencia de medias:

$$\bar{X}_2 - \bar{X}_1 = 7.88$$

Esto indica que, en promedio, el VIX fue 7.88 puntos mayor durante los primeros seis meses de guerra que en los momentos donde este suceso no estaba presente.

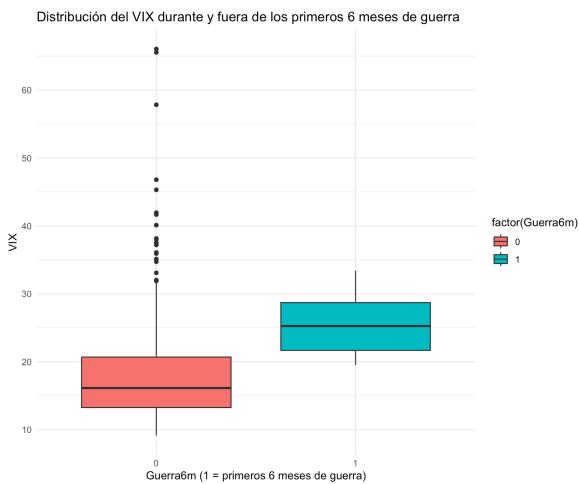


Figura 4. Representación Grafica T.Test

## Resultado del Pvalue

Con respecto al pvalue, este fue de  $pvalue = 1.78 \times 10^{-7}$ . Este valor fue extremadamente pequeño, muy por debajo de los tres niveles de significancia tradicionales, lo que nos demuestra que al menos de forma estadística, esta es abrumadora para rechazar la hipótesis nula, pues la diferencia observada en medias es altamente significativa.

## Intervalo de Confianza

$$IC_{95\%} = [-9.63, -6.13]$$

Como todo el intervalo está por debajo de cero, este confirma que la media del periodo de guerra es estadísticamente mayor, donde la diferencia verdadera entre medias (en ese orden) está entre 6.12 y 9.63 puntos de VIX.

## Interpretación y Conclusiones

La media del VIX en el periodo de guerra es sustancialmente mayor que en los periodos denominados de no guerra. Además, el pvalue prácticamente nulo confirma que esta diferencia es estadísticamente significativa. Con respecto al intervalo de confianza, el estrecho de 3 puntos indica que el efecto es consistente y estable, demostrando que tiene relevancia no solo

estadística, pero también económica y financiera. Lo mencionado sugiere que el conflicto entre ambos países generó un incremento notable en la percepción de riesgo financiero global reflejado en el índice del VIX.

En definitiva, se puede decir que la guerra entre Rusia y Ucrania, al menos desde los resultados obtenidos desde la prueba t, generó un aumento significativo en la volatilidad de mercado financiero por medio del VIX. Acá aparece estadística contundente que afirma que el promedio del VIX durante los primeros períodos de la guerra fue considerablemente más alto que en los otros períodos, la magnitud de cambio de aproximadamente 8 puntos sugiere un impacto económico tangible asociado al incremento en el riesgo percibido por los inversionistas, terminando de confirmar que el conflicto actuó como un shock exógeno de riesgo.

## Modelos

El objetivo del análisis por medio de regresiones es cuantificar de manera más precisa el impacto que tuvieron los 6 primeros meses de la guerra de Ucrania, esto sobre el índice del miedo (VIX). No solo se trata de entender si la guerra afectó este índice, sino como lo hizo y si es posible aislar su efecto de otras variables relevantes del mercado.

### Dummy

El primer modelo realizado busca identificar si la Guerra entre Rusia y Ucrania tuvo un impacto estructural en el nivel del VIX durante sus primeros 6 meses. A partir de esto, se Estima una regresión lineal simple:

$$VIX_t = \beta_0 + \beta_1 Guerra + \varepsilon_t$$

Donde:

- $VIX_t$ : nivel seminal del VIX
- $Guerra$ : dummy que toma valor de 1 durante los primeros 6 meses del conflicto y 0 en el resto del periodo.
- $\beta_0$ : Nivel promedio del VIX antes de la Guerra.
- $\beta_1$ : Impacto promedio de la Guerra sobre el nivel del VIX.

Lo que busca este modelo es identificar cambios estructurales simples en la media del VIX debidos al choque geopolítico. A continuación, se presentan los resultados obtenidos:

Término	Estimación (Estimate)	Error Estándar (Std. Error)	Valor t (t value)	Valor p (Pr(> t ))
(Intercept)	17,7522	0,2918	60,8460	< 2e-16
Guerra6m	7,8793	1,3625	5,7830	1.21e-08
Métrica	Valor			
R-cuadrado Múltiple	0,05589			
R-cuadrado Ajustado	0,05421			
Estadístico F	33,44			
Valor p (Modelo General)	1,22E-05			
Grados de Libertad (Resid)	565			

Tabla 3. Resultados Modelo Dummy.

$$VIX_t = 17.75 + 7.88 \text{ Guerra}_t + \varepsilon_t$$

- a. Intercepto ( $b_0 = 17.75$ )

Representa el nivel promedio del VIX en periodos sin guerra, el valor obtenido indica que antes de la guerra y luego de los primeros seis meses de esta, el VIX se ubica alrededor de 17.75 puntos, consistente con periodos de volatilidad moderada en los mercados bursátiles de los estados unidos. A su vez este presenta un nivel altamente significativo pues su pvalue es menor a 0.001.

- b. Coeficiente de la dummy de guerra ( $b_1 = 7.88$ )

El coeficiente obtenido fue positivo, grande y estadísticamente significativo. Lo mencionado implica que, durante los primeros seis meses de guerra, el VIX aumento en promedio 7.88 puntos respecto a su nivel normal. Este incremento es alta y económicamente relevante, pues equivale aproximadamente a un 44% sobre el nivel promedio en los momentos que no hay conflicto, mostrando un choque de volatilidad notable, consistente con un entorno de incertidumbre global.

- c.  $R^2 = 0.0559$

Este resultado de bondad y ajuste muestra que este modelo solo explica un 5.6% de la variación del VIX. Esto es esperable, ya que el VIX es un índice complejo influenciado por múltiples variables como lo son condiciones del mercado, tasas de interés, inflación, liquidez, sentimiento, etc. Pues una dummy temporal puede captar un cambio de nivel, pero no explica el comportamiento del índice.

En términos simples, el coeficiente clave es estadísticamente robusto, donde las magnitudes del incremento del VIX son coherentes con episodios de crisis, no obstante, el bajo valor del R cuadrado confirma que el modelo captura únicamente un efecto promedio más no una estructura explicativa completa.

## Modelo Completo

En este modelo se incorporan todos los factores de estrés financieros y macroeconómicos presentados al comienzo del informe, los cuales podrían influir en la volatilidad del mercado, específicamente en el indicador del VIX.

$$VIX_t = \beta_0 + \beta_1 Guerra_t + \beta_2 SP500_t + \beta_3 DOW_t + \beta_4 NASDAQ_t + \beta_5 RUSSELL_t + \beta_6 GOLD_t \\ + \beta_7 OIL_t + \beta_8 US10Y_t + \beta_9 US2Y_t + \beta_{10} DOLLAR_t + \beta_{11} EUROPE_t + \varepsilon_t$$

Los resultados del modelo se presentan en la siguiente tabla:

Término	Estimación (Estimate)	Error Estándar (Std Error)	Valor t (t value)	Valor p (Pr(> t ))
(Intercept)	8,1135241	8,4705439	0,958	0,3386
Guerra6m	-3,1220425	1,6006593	-1,95	0,0516
SP500	-0,0190094	0,0040063	-4,745	0,00000266
DOW	0,0019887	0,0003077	6,464	2,24E-10
NASDAQ	0,0042235	0,0006969	6,061	2,5E-09
RUSSELL	-0,0247605	0,0029848	-8,295	8,24E-16
GOLD	0,0073914	0,0014513	5,093	0,000000484
OIL	0,123737	0,0295863	4,182	0,0000335
US10Y	0,5963625	0,6102381	0,977	0,3289
US2Y	-2,2660771	0,4066009	-5,573	3,91E-08
DOLLAR	0,4023516	0,0729017	5,519	5,24E-08
EUROPE	-0,010388	0,0010828	-9,593	2E-16
Métrica	Valor			
R-cuadrado Múltiple	0,5548			
R-cuadrado Ajustado	0,546			
Estadístico F	62,89			
Valor p (Modelo G)	2,00E-16			
Grados de Libertad	555			

Tabla 4. Resultados Modelo Completo.

A continuación, se presentan las interpretaciones de estos resultados:

- a. b1: coeficiente de la variable dummy de guerra de los primeros 6 meses.

Esta es la sorpresa del modelo donde la variable dummy pierde significancia, aquí pasamos a tener un coeficiente negativo de -3,12 algo que económicamente no tiene sentido si se interpreta directamente su pvalue es de 0,0516 justo al borde del 5% esto sucede por la multicolinealidad extrema donde los activos riesgosos como el S&P, Russell y Europa ya absorbieron completamente el efecto de la guerra al incluir simultáneamente tasas el dólar, el oro, el petróleo y todos los índices de renta variable, más dos tasas altamente correlacionadas como son el bono a 10 años y a dos años por ende la dummy queda redundante y pierde su efecto directo.

Lo mencionado no significa que la guerra redujo el VIX, por el contrario, significa que los canales por los que la guerra elevó la volatilidad ya están incluidos en las demás variables explicativas, lo cual es un resultado empíricamente común en modelos amplios con shock dummies.

- b. Activos riesgosos (S&P 500, Dow Jones, NASDAQ, Russell 2000, STOXX 50).  
Por un lado el SP 500 reduce el VIX lo cual es consistente con su papel fundamental en la volatilidad empírica. Siguiendo esa idea, el Russell aparece con un coeficiente negativo muy fuerte, siendo uno de los más grandes en magnitud, representando que las Small Cups son altamente sensibles al riesgo, pues cuando suben, el VIX cae intensamente. Por parte del STOXX 50 (EUROPE), éste continúa el mismo patrón es negativo y muy significativo, pues cuando Europa sube disminuye la incertidumbre global. Con respecto al Dow Jones y el NASDAQ, estos aparecen con valores positivos, sin embargo, esto no implica una causalidad positiva real, esto más bien significa que es una multicolinealidad cruzada donde las variables anteriores están ultra correlacionadas y algunos de estas nuevas variables toman un signo compensador capturando rezagos o colinealidad, en un modelo saturado algunos índices toman signos opuestos para resolver redundancias.
- c. Activos refugio (oro, petróleo, bono 10 y 2 años, dólar)  
Empezando con el oro, este muestra valores positivos entonces cuando este sube el VIX sube lo que significa una versión al riesgo clásica. Hablando del petróleo este retornó a valores positivos significativos, pues cuando el petróleo subió al inicio de la guerra esto genera una presión inflacionaria aumentando la volatilidad en los mercados, también captura shocks de oferta e incertidumbre energéticas, lo mencionado tiene perfecto sentido en un modelo que controla por índices bursátiles. Hablando sobre los bonos de 10 años, estos no muestran valores significativos, pues el efecto de este es absorbido por la variable dólar y la tasa de dos años además de los índices ya mencionados. El bono a dos años mostró un beta negativo significativo donde un aumento en la tasa de corto plazo reduce el valor del VIX, la interpretación de esta variable es que cuando la fe endurece la política monetaria en entornos no críticos se reduce la incertidumbre inflacionaria, también podría ser compensación de multicolinealidad. Para cerrar, la variable dólar muestra un coeficiente positivo, mostrando que cuando éste se fortalece, el Vix tiende a subir, esto es una señal típica de “flight to safety”.
- d.  $R^2 = 0.5548$   
Con respecto al modelo anterior, este valor presenta un incremento, donde ahora el modelo explica más de la mitad de la variación semanal del VIX. Tiene un mejor ajuste global el cual era de esperarse al incluir todas las variables añadiendo que el error

residual de 4,7 también es menor a la anterior, reflejando una mejor capacidad explicativa.

Lo que se logra apreciar con este modelo es que la dummy de guerra pierde significancia ya que los mercados riesgosos, el petróleo, el dólar y las tasas ya capturan el shock y la multicolor linealidad es muy alta. Los impulsores más fuertes del modelo son en el siguiente orden: el Russell (valor negativo), EUROPE (valor negativo), NASDAQ (valor positivo), el oro (valor positivo), el petróleo (valor positivo), el dólar (valor positivo), el SP 500 (valor negativo). Lo mencionado indica que el VIX sube cuando aumentan el oro petróleo dólar y tecnología y baja cuando los mercados bursátiles globales suben, siendo coherente con la teoría financiera. Este resultado no contradice el modelo anterior, sino que lo complementa, la guerra sigue o el VIX pero cuando incluimos las variables por las cuales la guerra afectó los mercados la dummy deja de tener efecto directo.

## Modelo Completo (Retornos Semanales)

Se realizo nuevamente el modelo con todas las variables, pero en esta ocasión, utilizando retornos en lugar de valores directos. Los resultados se presentan en la siguiente tabla:

Término	Estimación (Estimate)	Error Estándar (Std Error)	Valor t (t value)	Valor p (Pr(> t ))
(Intercept)	0,029462	0,005077	5,803	1,09E-08
Guerra6m	-0,028536	0,023205	-1,23	0,2193
SP500	-3,304827	1,637205	-2,019	0,044
DOW	0,187918	0,975406	0,193	0,8473
NASDAQ	-1,315472	0,778744	-1,689	0,0917
RUSSELL	-0,08927	0,339015	-0,263	0,7924
GOLD	0,209401	0,284939	0,735	0,4627
OIL	-0,244992	0,091599	-2,675	0,0077
US10Y	-0,073755	0,089029	-0,828	0,4078
US2Y	0,003734	0,00459	0,814	0,4163
DOLLAR	-2,662479	0,597346	-4,457	0,0000101
EUROPE	-1,429514	0,272623	-5,244	0,000000224
Métrica	Valor			
R-cuadrado Múltiplo	0,6019			
R-cuadrado Ajustado	0,594			
Estadístico F	76,16			
Valor p (Modelo Global)	2,00E-16			
Grados de Libertad	554			

Tabla 5. Resultados Modelo Completo (Retornos Semanales).

Se muestran las interpretaciones:

- a. Coeficiente dummy de guerra (-0.0285) y pvalue de 0.2193.

En este nuevo modelo la variable dummy pierde significancia, la guerra no explica cambios en los retornos del VIX una vez se controlan simultáneamente los retornos de los

mercados y activos refugio. Este resultado se vuelve relevante, pues la guerra explica a niveles del VIX pero no retornos de este. Esto es consistente con la teoría financiera ya que los niveles del VIX muestran shocks estructurales, mientras los retornos del VIX dependen casi completamente de movimientos de los mercados y factores globales de corto plazo.

- b. Variables significativas relacionadas con los retornos del VIX.
  - i. El S&P 500 muestra un pvalue de 0,044, con un coeficiente negativo de 3,3. Esto se traduce en que cuando él es AP sube un 1% el retorno del Vix cae en 3,3% aproximadamente, aquí hay una relación inversa clásica, pues a mayor apetito por riesgo menor es la volatilidad implícita.
  - ii. Siguiendo con el petróleo este muestra un pvalue de 0,0077, igual, con un coeficiente negativo de 0,245. Mostrando nuevamente que cuando el petróleo sube, el Vix cae. Esto demuestra que la subida del petróleo durante este periodo fue leída como señal de normalización económica no como riesgo. Este resultado es coherente con dinámicas post shock donde el petróleo funciona más como indicador de actividad global que como activo de riesgo.
  - iii. La siguiente variable más significativa es el dólar, con un coeficiente de -2,66. Las apreciaciones del dólar están asociados con caídas en los retornos del Vix, lo cual es contra intuitivo dado que el dólar suele ser activo refugio. Sin embargo, en retornos puede ocurrir el fenómeno inverso, cuando el Vix cae, suele haber reversión de *Flight To Quality* del dólar del día anterior, mostrar un efecto más técnico de ajustes diarios en vez de relación estructural.
  - iv. Al dólar le sigue la variable del mercado europeo, con un coeficiente negativo de 1,43, acá cuando Europa sube, el Vix baja de forma significativa. Esto muestra que el mercadero puede ser uno de los mejores proyectores internacionales de los retornos del VIX, confirmando que la volatilidad de los Estados Unidos sigue cerca de las dinámicas de riesgo global, siendo este uno de los predictores más fuertes del modelo.
  - v. Se finaliza con el NASDAQ, la cual resultó ser una variable marginal con un pvalue de 0,091, el coeficiente presentado fue de -1,315. Mientras no es significativo al 5%, si lo es al 10%, sugiriendo que la tecnología si ejerce influencia sobre la ola utilidad, aunque menor cuando se controla por el S&P 500 y Europa.
  - vi. Los variables restantes como el Dow Jones, Russell, oro y los dos bonos no contribuyen estadísticamente una vez los demás retornos están incluidos. Lo mencionado con sentido porque tanto él es S&P 500 y el NASDAQ ya capturan el riesgo accionario de forma global, el mercado europeo absorbe el riesgo internacional, el dólar capture el shock de liquidez y el petróleo aporta

componente macroeconómico, donde las otras variables se vuelvan redundantes o sin información explicativa adicional.

c.  $R^2 = 0.6019$

Éste último modelo explica el 60% de la variabilidad de los retornos del VIX, lo cual se considera bastante alto considerando que el VIX es una serie volátil y los retornos de este son ruidosos y difíciles de modelar. Hay un error residual de 0,1146, dado que hay una baja dispersión de los residuales demostrando un buen ajuste. Estadísticamente este modelo es altamente significativo.

Ya con este modelo se puede concluir que la guerra no tiene efectos significativos sobre los retornos del VIX, aunque si lo tenía en el primer modelo analizado. Los retornos de esta variable de volatilidad son explicados principalmente por: los retornos del S&P 500, petróleo, del dólar, del índice europeo y del NASDAQ. Los coeficientes tienen los signos esperados en la mayoría de los casos, exceptuando el valor del dólar, donde la relación se invierte por efectos de reversión intradía. Éste es el mejor modelo en términos de R cuadrado con un 60% explicado y un ajuste consistente con la literatura sobre el VIX.

## Resultado y Análisis

1. Efecto agregado de la invasión sobre los niveles de volatilidad presentados en el Vix.  
En el estudio se muestra que los primeros seis meses de la invasión Rusia a Ucrania se asociaron con un aumento sustancial y estadísticamente significativo del Vix. La diferencia de medias detectada de aproximadamente 7,88 puntos y el contraste te es altamente significativo; acá, el intervalo de confianza para la verdadera diferencia está dentro de un rango estrecho que confirma la magnitud económica del efecto, respaldando así la conclusión de que el conflicto actúa como un shock exógeno del riesgo que elevó el nivel del VIX.
2. Canales y explicación multivariada: la dummy pierde efecto directo al controlar otros factores.  
Cuando se incorporan un conjunto de variables financieras como índices bursátiles, commodities, bonos y dólar; la dummy de guerra pierde significancia estadística y coeficiente cambio de signo, lo que no debe interpretarse como un efecto “disminuidor” de volatilidad sino como evidencia de que el impacto de la guerra fue transmitido a través de canales observables (petróleo, dólar, movimientos bursátiles, tasas), los cuales ya están incluidos en el modelo completo. En síntesis: la guerra elevó el VIX, pero los efectos se canalizó mediante cambios en los activos y variables macro financieras lo que terminó provocando redundancia de la dummy en modelos saturados.
3. Factores esquemas explican la variación del VIX.

En el primer modelo completo, el cual analizan los niveles del VIX, los impulsores con mayor aporte explicativo y signos coherentes con la teoría fueron en orden aproximado los siguientes:

- a. Russell 2000(negativo, fuerte): Small Cups muy sensibles al riesgo; subidas de Small caps asocian con caída del VIX.
- b. Euro Stokes 50 (negativo): fortalece europea reduce la incertidumbre global.
- c. Oro (positivo) y petróleo (positivo): aumentos en el oro y petróleo asociados a mayor volatilidad (activos refugio y shock de oferta/energía).
- d. Dólar (positivo): apreciaciones del dólar acompañan aumentos en el Vix (Flightto Safety).
- e. SNP 500 (negativo): relación inversa clásica entre mercado accionario amplio y Vix

El modelo de niveles lugar a explicar aproximadamente el 55% de la variación semanal del Vix, mejorando su especialmente sobre la regresión simple con dummy.

#### 4. Factores que explican los retornos del VIX (dinámica de corto plazo).

Al modelo de torno semanales, la Domi de guerra no resulta significativa. Los retornos del Vix son explicados principalmente por movimientos de mercado y actividades líquidos de corto plazo:

- a. Es en P 500: coeficiente negativo y significativo ( $pvalue = 0,044$ ), comportamiento inverso clásico.
- b. Petróleo: coeficiente negativo y significativo ( $pvalue = 0.0077$ ) en este periodo, al subir el petróleo los retornos del Vix tienden a caer. El petróleo aquí actúa como indicador de normalización.
- c. Dólar y STOXX 50: también relevantes con signos que muestran interacción con flujos internacionales y expectativas.

Este modelo de retornos alcanza a explicar aproximadamente el 60% de los retornos del Vix, indicando buena capacidad de explicativa para la dinámica de corto plazo del Vix cuando se controlan los retornos de mercado y activos refugio.

#### 5. Interpretación económica integrada

El conflicto ante Rusia y Ucrania generó un salto estructural en niveles de volatilidad, sin embargo, este evento no explica los retornos de volatilidad una vez se controlan los retornos de los mercados y activos. Esto resulta consistente con la idea de qué los shocks geopolíticos elevan el “piso” de incertidumbre, mientras que las fluctuaciones semanales dependen de la interacción entre mercados accionarios, energía y moneda.

El petróleo, oro y dólar son canales clave que transmitían incertidumbre de conflicto a los mercados financieros, mientras que el índice Russell de pequeña capitalización actuó

como amplificador del riesgo percibido, siendo uno de los Drivers más relevantes del VIX en niveles.

En conclusión, el estudio muestra claramente que la invasión Rusia a Ucrania produjo un aumento económico y estadísticamente significativo en los niveles del VIX durante los primeros seis meses del conflicto, no obstante, cuando se controla por un conjunto amplio de variables financieras es efecto directo es absorbido por los canales. Cuando hablamos de retorno semanales, la guerra no explica los movimientos del VIX una vez se consideran los retornos de mercado y activos, los cuales resultan ser los determinantes más importantes de la dinámica a corto plazo.