



Versión  
Final



# Evaluación de impacto económico de MEXINOL

Abril de 2026



***Documento elaborado por:***

***Luis Armando Becerra Pérez (Responsable Técnico del Proyecto)***

***Manuel Enrique Machado Avitia (Matriz Insumo-Producto)***

***Everets Fernando López Jacobo (Modelo Econométrico)***

***Emanuel Becerra Soto (Modelo Machine Learning)***

## CONTENIDO

<b>Presentación</b> .....	4
<b>Resumen Ejecutivo</b> .....	6
<b>Capítulo 1. Matriz Insumo-Producto (MIP)</b> .....	21
<b>Capítulo 2. Modelo Econométrico (ME)</b> .....	42
<b>Capítulo 3. Modelo Machine Learning (ML)</b> .....	55
<b>Referencias</b> .....	64
<b>Anexos</b> .....	66

## PRESENTACIÓN

Estos son los resultados del proyecto de investigación “Evaluación del Impacto Económico de Mexinol” realizados por la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS), a través de la Dirección General de Investigación y Posgrado, Oficina de Transferencia de Tecnología, como producto del convenio signado con la empresa Pacífico Mexinol, S. de R. L. de C. V. de fecha 19 de octubre de 2025 y modificado el 5 de enero de 2026, consistente en una evaluación de impacto económico de la inversión de una planta de producción de metanol en el municipio de Ahome, Sinaloa, México.

Una nueva inversión, sobre todo de la magnitud de Mexinol, impacta el empleo, ingreso, producción, formación bruta de capital e impuestos, no sólo del lugar donde se ubica, sino de su entorno regional y nacional. Por lo tanto, es altamente aconsejable estimar dichos efectos intersectoriales y regionales para dimensionar los potenciales cambios en las principales variables económicas y planear acciones que permitan la mejor inserción de la empresa en el entorno local. El objetivo general del proyecto es estimar los efectos directos e indirectos que tendrá Mexinol sobre la economía local en materia de población ocupada, producción, contribución al Producto Interno Bruto (PIB), impuestos, entre otras variables.

Para lo anterior se siguió un enfoque metodológico robusto que permitió capturar los múltiples efectos sectoriales y regionales del fenómeno. Para ello se adoptó una estrategia de análisis multidimensional que combina tres metodologías:

1. Matriz Insumo-Producto (MIP)
2. Modelo Econométrico (ME)
3. Modelo Machine Learning (ML)

La combinación de las tres metodologías, aunque diferentes, convergen en la estimación de resultados en la variable de personal ocupado para la etapa de construcción de la planta de Mexinol. Lo anterior confirma los impactos positivos directos e indirectos de la inversión en materia de empleo, haciendo más confiable los resultados obtenidos.

Siguiendo cada una de las metodologías, avaladas por literatura científica e instituciones globales, se diseñaron y probaron modelos matriciales, econométricos y de *Machine Learning* que permitieron finalmente llegar a los resultados aquí presentados. En ese sentido, la modelación muestra los beneficios generales que tendrá el proyecto, ayudando a visualizar la reacción en cadena de esta nueva inversión, ya que no solo estima los empleos directos e indirectos que creará la planta, sino también el empleo y los ingresos de toda la economía de Sinaloa y el resto del país.

Queremos agradecer el apoyo del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) por atendernos en sus oficinas centrales de Ciudad de México y facilitarnos las bases de datos de las Matrices Insumo Producto, su ayuda fue fundamental. También agradecemos al Gobierno del Estado de Sinaloa sus atenciones durante los trabajos realizados.

Al personal de la Universidad Autónoma de Sinaloa, así como a los enlaces y directivos de la empresa Pacífico Mexinol, que nos atendieron, a todos, su asistencia fue muy valiosa para llegar a estos resultados.

Culiacán, Sinaloa, México.

Abril de 2026.

## RESUMEN EJECUTIVO

### Introducción

El objetivo del presente trabajo fue realizar una evaluación de impacto económico de la inversión de la empresa Pacífico Mexinol S. de R. L. de C. V., la cual consiste en la construcción y operación de una planta de producción de metanol en el norte de Sinaloa, específicamente en el municipio de Ahome, a 9 km aproximadamente del Puerto de Topolobampo, y cerca del gasoducto procedente de Texas, Estados Unidos.

La inversión inicial radicada en México fue estimada en \$31,755.2 millones de pesos mexicanos, mismos que serán destinados para la etapa de construcción de la planta en un período de 4 años (2026-2030). Se trata de una planta de producción de metanol sostenible, planeada para producir metanol verde y azul utilizando tecnologías de última generación como *NX-AdWinMethanol<sup>0</sup> Zero*, la cual se basa en insumos renovables y amigables con el medio ambiente. Se usará gas natural, energía eléctrica renovable (a través de Certificados de Energía Limpia), aguas residuales de la ciudad de Los Mochis, garantizando la nula descarga de efluentes residuales hacia la Bahía de Ohuira.

La capacidad instalada de la planta es de 6,140 ton/día de metanol, de las cuales 5,129 ton /día son *Recycled Carbon Fuel (RCF) Methanol*, 488 ton/día son *Renewable Fuel of Non Biological Origen (RFNBO) Methanol*, 523 ton/día son *Ultra Low Carbon Intensity Methanol*. Notar que la planta utilizará infraestructura ya existente en el Puerto de Topolobampo, y adicionalmente construirá nuevas obras que permitan tanto utilizar sus insumos como transportar el metanol a los buques especializados que llegarán al puerto.

Para esta evaluación de impacto económico se utilizaron tres metodologías:

- I. Matriz Insumo Producto (MIP).**
- II. Modelo Económico (ME).**
- III. Modelo Machine Learning (ML).**

La MIP se utilizó para estimar los impactos en la etapa de construcción y operación de la planta. Mientras que ME y ML sólo fueron utilizados para estimar los impactos en la etapa de construcción de la planta. Haber usado tres metodologías distintas permitió analizar y comparar las estimaciones, lo que fortalece los resultados del estudio.

A continuación, se resumen los resultados principales de cada una de las metodologías y posteriormente se agrupan en torno a los nuevos empleos generados. Adicionalmente, se presenta una estimación de los nuevos empleos permanentes que generará la inversión de Mexinol en Sinaloa, sumando los empleos creados de la etapa de construcción (temporales) y los de operación (permanentes), para lo cual se sigue una metodología de estandarización de empleos.

### I. Matriz Insumo Producto (MIP)

Se utilizó una Matriz Birregional del Producto Interno Bruto (PIB) que cuantifica los impactos económicos en dos regiones: Sinaloa y Resto del País. En cada una de ellas los impactos fueron desagregados en cuatro niveles de proximidad:

1. **Impactos directos**, entendido como el efecto inmediato generados por las actividades propias de la empresa dentro de la región de origen (Sinaloa).
2. **Impactos Indirectos**, entendido como el efecto multiplicador generado en la cadena de suministro dentro de la región de origen (Sinaloa), derivado del aumento en la producción de los proveedores locales de la empresa.
3. **Impactos de Desbordamiento (*spillover impacts*)**, consiste en los efectos que se generan en una región distinta (Resto del País) a la ubicación de la empresa derivados del cambio del entorno económico y por la adquisición de insumos.
4. **Impactos de Retroalimentación (*feedback impacts*)**, consiste en los efectos que regresan a la región de origen (Sinaloa) como consecuencia del impacto de desbordamiento (efecto que sale de la región de origen y eventualmente regresa).

Para cada uno de esos cuatro niveles de proximidad de impactos, se estimaron 5 tipos de variables económicas:

- a) **Producción**, representa el Valor Bruto de Producción (VBP), es decir, todos los bienes y servicios producidos, incluyendo los que se utilicen para fabricarlos.

- b) **Población ocupada**, entendida como la cantidad total de personas ocupadas en la economía, usualmente concebida como sinónimo de empleo.
- c) **Contribución al PIB**, cuantifica el Valor Agregado creado por el proceso productivo en la economía, es decir, la diferencia entre el VBP y el consumo intermedio de los sectores productivos.
- d) **Impuestos netos de subsidios sobre los productos**, representa la diferencia entre los impuestos gravados sobre la producción e importaciones (IVA, IEPS y Aranceles) y los subsidios otorgados por el gobierno a la empresa.
- e) **Remuneración de los asalariados**, cuantifica el total de remuneraciones pagadas a los trabajadores.

Para una mayor claridad de los impactos de la inversión de la empresa sobre la variable empleo (población ocupada), a continuación, se define cómo debe interpretarse esta variable en cada uno de los cuatro niveles de proximidad:

- i. **Empleos Directos**: son los empleos generados por las diferentes actividades que requiere hacer directamente la planta para su construcción y operación.
- ii. **Empleos Indirectos**: son los empleos generados en la cadena de suministros y proveedores de la planta, derivados de la demanda de bienes y servicios por parte de la empresa; por ejemplo, empleos en empresas que suministran acero, plástico, cemento, madera, servicios de logística, de comida, etc.
- iii. **Empleos de Desbordamiento (spillover jobs)**: son los empleos generados en un área geográfica distinta a la ubicación de la planta (Resto del País), que se ve influenciada por el cambio del entorno económico y la adquisición de insumos; por ejemplo, insumos y materiales adquiridos fuera de la región de origen (Sinaloa) para la construcción y operación de la planta.
- iv. **Empleos de Retroalimentación (feedback jobs)**: son los empleos generados derivados de una segunda ronda de efectos económicos. Se presentan cuando el Resto del País termina impulsando de vuelta el empleo en la región de origen (Sinaloa), debido a la interdependencia comercial y productiva de la economía; por ejemplo, demanda de productos agroindustriales de Sinaloa.

Una vez homologados los \$31,755.2 millones de pesos para la construcción de la planta en los 35 sectores de la MIP Birregional, se asumió que el 90% de la inversión ocurre en Sinaloa y el 10% en el Resto del País. Se modelaron 5 *shocks* en la MIP, uno por cada año de la etapa de construcción de la planta, y un *shock* total. El resultado de los primeros cuatro se desglosa en el informe ampliado y el último se presenta a continuación:

<b>Impactos en Sinaloa por la construcción de la planta de Mexinol</b>					
<i>(Shock de Inversión de \$28,579.7 millones de pesos)</i>					
<b>Tipo de Impacto</b>	<b>Producción (millones de \$)</b>	<b>Población ocupada (No. de empleos)</b>	<b>Contribución al PIB (Valor Agregado) (millones de \$)</b>	<b>Impuestos netos de subsidios sobre productos (millones de \$)</b>	<b>Remuneración de los asalariados (millones de \$)</b>
Directo	\$20,696	17,996	\$10,925	\$47	\$2,805
Indirecto	\$2,989	2,546	\$1,539	\$7	\$405
Desbordamiento	\$65	64	\$31	\$0	\$7
Retroalimentación	\$39	31	\$20	\$0	\$5
<b>Total</b>	<b>\$23,789</b>	<b>20,637</b>	<b>\$12,515</b>	<b>\$54</b>	<b>\$3,222</b>

- La construcción de la planta de Mexinol tendrá un impacto total (cuatro años) en la producción de Sinaloa de \$23,789 millones de pesos y la población ocupada crecerá en 20,637 personas.
- El Valor Agregado en la economía de Sinaloa por la construcción de la planta será de \$12,515 millones de pesos y la recaudación de impuestos netos será de \$54 millones de pesos.
- La remuneración total de los asalariados, entiéndase el incremento en la masa salarial de Sinaloa por la construcción de la planta, será de \$3,222 millones de pesos.
- En promedio por año la construcción de la planta de Mexinol generará en Sinaloa 4,499 empleos directos y 660 empleos por el resto de los efectos. Es preciso aclarar que todos estos empleos son temporales y pueden variar en función de la sub-etapa de construcción de la planta.

De acuerdo con la metodología MIP Birregional, existen impactos adicionales que se generan en la otra región (Resto del País). Por lo tanto, se realizaron otros 5 *shocks* en la MIP, uno por cada año de la etapa de construcción de la planta, y un *shock* total, que representan el 10% de la inversión. Los resultados del *shock* total se presentan a continuación:

<b>Impactos en el Resto del País por la construcción de la planta de Mexinol en Sinaloa</b>					
<b>(Shock de Inversión de \$3,175.5 millones de pesos)</b>					
<b>Tipo de Impacto</b>	<b>Producción (millones de \$)</b>	<b>Población ocupada (No. de empleos)</b>	<b>Contribución al PIB (Valor Agregado) (millones de \$)</b>	<b>Impuestos netos de subsídios sobre productos (millones de \$)</b>	<b>Remuneración de los asalariados (millones de \$)</b>
Directo	\$12,743	14,594	\$6,683	\$74	\$1,426
Indirecto	\$5,853	5,924	\$2,761	\$34	\$618
Desbordamiento	\$9,188	7,418	\$4,723	\$20	\$1,251
Retroalimentación	\$13	13	\$6	\$0	\$1
<b>Total</b>	<b>\$27,798</b>	<b>27,950</b>	<b>\$14,173</b>	<b>\$127</b>	<b>\$3,297</b>

- La construcción de la planta de Mexinol tendrá un impacto total (cuatro años) en la producción del Resto del País de \$27,798 millones de pesos y la población ocupada crecerá en 27,950 personas.
- El Valor Agregado en la economía del Resto del País por la construcción de la planta será de \$14,173 millones de pesos y la recaudación de impuestos netos será de \$127 millones de pesos.
- La remuneración total de los asalariados, entendiéndose el incremento en la masa salarial del Resto del País por la construcción de la planta, será de \$3,297 millones de pesos.
- En promedio por año la construcción de la planta generará en el Resto del País 3,648 empleos directos y 3,339 empleos por el resto de los efectos. Recordar que todos estos empleos son temporales y pueden variar en función de la sub-etapa de construcción de la planta.

Para estimar los impactos de la etapa de operación de la planta, se agregó una fila y una columna que representan las compras y ventas que Mexinol realizará cada año debido a su operación. De

esta manera fue posible estimar los impactos económicos que la planta generará de manera anual durante toda su vida útil (30 años).

Se asumió un nivel de producción del 80% de la capacidad instalada (4,912 toneladas de metanol por día), y se estimó un precio promedio de metanol en el mercado internacional de \$650 dólares por tonelada.

Con base en lo anterior, el *shock* de inversión correspondiente a la etapa de operación será de \$18,438.42 millones de pesos en Sinaloa. Los resultados de este *shock* anual son los siguientes:

Impactos en Sinaloa por la operación de la planta de Mexinol (Shock de Inversión de \$18,438.42 millones de pesos)					
Tipo de Impacto	Producción (millones de \$)	Población ocupada (No. de empleos)	Contribución al PIB (Valor Agregado) (millones de \$)	Impuestos netos de subsidios sobre productos (millones de \$)	Remuneración de los asalariados (millones de \$)
Directo	\$17,412.11	1,335	\$13,029.04	\$3.40	\$161.75
Indirecto	\$844.38	106	\$627.27	\$0.34	\$12.09
Desbordamiento	\$1.95	2	\$1.00	\$0.02	\$0.23
Retroalimentación	\$2.52	1	\$1.80	\$0.00	\$0.07
<b>Total</b>	<b>\$18,260.96</b>	<b>1,443</b>	<b>\$13,659.11</b>	<b>\$3.76</b>	<b>\$174.14</b>

- La operación de la planta Mexinol tendrá un impacto anual en la producción de Sinaloa de \$18,260.96 millones de pesos y la población ocupada crecerá en 1,443 personas. Los empleos generados incluyen 250 personas contratadas directamente por la planta para su operación y 1,193 personas contratadas por otras empresas en los diferentes sectores que suministran insumos a la planta para su producción.
- El Valor Agregado en la producción debido a la operación de la planta será de \$13,659.11 millones de pesos, y la recaudación de impuestos netos será de \$3.76 millones de pesos anualmente.
- La remuneración total de los asalariados, entendiéndose el incremento en la masa salarial de Sinaloa por la operación anual de la planta, será de \$174.14 millones de pesos.

Igualmente, para el Resto del País existen impactos por la inversión en la operación de la planta, los cuales se deben al encadenamiento comercial y productivo. Los resultados se presentan a continuación:

<b>Impactos en el Resto del País por la operación de la planta de Mexinol</b> (Shock de Inversión de \$18,438.42 millones de pesos)					
<b>Tipo de Impacto</b>	<b>Producción (millones de \$)</b>	<b>Población ocupada (No. de empleos)</b>	<b>Contribución al PIB (Valor Agregado) (millones de \$)</b>	<b>Impuestos netos de subsidios sobre productos (millones de \$)</b>	<b>Remuneración de los asalariados (millones de \$)</b>
Directo	\$700.06	892	\$393.71	\$8.99	\$94.40
Indirecto	\$253.31	253	\$124.33	\$3.86	\$29.09
Desbordamiento	\$1,041.39	205	\$754.62	\$1.21	\$25.47
Retroalimentación	\$0.35	0	\$0.18	\$0.00	\$0.04
<b>Total</b>	<b>\$1,995.12</b>	<b>1,350</b>	<b>\$1,272.83</b>	<b>\$14.07</b>	<b>\$149.00</b>

- La operación de la planta Mexinol tendrá un impacto anual en la producción de el Resto del País de \$1,995.12 millones de pesos y la población ocupada crecerá en 1,350 personas. Este personal ocupado representa aquellas personas que se contratarán en los sectores del resto del país que suministran insumos tanto a la planta como a los proveedores de la planta.
- El Valor Agregado en el resto del país por la operación de la planta será de \$1,272.83 millones de pesos, y la recaudación de impuestos netos será de \$14.07 millones de pesos.
- La remuneración total de los asalariados, entiéndase el incremento en la masa salarial del Resto del País por la operación anual de la planta, será de \$149.00 millones de pesos.

### **Multiplicadores del empleo**

Los multiplicadores de empleo permiten tener una amplia perspectiva de los impactos de una inversión sobre la economía. Una de las variables más importantes es medir el impacto sobre el empleo. En ese sentido, utilizando los resultados obtenidos a través de la MIP, se calcularon los

multiplicadores del empleo de Mexinol. Notar que, los multiplicadores del empleo estiman el impacto total sin diferenciar aspectos regionales, pero sí toman en cuenta el encadenamiento productivo de los diferentes sectores de la economía. A continuación, se presentan los multiplicadores del empleo de Mexinol correspondientes a la etapa de construcción y operación:

#### Multiplicador del Empleo de Mexinol

Etapa	Multiplicador del Empleo	Interpretación
Construcción	6	Mexinol creará 6 empleos en la economía de Sinaloa por cada empleo que genere en la construcción de la planta.
Operación	11	Mexinol creará 11 empleos en la economía de Sinaloa por cada empleo que genere en la operación de la planta.
Promedio	8	Mexinol creará en promedio 8 empleos en la economía de Sinaloa por cada empleo que genere en la construcción y operación de la planta.

- Por cada empleo que genere directamente la construcción de la planta de Mexinol, se generarán 6 empleos en la economía.
- Por cada empleo que genere directamente la operación de la planta de Mexinol, se crearán 11 empleos en la economía.
- En promedio, por cada empleo generado tanto en la etapa de construcción como en la operación de Mexinol, se crearán 8 nuevos empleos.

## II. Modelo Econométrico (ME)

Siguiendo una metodología econométrica y el marco teórico keynesiano que define a la inversión como el principal determinante del empleo, se desarrolló un modelo que tiene como variable dependiente la población ocupada (empleo) y como variables independientes al PIB (Producto Interno Bruto) y a la FBCF (Formación Bruta de Capital Fijo). La muestra estadística utilizada para validar el modelo comprendió cuatro estados de México (Baja California, Baja California Sur,

Sinaloa y Sonora) para el período 2007-2023 (17 años). La técnica de Datos Panel (DP) fue seleccionada, la cual integra unidades transversales y temporales, y el modelo fue probado en tres estructuras estadísticas diferentes: POLS (*Pooled Ordinary Least Squares*), FE (*Fixed Effects*) y RE (*Random Effects*). Para los detalles metodológicos y técnicos, favor de revisar el apartado correspondiente del informe ampliado.

Después de que el modelo pasó todas las pruebas estadísticas dictadas por la literatura científica y de introducir variables tipo *dummy* para modelar los cambios estructurales encontrados en los datos, el modelo con RE (*Random Effects*) fue seleccionado por generar coeficientes más consistentes, con los signos esperados y tener la mayor representatividad estadística,  $R^2 = 0.95$ , lo que significa que el PIB y la FBCF explican en 95% la creación de empleo.

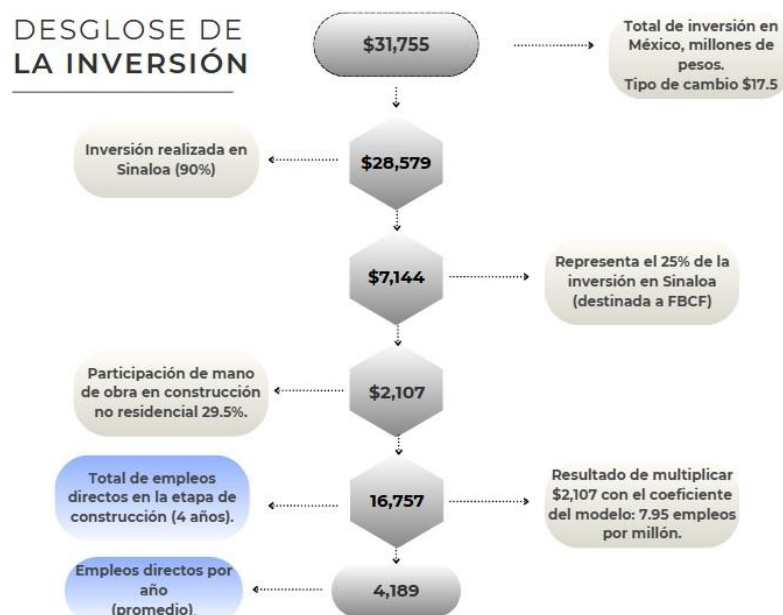
Los resultados del modelo arrojan que un aumento del 1% del PIB se convierte en un aumento del 0.89% del empleo, mientras un aumento del 1% de la FBCF provoca un aumento del 0.03% del empleo.

### **Empleos generados por la inversión de Mexinol**

Aplicando los resultados del modelo al caso de Sinaloa se estimó que en promedio se generan 7.95 empleos por cada millón de pesos en FBCF. Asumiendo que el 90% de la inversión en la construcción de la planta de Mexinol se radicará en Sinaloa (\$28,579 millones de pesos), que el 25% de dicha inversión se convertirá en FBCF (\$7,144 millones de pesos), y que la participación de la mano de obra en construcción no residencial es del 29.5% (DOF, 2015), se estimaron los siguientes resultados de empleo:

- La inversión total (4 años) en la construcción de la planta de Mexinol generará 56,802 nuevos empleos, que incluyen empleos directos, indirectos, desbordamiento y retroalimentación.
- La inversión total de la planta de Mexinol generará 16,757 nuevos empleos directos en la etapa de construcción, la cual durará cuatro años.
- La inversión de la planta de Mexinol generará en promedio 4,189 empleos directos por año en la etapa de construcción.

- La siguiente figura de Desglose de Inversión muestra el proceso lógico de estimación de los empleos generados en Sinaloa por la construcción de la planta de Mexinol.



### III. Modelo Machine Learning (ML)

Este modelo cuantifica la trayectoria temporal del empleo en el Estado de Sinaloa ante un choque exógeno de inversión de \$31,755.2 millones de pesos. Este enfoque utiliza una arquitectura híbrida, compuesta en un primer paso por técnicas de Aprendizaje Automático (*Machine Learning*), y posteriormente por un sistema de Vectores Autorregresivos con Variables Exógenas (VARX).

Lo anterior permite medir, además de los empleos generados, el tiempo que estos tardan en ser concretados en la economía local. Modelos de este tipo son capaces de pronosticar dos escenarios, uno sin inversión y otro con inversión, denominados *inercial* y *exógeno*, respectivamente. La diferencia de estos dos escenarios permite cuantificar la generación de empleos producto de una nueva inversión.

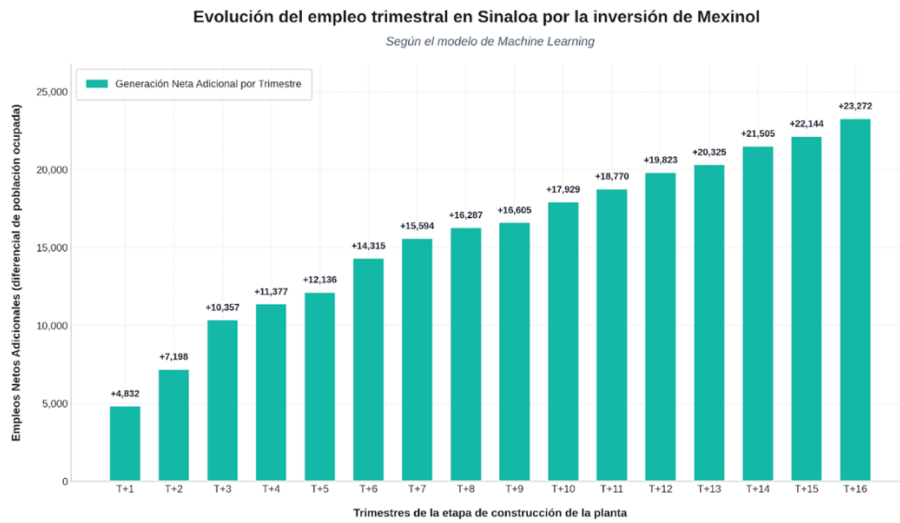
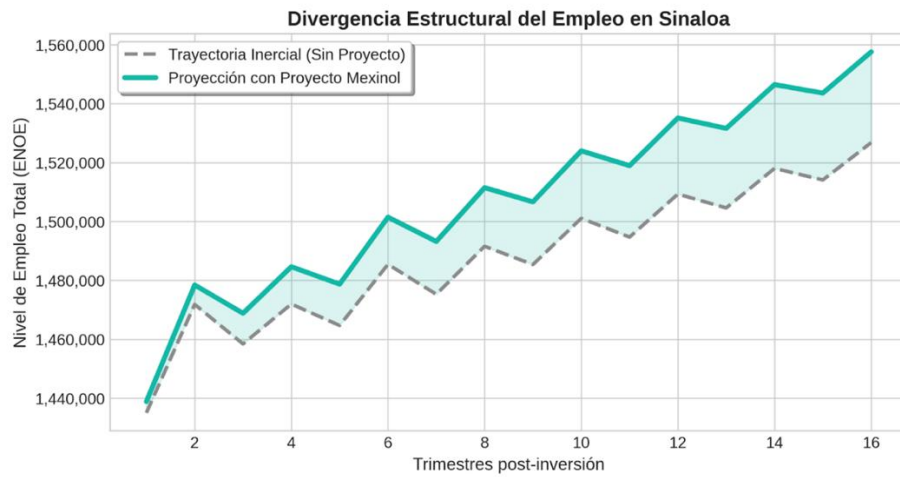
Para correr el modelo se utilizaron datos trimestrales para el período 2005-I al 2025-II. En total fueron 82 trimestres y 128 variables, las cuales se clasificaron en los siguientes grupos:

macroeconomía, flujos de capital, sector primario, secundario y terciario, finanzas públicas y dinamismo empresarial.

Después de hacer la transformación del Seno Hiperbólico Inverso (IHS) para normalizar los datos y aplicar técnicas de *Machine Learning*, particularmente técnicas de reducción dimensional (*Clustering Jerárquico*, *Regulación Elástica*), se construyó un modelo VARX donde se introdujo la inversión de la planta de Mexinol como una variable exógena en el modelo. Con el objetivo de estimar la propagación temporal del choque, se calculó la Función Respuesta al Impulso Ortogonalizada (OIRF), permitiendo medir el efecto marginal y acumulativo del capital sobre la creación neta de empleo a lo largo de un horizonte de simulación proyectado a 16 trimestres, tiempo de construcción de la planta. Para los demás detalles técnicos y estadísticos, favor de revisar el apartado correspondiente del informe ampliado.

### Resultados del modelo Machine Learning (ML)

- La predicción inercial indica que al final del período de 16 trimestres habrá 1,540,416 personas ocupadas, mientras que la predicción exógena proyecta 1,563,689 personas ocupadas.
- El impacto de la inversión de Mexinol en la construcción de la planta de metanol será de 23,272 nuevos empleos en Sinaloa.
- La inversión de Mexinol en la etapa de construcción de la planta generará en promedio 5,818 empleos por año en Sinaloa, incluyendo empleos directos, indirectos, desbordamiento y retroalimentación.
- De acuerdo con el modelo, las variables que mejor predicen el empleo en Sinaloa son: Actividad Industrial a nivel nacional, Valor de la Producción en Sinaloa y la correspondiente a nivel nacional.
- Se anexa una figura que muestra la trayectoria inercial y exógena (sin inversión y con inversión) sobre la población ocupada en Sinaloa; la diferencia puede interpretarse como la cantidad de empleos que generará la planta de Mexinol durante su construcción (16 trimestres).
- También se anexa una figura que revela la evolución trimestral de empleos netos generados durante la etapa de construcción de la planta de Mexinol en Sinaloa.



#### IV. Empleos generados por la inversión de Mexinol según las tres metodologías

En este apartado se presenta un comparativo de los resultados de las tres metodologías en materia de empleo. Aunque los principios teóricos y técnicas estadísticas aplicadas por los tres modelos fueron distintas, existe una convergencia sobre los resultados. Notar que para la modelación se construyó una amplia base de datos, priorizando la información local, y utilizando fuentes

primarias para asegurar la fiabilidad. Además, se usaron técnicas avanzadas para homogeneizar y normalizar los datos antes de correr los respectivos modelos.

La tabla siguiente resume los principales resultados obtenidos en materia de empleo, derivados de la inversión de Mexinol en Sinaloa:

<b>Empleos creados por la construcción de la planta de Mexinol</b>				
Modelo	Sinaloa		Resto del País	
	Total 4 años	Promedio anual	Total 4 años	Promedio anual
<b>Matriz Insumo Producto</b>				
Total	20,637	5,159	27,950	6,988
Directos	17,996	4,499	14,594	3,649
Indirecto	2,546	637	5,924	1,481
Desbordamiento ( <i>spillover</i> )	64	16	7,418	1,855
Retroalimentación ( <i>feedback</i> )	31	8	13	3
<b>Modelo Econométrico</b>				
Total	16,757	4,189	-	-
<b>Modelo <i>Machine Learning</i></b>				
Total	23,272	5,818	-	-

- Los empleos totales (4 años) que generará la inversión de Mexinol en Sinaloa, en la etapa de construcción de la planta, serán de 20,637 según la MIP; 16,757 según el Modelo Econométrico; y 23,272 según el Modelo *Machine Learning*.
- Los empleos promedio anual que generará la inversión de Mexinol en Sinaloa, en la etapa de construcción de la planta, será de 5,159 según la MIP; 4,189 según el Modelo Econométrico; y 5,818 según el Modelo *Machine Learning*.
- Según la MIP, la construcción de la planta en los cuatro años generará 17,996 empleos directos, 2,546 empleos indirectos, 64 empleos por efecto de desbordamiento (*spillover*) y 31 empleos por efecto de retroalimentación (*feedback*), que sumados son 20,637 nuevos empleos.
- Según la MIP, la construcción de la planta en promedio anual generará 4,499 empleos directos, 637 empleos indirectos, 16 empleos por efecto de desbordamiento (*spillover*) y 8

empleos por efecto de retroalimentación (*feedback*), que sumados son 5,159 nuevos empleos promedio anual.

- La inversión total (4 años) en la construcción de la planta de Mexinol, dado la interdependencia comercial y productiva de la economía local con la nacional, en el Resto del País se generarán 27,950 empleos (directos + indirectos + desbordamiento + retroalimentación).
- Debido a la interdependencia regional (local y nacional), la construcción de la planta generará en el Resto del País un promedio anual de 6,988 empleos (directos + indirectos + desbordamiento + retroalimentación).

#### V. Nuevos empleos permanentes en Sinaloa (construcción + operación)

Los nuevos proyectos de inversión generan dos tipos de empleo, **Temporales** en la etapa de construcción, y **Permanentes** en la etapa de operación. Los empleos temporales sólo duran el tiempo de construcción de la infraestructura productiva, variando por semana o mes según la sub-etapa de construcción; mientras los empleos permanentes duran toda la vida útil de la planta.

Con el objetivo de tener una visión que agrupe los dos tipos de empleo, se utilizó una metodología que permite estandarizar los empleos para poderlos sumar, y de esta forma estimar la creación de empleos permanentes desde el inicio mismo de la etapa de construcción de la planta. Según Kammen et al. (2014) y Nasirov et al. (2021) en los proyectos de energía es posible estimar un factor que permite homologar los empleos creados utilizando la siguiente fórmula:

*Normalized jobs = [((construction time/12) / useful life) (construction labor) + operation labor] / installed capacity.*

Para estimar los empleos permanentes de Pacífico Mexinol se utilizaron los resultados de empleo directos obtenidos por la MIP, tanto para la etapa de construcción como de operación de la planta. La etapa construcción es de 4 años, la vida útil de la planta de 30 años, y la capacidad instalada de 6,140 toneladas de metanol por día. Con esos datos, se estimaron los siguientes resultados:

<b>Empleos permanentes creados en Sinaloa por la inversión de Mexinol (promedio anual, durante 4 + 30 años)</b>			
Concepto	Mínimo	Promedio	Máximo
Empleos permanentes creados	543	850	1,157

*Note: Standar desviation on input = 0.05 for minimum and maximum jobs generated.*

- Lo anterior significa que la inversión de Pacífico Mexinol en Sinaloa generará en promedio el equivalente a 850 empleos permanentes directos por año, con un mínimo de 543 y un máximo de 1,157 empleos.

Los empleos aquí estimados, dado que equivalen a empleos permanentes por año durante 34 años, dimensión el **impacto a largo plazo** de Mexinol sobre la economía de Sinaloa.

## Capítulo 1.

# Matriz Insumo-Producto (MIP)



## INTRODUCCIÓN

La presente metodología tiene como objetivo fundamental cuantificar y evaluar el impacto económico derivado del desarrollo y operaciones del proyecto Mexinol en distintos agregados económicos como lo son: la producción, la población ocupada, la contribución al Producto Interno Bruto (PIB), los impuestos netos de subsidios sobre los productos y la remuneración de los asalariados. Dada la magnitud del proyecto y su integración con cadenas de suministro nacionales, el estudio no solo mide el efecto local, sino cómo la inyección de capital y la demanda de insumos se propagan entre la economía del estado de Sinaloa y el resto de México.

A través de un enfoque espacial, el estudio desagrega los impactos en cuatro niveles fundamentales:

- **Impactos directos** (intrarregionales): Los efectos inmediatos generados por la actividad propia de Mexinol dentro de la región, incluyendo la compra de insumos de primera mano.
- **Impactos indirectos** (intrarregionales): El efecto multiplicador generado en la cadena de suministro estrictamente dentro de la misma región, derivado del aumento en la producción de los proveedores locales de Mexinol.
- **Impactos de desbordamiento** (*spillover*): Los efectos económicos que el estímulo inicial en un estado genera sobre otro(s), derivado de la necesidad de comprar insumos desde otras entidades federativas para satisfacer la nueva demanda.
- **Impactos de retroalimentación** (*feedback*): El efecto económico que regresa a la región de origen como consecuencia del impacto de desbordamiento debido a la demanda de insumos de la región de origen (efecto que sale de una región y de manera eventual regresa).

Para analizar la interdependencia espacial, el modelo emplea una Matriz de Insumo-Producto (MIP) birregional de Sinaloa, industria por industria, transacciones domésticas a precios corrientes, con año base 2018. Esta matriz modela explícitamente las transacciones comerciales entre Sinaloa y el resto del país.

Sobre esta estructura, se aplica la formulación multiplicativa de Pyatt y Round (1979), y la descomposición aditiva de Stone (1985). Esta técnica matemática avanzada permite desglosar el multiplicador global de Leontief para aislar y cuantificar de manera exacta qué proporción del impacto productivo se queda en la región de origen, qué cantidad se filtra hacia el exterior y cuánto retorna. Este enfoque garantiza una medición precisa de las derramas económicas, evitando la sobreestimación que a menudo ocurre en modelos de una sola región. Cabe destacar que, por la naturaleza estructural de la matriz birregional utilizada, el alcance se centra en los encadenamientos productivos, por lo que no se calculan impactos inducidos (aquellos derivados del gasto de los hogares por salarios).

Para homogenizar los valores de la matriz birregional con los montos de inversión, se utilizó un tipo de cambio de \$17.50 pesos mexicanos por dólar americano.

El modelo birregional se enmarca bajo los supuestos clásicos de proporciones fijas, sus principales limitaciones son: a) coeficientes técnicos constantes, b) rendimientos constantes a escala, c) disponibilidad de factores productivos, d) naturaleza estática, e) homogeneidad de los sectores.

## **METODOLOGÍA**

La Matriz Insumo Producto (MIP) refleja las relaciones económicas que llevan a cabo los diversos sectores y agentes que intervienen en todas las fases del ciclo económico.

El análisis de una MIP se basa en la representación de las interacciones productivas de los diversos sectores que conforman una economía mediante una notación matricial. Una MIP, es una radiografía financiera y operativa de una economía, un modelo analítico que mapea y cuantifica cómo todos los sectores productivos interactúan entre sí; es decir, muestra exactamente qué le compra y qué le vende cada industria a las demás para poder operar y llevar a cabo la producción de sus productos finales. Así, la MIP de un país provee información valiosa para la evaluación del efecto agregado en el sistema económico de ciertos choques exógenos que inicialmente impactan en una actividad particular.

Las columnas de estas matrices representan la estructura de costos de cada sector (todo lo que necesitan comprar o importar para producir). Las filas muestran cómo se distribuyen las ventas de

ese sector (cuánto va a otras industrias como materia prima y cuánto va al consumidor final o al mercado final).

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) elabora las matrices nacionales, que sirven como insumo para desarrollar los análisis de insumo-producto. A su vez, INEGI produce a través de la implementación del modelo de Walter Isard (1951) Matrices Insumo Producto estatales y multiestatales, con esto incorporan el componente espacial dentro del insumo-producto. Estas matrices desglosan toda la actividad económica nacional dividida en los estados correspondientes. A través de estas matrices se pueden desarrollar análisis más focalizados que permiten estudiar con mayor detalle los impactos que generan los *shocks* de inversión en regiones específicas.

En este estudio se utilizó la MIP birregional que muestra cómo el estado de Sinaloa realiza interacciones económicas con el resto del país, específicamente la matriz industria por industria con año base del 2018, de transacciones domésticas a precios corrientes.

A partir de los distintos componentes de esta herramienta se obtienen los coeficientes para calcular los impactos económicos en los diferentes agregados de la economía. Debido a que esta matriz no incluye los vectores de población ocupada ni la remuneración de los asalariados, estas variables se calcularon a través del siguiente procedimiento:

- Vector de población ocupada:
  1. Se obtuvo el promedio de población ocupada por sector económico de los 32 estados de la república para 2024, provenientes de la ENOE (Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo), Base Censo 2020.
  2. Se crearon dos grupos de población ocupada, Sinaloa y resto del país.
  3. Se homologaron los sectores económicos que integra la ENOE de acuerdo a los 35 sectores económicos que integra la MIP birregional.
  4. Se insertó el vector resultante en la MIP birregional.
  5. Se obtuvo el vector de coeficientes de población ocupada.
- Vector de remuneración de los asalariados:

1. Se obtuvo de la MIP nacional los vectores de Valor Agregado Bruto (VAB) y remuneración de los asalariados.
2. Se homologaron los sectores de la MIP nacional a los sectores de la MIP birregional. Este paso es necesario debido a que la MIP nacional contiene 78 sectores económicos, mientras que la birregional contiene 35.
3. Se calculó un vector de coeficientes nacionales de remuneración de asalariados.
4. El vector de coeficientes nacionales de remuneración de asalariados se utilizó en la MIP birregional y con él se obtuvo el vector de las remuneraciones de los asalariados correspondientes para cada sector económico de Sinaloa y del resto del país.
5. Se dividió el nuevo vector birregional entre el vector de valor bruto de producción para obtener el vector de coeficientes de remuneraciones de los asalariados de la MIP birregional.

El análisis insumo-producto consiste en un enfoque desarrollado por Leontief, que utiliza el cálculo matricial para estimar los impactos de los diversos agregados económicos a partir de un shock en los componentes de la demanda final.

El modelo insumo-producto se especifica de la siguiente manera:

$$X_i = Z_{i1} + Z_{i2} + \dots + Z_{in} + f_i \quad [1]$$

Donde:

$X_i$  = Valor Bruto de Producción del sector  $i$ -ésimo.

$Z_{i1}$  = Cantidad de producción que el sector  $i$ -ésimo que es demandada por el sector 1.

$Z_{i2}$  = Cantidad de producción que el sector  $i$ -ésimo que es demandada por el sector 2

$n$  = Número de sectores en que está dividida la economía.

$f_i$  = Cantidad de la producción del sector  $i$ -ésimo que es demandada por los consumidores finales.

Dado que la información de cada sector requiere ser representada por una ecuación agregada, el sistema completo de ecuaciones se denota a continuación:

$$X = Z_l + f \quad [2]$$

Donde:

$X$  = Vector de dimensión  $n$ , de Valor Bruto de Producción.

$Z$  = Matriz de dimensión  $n \times n$ , de transacciones intermedias.

$l$  = Vector unitario de dimensión  $n$ , llamado vector suma.

$f$  = Vector de dimensión  $n$ , de demanda final.

La ecuación [2] describe los destinos de la producción de cada sector, los cuales pueden ser otros sectores (consumo intermedio) o consumidores finales. Si nos concentramos en la columna  $i$ -ésima de la matriz de transacciones intermedias cada elemento representa la cantidad de producto que demanda el sector  $i$ -ésimo para poder llevar a cabo su proceso productivo.

En términos algebraicos, lo anterior toma la siguiente forma:

$$A_{ij} = Z_{ij} / X_j \quad [3]$$

Donde:

$A_{ij}$  = Coeficiente técnico.

El coeficiente técnico, resultante de la ecuación [3], representa la cantidad de producto del sector  $i$ -ésimo demandada por cada unidad de producción del sector  $j$ -ésimo. El conjunto de todos los coeficientes técnicos de una economía en un arreglo matricial es conocido como matriz estructural o matriz de coeficientes técnicos (Leontief, 1986, pág. 23), la cual denominaremos como  $A$ , de dimensiones  $n \times n$ .

Por lo anterior, la ecuación [2] puede reescribirse como:

$$X = Z\hat{X}^{-1} + f \quad [4]$$

$$X = AX + f \quad [5]$$

Donde:

$\hat{\phantom{x}}$  = Representa la diagonalización de un vector.

*Exponente -1* = Indica la inversa de la matriz.

Despejando X de la ecuación [5], se tiene que:

$$X - AX = f \quad [6]$$

$$(I - A)X = f \quad [7]$$

$$X = (I - A)^{-1} f = Lf \quad [8]$$

Donde  $L = (I - A)^{-1}$  es conocida como la matriz inversa de Leontief. Cada elemento  $L_{ij}$  de la matriz inversa de Leontief indica cuánto incrementará la producción del sector i-ésimo si la demanda final del sector j-ésimo se incrementa en una unidad (Miller & Blair, 2009, pág. 21).

En una economía interconectada, la producción de un sector no solo depende de la demanda final de su propio producto, sino de la demanda de productos de otros sectores, pues los segundos requieren insumos para producir, lo cual genera demanda de bienes y servicios de forma indirecta.

La utilización de las Matrices Insumo Producto Regionales (MIPR) permiten aplicar las técnicas de formulación multiplicativa de Pyatt y Round (1979) y, posteriormente, la formulación aditiva de Stone (1985) para descomponer la matriz de multiplicadores globales. Lo anterior permite aislar cómo los choques económicos viajan a través de diferentes subsistemas o regiones, obteniendo así impactos intrarregionales, interregionales y de retroalimentación para cada agregado económico.

En el caso de la descomposición multiplicativa, el objetivo es separar la matriz inversa de Leontief en tres matrices que den cuenta de los efectos intrarregionales (M1), de desbordamiento (M2) y de retroalimentación (M3). Tales efectos suceden en el marco de una economía con circularidad, donde los choques se mueven por la cadena de producción y pueden volver al sector y región de origen. En ese sentido, la fórmula se expresa como  $L = M3 * M2 * M1$ , donde todas las matrices son de dimensión  $2n \times 2n$ . (Solís y Arias, Hernández García, & Mendoza Sánchez, 2024, pág. 69)

La descomposición aditiva toma como base las matrices obtenidas de la multiplicativa, y se expresa de la siguiente manera:

$$L = I + (M_1 - I) + (M_2 - I) M_1 + (M_3 - I) M_2 M_1 \quad [9]$$

Con la matriz inversa de Leontief descompuesta en los cuatro términos aditivos, se calcula la producción bruta total con la siguiente expresión:

$$X = If + (M_1 - I)f + (M_2 - I)M_1 f + (M_3 - I)M_2 M_1 f \quad [10]$$

Siguiendo la lógica de las particiones en la formulación multiplicativa, el impacto inicial se establece en  $If$ , el efecto neto intraregional se ubica en  $(M_1 - I) f$ , el choque neto interregional por efectos de desbordamiento se captura en  $(M_2 - I)M_1 f$ , y el efecto neto por retroalimentación se registra en  $(M_3 - I)M_2 M_1 f$  (Miller & Blair, 2022, pág. 379).

A través de este procedimiento de descomposición se obtienen los diferentes tipos de impacto en las regiones y en los agregados económicos. Estos últimos se definen de la siguiente manera:

- **Producción:** representa al Valor Bruto de Producción, es decir, todos los bienes y servicios producidos en un período, incluyendo lo que se utilice para fabricarlos.
- **Población ocupada:** mide el factor trabajo (expresado en cantidad de personas ocupadas) requerido por sector económico para alcanzar un nivel determinado de producción.
- **Contribución al Producto Interno Bruto (PIB):** cuantifica el valor adicional creado por el proceso productivo en la economía. Metodológicamente, se define como la diferencia entre el Valor Bruto de Producción y el consumo intermedio.
- **Impuestos netos de subsidios sobre los productos:** representa la diferencia entre los impuestos gravados sobre la producción y las importaciones (como el IVA, IEPS y aranceles) y los subsidios otorgados por el gobierno a las empresas.
- **Remuneración de los asalariados:** representa el total de remuneraciones pagadas por el sector al factor trabajo.

La construcción de la planta de Mexinol es una infraestructura industrial de alta complejidad, caracterizada por ser intensiva en capital y requerir mano de obra altamente especializada, por lo tanto, se ajustó el coeficiente original de población ocupada del sector construcción. Originalmente dicho coeficiente refleja un promedio estatal y nacional fuertemente influenciado por el subsector

de edificación (Vivienda y comercio), el cual es intensivo en mano de obra tradicional, representando menores índices de productividad laboral. Lo anterior hace que las estimaciones sean más realistas.

Los métodos de construcción industrializados e intensivos en tecnología generan un incremento en la productividad laboral de entre el 20% y 40% (McKinsey Global Institute (MGI), 2017). Se asumió que la productividad en la construcción de la planta de Mexinol será superior en el 40% respecto a la productividad promedio de construcción de vivienda y edificación en general. Este ajuste garantiza que las estimaciones de empleo directo no se sobreestimen y reflejen la naturaleza técnica y especializada del proyecto.

A partir de la información proporcionada por Mexinol se estimaron los efectos multiplicadores intrarregionales, desbordamiento y retroalimentación utilizando la matriz birregional.

De la inversión global del proyecto se estimó que el 46% ocurrirá en México (porcentaje promedio proporcionado por la empresa). Por consiguiente, la inversión efectiva en la etapa de construcción de la planta es de 1,814 millones de dólares, la cual se ejecutará en 48 meses (4 años). El desglose de la misma se presenta a continuación:

<b>Tabla 1. Costos de construcción estimados (miles de USD)</b>					
<b>Concepto de Inversión</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Total</b>
Preparación del sitio + retirada de la torre + vías de acceso	\$69,982.14	\$0	\$0	\$0	<b>\$69,982.14</b>
Costo EPC para la planta de metanol, incluida la unidad de separación de aire (ASU)	\$170,660.00	\$611,763.15	\$464,995.40	\$145,183.06	<b>\$1,392,601.61</b>
Costo EPC para planta de hidrógeno	\$63,591.55	\$112,604.80	\$51,275.40	\$23,878.25	<b>\$251,350.00</b>
Costo EPC para el gasoducto de metanol, las instalaciones portuarias y el suministro de agua de JAPAMA.	\$16,044.05	\$28,409.70	\$18,961.25	\$0.00	<b>\$63,415.00</b>
Costo EPC para la planta de tratamiento de agua (WTP)	\$12,009.25	\$25,225.75	\$0.00	\$0.00	<b>\$37,235.00</b>
<b>Total USD (miles de dólares)</b>	<b>\$332,286.99</b>	<b>\$778,003.40</b>	<b>\$535,232.05</b>	<b>\$169,061.31</b>	<b>\$1,814,583.75</b>
<b>Total MXN (millones de pesos)</b>	<b>\$5,815.02</b>	<b>\$13,615.06</b>	<b>\$9,366.56</b>	<b>\$2,958.58</b>	<b>\$31,755.22</b>

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa.

En esta metodología, es necesario homologar la información de inversión en los 35 sectores de la MIP. Es decir, los conceptos de inversión se adaptaron a los sectores económicos correspondientes. Además, se especificó el porcentaje de la inversión que ocurre en Sinaloa y el porcentaje que sucede en el resto del país.

<b>Tabla 2. Homologación de conceptos de inversión en etapa de construcción a sectores de la MIP birregional</b>			
<b>Concepto de inversión</b>	<b>Sector de la MIP birregional</b>	<b>% en Sinaloa</b>	<b>% en el resto del país</b>
Preparación del sitio + retirada de la torre + vías de acceso	23 – Construcción	90%	10%
Costo EPC para la planta de metanol, incluida la unidad de separación de aire (ASU)			
Costo EPC para planta de hidrógeno			
Costo EPC para el gasoducto de metanol, las instalaciones portuarias y el suministro de agua de JAPAMA.			
Costo EPC para la planta de tratamiento de agua (WTP)			

Fuente: Elaboración propia.

Se asumió que el 90% de la inversión sucederá en Sinaloa y el 10% en el resto del país debido a que el sector construcción tiene la característica de anclar el capital, provocando su mayor impacto a nivel local.

El modelo de insumo-producto ofrece un marco para evaluar el impacto económico asociado a la introducción de una nueva industria en una economía; por ejemplo, una actividad manufacturera básica en un país menos desarrollado, una industria orientada a la exportación en una región, etc. Es sumamente importante adoptar un enfoque cuantitativo para este tipo de innovaciones. Las personas responsables de planificar el desarrollo económico (de una nación o una región) deben ser capaces de realizar estimaciones cuantitativas del beneficio económico total que cabe esperar de las políticas diseñadas para atraer determinados tipos de industria a una zona (Miller & Blair, 2022, pág. 691).

Por lo anterior, se debe agregar una nueva fila y una nueva columna a la matriz insumo producto, mismas que van a representar la nueva empresa/industria en la economía. Esto también se realiza en la matriz de coeficientes técnicos (A) (Miller & Blair, 2022, pág. 694).

Esta actualización representa el conjunto de compras y ventas que ejerce la nueva empresa operando en la economía. En consecuencia, a través de estos ajustes se pueden estimar los impactos económicos que genera la operación de la nueva industria tanto a nivel regional como en toda la nación.

Para obtener los impactos económicos de la operación de la planta, se clasificaron los distintos gastos que realizará Mexinol cada año durante sus 30 años de vida útil. Asignando cada gasto al sector de la MIP correspondiente, se obtuvo la siguiente clasificación:

<b>Tabla 3. Costos anuales de operación estimados (miles de dólares)</b>		
<b>Categoría</b>	<b>Inversión anual (promedio)</b>	<b>Sector / Vector de la MIP</b>
Sueldos y Salarios / Payroll	\$3,650	Remuneraciones / VAB
Compra de reactivos y otros insumos químicos / Reagent Consumption	\$10,337	324-326
Gas Natural (CFE) / Natural Gas	\$20,000	22
Gas Natural (CFE) / Natural Gas	\$180,000	Importaciones
Aguas Residuales (JAPAMA)	\$1,500	22
Mantenimiento / Maintenance	\$13,669	54
Waste Disposal	\$82	56
Misceláneos y costos indirectos / Micellaneous and Indirect Cost	\$11,300	46
O&M	\$5,500	54
Jetty Cost / Loading Cost (TTT + Asipona)	\$4,563	48-49
Otros / Others (Insurance)	\$7,577	52
Otros / Others (Insurance)	\$7,577	Importaciones
<b>Total en miles de dólares</b>	<b>\$265,755</b>	
<b>Total en millones de pesos</b>	<b>\$4,650.71</b>	-

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa.

Nota: descripción de sectores

324-326: Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón; Industria química; Industria del plástico y del hule.

22: Generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica, suministro de agua y de gas natural por ductos al consumidor final.

54: Servicios profesionales, científicos y técnicos.

56: Servicio de apoyo a los negocios y manejo de residuos, y servicios de remediación.

46: Comercio al por mayor.

48-49: Transportes, correos y almacenamiento.

52: Servicios financieros y de seguros.

Para implementar el modelo en etapa de operación, fue necesario obtener el nivel de facturación anual estimado que tendrá la planta, para esto se consideró un precio estimado por tonelada métrica de Metanol con base en los mercados internacionales, mismo que se ubicó en \$650 dólares. Multiplicando este precio por el nivel de producción estimado que tendrá la planta (80%), se

obtuvo el siguiente nivel de facturación con el cual fue posible obtener los impactos económicos: Producción de la planta al 80%: \$18,438.42 millones de pesos anuales.

## RESULTADOS

En este apartado se muestran los resultados de la metodología MIP, resumidas en doce tablas (de la tabla 4 a la tabla 15). En función de la distribución de la inversión, se simularon cuatro *shocks* para la etapa de construcción y uno para la etapa de operación. El modelo estima impactos en Sinaloa y en el resto del país para las siguientes cinco variables económicas: producción, población ocupada, contribución al PIB, impuestos netos de subsidios sobre los productos, y remuneración de los asalariados.

### Etapa de construcción: impactos en Sinaloa

Para el primer año (tabla 4), el *shock* modelado fue de \$5,233.52 millones de pesos. La inversión de la planta generará un impacto directo de \$3,790 millones de pesos en producción, 3,295 personas ocupadas, \$2,001 millones de pesos de Valor Agregado Bruto, \$9 millones de pesos en impuestos netos de subsidios sobre los productos y \$514 millones de pesos en salarios. Agregando a los resultados anteriores los efectos indirectos, los de desbordamiento del resto del país (los que manda el resto del país) y los de retroalimentación, el impacto aumenta a \$4,356 millones de pesos en producción, 3,779 personas ocupadas, \$2,292 millones de pesos en Valor Agregado Bruto, \$10 millones de pesos en impuestos y \$590 millones de pesos en salarios.

Tabla 4. Año 1 - <i>Shock</i> de inversión de \$5,233.52 millones de pesos en Sinaloa					
Tipo Impacto	Producción	Población ocupada	Contribución al PIB	Impuestos netos de subsidios sobre los productos	Remuneración de los asalariados
Directo	\$3,790	3,295	\$2,001	\$9	\$514
Indirecto	\$547	466	\$282	\$1	\$74
Desbordamiento	\$12	12	\$6	\$0	\$1
Retroalimentación	\$7	6	\$4	\$0	\$1
<b>Total</b>	<b>\$4,356</b>	<b>3,779</b>	<b>\$2,292</b>	<b>\$10</b>	<b>\$590</b>

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 5 muestra los resultados para el segundo año, el *shock* modelado fue de \$12,253.55 millones de pesos. La inversión de la planta generará un impacto directo de \$8,873 millones de

pesos en producción, 7,716 personas ocupadas, \$4,684 millones de pesos de Valor Agregado Bruto, \$20 millones de pesos en impuestos netos de subsidios sobre los productos y \$1,203 millones de pesos en salarios. Agregando a los resultados anteriores los efectos indirectos, los de desbordamiento del resto del país (los que manda el resto del país) y los de retroalimentación, el impacto aumenta a \$10,200 millones de pesos en producción, 8,848 personas ocupadas, \$5,366 millones de pesos en Valor Agregado Bruto, \$23 millones de pesos en impuestos y \$1,381 millones de pesos en salarios.

<b>Tabla 5. Año 2 - Shock de inversión de \$12,253.55 millones de pesos en Sinaloa</b>					
<b>Tipo Impacto</b>	<b>Producción</b>	<b>Población ocupada</b>	<b>Contribución al PIB</b>	<b>Impuestos netos de subsidios sobre los productos</b>	<b>Remuneración de los asalariados</b>
Directo	\$8,873	7,716	\$4,684	\$20	\$1,203
Indirecto	\$1,282	1,092	\$660	\$3	\$173
Desbordamiento	\$28	27	\$13	\$0	\$3
Retroalimentación	\$17	13	\$9	\$0	\$2
<b>Total</b>	<b>\$10,200</b>	<b>8,848</b>	<b>\$5,366</b>	<b>\$23</b>	<b>\$1,381</b>

Fuente: Elaboración propia.

Por parte del tercer año (tabla 6), los resultados del impacto directo son los siguientes: \$6,105 millones de pesos de producción, 5,308 personas ocupadas, \$3,222 millones de pesos de contribución al PIB, \$14 millones de pesos en impuestos netos de subsidios sobre los productos y \$827 millones de pesos en remuneración de asalariados. Tomando en cuenta todos los impactos los montos ascienden a \$7,017, 6,087, \$3,691, \$16 y \$950, respectivamente.

<b>Tabla 6. Año 3 - Shock de inversión de \$8,429.90 millones de pesos en Sinaloa</b>					
<b>Tipo Impacto</b>	<b>Producción</b>	<b>Población ocupada</b>	<b>Contribución al PIB</b>	<b>Impuestos netos de subsidios sobre los productos</b>	<b>Remuneración de los asalariados</b>
Directo	\$6,105	5,308	\$3,222	\$14	\$827
Indirecto	\$882	751	\$454	\$2	\$119
Desbordamiento	\$19	19	\$9	\$0	\$2
Retroalimentación	\$12	9	\$6	\$0	\$2
<b>Total</b>	<b>\$7,017</b>	<b>6,087</b>	<b>\$3,691</b>	<b>\$16</b>	<b>\$950</b>

Fuente: Elaboración propia.

En el cuarto año (tabla 7), los efectos directos fueron de \$1,928 millones de pesos en producción, 1,677 personas ocupadas, \$1,018 millones de pesos de contribución al PIB, \$4 millones de pesos en impuestos netos de subsidios sobre los productos y \$261 millones de pesos en remuneraciones de los asalariados. Sumando el resto de los efectos, tenemos que los resultados totales son \$2,216, 1,923, \$1,166, \$5 y \$300, respectivamente.

<b>Tabla 7. Año 4 - Shock de inversión de \$2,662.72 millones de pesos en Sinaloa</b>					
<b>Tipo Impacto</b>	<b>Producción</b>	<b>Población ocupada</b>	<b>Contribución al PIB</b>	<b>Impuestos netos de subsidios sobre los productos</b>	<b>Remuneración de los asalariados</b>
Directo	\$1,928	1,677	\$1,018	\$4	\$261
Indirecto	\$278	237	\$143	\$1	\$38
Desbordamiento	\$6	6	\$3	\$0	\$1
Retroalimentación	\$4	3	\$2	\$0	\$0
<b>Total</b>	<b>\$2,216</b>	<b>1,923</b>	<b>\$1,166</b>	<b>\$5</b>	<b>\$300</b>

Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, la tabla 8 muestra un ejercicio del total de la inversión (la suma de los cuatro años). Los efectos directos fueron de \$20,696 millones de pesos en producción, 17,996 personas ocupadas, \$10,925 millones de pesos de contribución al PIB, \$47 millones de pesos en impuestos netos de subsidios sobre los productos y \$2,805 millones de pesos en remuneraciones de los asalariados. Sumando el resto de los efectos, tenemos que los resultados totales son \$23,789, 20,637, \$12,515, \$54 y \$3,222, respectivamente.

<b>Tabla 8. Total 4 años - Shock de inversión de \$28,579.69 millones de pesos en Sinaloa</b>					
<b>Tipo Impacto</b>	<b>Producción</b>	<b>Población ocupada</b>	<b>Contribución al PIB</b>	<b>Impuestos netos de subsidios sobre los productos</b>	<b>Remuneración de los asalariados</b>
Directo	\$20,696	17,996	\$10,925	\$47	\$2,805
Indirecto	\$2,989	2,546	\$1,539	\$7	\$405
Desbordamiento	\$65	64	\$31	\$0	\$7
Retroalimentación	\$39	31	\$20	\$0	\$5
<b>Total</b>	<b>\$23,789</b>	<b>20,637</b>	<b>\$12,515</b>	<b>\$54</b>	<b>\$3,222</b>

Fuente: Elaboración propia.

Como conclusión para el estado de Sinaloa, la inversión total en la etapa de construcción generará 17,966 personas ocupadas directamente, 2,546 personas ocupadas de forma indirecta, 64 personas ocupadas por efecto de desbordamiento del resto del país, y 31 personas ocupadas por efecto de retroalimentación, sumando un total de 20,637 personas ocupadas. En promedio por año, la inversión en la planta de Mexinol generará 4,499 empleos directos y 637 empleos indirectos.

### **Etapas de construcción: impactos en el resto del país**

Para el primer año (tabla 9), el *shock* modelado fue de \$581.50 millones de pesos. La inversión de la planta generará un impacto directo de \$2,334 millones de pesos en producción, 2,673 personas ocupadas, \$1,224 millones de pesos de Valor Agregado Bruto, \$14 millones de pesos en impuestos netos de subsidios sobre los productos y \$261 millones de pesos en salarios. Agregando a los resultados anteriores los efectos indirectos, los de desbordamiento de Sinaloa (los que salen de Sinaloa) y los de retroalimentación, el impacto aumenta a \$5,090 millones de pesos en producción, 5,118 personas ocupadas, \$2,595 millones de pesos en Valor Agregado Bruto, \$23 millones de pesos en impuestos y \$604 millones de pesos en salarios.

<b>Tabla 9. Año 1 - Shock de inversión de \$581.50 millones de pesos en el resto del país</b>					
<b>Tipo Impacto</b>	<b>Producción</b>	<b>Población ocupada</b>	<b>Contribución al PIB</b>	<b>Impuestos netos de subsidios sobre los productos</b>	<b>Remuneración de los asalariados</b>
Directo	\$2,334	2,673	\$1,224	\$14	\$261
Indirecto	\$1,072	1,085	\$506	\$6	\$113
Desbordamiento	\$1,682	1,358	\$865	\$4	\$229
Retroalimentación	\$2	2	\$1	\$0	\$0
<b>Total</b>	<b>\$5,090</b>	<b>5,118</b>	<b>\$2,595</b>	<b>\$23</b>	<b>\$604</b>

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 10 muestra los resultados para el segundo año, el *shock* modelado fue de \$1,361.51 millones de pesos. La inversión de la planta generará un impacto directo de \$5,464 millones de pesos en producción, 6,257 personas ocupadas, \$2,866 millones de pesos de Valor Agregado Bruto, \$32 millones de pesos en impuestos netos de subsidios sobre los productos y \$611 millones de pesos en salarios. Agregando a los resultados anteriores los efectos indirectos, los de desbordamiento de Sinaloa (los que envía Sinaloa) y los de retroalimentación, el impacto aumenta a \$11,918 millones de pesos en producción, 11,983 personas ocupadas, \$6,077 millones de pesos en Valor Agregado Bruto, \$55 millones de pesos en impuestos y \$1,413 millones de pesos en salarios.

<b>Tabla 10. Año 2- Shock de inversión de \$1,361.51 millones de pesos en el resto del país</b>					
<b>Tipo Impacto</b>	<b>Producción</b>	<b>Población ocupada</b>	<b>Contribución al PIB</b>	<b>Impuestos netos de subsidios sobre los productos</b>	<b>Remuneración de los asalariados</b>
Directo	\$5,464	6,257	\$2,866	\$32	\$611
Indirecto	\$2,510	2,540	\$1,184	\$14	\$265
Desbordamiento	\$3,939	3,181	\$2,025	\$8	\$536
Retroalimentación	\$6	6	\$3	\$0	\$1
<b>Total</b>	<b>\$11,918</b>	<b>11,983</b>	<b>\$6,077</b>	<b>\$55</b>	<b>\$1,413</b>

Fuente: Elaboración propia.

Por parte del tercer año (tabla 11), los resultados del impacto directo son los siguientes: \$3,759 millones de pesos de producción, 4,305 personas ocupadas, \$1,971 millones de pesos de contribución al PIB, \$22 millones de pesos en impuestos netos de subsidios sobre los productos y

\$421 millones de pesos en remuneración de asalariados. Tomando en cuenta todos los impactos los montos ascienden a \$8,199, 8,244, \$4,181, \$38 y \$972, respectivamente.

<b>Tabla 11. Año 3 - Shock de inversión de \$936.66 millones de pesos en el resto del país</b>					
<b>Tipo Impacto</b>	<b>Producción</b>	<b>Población ocupada</b>	<b>Contribución al PIB</b>	<b>Impuestos netos de subsidios sobre los productos</b>	<b>Remuneración de los asalariados</b>
Directo	\$3,759	4,305	\$1,971	\$22	\$421
Indirecto	\$1,726	1,747	\$814	\$10	\$182
Desbordamiento	\$2,710	2,188	\$1,393	\$6	\$369
Retroalimentación	\$4	4	\$2	\$0	\$0
<b>Total</b>	<b>\$8,199</b>	<b>8,244</b>	<b>\$4,181</b>	<b>\$38</b>	<b>\$972</b>

Fuente: Elaboración propia.

En el cuarto año (tabla 12), los efectos directos fueron de \$1,187 millones de pesos en producción, 1,360 personas ocupadas, \$623 millones de pesos de contribución al PIB, \$7 millones de pesos en impuestos netos de subsidios sobre los productos y \$133 millones de pesos en remuneraciones de los asalariados. Sumando el resto de los efectos, tenemos que los resultados totales son \$2,590, 2,604, \$1,320, \$12 y \$307, respectivamente.

<b>Tabla 12. Año 4 - Shock de inversión de \$295.86 millones de pesos en el resto del país</b>					
<b>Tipo Impacto</b>	<b>Producción</b>	<b>Población ocupada</b>	<b>Contribución al PIB</b>	<b>Impuestos netos de subsidios sobre los productos</b>	<b>Remuneración de los asalariados</b>
Directo	\$1,187	1,360	\$623	\$7	\$133
Indirecto	\$545	552	\$257	\$3	\$58
Desbordamiento	\$856	691	\$440	\$2	\$117
Retroalimentación	\$1	1	\$1	\$0	\$0
<b>Total</b>	<b>\$2,590</b>	<b>2,604</b>	<b>\$1,320</b>	<b>\$12</b>	<b>\$307</b>

Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, la tabla 13 muestra un ejercicio del total de la inversión (la suma de los cuatro años). Los efectos directos fueron de \$12,743 millones de pesos en producción, 14,594 personas ocupadas, \$6,683 millones de pesos de contribución al PIB, \$74 millones de pesos en impuestos netos de subsidios sobre los productos y \$1,426 millones de pesos en remuneraciones de los

asalariados. Sumando el resto de los efectos, tenemos que los resultados totales son \$27,798, 27,950, \$14,173, \$127 y \$3,297, respectivamente.

**Tabla 13. Total 4 años - Shock de inversión de \$3,175.52 en el resto del país**

Tipo Impacto	Producción	Población ocupada	Contribución al PIB	Impuestos netos de subsidios sobre los productos	Remuneración de los asalariados
Directo	\$12,743	14,594	\$6,683	\$74	\$1,426
Indirecto	\$5,853	5,924	\$2,761	\$34	\$618
Desbordamiento	\$9,188	7,418	\$4,723	\$20	\$1,251
Retroalimentación	\$13	13	\$6	\$0	\$1
<b>Total</b>	<b>\$27,798</b>	<b>27,950</b>	<b>\$14,173</b>	<b>\$127</b>	<b>\$3,297</b>

Fuente: Elaboración propia.

Como conclusión para el resto del país, la inversión total en la etapa de construcción generará 14,594 personas ocupadas directamente, 5,924 personas ocupadas de forma indirecta, 7,418 personas ocupadas por efecto de desbordamiento de Sinaloa, y 13 personas ocupadas por efecto de retroalimentación, sumando un total de 27,950 personas ocupadas. En promedio por año, la inversión en la planta de Mexinol generará en el resto del país 3,649 empleos directos y 1,481 empleos indirectos.

### **Etapas de operación: impactos en Sinaloa**

Para la etapa de operación (tabla 14), el shock modelado fue de \$18,438.42 millones de pesos, mismos que se ingresaron como inversión en la región de Sinaloa. Esta inversión anual de la planta generará un impacto directo de \$17,412.11 millones de pesos en producción, 1,335 personas ocupadas, \$13,029.04 millones de pesos de Valor Agregado Bruto, \$3.40 millones de pesos en impuestos netos de subsidios sobre los productos y \$161.75 millones de pesos en salarios. Agregando a los resultados anteriores los efectos indirectos, los de desbordamiento del resto del país (los que manda el resto del país) y los de retroalimentación, el impacto aumenta a \$18,260.96 millones de pesos en producción, 1,443 personas ocupadas, \$13,659.11 millones de pesos en Valor Agregado Bruto, \$3.76 millones de pesos en impuestos y \$174.14 millones de pesos en salarios.

La generación de empleos indicada en los resultados, engloba tanto los empleados que tendrá contratados directamente la planta (250) para su operación como aquellos empleos generados en los sectores que suministrarán materiales e insumos requeridos para la producción de la planta.

Los impactos anteriores, representan el beneficio anual en Sinaloa que traerá consigo la operación de la planta, estos se consideran constantes durante toda la vida útil de la planta (30 años).

<b>Tabla 14. Año de operación - Shock de inversión anual de \$18,438.42 millones de pesos en Sinaloa</b>					
<b>Tipo Impacto</b>	<b>Producción</b>	<b>Población ocupada</b>	<b>Contribución al PIB</b>	<b>Impuestos netos de subsidios sobre los productos</b>	<b>Remuneración de los asalariados</b>
Directo	\$17,412.11	1,335	\$13,029.04	\$3.40	\$161.75
Indirecto	\$844.38	106	\$627.27	\$0.34	\$12.09
Desbordamiento	\$1.95	2	\$1.00	\$0.02	\$0.23
Retroalimentación	\$2.52	1	\$1.80	\$0.00	\$0.07
<b>Total</b>	<b>\$18,260.96</b>	<b>1,443</b>	<b>\$13,659.11</b>	<b>\$3.76</b>	<b>\$174.14</b>

Fuente: Elaboración propia.

### **Etapas de operación: impactos en el Resto del País**

En cuanto al impacto en el resto del país por la inversión anual que realizará la planta en Sinaloa (tabla 15), el modelo indica que se generará un impacto directo de \$700.06 millones de pesos en producción, 892 personas ocupadas, \$393.71 millones de pesos de Valor Agregado Bruto, \$8.99 millones de pesos en impuestos netos de subsidios sobre los productos y \$94.40 millones de pesos en salarios. Agregando a los resultados anteriores los efectos indirectos, los de desbordamiento de Sinaloa (los que manda Sinaloa) y los de retroalimentación, el impacto aumenta a \$1,995.12 millones de pesos en producción, 1,350 personas ocupadas, \$1,272.83 millones de pesos en Valor Agregado Bruto, \$14.07 millones de pesos en impuestos y \$149.00 millones de pesos en salarios.

La generación de empleos indicada en los resultados, engloba los empleos que generará la operación de la planta en aquellos sectores que le proveerán materiales e insumos desde el resto del país necesarios para su producción.

Los impactos anteriores, representan el beneficio anual en el resto del país que traerá consigo la operación de la planta, estos impactos se consideran constantes durante toda la vida útil de la planta.

Tabla 15. Año de operación - Shock de inversión anual de \$18,438.42 millones de pesos en Sinaloa

Tipo Impacto	Producción	Población ocupada	Contribución al PIB	Impuestos netos de subsidios sobre los productos	Remuneración de los asalariados
Directo	\$700.06	892	\$393.71	\$8.99	\$94.40
Indirecto	\$253.31	253	\$124.33	\$3.86	\$29.09
Desbordamiento	\$1,041.39	205	\$754.62	\$1.21	\$25.47
Retroalimentación	\$0.35	0	\$0.18	\$0.00	\$0.04
<b>Total</b>	<b>\$1,995.12</b>	<b>1,350</b>	<b>\$1,272.83</b>	<b>\$14.07</b>	<b>\$149.00</b>

## CONCLUSIONES

El desarrollo de la planta de Mexinol en Sinaloa representa un catalizador de alto valor para la economía regional y nacional. Mediante la aplicación de la metodología de Matrices Insumo Producto Birregionales, se ha cuantificado cómo la inversión y las operaciones permearán a través de las distintas cadenas de valor a lo largo de un periodo de cuatro años. Los resultados demuestran una inyección de capital con un efecto multiplicador robusto y sostenido.

El análisis de los cuatro años en conjunto revela la magnitud del arrastre económico del proyecto, generando un impacto económico significativo en las siguientes variables:

- **Producción:** la fase de construcción de Mexinol detonará un impacto económico total de \$23,789 millones de pesos en Sinaloa y \$27,798 millones de pesos en el resto del país. Estas cifras reflejan la demanda directa, así como los efectos indirectos sobre los sectores proveedores, los efectos de desbordamiento de ambas regiones y su retroalimentación.
- **Población ocupada:** la inversión generará 20,637 personas ocupadas en Sinaloa y 27,950 en el resto del país acumulados en los cuatro años de construcción de la planta. Estos datos incluyen el personal ocupado directo, indirecto, desbordado hacia otra región y de retroalimentación.
- **Contribución al PIB:** la contribución al PIB será de \$12,515 millones de pesos en Sinaloa y de \$14,173 millones en el resto del país acumulado en los cuatro años de construcción de la planta.

- **Impuestos netos de subsidios sobre los productos:** el impacto será por \$54 millones de pesos en Sinaloa y \$127 en el resto del país. Este indicador refleja la fracción del valor productivo y comercial que es captada por el estado, dotando al gobierno de mayores recursos potenciales para el desarrollo de infraestructura y servicios públicos.
- **Remuneración de asalariados:** se generarán \$3,222 millones de pesos en salarios en Sinaloa, y \$3,297 millones en el resto del país. Esta cifra constituye la inyección de liquidez a los hogares, que mejora el ingreso y el bienestar social de las familias.

El análisis para la etapa de operación de la planta indica el beneficio y desarrollo económico constante que representará la ejecución de este proyecto. Beneficiando año tras año de operación en los siguientes agregados económicos:

- **Producción:** la fase de operación de Mexinol detonará un impacto económico total de \$18,260.96 millones de pesos en Sinaloa y \$1,995.12 millones de pesos en el resto del país. Estas cifras reflejan la demanda directa, así como los efectos indirectos sobre los sectores proveedores, los efectos de desbordamiento de ambas regiones y su retroalimentación.
- **Población ocupada:** la inversión generará 1,443 personas ocupadas en Sinaloa y 1,350 en el resto del país de manera constante durante la operación de la planta. Estos datos incluyen el personal ocupado directo, indirecto, desbordado hacia otra región y de retroalimentación.
- **Contribución al PIB:** la contribución al PIB será de \$13,659.11 millones de pesos en Sinaloa y de \$1,272.83 millones en el resto del país.
- **Impuestos netos de subsidios sobre los productos:** el impacto será por \$3.76 millones de pesos en Sinaloa y \$14.07 en el resto del país. Este indicador refleja la fracción del valor productivo y comercial que es captada por el estado, dotando al gobierno de mayores recursos potenciales para el desarrollo de infraestructura y servicios públicos.
- **Remuneración de asalariados:** se generarán \$174.14 millones de pesos en salarios en Sinaloa, y \$149 millones en el resto del país. Esta cifra constituye la inyección de liquidez a los hogares, que mejora el ingreso y el bienestar social de las familias.

En definitiva, los resultados confirman que Mexinol no solo transformará su entorno industrial inmediato, sino que actuará como un motor de desarrollo estratégico, consolidando cadenas de suministro y generando un beneficio económico tangible a largo plazo.

## Capítulo 2.

# Modelo Econométrico (ME)



## INTRODUCCIÓN

Por medio de la metodología econométrica se evaluó el impacto de la inversión de Pacífico Mexinol sobre el empleo. Para efectos de este trabajo, se utilizó la variable población ocupada como explicada y la Formación Bruta de Capital Fijo (FBCF) y Producto Interno Bruto (PIB) como explicativas.

La población ocupada comprende a la cantidad de personas trabajando (formal e informal), la FBCF es el aumento de cantidad de activos productivos, en tanto bienes de capital (infraestructura, maquinaria y existencias) como la contratación de mano de obra. El PIB es el valor monetario total de los bienes finales producidos.

Se seleccionaron únicamente estas dos variables explicativas porque, además de la FBCF, la inversión constituye un componente esencial del PIB. Asimismo, se evitó la inclusión de variables adicionales para prevenir problemas de redundancia informativa o multicolinealidad, conceptos fundamentales en la teoría econométrica.

Para el análisis empírico se empleó una metodología de datos panel (DP), la cual integra unidades transversales y temporales. La muestra comprende cuatro estados (Baja California, Baja California Sur, Sinaloa y Sonora) durante el periodo 2007-2023. La adopción de esta técnica se justifica para mitigar las limitaciones de datos observados en la FBCF, permitiendo así una mayor robustez y capacidad de inferencia estadística. La selección de las entidades federativas responde a su proximidad geográfica y a las estrechas relaciones económicas que mantienen entre sí.

La técnica de DP se distingue por que es útil para medir aquellas diferencias o características inobservables entre las unidades transversales y temporales que influyen en la variable que se busca explicar, que en este caso es el empleo. Para esto, tal técnica define tres tipos de estructuras: POLS (*Pooled Ordinary Least Squares*), FE (*Fixed Effects*) y RE (*Random Effects*) por sus siglas en inglés (Gujarati & Porter, 2010).

El soporte teórico del modelo radica en las teorías del empleo y sus determinantes. La teoría económica clásica supone que el empleo es una mercancía y como tal, es parte de un mercado de oferta y demanda que permite la flexibilidad de los salarios para llegar a un equilibrio de pleno empleo, donde el empleo es voluntario (Argoti, 2011).

Sin embargo, la década de los años 30 del siglo pasado dejaría en entredicho tales afirmaciones. Por lo tanto, surgirían nuevas teorías para describir de manera más completa los fenómenos acontecidos. En contraste a la teoría clásica, la teoría Keynesiana dicta que el empleo no es voluntario sino involuntario y, que los salarios no son flexibles sino rígidos. Keynes, atribuye que el desempleo es un fenómeno que obedece a variables que estimulan la demanda de trabajo (Ros, 2012).

Aunado a esto, existen tres tipos de desempleo. El **desempleo cíclico** que toma en cuenta el contexto macroeconómico y es atribuido a componentes de la demanda como la inversión, PIB, consumo y exportaciones. El **desempleo friccional** que surge de la decisión de las personas por encontrar una mejor remuneración. Finalmente, está el **desempleo estructural** que toma en cuenta componentes de oferta laboral, como la educación, experiencia, etc. (Yáñez, 2011).

En ese sentido, el modelo econométrico planteado en este apartado sigue a determinantes del ciclo económico, propuesto por la teoría de la demanda de trabajo keynesiana, haciendo énfasis en el interés de la inversión como determinante del empleo.

El objetivo de este análisis es medir los empleos generados por una inversión de la magnitud de Pacífico Mexinol en el estado de Sinaloa. Para lograr tal propósito se utilizaron los resultados del modelo y se adaptaron a los datos de inversión de dicho proyecto.

Finalmente, es importante precisar que las limitaciones de este modelo econométrico se centran en que no se miden las diferencias estructurales entre los estados utilizados, además de que no desagrega los empleos generados directos de los indirectos. En este último caso, se siguen criterios propuestos por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2025) y el Diario Oficial de la Federación (DOF, 2025).

## **METODOLOGÍA**

De acuerdo con la teoría econométrica de DP, se estimaron tres modelos: POLS, RE y FE. En la tabla 1 se muestran las variables utilizadas.

Tabla 1. Descripción de las variables.

Variable	Concepto	Unidad	Fuente
Empleo	Población ocupada	Total	INEGI
PIB	Producto Interno Bruto	Millones MXN	BIE
FBCF	Formación Bruta de Capital Fijo	Millones MXN	BIE

Fuente: elaboración propia.

La población ocupada comprende el total de personas que trabajan, tanto en el sector formal como informal. El PIB se obtuvo de las bases de datos del INEGI, expresado a precios constantes del 2018. Finalmente, la FBCF se define como la inversión total en adquisiciones de activos fijos, ya sean nuevos o existentes.

Debido a que este tipo de modelos utilizan datos temporales, se debe de probar que las series sean estacionarias. En esencia, se dice que una serie es estacionaria cuando las observaciones se mueven alrededor de su media, sin presentar tendencia. Se dice que una serie es no estacionaria si presenta el problema de raíz unitaria, lo que conlleva a obtener resultados falsos, lo que en la teoría econométrica se le conoce como el problema de la *regresión espuria* (Wooldridge, 2010).

En caso de que las series sean no estacionarias, se debe de probar cointegración por el método Engle-Granger. Este método consta de dos pasos: primero se prueba que las variables sean estacionarias del mismo orden de manera independiente, por ejemplo, estacionarias en primeras diferencias I (1). Posteriormente se estima la regresión con las variables I (0) y los residuos del modelo se someten a prueba de estacionariedad. Si los residuos se comportan estacionarios, las variables cointegran, lo que significa que las variables tienen relación en el largo plazo y el modelo con las variables I (0) es adecuado.

Adicionalmente, los resultados del modelo elegido se someten a pruebas para confirmar la violación o no de supuestos que siguen la estructura de un modelo de regresión lineal: distribución normal de los errores, no multicolinealidad, homocedasticidad y no autocorrelación.

Se dice que los errores se distribuyen de una manera normal si los errores medidos entre la diferencia de los valores observados y estimados no son altos. La multicolinealidad se presenta cuando las variables explicativas están altamente correlacionadas que, en esencia, es redundancia

en la información. La homocedasticidad implica que la varianza de los errores es constante a lo largo de todas las observaciones y niveles de las variables independientes. Como último supuesto, la no autocorrelación establece que los errores no están correlacionados a través del tiempo o entre observaciones, es decir, que son independientes entre sí (Gujarati & Porter, 2010).

Como ya se mencionó anteriormente, los modelos DP se pueden definir en tres estructuras: POLS, FE Y RE. Los primeros se centran en medir la relación entre las variables y no miden las diferencias estructurales entre los efectos temporales o transversales. En cambio, los segundos y los terceros, agregan tales diferencias de manera distinta.

La elección del modelo (entre POLS, FE Y RE), depende de la estructura de los datos y de aspectos cualitativos que tienen que ver con el enfoque u objetivos de la investigación. Por ejemplo, si el interés de la investigación se centra más en los parámetros resultantes y no en medir las diferencias entre unidades transversales y temporales y, se trabaja con una muestra para inferir resultados de una población mayor, los RE son más adecuados (Baronio & Vianco, 2014).

De igual manera, para la elección del modelo, los resultados se someten a la prueba de Hausman. Esta prueba tiene como hipótesis la no endogeneidad de las variables explicativas, pues asume que no hay correlación entre los regresores y el término de error. Si la hipótesis se acepta, los estimadores de RE son más consistentes que los estimadores de FE (Stock & Watson, 2012).

Debido a que el interés de este trabajo se centra en los parámetros resultantes y no en los efectos individuales o temporales, para efectos de este estudio se opta por un RE. Sin embargo, se estimaron modelos con efectos temporales para someterlos a las debidas pruebas y así respaldar el resultado de la elección con el método técnico riguroso que sugiere la teoría econométrica. A continuación, se explica cada una de las tres estructuras. La estructura de los POLS sigue la forma:

$$Empleo_{it} = \theta + \beta_1 PIB_{it} + \beta_2 FBCF_{it} + \mu_{it}$$

Donde  $\theta$  es el intercepto de la ecuación,  $\beta_1$  y  $\beta_2$  son los coeficientes de las variables PIB y FBCF respectivamente, y  $\mu_{it}$  es el término error. Además, los sub-índices "i" y "t" denotan a las entidades federativas y años.

$$Empleo_{it} = \theta + \beta_1 PIB_{it} + \beta_2 FBCF_{it} + \alpha_t + \mu_{it}$$

En cambio, los FE agregan variables indicadoras al modelo para medir los efectos. Donde  $\alpha_t$  es un vector de heterogeneidad en la dimensión temporal. Este parámetro va acompañado de una variable dicotoma que toma el valor de 1 para el año que se quiera analizar y 0 para el resto. De esta manera, el parámetro se agrega al intercepto para tener una ecuación por cada año y medir tales diferencias.

$$Empleo_{it} = \theta + \beta_1 PIB_{it} + \beta_2 FBCF_{it} + \mu_t + \varepsilon_{it}$$

En contraste a los FE, en los RE la heterogeneidad está dentro del error compuesto, de manera que  $v_{it} = \mu_t + \varepsilon_{it}$ , lo que indica que tal efecto o heterogeneidad es constante para todos los individuos (en este caso estados) a través del tiempo. Para que este modelo sea adecuado,  $\mu_t$  no debe estar correlacionado con las variables explicativas (Wooldridge, 2010).

### Resultados de las pruebas del modelo econométrico

En primera instancia, es importante precisar que se estimaron modelos log-log para obtener una regresión lineal. Pasando al análisis de estacionariedad, se realizaron tres pruebas: ADF, P.P. y KPSS. Las pruebas ADF y P.P. tienen como hipótesis nula que la serie es no estacionaria, mientras que la prueba KPSS tiene como hipótesis estacionariedad. Los resultados de la tabla 2 muestran que tanto en ADF como en KPSS, todas las variables no son estacionarias en niveles, pero sí lo son en las primeras diferencias de los logaritmos.

Por parte de P.P., los logaritmos de las variables Empleo y PIB son no estacionarias en niveles, pero las tres variables son estacionarias en primeras diferencias. Ante la discrepancia de la prueba P.P. en la variable FBCF, se opta por el criterio de superioridad, además de que en primeras diferencias se vuelve estacionaria. Por lo tanto, se concluye que las series son I (1) de manera independiente, por lo que se aprueba el primer paso del método Engle-Granger.

Tabla 2. Pruebas de raíz unitaria.

Variable	ADF	P.P.	KPSS
Empleo	0.53   (0.04)	0.58   (0.01)	0.01   (>0.1)
PIB	0.64   (0.03)	0.72   (0.01)	0.04   (>0.1)
FBCF	0.37   (0.01)	0.01   (0.01)	0.01   (>0.1)

Fuente: elaboración propia.

Nota: los resultados de la tabla muestran el p-valor de cada prueba. El resultado entre paréntesis indica el p-valor de las primeras diferencias de los logaritmos.

Para la elección del modelo se realizó la prueba F de significatividad conjunta de los efectos, la prueba del multiplicador de Lagrange de Breusch-Pagan y la prueba de Hausman. La primera prueba contrasta el POLS con el FE. De acuerdo con los datos, la hipótesis de la primera prueba se acepta, por lo que se considera que los efectos fijos son redundantes y se opta por POLS.

La segunda prueba se utiliza para elegir entre el POLS y RE. La hipótesis se rechaza, lo que indica que RE es más consistente que POLS. Por último, se aceptó la hipótesis nula de la prueba de Hausman, lo que refuerza la decisión de optar por RE.

Posteriormente a la elección del modelo, se realizó la prueba de Chow para permanencia estructural, la cual dio como resultado inestabilidad en los coeficientes durante la muestra. Se detectaron tres cambios estructurales en las observaciones de Sinaloa 2023, Baja California 2008 y Baja California Sur 2011.

Por lo tanto, se agregaron tres variables dummy para modelar dichos cambios. Sin embargo, solamente el cambio estructural de Sinaloa 2023 es estadísticamente significativo, por lo que se omitieron las otras dos variables dummy. Como complemento, se realizó la prueba de Wald de restricciones lineales de parámetros. Esta prueba compara el modelo elegido (RE) con y sin la variable dummy. La hipótesis nula se rechaza, lo que indica que el modelo corregido con la variable dummy es mejor y explica el cambio estructural.

Ya elegido el modelo se realizaron pruebas de multicolinealidad, homocedasticidad y no autocorrelación. Para probar multicolinealidad se utilizaron las pruebas del Factor de Inflación de la Varianza (VIF) y la matriz de correlación de Pearson. Los resultados arrojaron un VIF de 1.60 tanto para el PIB como para la FBCF, y de 1.00 para la variable dummy. Asimismo, los resultados de la segunda prueba se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Matriz de correlación de Pearson.

Variable	PIB	FBCF	Dummy
PIB	1.00	0.56	0.02
FBCF	0.56	1.00	0.01
Dummy	0.02	0.01	1.00

Fuente: elaboración propia.

Los resultados de ambas pruebas muestran cierto grado de correlación entre las variables explicativas, pero de acuerdo con Gujarati & Porter (2010) los parámetros resultantes no representan un problema grave, ya que esto se considera a partir de un VIF mayor que 5 o una correlación de Pearson mayor a 0.70.

Para homocedasticidad y no autocorrelación se realizaron las pruebas Wald y Breusch-Godfrey multiplicador de Lagrange. En ambas pruebas se rechaza la hipótesis, confirmando heterocedasticidad y autocorrelación. Para corregir dicho problema, el modelo se estimó con *errores estándar robustos tipo Arellano*. Tal técnica es adecuada para modelos de DP, ya sea con efectos individuales o temporales (Millo, 2017).

En adición, la prueba de Shapiro-Wilk nos indica que los errores del modelo no siguen una distribución normal. Sin embargo, de acuerdo con el Teorema del Límite Central (TLC), una muestra con 68 observaciones tiende a una distribución normal en los errores (Martínez, Torres, Aragonés, Gil, & Juan, 2009).

Asimismo, Wooldridg (2010) lo explica sugiriendo que el uso de errores estándar robustos permite inferencias estadísticas válidas (intervalos de confianza y p-valores consistentes) a pesar de la falta de normalidad en la distribución de los errores.

Por último, se realizó el segundo paso de la prueba Engle-Granger, dando como resultado que los residuos de RE son estacionarios y las variables cointegran. Sin embargo, Noriega & Ventosa (2006) recaudaron evidencia empírica que apunta a que en modelos con cambio estructural el método Engle-Granger en su forma sencilla no es suficiente.

Para tales casos, el método Gregory-Hansen es más robusto. Los resultados de esta prueba indican que las variables cointegran y que, el punto de quiebre se ubica en la observación 16, dato que corresponde a Sinaloa 2022 (una observación antes del punto de quiebre ya estimado), por lo que

se puede concluir con que el cambio estructural se presenta al final del período 2007-2023 en el estado de Sinaloa.

*Tabla 4. Prueba Gregory-Hansen.*

Estadístico	1%	5%	10%	t-estadístico	Break point
PP_Zt	-5.44	-4.92	-4.69	-5.28	16
PP_Zα	-57.01	-46.98	-42.49	-45.15	16

Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto, se concluye que RE es adecuado para efectos de esta investigación. La estimación del modelo tiene como resultado la siguiente ecuación:

$$Empleo_{it} = 1.88 + 0.89PIB_{it} + 0.03FBCF_{it}$$

El modelo presenta un intercepto de 1.88. Los coeficientes de impacto sobre el empleo son 0.89 para el PIB y 0.03 para la FBCF, indicando una relación positiva en ambos casos. Tales coeficientes, representan un promedio de las unidades transversales (Estados) utilizadas en el modelo. El coeficiente resultante de la FBCF (0.03) se adaptó a la inversión de Mexinol en el estado de Sinaloa. Tal proceso se detalla en el siguiente apartado de resultados.

## RESULTADOS

Como se esperaba, las variables PIB y FBCF tienen el signo esperado y son estadísticamente significativas. Debido a que el modelo se estimó en logaritmos, los coeficientes resultantes se interpretan en elasticidades: ante un aumento del 1% del PIB el empleo aumenta en 0.89%, mientras que un aumento del 1% en la FBCF provoca un aumento de 0.03% en el empleo.

La bondad de ajuste del modelo es 0.95, lo que significa que el PIB y la FBCF explican en un 95% al empleo. Lo anterior permite afirmar que es un modelo muy robusto y estadísticamente significativo. Adicionalmente a RE, la tabla 5 muestra las estimaciones en las otras estructuras (POLS y FE).

Tabla 5. Resultados de las estimaciones, variable dependiente Empleo.

Variable/modelo	POLS	FE	RE
Intercepto	1.88 (0.34)***	1.98 (0.37)***	1.88 (0.16)***
PIB	0.89 (0.03)***	0.87 (0.03)***	0.89 (0.01)***
FBCF	0.03 (0.02)	0.04 (0.03)	0.03 (0.01)**
Dummy			0.28 (0.009)***
$R^2$	0.94	0.95	0.95
N*T	68	68	68
<b>Pruebas de diagnóstico</b>			
Hausman Test (p-val)			0.62
Wald Test Heter (p-val)			(0.003)
Breusch-Godfrey LM Test (p-val)			8.155e-12
Chow-Test (p-val)			0.003
Test de efectos redundantes (p-val)	0.97		
Breusch-Pagan LM Test (p-val)			2.2e-16

Fuente: elaboración propia.

Nota: Se estimaron tres modelos log-log de datos panel siguiendo la estructura de datos agrupados, efectos fijos y efectos aleatorios. Los errores estándar se muestran en los paréntesis. Los asteriscos denotan el nivel de significancia de las variables: p-valor<0.10\*, p-valor<0.05\*\*, p-valor<0.01\*\*\*.

Adicionalmente, se adaptaron los resultados del modelo econométrico a una inversión de la magnitud Pacífico Mexinol en el estado de Sinaloa. En primera instancia, se obtuvieron los empleos generados por cada millón invertido en FBCF, para lo cual se detallan los siguientes pasos:

1. Se aplicó 1% y 0.03% a la FBCF y Empleo respectivamente en todos los datos del período estudiado (2007-2023) para el caso de Sinaloa. Ejemplo: 1% a la FBCF que registra Sinaloa en 2007 y 0.03% al total del empleo que registra dicho estado en el mismo año.
2. Posteriormente, se dividió el valor resultante del empleo entre el valor resultante de la FBCF para obtener la cantidad de empleos por millón invertido en FBCF por cada año de la serie (ya que los datos de la variable FBCF están en millones de pesos).
3. Ya obtenida la cantidad de empleos por millón para cada año, se calculó un promedio de la serie.
4. El promedio resultante es 7.95 empleos por cada millón invertido en FBCF en Sinaloa.

Asimismo, debido a que los datos de FBCF ingresados al modelo son el reflejo de inversión tanto privada como pública, donde se encuentran agregados todos los sectores y no de un sector en específico, se utilizaron criterios a nivel general. De acuerdo con INEGI, la FBCF representa el 25% del PIB en México, por lo que se tomó tal porcentaje y se multiplicó por el total de la inversión de Pacífico Mexinol (31, 755 millones de pesos), obteniendo 7,938.8 millones de pesos. Posteriormente, se multiplicó 7.95 por 7,938.8, dando como consecuencia un total de 63,113 empleos generados.

Tal resultado se puede interpretar como el total de empleos generados por la inversión de Mexinol en FBCF en la etapa de construcción (incluida la inversión en el estado de Sinaloa y en el resto del país), considerando empleos directos, indirectos, efectos de desbordamiento y retroalimentación, pues según Manski (1993), en los modelos lineales es difícil diferenciar entre el efecto endógeno y exógeno (características externas o socioeconómicas de otros individuos o regiones que tienen influencia en el comportamiento propio).

Adicionalmente, si nos queremos aproximar al total de empleos directos que se generarán, el presente trabajo propone el siguiente proceso. Considerando que el 90% de la inversión de Pacífico Mexinol radicada en México se va a realizar en el estado de Sinaloa (y el 10% en el resto de los estados), se aplicó tal porcentaje al total de empleos estimados, obteniendo un aproximado de 56,802 empleos generados por la inversión en el estado de Sinaloa.

También, en el sector construcción no residencial el costo total de mano de obra aproximado por proyecto en México representa el 29.5% (DOF, 2015). Por tanto, se espera que al aplicar tal porcentaje a los 56,802 nos aproximemos a los empleos directos generados por Mexinol.

Como resultado final, de acuerdo con los datos utilizados en el modelo y siguiendo criterios a nivel nacional, una inversión en FBCF de la magnitud de Pacífico Mexinol en el estado de Sinaloa genera un aproximado de 16,757 empleos directos en todo el período de construcción de la planta.

Considerando que la etapa de construcción de la planta tomará 4 años, el resultado promedio es de 4,189 empleos por año.

Tabla 6. Resultados.

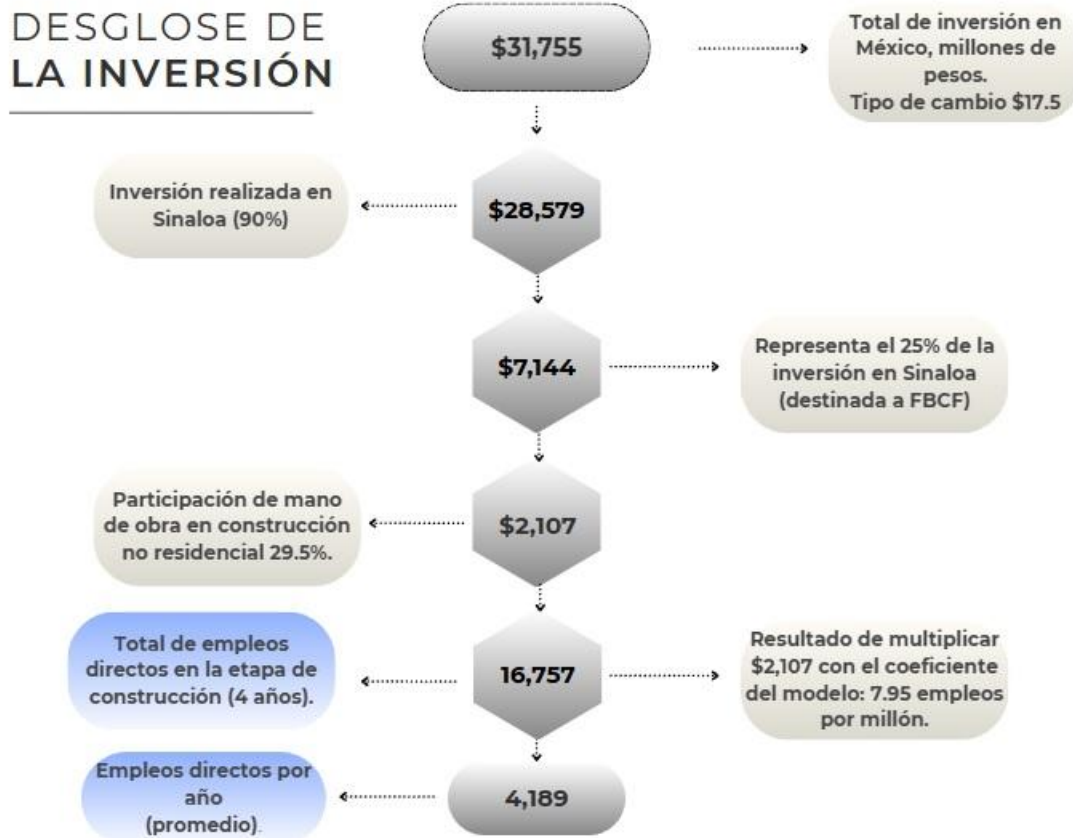
Concepto	Indicador	Unidad	Observación
Empleos	7.95	Empleo por millón de pesos	Se multiplicaron los empleos por millón por el total del porcentaje de la inversión en FBCF.
25% de la inversión total (inversión en FBCF).	7, 938.80	Mil Millones de pesos	
Total de empleos generados por inversión en FBCF en Sinaloa y resto del país.	63,113	Empleos	Se multiplicó el total de empleos por el 90%
Inversión radicada en Sinaloa.	90%	Porcentaje	
Empleos generados por inversión en FBCF en Sinaloa.	56,802	Empleos	Comprende empleos directos, indirectos, efectos de desbordamiento y de retroalimentación.
Mano de obra del total en construcción no residencial.	29.5%	porcentaje	Se multiplica 29.5% por 56,802 para obtener empleos directos.
Empleos directos	16,757	Empleos	Empleos directos totales en la etapa de construcción.
Empleos directos por año	4,189	Empleos	Empleos directos por año.

Fuente: elaboración propia.

## CONCLUSIONES

Como final de este análisis, se puede sustentar que tomando en cuenta que el 90% de la inversión radicada en México se realizará en el estado de Sinaloa, siguiendo los criterios a nivel nacional que indican que la FBCF representa el 25% del PIB y, que el 29.5% de obra en construcción no residencial se orienta a mano de obra, el total de empleos directos generados por una inversión de la magnitud de dicho proyecto en el contexto del estado de Sinaloa se aproxima a 4,189 por año.

El siguiente diagrama explica el desglose de la inversión para llegar a tales conclusiones, tomando en cuenta el indicador de empleos por millón invertidos en FBCF que resulta del modelo econométrico.



Fuente: elaboración propia.

## Capítulo 3.

# Modelo Machine Learning (ML)



## INTRODUCCIÓN

La presente metodología cuantifica la trayectoria temporal del empleo en el estado de Sinaloa ante un choque exógeno de inversión equivalente a \$1,814 millones de dólares, derivado del desarrollo de la planta Mexinol. Mientras que la metodología de Insumo-Producto proporciona una radiografía estática y estructural sobre los multiplicadores intersectoriales, este análisis captura los efectos dinámicos de la economía. Este enfoque utiliza una arquitectura híbrida, compuesta en un primer paso por técnicas de Aprendizaje Automático (*Machine Learning*), y posteriormente por un sistema de Vectores Autorregresivos con Variables Exógenas (VARX).

El modelo anterior permite medir, además de los empleos generados, el tiempo que estos tardan en ser concretados en la economía local. Modelos de este tipo son capaces de pronosticar dos escenarios, uno sin inversión y otro con inversión, denominados *inercial* y *exógeno*, respectivamente. La diferencia de estos dos escenarios permite cuantificar la generación de empleos producto de una nueva inversión. Por lo anterior, si aplicamos este modelo a un contexto regional con datos de inversión como es el caso de la construcción de una planta para producir metanol en Sinaloa, obtendremos una predicción de empleos generados por Mexinol. Algunas limitaciones del enfoque utilizado son la maldición de la dimensiones (*the curse of dimensionality*), el supuesto de exogeneidad, el sobreajuste (*overfitting*), la selección de hiperparámetros en particular la cantidad de rezagos, la dificultad de la interpretación estructural y el requisito de estacionariedad. A pesar de que dichas limitaciones fueron mitigadas a través de técnicas estadísticas y computacionales probadas en literatura científica, estos resultados deben ser entendidos con cautela.

## METODOLOGÍA

### Obtención de la base de datos

La base de datos utilizada abarca un horizonte temporal desde el primer trimestre de 2005 hasta el segundo trimestre de 2025, con un total de 82 trimestres y 128 variables. Las variables fueron clasificadas en los siguientes grupos: macroeconomía, flujos de capital, sector primario, secundario y terciario, finanzas públicas y dinamismo empresarial.

La dinámica macroeconómica y monetaria se obtuvieron de registros oficiales del INEGI y Banco de México (Banxico). La población ocupada se extrajo de los microdatos de la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE), segmentada por género y región. El Producto Interno Bruto (a precios constantes de 2018), la inflación (INPC) y el Índice de Volumen Físico de la Actividad Industrial y la Formación Bruta de Capital Fijo (FBKF) se integraron directamente de las series del Banco de Información Económica de INEGI. De Data México (Secretaría de Economía) fueron bajados los datos correspondientes de flujos de capital, comercio exterior, reinversión de utilidades y cuentas entre compañías.

La información del sector primario y la infraestructura hídrica fueron recabados de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). Para el modelado del estrés hídrico, se extrajeron los volúmenes de almacenamiento ( $\text{mm}^3$ ) e índices de llenado de las principales presas del estado a través del Sistema Nacional de Información del Agua (CONAGUA).

Las variables de finanzas públicas y dinamismo empresarial requirieron fuentes heterogéneas. Los datos portuarios fueron recopilados de reportes históricos de la Secretaría de Marina (SEMAR) para cuantificar el tráfico de buques y tonelaje por tipo de mercancía en el Puerto de Topolobampo. Los flujos carreteros e ingresos por peaje se obtuvieron de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. En materia fiscal, las estadísticas de recaudación estatal (Impuesto Sobre Nómina y Hospedaje) y las transferencias federales, junto con patentes y marcas fueron tomadas de fuentes oficiales.

### **Preprocesamiento y transformación (IHS)**

Las series de tiempo macroeconómicas, particularmente las de Inversión Extranjera Directa (IED), exhiben alta volatilidad, heterocedasticidad y presencia de valores nulos o negativos. Para estabilizarlas hay que aplicar diversas transformaciones y técnicas de imputación de valores faltantes. Estas transformaciones son estándares en la literatura académica.

Primero se realizaron interpolaciones para eliminar valores faltantes, luego se aplicó una transformación Seno Hiperbólico Inverso (IHS) a las variables continuas. Esta función maneja asimetrías extremas y permite interpretar los coeficientes resultantes como pseudo-elasticidades, garantizando que la magnitud absoluta del choque de Mexinol no desestabilice la convergencia del

sistema de pronóstico. Y por último la transformación en primeras diferencias para garantizar estacionariedad.

### **Reducción de dimensionalidad**

Para reducir el efecto de la alta dimensionalidad de los datos (128 variables) se utilizó un enfoque de Aprendizaje Automático (Stock, J. H. & Watson, M. W., 2002; Mullainathan, S. & Spiess, J., 2017), el cual se desglosa en dos siguientes pasos.

Un paso de agrupamiento y un paso de selección de representantes.

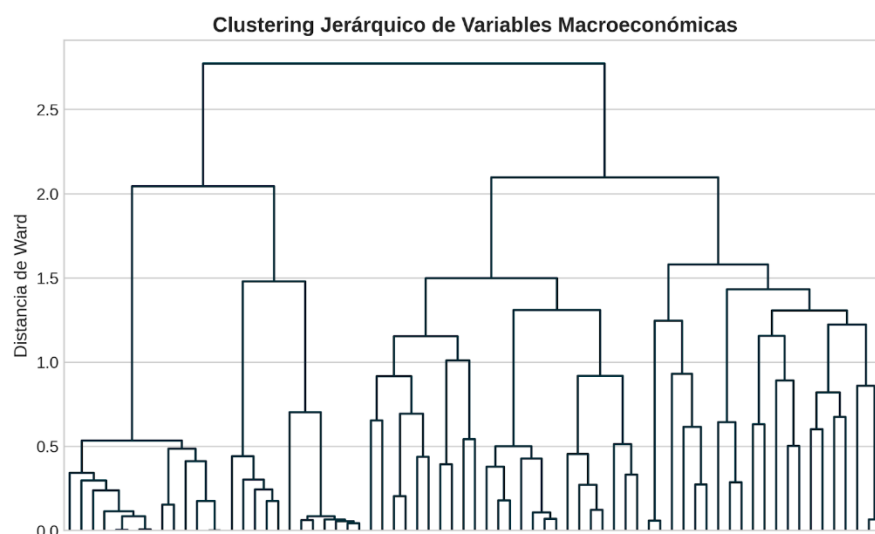
#### 1. Clustering jerárquico (*Método de Ward*)

La matriz de correlación de Spearman (figuras 1a y 1b), la cual mide la correlación entre todas las variables, puede ser convertida a una matriz de distancias. Esta matriz es la entrada (*input*) para algoritmos de agrupamiento (*clustering*). En particular se utilizó el agrupamiento jerárquico de *Ward*. Esto genera grupos de variables con información económica similar, lo que permite seleccionar representantes de cada grupo. Por ejemplo, uno esperaría que las variables agrícolas tengan comportamiento similar y se agrupen de manera automática, lo que implica que al elegir una variable, esta se vuelve un arquetipo de todo el grupo. Se utilizaron 16 grupos.

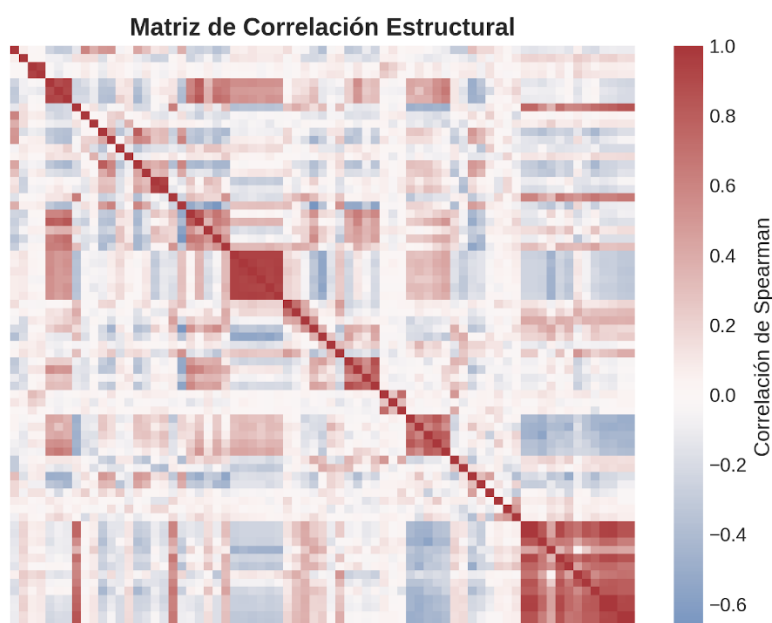
#### 2. Regularización *Elastic Net*

¿Cómo elegir al mejor representante de cada grupo? Esta interrogante se aborda a través de la *Elastic Net* (Zou, H. & Hastie, T., 2005), técnica que asigna calificaciones a cada variable. Estas calificaciones caracterizan el poder predictivo de ellas. Entonces, simplemente elegimos la que tenga un mayor valor predictivo dentro de un mismo grupo.

Sobre los grupos generados, se optimizó una regresión penalizada. Por medio de validación cruzada (*k-fold CV*) se encontraron los hiperparámetros adecuados de penalización L1 LASSO, y los de L2 Ridge. La técnica *Elastic Net* combina ambos y permite encontrar un subconjunto de predictores con el mayor poder explicativo.



**Gráfico 1a:** Esta figura ilustra la jerarquía de aglomeración de las variables macroeconómicas mediante el método de Ward. La longitud de los enlaces verticales denota la distancia estadística entre clústeres derivada de la matriz de correlación.



**Gráfico 1b:** Esta figura presenta el mapa de calor (*heatmap*) de las correlaciones de Spearman. Las correlaciones positivas se muestran en tonos cálidos y las negativas en tonos fríos.

### Motor econométrico (VARX) y simulación

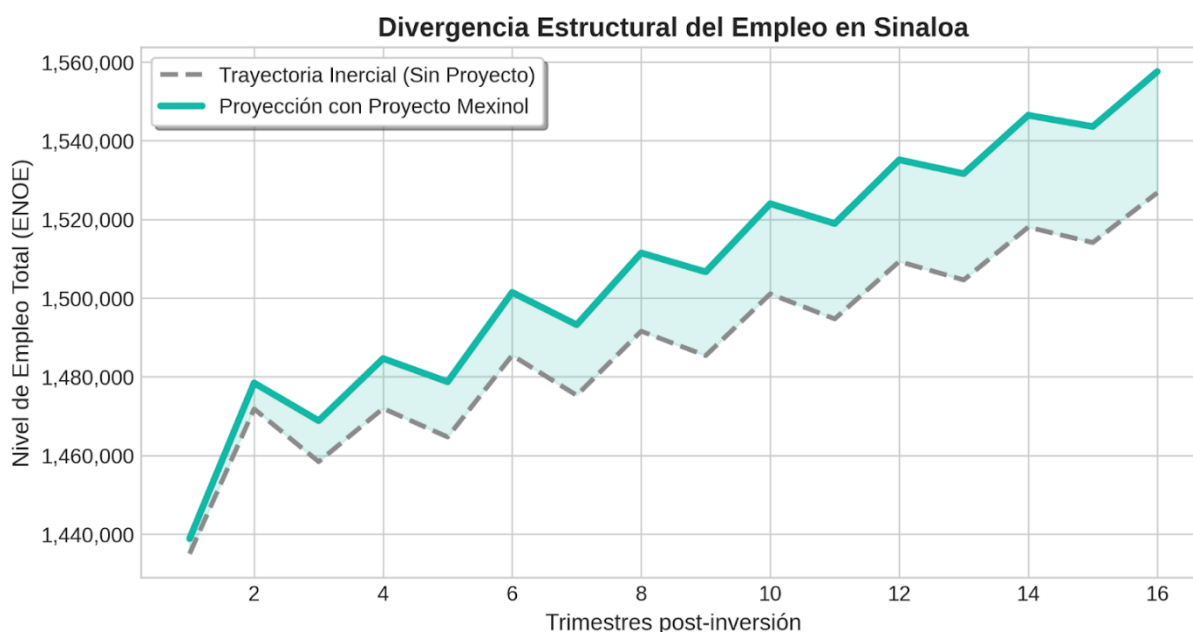
El subconjunto óptimo de variables seleccionado por el algoritmo *Elastic Net* conformó un sistema de Vectores Autorregresivos con Variable Exógena (VARX) (Sims, C. A., 1980; Kilian L., 2006). El rezago óptimo del sistema se fijó en  $p=1$  para preservar los grados de libertad de la muestra trimestral e impedir la explosión de las raíces del polinomio característico.

La inyección de capital de Mexinol se modeló como una variable exógena introducida al sistema. Para medir la propagación temporal del choque, se calculó la Función Respuesta al Impulso Ortogonalizada (OIRF). La descomposición de Cholesky aplicada a la matriz de varianzas y covarianzas de los errores permitió aislar las innovaciones estructurales del sistema. La OIRF midió el efecto marginal y acumulativo del capital sobre la creación neta de empleo a lo largo de un horizonte de simulación proyectado a 16 trimestres, tiempo de construcción de la planta.

## RESULTADOS

Para predecir el impacto de la inversión de Mexinol sobre el empleo en Sinaloa, se asumió una inyección de capital exógeno de \$1,814 millones de dólares, convertidos con un tipo de cambio de 17.50 pesos mexicanos por dólar. También se supuso que dicha inversión se distribuye de forma igualitaria en 16 trimestres, tiempo en el que se desarrolla la construcción de la planta. Se modelaron dos tipos predicción, una sin la inversión denominada inercial, y otra con la inversión llamada exógena. La diferencia entre ambas predicciones es el impacto sobre el empleo producto de la nueva inversión. Se entiende por empleo la cantidad total de personas ocupadas en Sinaloa.

La predicción inercial indica que al final del periodo de 16 trimestres habrá 1,540,416 personas ocupadas, mientras que la predicción exógena proyecta 1,563,689 personas ocupadas. La diferencia de 23, 272 entre ambas predicciones es el impacto de Mexinol sobre el personal ocupado. Tomando en cuenta que el periodo de construcción de la planta será de 4 años podemos estimar que Mexinol generará en promedio 5,818 empleos por año. La dinámica trimestral de este diferencial se muestra en el gráfico 2.



**Gráfico 2:** Esta figura compara la trayectoria inercial del empleo en Sinaloa (sin inversión) contra la trayectoria inducida por el choque exógeno de la inversión de Mexinol. El área entre ambas líneas es el diferencial estructural acumulado del personal ocupado en Sinaloa a lo largo de 16 trimestres.

De acuerdo a *Elastic Net* las variables que mejor predicen el empleo son: actividad industrial a nivel nacional, Valor de la Producción en Sinaloa y la correspondiente a nivel nacional. Esto genera una radiografía de la interacción económica y sugiere que tanto Mexinol como las autoridades locales presten atención especial a estas variables. La importancia de estas variables radica en:

- **Actividad industrial a nivel nacional:** es el índice que mide la evolución física de la producción de los sectores de minería, manufactura, construcción, electricidad, gas y agua. Es decir, muestra la variación de productos físicos y su impacto en el desarrollo nacional.
- **Valor de la producción en Sinaloa:** mide el valor total de los bienes y servicios producidos en Sinaloa que incluyen para su producción insumos nacionales, denotando el encadenamiento productivo regional. Esto se conoce como efectos intrarregionales, de desbordamiento (*spillover*) y retroalimentación (*feedback*).

- **Valor de la producción a nivel nacional:** mide el valor total de bienes y servicios en México que incluye para su producción insumos estatales, mostrando el entramado productivo de la economía nacional con la local.

## CONCLUSIONES

La modelación dinámica híbrida (ML + VARX) converge con las estimaciones de los insumo-producto y econométrico. El proyecto Pacifico Mexinol posee una capacidad catalizadora regional. La predicción inercial indica que al final del periodo de 16 trimestres habrá 1,540,416 personas ocupadas, mientras que la predicción exógena proyecta 1,563,689 personas ocupadas.

Dado que los empleos generados son producto de la diferencia entre la predicción inercial y exógena, se puede concluir que la inversión de Mexinol en los 4 años de construcción de la planta generará 23, 272 empleos formales. Por lo tanto, se estima que en promedio el proyecto será capaz de generar 5,818 empleos por año.

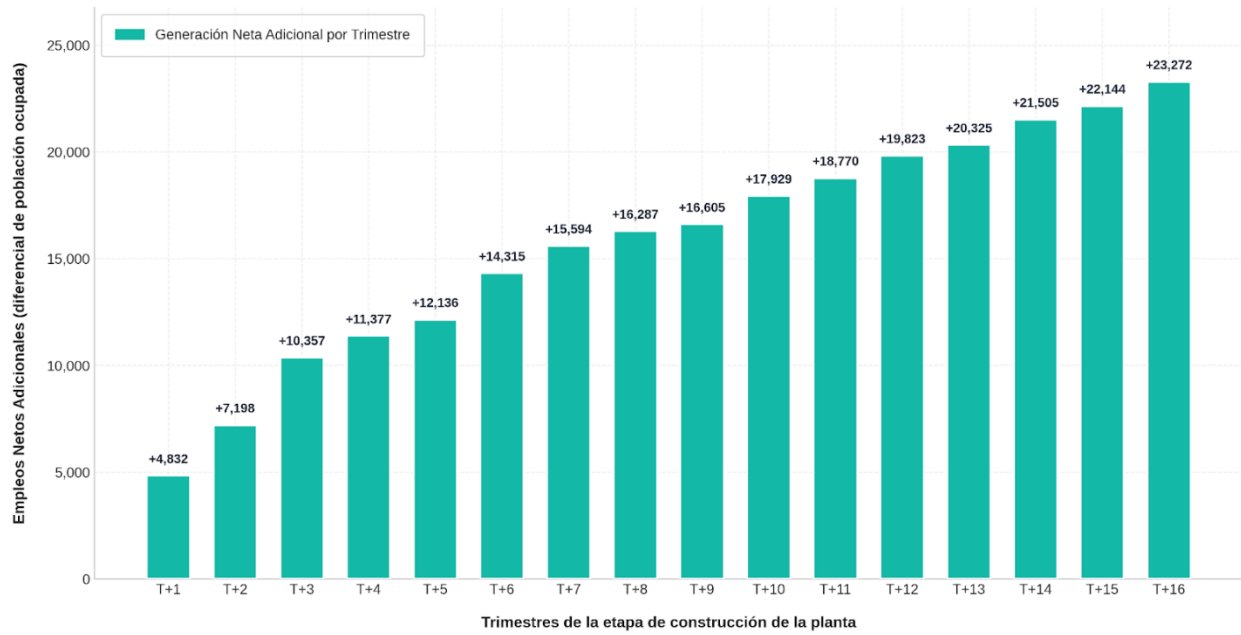
La gráfica 3 muestra la evolución de empleos netos generados, para trimestres particulares, durante la etapa de construcción de la planta de Mexinol. Este gráfico solo muestra cortes en el tiempo y no debe entenderse de forma acumulativa. Por ejemplo, si queremos visualizar los empleos netos generados al cierre del primer año debemos ubicarnos en la barra correspondiente al cuarto trimestre (T+4). Por lo anterior, la evolución en la generación de empleos por la inversión de Mexinol, tendrá los siguientes cortes anuales:

Evolución de la generación de empleos	
Tiempo	Empleos
Año 1	11,372
Año 2	16,605
Año 3	19,823
Año 4	23,272
Promedio	5,818

Fuente: Elaboración propia.

**Evolución del empleo trimestral en Sinaloa por la inversión de Mexinol**

*Según el modelo de Machine Learning*



**Gráfico 3:** Esta figura muestra la evolución de empleos netos generados durante la etapa de construcción de la planta, dividido por trimestres.

**REFERENCIAS**

- Argoti, A. (2011). Algunos elementos sobre la teoría clásica del empleo y la versión Keynesiana. *Revista Tendencias de la Universidad de Nariño*.
- Arriaga Navarrete, R., Ramírez Cedillo, E., & González Pérez, C. R. (2021). El empleo intersectorial en México: una guía para una política de empleo. *Contaduría y Administración*.
- Baronio, A., & Vianco, A. (2014). *Datos Panel. Guía para uso de Eviews*. Departamento de Matemáticas y Estadística, Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional del Río Cuarto.
- DOF, 2. d. (28 de Enero de 2015). *ACUERDO número ACDO.AS2.HCT.280125/22.P.DIR*. Obtenido de Diario Oficial de la Federación:  
[https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle\\_popup.php?codigo=5748453](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5748453)
- Gujarati, D., & Porter, D. (2010). *Econometría*. México, D.F.: Mc-GRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S..A. DE C.V.
- Isard, W. (1951). "Interregional and regional input-output analysis: a model of space economy". *Review of Economics and Statistics*, 318-328.
- Kammen, D., Kapadia, K., & Fripp, M. (2014). Putting renewables to work: how many jobs can the clean energy industry generate? *Tech. Rep. University of California*.
- Kilian, L. (2006). New introduction to multiple time series analysis. *Econometric theory*, 961-967.
- Leontief, W. (1986). *Input-Output Economics*. New York: Oxford University Press.
- Manski, C. (1993). Identification of Endogenous Social Effects: The Reflecion Problem. *The Review of Economic Studies*, pp. 531-542.
- Martínez, J., Torres, A., Aragonés, L., Gil, Á., & Juan, Á. (2009). Teorema del límite central. *Selección de actividades resueltas*.
- McKinsey Global Institute (MGI). (2017). *Reinventing construction: A route to higher productivity*. McKinsey & Company.
- Miller, R. E., & Blair, P. D. (2009). *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions*. New York: Cambridge University Press.
- Miller, R. E., & Blair, P. D. (2022). *Input-output analysis: foundations and extensions*. New York: Cambridge University Press.
- Millo, G. (2017). Robust Standard Error Estimators for Panel Models: A Unifying Approach. *Jornal of Statistical Software*.

- Mullainathan, S., & Spiess, J. (2017). Machine learning: an applied econometric approach. *Journal of Economic Perspectives*, 87-106.
- Nasirov, S., Girard, A., Peña, C., Salazar, F., & Simon, F. (2021). Expansion of renewable energy in Chile: Analysis of the effects on employment. *Energy*.
- Noriega, A., & Ventosa, D. (2006). *Cointegración Espuria: La prueba de Engle-Granger bajo la presencia de Cambios Estructurales*. Banco de México.
- Pyatt, G., & Round, J. (1979). "Accounting and fixed price multipliers in a social accounting matrix structure". *Economic Journal*, 850-873.
- Ros, J. (2012). La Teoría General de Keynes y la macroeconomía moderna. *Investigación Económica*, pp-19-37.
- Sims, C. A. (1980). Macroeconomics and reality. *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 1-48.
- Solís y Arias, J. V., Hernández García, V., & Mendoza Sánchez, M. A. (2024). "Análisis de la descomposición estructural de la matriz insumo-producto multiestatal de México 2013: efectos intrarregionales, de desbordamiento y de retroalimentación". *Realidad, Datos y Espacio Revista Internacional de Estadística y Geografía*, 64.
- Stock, J., & Watson, M. (2002). Forecasting using principal components from a large number of predictors. *Journal of the American Statistical Association*, 1167-1179.
- Stock, J., & Watson, M. (2012). *Introducción a la Econometría*. Madrid: Pearson Educación, S.A. de C.V.
- Stone, R. (1985). "The Disaggregation of the household sector in the national account". En G. Pyatt, & J. Round, *Social accounting matrices: a basis for planning* (págs. 145-185). Washington D. C.: World Bank.
- Wooldridge, J. (2010). *Econometric analysis of cross section and data panel*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press .
- Wooldridge, J. (2010). *Introducción a la econometría, un enfoque moderno*. México, D.F.: Cengage Learning Editores, S.A. de C.V.
- Yáñez, M. &. (2011). Determinantes del Desempleo: Una revisión de la literatura. *Panorama Económico*.
- Zou, H., & Hastie, T. (2005). Regularization and variable selection via the elastic net. *Journal of the Royal Statistical Society Series B: Statistical Methodology*, 301-320.

## ANEXOS

- Aspectos sobre el modelo:

El modelo estimado supone que las diferencias estructurales entre los estados permanecen constantes. Se estimó un modelo de efectos aleatorios en la dimensión temporal.

Asimismo, los datos de la FBCF son cifras expresadas en precios corrientes de mercado (incluyen inflación del período).

Las pruebas realizadas en las estimaciones y series de las variables del modelo se pueden consultar en las fuentes citadas.

Se utilizó el software R-Studio para las estimaciones y debidas pruebas.

- Aspectos sobre el cálculo de empleos generados para el caso Pacífico Mexinol:

En el modelo se utilizaron datos de FBCF que contienen inversión tanto pública como privada. Además, se toman en cuenta todos los sectores. Por lo tanto, el indicador resultante del modelo, son empleos por millón invertido en FBCF de acuerdo con el contexto.

Los resultados del modelo se adaptan a una inversión de la magnitud de Pacífico Mexinol en el contexto del estado de Sinaloa (usando datos de empleo y FBCF de Sinaloa).

Para aproximarse a los empleos directos, se tomaron en cuenta criterios a nivel nacional y general:

1. La FBCF se aproxima al 25% del PIB. <https://www.inegi.org.mx/app/saladeprensa/noticia/10499#:~:text=En%202024%2C%20la%20Formaci%C3%B3n%20Bruta%20de%20Capital,y%20los%20inmuebles%20comerciales%20y%20de%20servicios.>  
<https://www.inegi.org.mx/app/saladeprensa/noticia/9546#:~:text=En%202023%2C%20la%20Formaci%C3%B3n%20Bruta,12.9%20%25%20con%20respecto%20a%202022.>

Desde el punto de vista macroeconómico, a la inversión se le denomina Formación Bruta de Capital Fijo (FBCF). Comprende el aumento de la cantidad de los activos productivos en tanto bienes de capital (infraestructura, equipo o existencias) y mano de obra contratada.

[http://conocimientosfundamentales.rua.unam.mx/ciencias\\_sociales/Text/46\\_tema\\_05\\_5.2\\_2.html#:~:text=5.2.2%20Inversi%C3%B3n%20Desde%20el%20punto%20de%20vista,a%20cuerto%20con%20la%20demanda%20o%20el%20gasto.](http://conocimientosfundamentales.rua.unam.mx/ciencias_sociales/Text/46_tema_05_5.2_2.html#:~:text=5.2.2%20Inversi%C3%B3n%20Desde%20el%20punto%20de%20vista,a%20cuerto%20con%20la%20demanda%20o%20el%20gasto.)

<https://www.milenio.com/negocios/formacion-bruta-capital-fijo-aporto-casi-25-por-ciento-del-pib-2025#:~:text=La%20Formaci%C3%B3n%20Bruta%20de%20Capital,PIB%20en%20el%20%20C3%BAltimo%20a%C3%B1o>

2. Para aproximarnos a la participación de la mano de obra en construcción no residencial se tomaron en cuenta los criterios del Diario Oficial de la Federación (DOF, 2025).

[https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle\\_popup.php?codigo=5748453](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5748453)