

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE OCCIDENTE

Departamento de Matemáticas y Física

Sustentabilidad y tecnología

PROYECTO DE APLICACIÓN PROFESIONAL (PAP)

**Programa de modelación matemática para el desarrollo de planes y
proyectos de negocio I**



**ITESO, Universidad
Jesuita de Guadalajara**

**PAP 4J07A: Modelos de predicción en empresas y gobierno mediante aprendizaje
estadístico**

ACTUALIZACIÓN DE MATRIZ INSUMO-PRODUCTO PARA JALISCO 2018-2023

PRESENTAN

Programas educativos y Estudiantes

Lic. en Ingeniería en Nanotecnología. David Lara Medina

Lic. en Ingeniería Financiera. Diego Ruiz González

Lic. en Ingeniería en Nanotecnología. Noé Alejandro Alejandre del Ángel

Profesor(es) PAP: María del Rosario Ruiz Hernández

Tlaquepaque, Jalisco, México 18/05/2026

ÍNDICE

Contenido

REPORTE PAP	2
Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional	2
Resumen	0
1. Ciclo participativo del Proyecto de Aplicación Profesional	0
1.1 Entendimiento del ámbito y del contexto	1
1.2 Caracterización de la organización	3
1.3 Identificación de la(s) problemática(s)	5
1.4. Planeación de alternativa(s), objetivo(s) particular(es) y formalización de acuerdos de colaboración	6
1.5. Desarrollo de la propuesta de mejora	9
1.6. Valoración de productos, resultados e impactos	12
1.7. Bibliografía y otros recursos	14
1.8. Anexos generales	16
2. Productos	18
3. Reflexión crítica y ética de la experiencia	19
3.1 Sensibilización ante las realidades	19
3.2 Aprendizajes logrados	21
3.3 Congruencia con perfil de egreso	25

REPORTE PAP

Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional

Los Proyectos de Aplicación Profesional (PAP) son experiencias socio-profesionales de los alumnos que desde el currículo de su formación universitaria- enfrentan retos, resuelven problemas o innovan una necesidad sociotécnica del entorno, en vinculación (colaboración) (co-participación) con grupos, instituciones, organizaciones o comunidades, en escenarios reales donde comparten saberes.

El PAP, como espacio curricular de formación vinculada, ha logrado integrar el Servicio Social (acorde con las Orientaciones Fundamentales del ITESO), los requisitos de dar cuenta de los saberes y del saber aplicar los mismos al culminar la formación profesional (Opción Terminal), mediante la realización de proyectos profesionales de cara a las necesidades y retos del entorno (Aplicación Profesional).

El PAP es un proceso acotado en el tiempo en que estudiantes, actores sociales y profesores se asocian colaborativamente y en red, en un proyecto, e incursionan en un mundo social, como actores que enfrentan verdaderos problemas y desafíos traducibles en demandas pertinentes y socialmente relevantes. Frente a éstas transfieren experiencia de sus saberes profesionales y demuestran que saben hacer, innovar, co-crear o transformar en distintos campos sociales.

El PAP trata de sembrar en los estudiantes una disposición permanente de encargarse de la realidad con una actitud comprometida y ética frente a las disimetrías sociales. En otras palabras, se trata del reto de “saber y aprender a transformar”.

El Reporte PAP consta de tres componentes:

El primer componente refiere al ciclo participativo del PAP, en donde se documentan las diferentes fases del proyecto y las actividades que tuvieron lugar durante el desarrollo de éste y la valoración de las incidencias en el entorno.

El segundo componente presenta los productos elaborados de acuerdo con su tipología.

El tercer componente es la reflexión crítica y ética de la experiencia, el reconocimiento de las competencias y los aprendizajes profesionales que el estudiante desarrolló en el transcurso de su labor.

Resumen

El PAP4J07A –*Modelos de predicción en empresas y gobierno mediante aprendizaje estadístico*– tiene entre sus objetivos ayudar a áreas estratégicas del Gobierno de Jalisco a tomar mejores decisiones de inversión y anticipar escenarios, utilizando técnicas *machine learning* y enfoques de economía aplicada. La problemática surge de la dificultad de recolectar datos manualmente, pues es muy costoso y tardado, sobre todo en el periodo económico con el que se trabajó (2018-2023), pues sucedió la pandemia de COVID-19. Este PAP fue subdividido en varios subproyectos. Aquél del cual se ocupa el presente documento consistió en actualizar una matriz insumo-producto de Jalisco del 2018 al 2023. Esta matriz es una herramienta económica que indica cuánto compra un sector económico a otro para producir, y se puede utilizar posteriormente para analizar el efecto en el empleo al invertir en un sector. Sin embargo, esta parte del proyecto sólo se enfocó en obtener la actualización de dicha matriz, partiendo de un insumo de un trabajo previo proporcionado por la Dirección de Planeación Evaluación y Seguimiento de la Coordinación General Crecimiento y Desarrollo Económico de Jalisco. El proyecto se dividió en tres fases. En la primera se programó un código en Python que leyera una matriz de Leontief del 2018 de Jalisco –junto a datos de Censos Económicos del INEGI sobre Producción Bruta Total de 263 ramas económicas– y creara la matriz insumo-producto del año correspondiente. La segunda fase consistió en buscar manualmente la Producción Bruta que no aparece para algunas ramas. Finalmente, una vez la matriz del 2018 completada con la información complementaria de la segunda fase, se actualizó la matriz al 2023 con otro código con el método RAS. Los resultados fueron guardados en repositorios de Github.

1. Ciclo participativo del Proyecto de Aplicación Profesional

El PAP es una experiencia de aprendizaje y de contribución social integrada por estudiantes, profesores, actores sociales y responsables de las organizaciones, que de manera colaborativa aplican sus conocimientos y generan alternativas para dar respuesta a problemáticas de un contexto específico y en un tiempo delimitado. Por tanto, la experiencia PAP supone un proceso en lógica de proyecto, así como de un estilo de trabajo participativo y recíproco entre los involucrados.

Este proyecto se desarrolló en tres fases metodológicas que permitieron reconstruir y posteriormente actualizar la matriz insumo-producto de Jalisco del 2018 al 2023 utilizando el método RAS al nivel de ramas según la clasificación SCIAN. El principal actor social que intervino para guiar al equipo PAP y resolver dudas fue la Coordinación General Estratégica de Crecimiento y Desarrollo Económico del Gobierno de Jalisco, así como la profesora María del Rosario Ruiz Hernández.

Primera fase: Construcción de matriz insumo-producto del 2018

En la primera etapa se creó un código que trabajara una matriz L de Leontief base del 2018, dividida al nivel de ramas económicas. A partir de ésta se obtuvo la matriz A de coeficientes técnicos de ese mismo año. Con datos abiertos de Censos Económicos del INEGI se obtuvo el vector X de Producción Bruta Total para algunas de las 263 ramas económicas que aparecían en la matriz L. Una vez obtenida la matriz A y el vector X, se obtuvo la matriz Z de transacciones intermedias para Jalisco 2018.

Segunda fase: Obtención de ramas faltantes

En la segunda etapa se buscó la Producción Bruta Total (A111A) para las ramas faltantes de la primera fase (31 ramas en total) mediante proxies, aproximaciones y recopilado manual de información de las subramas. Estas ramas se adicionaron al código para crear con información correcta la matriz de transacciones intermedias.

Tercera fase: Reconstrucción de matriz insumo-producto del 2023

Finalmente, la matriz insumo-producto para Jalisco 2018 se utilizó como base para actualizarla al 2023 mediante el método RAS en otro código. Aquí se utilizaron los datos de Valor Agregado (A131A) y Producción Bruta Total del 2023 del INEGI.

1.1 Entendimiento del ámbito y del contexto

El Gobierno de Jalisco necesita estar actualizado con la estructura económica del estado a fin de tomar decisiones estratégicas basadas en evidencia, anticipar cambios económicos y

aumentar las posibilidades de innovación y crecimiento de los sectores económicos regionales.

Sin embargo, el Gobierno está limitado por las herramientas analíticas y los datos de los que dispone para alcanzar estos objetivos. La dificultad radica en que obtener estos datos – especialmente en el periodo 2018-2023, durante el cual ocurrió la pandemia de COVID-19– es extremadamente costoso y tardado, sobre todo mientras más pequeña sea la subdivisión de la economía que se quiere analizar, ya que implica levantar encuestas y censos.

Una herramienta econométrica que podría solventar este problema sería una matriz insumo-producto limitada al nivel de rama –según la clasificación SCIAN– actualizada del 2018 al 2023 mediante el método RAS.

La matriz insumo-producto (MIP) –o matriz de compras/transacciones intermedias– representa los flujos interindustriales de una economía. Se mide en millones de pesos (mdp) y permite observar la estructura económica en términos monetarios, es decir, quién le compra a quién y en qué cantidad. Esta matriz se puede reconstruir a partir de la matriz de Leontief, la cual indica –en multiplicadores, no en mdp– qué pasa con la producción total de una rama al aumentar la demanda de otra. Aplicando operaciones algebraicas en esta matriz –que se pueden ver junto con otras justificaciones teóricas en el *Anexo I*– se obtiene la matriz de coeficientes técnicos, que indica la proporción de la producción de un sector que se utiliza para comprar insumos de otro sector. Al multiplicar esta nueva matriz por el vector diagonalizado de la Producción Bruta Total –en mdp– se obtiene la matriz insumo-producto (Miller & Blair, 2009).

El método RAS es una técnica utilizada en el análisis insumo-producto para actualizar matrices económicas a partir de una matriz insumo-producto base, y lo nuevo que se quiere actualizar, en este caso, Valor Agregado y Producción Bruta. El objetivo del método es ajustar una matriz inicial de transacciones de tal forma que conserve su estructura original, pero cumpla con los nuevos totales de filas y columnas en un periodo definido (Miller & Blair, 2009).

De manera matemática, el método es aplicar factores multiplicativos donde, con iteraciones por filas y columnas, se ajusten mediante un factor R y S. Donde R se busca con U, que representa las ventas intermedias, y son las sumas de las filas de la matriz insumo-producto base. Y luego la S, que es V y representan las compras intermedias y son las sumas de las columnas de la misma matriz. Todo el proceso se repite hasta que la matriz converge y la suma de filas y columnas coinciden con los nuevos valores definidos.

El Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN) es un catálogo estandarizado de actividades económicas utilizado por México, Estados Unidos y Canadá que clasifica los negocios según su proceso de producción y se organiza en un código numérico de hasta 6 dígitos:

- 2 dígitos – Sector (Ej., 23 Construcción)
- 3 dígitos – Subsector (Ej., 236 Edificación)
- 4 dígitos – Rama (Ej., 2362 Edificación no residencial)
- 5 dígitos – Subrama (Ej., 23621 Edificación de naves y plantas industriales)
- 6 dígitos – Clase de actividad (Ej., 236211 Edificación de naves y plantas industriales, excepto la supervisión)

(INEGI, 2023).

Ya existe una MIP del 2018 como tal, pero ésta es a nivel nacional y no se puede simplemente desagregarla para el estado de Jalisco haciendo una multiplicación con la proporción que tiene el estado con la economía, por ejemplo. Esto tiene el riesgo de sobre- o subestimar el impacto que un sector económico del estado aporta, pues cada estado es diferente, está especializado en ciertas actividades, o depende de cosas fuera de su control, como la presencia de minerales y petróleo.

1.2 Caracterización de la organización

El PAP se desarrolló en un escenario de trabajo colaborativo entre el equipo universitario y los actores sociales interesados en el análisis de la estructura económica de Jalisco. El

proyecto se centró en la construcción y actualización de una matriz insumo-producto estatal. Este entorno de trabajo combinó actividades de investigación aplicada, análisis de datos económicos y modelación cuantitativa, con el objetivo de generar información útil para el estudio de la economía regional.

El proyecto se organizó en distintas áreas de trabajo que se complementaron entre sí. Una de ellas corresponde a la recopilación y depuración de información estadística, donde se obtuvieron datos provenientes de los Censos Económicos y otras fuentes oficiales relacionadas con Producción Bruta y Valor Agregado. Otra área se enfocó en el procesamiento y análisis de datos, donde se construyeron matrices económicas como la matriz de coeficientes técnicos, la matriz de compras intermedias y la matriz de Leontief. También hubo una parte metodológica y computacional, encargada de implementar procedimientos como el método RAS para actualizar la estructura productiva hacia el año 2023.

El propósito principal del PAP fue contribuir a la comprensión de la estructura productiva del estado de Jalisco mediante herramientas de análisis económico regional. La razón de ser del proyecto radicó en la necesidad de contar con información actualizada y consistente que permita estudiar los encadenamientos productivos entre sectores, identificar actividades económicas estratégicas y comprender cómo evolucionan las relaciones económicas dentro del estado. Además, el proyecto buscó fortalecer la formación académica y profesional de los estudiantes mediante la aplicación práctica de conocimientos estadísticos, económicos y computacionales en un problema real.

Entre las acciones que se llevaron a cabo destacan la búsqueda y sistematización de datos económicos, el desarrollo de códigos reproducibles en software estadístico o de programación, la construcción y actualización de matrices económicas, la validación de resultados y el análisis de la estructura productiva estatal. También se realizaron reuniones de seguimiento y discusión metodológica para revisar avances, resolución de problemas técnicos e interpretación de los hallazgos obtenidos.

En el PAP participaron diferentes personas con roles específicos. El equipo PAP, integrado por estudiantes, se encargó principalmente de la recopilación de información, procesamiento

de datos, programación de algoritmos y análisis de resultados. Los asesores académicos orientaron el desarrollo metodológico del proyecto, supervisaron la calidad técnica del trabajo y brindaron apoyo conceptual en temas de economía regional y matrices insumo-producto. Por su parte, los actores sociales aportaron la perspectiva práctica y contextual del proyecto, ayudando a identificar la utilidad de la información generada y la relevancia de actualizar la matriz económica para comprender la dinámica productiva del estado. En conjunto, el PAP funcionó como un espacio de aprendizaje aplicado e investigación colaborativa donde convergieron herramientas cuantitativas, análisis económico y trabajo interdisciplinario para generar conocimiento útil sobre la economía de Jalisco.

1.3 Identificación de la(s) problemática(s)

Durante el desarrollo del diagnóstico realizado de manera colaborativa entre el equipo PAP y los actores involucrados en el proyecto, se identificaron diversas problemáticas relacionadas con el análisis y actualización de la estructura económica de Jalisco. Una de las principales problemáticas detectadas fue la falta de información económica estatal actualizada y organizada que permitiera analizar con precisión las relaciones productivas entre sectores económicos. Aunque existen matrices insumo-producto nacionales y datos provenientes de los Censos Económicos, gran parte de la información disponible se encuentra desactualizada o dispersa, lo que dificulta realizar estudios regionales recientes sobre los encadenamientos productivos del estado.

Otra problemática importante fue la complejidad técnica para reconstruir y actualizar una matriz insumo-producto estatal. El proyecto requirió trabajar con grandes volúmenes de información económica, aplicar metodologías matemáticas especializadas y desarrollar procedimientos computacionales para estimar matrices consistentes. Se identificó que muchas veces las fuentes estadísticas no proporcionan directamente todas las variables necesarias, por lo que fue necesario reconstruir información faltante a partir de relaciones económicas y supuestos metodológicos, como ocurrió con la recuperación de la matriz de coeficientes técnicos y la aplicación del método RAS para actualizar la matriz al año 2023.

También se detectó la dificultad de integrar información proveniente de diferentes fuentes estadísticas. Los datos económicos podían presentar diferencias en clasificaciones sectoriales, formatos o niveles de agregación, lo cual implicó procesos de depuración y validación antes de poder utilizarlos en el modelo. Esta situación evidenció la necesidad de contar con metodologías claras y reproducibles que permitan trabajar de manera consistente con información económica regional.

Desde la perspectiva de los actores sociales, se identificó además la necesidad de generar herramientas que faciliten la interpretación de la estructura económica estatal para apoyar procesos de análisis, planeación y toma de decisiones. Muchas veces la información económica disponible resulta demasiado técnica o difícil de interpretar para usuarios no especializados, por lo que surgió la importancia de traducir los resultados en análisis comprensibles que permitan identificar sectores estratégicos, relaciones productivas relevantes y posibles áreas de oportunidad para el desarrollo económico.

Asimismo, durante el trabajo colaborativo se observó que existe una limitada disponibilidad de estudios actualizados sobre los cambios recientes en la economía estatal posteriores a 2018. Esto generaba dificultades para comprender cómo han evolucionado las relaciones entre sectores productivos y cuáles actividades económicas han adquirido mayor relevancia en los últimos años. La actualización de la matriz mediante el método RAS surgió precisamente como una alternativa para aproximar la estructura económica más reciente a partir de la información disponible.

En conjunto, el diagnóstico permitió reconocer problemáticas tanto técnicas como de disponibilidad y análisis de información económica. La colaboración del equipo PAP facilitó identificar estas necesidades y orientar el proyecto hacia la construcción de herramientas metodológicas que contribuyan a comprender de manera más clara y actualizada la dinámica productiva de Jalisco.

1.4. Planeación de alternativa(s), objetivo(s) particular(es) y formalización de acuerdos de colaboración

Las siguientes alternativas propuestas apuntaron a solventar los problemas recogidos en la sección anterior.

Primera fase: Construcción de matriz insumo-producto del 2018

La problemática principal encontrada aquí fue la de obtener los datos para construir una matriz insumo-producto de Jalisco 2018. Se acordó programar un código en Jupyter Notebook (Python) que leyera, limpiara y trabajara la matriz de Leontief base del 2018. Los datos de esta matriz –que no son fácilmente accesibles– fueron proporcionados por la Coordinación General Estratégica de Crecimiento y Desarrollo Económico del Gobierno de Jalisco y son confidenciales, por lo que se tuvo discreción al tratarlos.

Para obtener los datos pertinentes de Producción Bruta Total (A111A) del 2018 se consultaron los Tabulados de los Censos Económicos del INEGI (2025). Sin embargo, algunas ramas no tenían datos en los Censos, aun si sí aparecían en la matriz base. La segunda fase fue una desviación que consistió en buscar manualmente en fuentes distintas y con aproximaciones esos datos.

De la matriz de Leontief trabajada se tendría que obtener la matriz de coeficientes técnicos y con el vector de Producción Bruta Total se calcularía la matriz insumo-producto. Más allá de problemas técnicos sobre cómo se tenía que leer los archivos en el código –como que si son Excel o un .csv–, surgió el problema de que los resultados daban algunos negativos en la matriz insumo-producto. Esto no puede suceder. Con la Coordinación General se descubrió que esto surgía por la inclusión de valores demasiado pequeños en la matriz de coeficientes técnicos, por lo que se tendría que poner un límite que los redondeara a cero.

Segunda fase: Obtención de ramas faltantes

Esta fase fue la más tardada, pues fue donde se hicieron evidentes la falta de información a nivel estatal y de ramas económicas, la desactualización y dispersión de los datos y la falta de concordancia en la clasificación de actividades económicas según el SCIAN y las fuentes que se utilizaron.

Se acordó que se tendría que obtener el valor de la Producción Bruta Total para las ramas faltantes en la primera fase –las cuales se pueden ver en el *Anexo 2*– por medio de aproximaciones con datos que sí estaban disponibles a nivel nacional, proxies y subdividir algunas ramas –sobre todos las relacionadas al sector 11 de Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza– en productos con información recogida de la Dirección General del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (DGSIA, 2019), PEMEX (2026) y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2021).

El equipo PAP hizo un Word y un Excel. En el Excel se registraron los datos finales en un vector para incorporarse más tarde al del código de la primera fase. En el Word se desglosó la descomposición de las ramas junto con notas detallando las fuentes utilizadas, los supuestos y las asunciones que se tomaron.

Tercera fase: Reconstrucción de matriz insumo-producto del 2023

La profesora María del Rosario proporcionó un archivo en R detallando el método RAS con un caso sencillo de una matriz 3x3. Este archivo sirvió de base para generar otro código en Jupyter Notebook que actualizara la matriz de Jalisco 2018 obtenida en la primera fase con el método RAS al año 2023.

Esto requería tener los datos de Valor Agregado Censal Bruto (A131A) y Producción Bruta Total (A111A) para el 2023. Se acordó que se obtuvieran de la misma fuente del INEGI (2025) de la primera fase. No obstante, esto implicó la repetición del mismo problema de ramas faltantes. La profesora proporcionó algunos datos para la Producción Bruta Total obtenidos por otro equipo, pero no para el Valor Agregado. Como sólo importaba por el momento el obtener un código funcional, se asumió que esos datos VA eran los mismos que en la Producción Bruta Total, lo cual daba unas restas con cero. Esto se resolverá el próximo semestre.

En el *Anexo 3* se puede ver una ruta simplificada del plan de trabajo.

1.5. Desarrollo de la propuesta de mejora

Al calcular la matriz A de coeficientes técnicos, había valores demasiado pequeños que al multiplicarse con el vector X daban una matriz insumo-producto con algunos valores negativos. Como esta última matriz se mide en millones de pesos, se descubrió que esos valores negativos estaban al nivel de centavos (menos de siete decimales), por lo que si la matriz A se limpiaba igualando a cero todos los valores menores a 0.0000001, se solucionaría el problema. Y así sucedió. Resuelto esto, ya era posible utilizar la matriz insumo-producto para actualizarla al 2023.

Para obtener el vector X de Producción Bruta Total de cada rama económica de Jalisco en 2018, primero se partió de la necesidad de que todas las matrices y vectores tuvieran la misma dimensión que la matriz L (matriz de Leontief), la cual estaba organizada en 263 ramas SCIAN a 4 dígitos. El código realizado en la primera fase leía la matriz de Leontief, calculaba la matriz de coeficientes técnicos y después requería el vector para finalmente construir la matriz de compras intermedias.

El problema fue que el vector de Producción obtenido inicialmente de los datos abiertos no coincidía con el tamaño de la matriz de Leontief, porque varias ramas no contaban con datos disponibles en el INEGI. Esto impedía continuar con el cálculo de la matriz de compras intermedias, ya que matemáticamente todas las dimensiones, tanto de vectores como matrices, debe coincidir. Las primeras ramas faltantes (las correspondientes al sector 11 según la clasificación SCIAN –ver *Anexo 2*–) correspondían a sectores agropecuarios, una (la 2111) a extracción de petróleo, actividades gubernamentales (las del sector 93), banca central y otras actividades como la fabricación de equipo aeroespacial (el resto de las ramas). Este problema se dio principalmente porque se tratan de actividades económicas pequeñas o inexistentes –en Jalisco por lo menos–, negocios monopolísticos o con datos sensibles o actividades cuya producción bruta es genuinamente difícil de obtener por la cantidad de información necesaria.

En las ramas del sector de Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza (1111-1142), la producción bruta total se obtuvo utilizando información

del DGSIAP (2019). El procedimiento consistió en sumar el valor monetario de producción de cada cultivo o actividad pecuaria registrada en Jalisco durante 2018 y luego agruparlos según su clasificación SCIAN. Por ejemplo, para la rama 1111 (Cultivo de semillas oleaginosas, leguminosas y cereales), se sumaron los valores de producción de maíz, trigo, sorgo, avena, frijol, garbanzo, arroz y otros cultivos relacionados hasta obtener el valor total de la rama.

El mismo procedimiento se aplicó para ramas como hortalizas (1112), frutales (1113), cultivos protegidos (1114), explotación bovina (1121), porcina (1122), avícola (1123) y otras actividades agropecuarias. Para la 1132 y 1133, ambas de aprovechamiento forestal, se consultó un documento de SEMARNAT (2021) detallando la obtención de productos maderables y no maderables en el 2018.

Además, algunas actividades se dejaron en cero cuando genuinamente no existían registros suficientes o cuando la actividad era prácticamente inexistente en Jalisco. Esto fue el caso de la 1131 (Silvicultura) y 1142 (Caza y captura).

En muchos casos fue necesario reclasificar productos del SIAP hacia las ramas SCIAN correctas, ya que ambas clasificaciones no coincidían exactamente. A veces los datos abiertos en los archivos descargables de la DGSIAP (2019) no tenían la subdivisión apropiada de ciertos productos; mientras que los del Anuario Estadístico (s.f.) –que son en esencia los mismos datos–, sí. Por ejemplo, los archivos descargables no distinguían entre cultivos a cielo abierto o en invernaderos y otras estructuras protegidas; mientras que el Anuario Estadístico, sí, aun si se perdían unos pocos decimales. Sólo fue cuestión de alternar entre uno y otro cuando fuera necesario. A veces la subclasificación poco importaba, incluso si la DGSIAP no hacía la diferenciación, si es encontraba dentro de la misma rama. Por ejemplo, la DGSIAP no distingue entre explotación de porcinos en granja (112211) o en traspatio (112212), pero como se encontraba dentro de la rama 1122 (Explotación de porcinos), no importaba que se clasificara toda la explotación porcina en una misma subrama para este ejercicio. Todas las decisiones que se tomaron se registraron en el Word.

Para la rama 2111 (Extracción de petróleo y gas), se consultó la base de datos de PEMEX. Después de revisar la producción nacional por regiones, se concluyó que en Jalisco

prácticamente no existe extracción industrial de petróleo o gas natural, por lo que a la rama se le asignó un valor de cero.

En otras ramas donde no existían datos estatales directos, como fabricación de equipo aeroespacial (3364), transporte aéreo (4811), transporte ferroviario (4821), servicios financieros (5311, 5223 y 5232), se utilizó un método de imputación. Primero se obtuvo el valor nacional de la producción bruta total de la rama y posteriormente se multiplicó por la proporción que representa Jalisco respecto al total nacional. Esta proporción se calculó usando valores totales de producción bruta total de Jalisco y del país reportados por INEGI (2025).

Finalmente, para ramas gubernamentales y algunas actividades institucionales (8141 y 9311-9318), no existían datos directos de producción bruta total, por lo que se utilizaron proxies. En este caso se tomó como referencia la variable “Utilización de la Producción a Precios Básicos (UPPB)” de la matriz insumo producto nacional 2018 del INEGI (2025). Después, nuevamente se aplicó la proporción de participación de Jalisco para estimar el valor estatal de cada rama.

Gracias a todo el proceso antes mencionado se logró completar el vector de producción bruta total con las 263 ramas necesarias, permitiendo que coincidiera dimensionalmente con la matriz de Leontief. Con ello ya fue posible calcular la matriz de coeficientes técnicos y posteriormente la matriz de compras intermedias, que fue la base para actualizar la matriz insumo producto de Jalisco mediante el método RAS.

Una vez obtenida la matriz de compras intermedias Z del 2018, se procedió a su actualización al 2023 mediante el método RAS. Para ello, se utilizaron como insumos la matriz base, el vector de producción bruta total (X) y el valor agregado (VA) del 2023.

A partir de estos datos se construyó el vector de compras intermedias v , calculado como $v=X-VA$, el cual representa los insumos que requiere cada sector. Posteriormente, se estimó el vector de ventas intermedias u utilizando la estructura de la matriz base, de forma proporcional, para asegurar consistencia entre filas y columnas.

El método RAS se implementó mediante un algoritmo en Python que ajusta iterativamente la matriz Z en dos pasos: primero, ajusta las filas multiplicándolas por un factor que permite que coincidan con U ; después, ajusta las columnas para que coincidan con V . Este proceso se repite hasta que la matriz converge y cumple simultáneamente con ambos totales.

Como resultado, se obtuvo una matriz insumo-producto actualizada para el 2023, consistente con la nueva información económica y manteniendo la estructura productiva original. A partir de esta matriz también se recalcularon las matrices A y L , utilizadas para el análisis de interdependencias económicas entre sectores, aunque por el momento sus datos estén incorrectos por la falta de Valor Agregado para algunas ramas del 2023.

1.6. Valoración de productos, resultados e impactos

La experiencia del PAP representó un proceso de aprendizaje muy completo porque permitió aplicar conocimientos teóricos de economía, estadística y manejo de bases de datos para un problema real: la falta de una matriz insumo-producto actualizada para Jalisco. Desde el inicio se identificó como problemática que la información económica disponible a nivel estatal era limitada, desactualizada o incompatible entre distintas fuentes, especialmente para ciertas ramas SCIAN que no contaban con datos directos de producción bruta total.

Además, se observó que construir una MIP estatal de manera manual es un proceso complejo y tardado, ya que las matrices oficiales sólo existen a nivel nacional y no pueden desagregarse directamente para cada estado. El desarrollo del proyecto permitió cumplir con el objetivo principal de construir una matriz insumo-producto actualizada para el estado de Jalisco al año 2023, utilizando como base la estructura económica de 2018 y aplicando el método RAS para su actualización.

Uno de los resultados más relevantes fue la obtención de la matriz de compras-intermedias Z de dimensión 263×263 , la cual representa las relaciones de compra y venta entre sectores económicos del estado. A partir de esta matriz también se derivaron la matriz de coeficientes técnicos A y la matriz inversa de Leontief L , herramientas clave para el análisis de encadenamientos productivos y efectos económicos indirectos. También se logró reconstruir

el vector de producción bruta total por rama económica, resolviendo la problemática de datos faltantes mediante el uso de diversas fuentes y metodologías. Entre estas soluciones destacan el uso de información del SIAP para actividades agropecuarias, datos de PEMEX para el sector energético, de SEMARNAT para el aprovechamiento forestal, así como la aplicación de métodos de imputación y proxies para sectores sin información directa.

La matriz actualizada representa una herramienta fundamental para el análisis de la estructura productiva de Jalisco, ya que permite identificar la interdependencia entre sectores y evaluar cómo cambios en la demanda de un sector pueden afectar al resto de la economía. Este tipo de información es especialmente útil para la toma de decisiones en política pública, planeación económica y análisis sectorial.

Sin embargo, el proyecto también presentó limitaciones importantes. Una de las principales fue la dependencia de datos registrados, lo que implica que una parte significativa de la economía informal no está reflejada en los resultados. Asimismo, fue necesario realizar diversas suposiciones para completar la información faltante, como el uso de proxies y la aproximación del valor agregado en algunos sectores, lo cual puede introducir sesgos en la estimación final.

Finalmente, se identificaron aspectos pendientes que podrían retomarse en futuras etapas del PAP. Uno de los principales pendientes es obtener valores de valor agregado bruto (VA) para todas las ramas del año 2023, ya que en algunos casos se asumió que eran equivalentes a la producción bruta total por falta de información disponible. De igual manera, una siguiente etapa podría enfocarse en realizar el análisis sobre impactos en empleo y producción, para entender por completo lo que indica la matriz insumo producto. Otro aspecto pendiente es mejorar la estimación de sectores donde todavía se utilizaron proxies o valores cero por ausencia de datos, especialmente en actividades forestales, gubernamentales y algunas ramas agropecuarias.

En general, el PAP permitió avanzar significativamente en la construcción de una herramienta económica útil para el análisis regional de Jalisco y demostró como el trabajo interdisciplinario y el uso de múltiples fuentes de información pueden ayudar a resolver

problemas complejos relacionados con la disponibilidad y actualización de herramientas económicas.

1.7. Bibliografía y otros recursos

Dirección General del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (DGSIAP). (s.f). *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola* [Datos Abiertos]. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Recuperado el 17 de mayo del 2026 de https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/

Dirección General del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (DGSIAP). (2019). *Estadística de Producción Agrícola* [Datos Abiertos]. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Recuperado el 17 de mayo del 2026 de <https://nube.agricultura.gob.mx/datosAbiertos/Agricola.php>

Dirección General del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (DGSIAP). (2019). *Estadística de Producción Ganadera* [Datos Abiertos]. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Recuperado el 17 de mayo del 2026 de <https://nube.agricultura.gob.mx/datosAbiertos/Pecuario.php>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2025). *Censos Económicos 2024. Tabulados interactivos (SAIC)*. Recuperado el 17 de mayo del 2026 de <https://www.inegi.org.mx/app/saic/>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2023). *Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte, México SCIAN 2023*. <https://www.inegi.org.mx/scian/>

Miller, R. E. & Blair, P. D. (2009). *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions*. Cambridge University Press.

Petróleos Mexicanos (PEMEX). (2026). *Base de datos institucional*. Recuperado el 17 de mayo del 2026 de <https://ebdi.pemex.com/bdi/bdiController.do>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2021). *Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2018*. Recuperado el 17 de mayo del 2026 de <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/anuarios-estadisticos-forestales>

1.8. Anexos generales

$$X = (I - A)^{-1}Y$$

donde:

- A es la matriz de coeficientes técnicos,
- X es el vector de producción total por rama,
- Y es el vector de demanda final,
- $(I-A)^{-1}$ es la matriz inversa de Leontief, que denotaremos como L .

$$L = (I - A)^{-1}$$

Los coeficientes técnicos se definen como:

$$a_{ij} = \frac{\text{compras del sector } j \text{ al sector } i}{\text{producción total del sector } j}$$

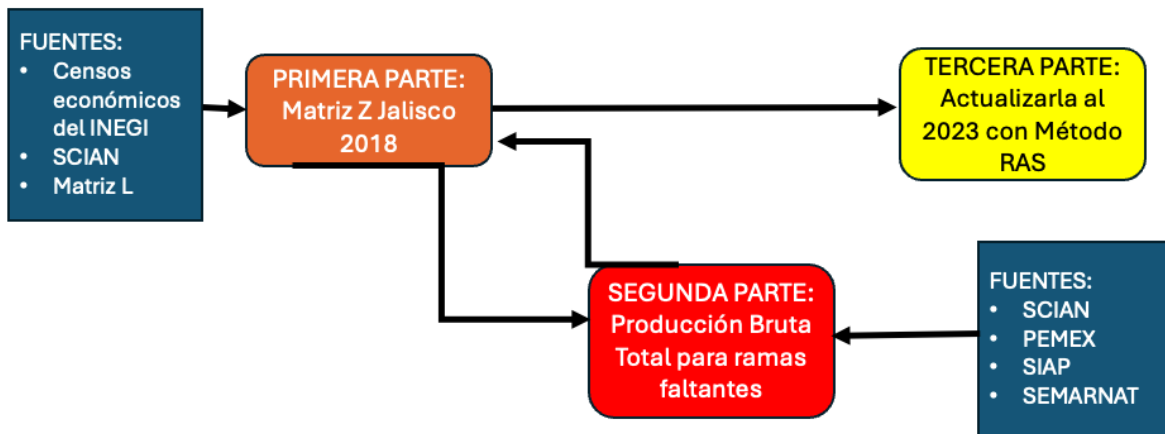
$$A = I - L^{-1}$$

$$Z = A \cdot \text{diag}(X)$$

Anexo 1. Definiciones teóricas e igualdades usadas para reconstruir matriz insumo-producto

Rama	
	2111
	3364
1111	4811
1112	4821
1113	4869
1114	5211
1119	5222
1121	5232
1122	8141
1123	9311
1124	9312
1129	9313
1131	9314
1132	9315
1133	9316
1142	9317
	9318

Anexo 2. Ramas faltantes para completar en la segunda fase



Anexo 3. Ruta de trabajo simplificada

2. Productos

Los resultados de la **primera** y **segunda fase** se guardaron en el siguiente repositorio de Github:

<https://github.com/DavidLaraITESO/PAP-Act-5>

Es importante remarcar que el documento de donde se obtuvo la matriz de Leontief, el proporcionado por la Coordinación General Estratégica de Crecimiento y Desarrollo Económico del Gobierno de Jalisco, no está en el repositorio al tratarse de datos sensibles. Sin embargo, los resultados que se obtuvieron de usarla sí aparecen.

Los resultados de la actualización RAS –la **tercera fase**– se guardaron en el siguiente repositorio de Github:

<https://github.com/DavidLaraITESO/Actualizaci-n-RAS>

3. Reflexión crítica y ética de la experiencia

El RPAP tiene también como propósito documentar la reflexión sobre los aprendizajes en sus múltiples dimensiones, las implicaciones éticas y los aportes sociales del proyecto para compartir una comprensión crítica y amplia de las problemáticas en las que se intervino.

3.1 Sensibilización ante las realidades

David Lara Medina:

En este proyecto aprendí que lo más difícil de la gobernanza no es tanto los métodos, sino la falta de información. La manera de resolver los problemas económicos que aquejan a un país o a un Estado ya existe y en teoría es muy sencilla. Los modelos matemáticos, aunque a primera impresión ininteligibles, en realidad expresan realidades y descripciones muy sencillas e intuitivas, aun si usan palabras quizás rimbombantes.

Por ejemplo, “matriz de compras intermedias” suena como un sinsentido hasta que se le llama “tabla de dos dimensiones que indica cuánto le compra una actividad económica a otra para producir sus bienes y servicios”. En este último caso, su función y posible propósito ulterior son evidentes. Si sabemos cuánto le compra un sector a otro, podríamos saber quiénes necesitan ayuda, o si esa ayuda actual es realmente proporcional a lo que necesita.

Así suena sencillo, pero todos esos modelos son absolutamente inútiles si la información que entra es basura o inexistente, y esto último fue de lo que más me hice consciente al trabajar en este proyecto, sobre todo yo que trabajé gran parte de la clasificación de las ramas según el SCIAN en la segunda fase. Este sistema fue creado por México, Estados Unidos y Canadá y no es sorpresa lo extremadamente exacto que es gracias a estos últimos dos países que tienen amplios y extensos registros de cada actividad económica, por más minúscula que sea. Mientras tanto, México, a pesar de haber colaborado, no siempre concuerda en sus bases de datos de sus secretarías con el SCIAN o de plano ni siquiera registra extensamente ciertas actividades (como la caza y captura). La razón de esto a veces es entendible, pues mucha información es confidencial por su propia naturaleza —como los datos bancarios—, pero la

principal razón radica en que una economía mayormente informal no tiene manera de tener registro de todo lo que hace. Sería tardado y engorroso hacer encuestas a los vendedores callejeros de cuánta fruta vendieron, incluso si sí sabemos de dónde obtuvieron esa fruta.

La información está ahí, y este mismo proyecto lo demuestra, el cual fue teórica y técnicamente más sencillo de lo que parece, si no fuera porque fue muy tardado. Es sólo cuestión de dar el primer paso y ordenar el caos que es tener información dispersa. Esto me convence de que antes de siquiera hablar de hacer nuevos programas, nuevas secretarías, nuevos empleos –que es de lo que se ocuparía en decir un político–, los burócratas, los técnicos del Estado se deberían enfocar en resolver el problema que abriría la puerta a lograr todo lo anterior: la falta de información y la manera de organizarla.

Diego Ruiz González:

Al inicio, el trabajo parecía principalmente técnico, enfocado en la manipulación de datos, construcción de matrices y aplicación de modelos matemáticos como el método RAS. Sin embargo, conforme avanzó el proyecto, comencé a entender que detrás de cada dato existen actividades económicas reales, sectores productivos y personas que dependen de todo esto.

Uno de los aspectos que más llamó mi atención fue la dificultad para obtener información completa y precisa, especialmente en sectores como el agropecuario, el energético o las actividades gubernamentales. Esta falta de datos no es solo un problema técnico, sino un reflejo de realidades más complejas, como la informalidad, y la desigualdad en el registro de actividades económicas. Esto me permitió dimensionar que los modelos económicos, aunque útiles, siempre representan una simplificación de una realidad mucho más amplia y diversa.

Durante el proceso también me involucré indirectamente con las problemáticas de distintos sectores, especialmente al tener que reconstruir información faltante utilizando fuentes como SIAP, PEMEX o mediante aproximaciones. Este ejercicio generó en mí una sensación de responsabilidad, ya que entendí que cada decisión puede influir en la representación final de la economía. Esto despertó una preocupación por la precisión, pero también por la ética detrás del uso de datos y la interpretación de resultados.

Noé Alejandro Alejandre del Ángel:

Durante el desarrollo del PAP cambié mi perspectiva sobre los problemas económicos y sociales del estado. Al trabajar en la construcción de la matriz insumo producto entendí que detrás de los datos existen actividades productivas y dinámicas regionales que impactan directamente en la economía de Jalisco. También identifiqué las dificultades para obtener información completa y actualizada en algunos sectores.

El proyecto permitió involucrarme en problemáticas relacionadas con la integración y validación de datos provenientes de distintas fuentes oficiales. Esto evidenció la importancia de desarrollar metodologías rigurosas para resolver la falta de información en ciertas ramas económicas y mantener transparencia en los procedimientos utilizados.

Considero que mi participación estuvo guiada principalmente por el razonamiento técnico y la responsabilidad profesional. La experiencia me hizo reflexionar sobre las implicaciones éticas del manejo de información económica, ya que este tipo de herramientas pueden influir en análisis y decisiones con impacto social. Finalmente, comprendí que el ejercicio profesional no sólo consiste en realizar análisis técnicos, sino también en generar herramientas útiles para entender mejor la economía regional y apoyar futuros estudios y procesos de toma de decisiones.

3.2 Aprendizajes logrados

David Lara Medina:

Se dice que lo más difícil de enseñarle a un joven es que no existen fórmulas para nada en la vida, y a mí se me hizo esto más palpable en este proyecto, tanto en la parte técnica como social, aunque pareciera un trabajo muy formulaico.

Siendo este mi primer PAP, y lo más cercano que he estado hasta ahora a un trabajo formal no repetitivo y que requiere del intelecto, pensaba que iba a ser algo demasiado complicado, que tendría que pasar horas leyendo cientos de páginas de teoría económica antes de siquiera

ponerme manos a la obra, siendo que yo estudio una licenciatura no enfocada ni en finanzas ni en economía. Estoy seguro de que otros equipos del PAP sí se acercaron más a esta expectativa, pero incluso viendo su trabajo después, me di cuenta de que esto es más sencillo de lo que parece y que muchas veces el mero trabajo duro –el hacer algo– es lo que marca la diferencia entre proyectos que triunfan y los que no.

Por ejemplo, más allá de lo técnico que aprendí en habilidades de programación –que fue la razón principal por la que entré a este PAP y que desarrollé sobre todo en la primera fase– y en habilidades investigativas –que desarrollé en la segunda fase–, aprendí teoría económica y vi destellos de cómo funciona el gobierno y la recolección de información.

Aprendí que la economía es una disciplina que en gran parte consiste en expresar con palabras complejas –pero concisas– conclusiones de la realidad bastante intuitivas. Esto lo vislumbré en la primera fase al aprender la teoría de la matriz insumo-producto, que, aunque pueda espantar por su tamaño, en esencia simplemente expresa qué tanto le compra un sector económico a otro. Con todo esto, parecería muy sencillo, obvio, muy formulaico todo lo que tendría que hacer el gobierno mexicano. Recoger los datos, introducirlos al código que crea la matriz, interpretar y asignar recursos obtenidos de los impuestos a quien lo necesite, ¿no? Pero nada es tan sencillo. Nada es una fórmula. Porque el principal problema no está en los últimos tres pasos, sino en el primero: en recoger los datos, que fue nuestra principal ocupación en la segunda fase. Sin esto resuelto, todo lo demás es redundante e inútil. ¿Sólo es cuestión de hacer encuestas? Eso tarda. ¿Quién se ofrecerá a hacer este arduo trabajo? Nosotros, quizás, pero, aun así, nos tenemos que conformar con que nunca obtendremos un mapa de la realidad exacto y que hay cosas fuera de nuestro control. Esto es responsabilidad.

Este mismo aprendizaje incluso se reflejó en lo social, que en este PAP se redujo a la capacidad de mi equipo de colaborar y ponernos mano a la obra. En principio, la recolección de datos de la segunda fase debería haber sido muy sencilla, pero como era algo talachoso, mi equipo y yo tuvimos problemas con ponernos a trabajar y organizar toda la información a la que accedimos. Parecería muy formulaico hasta que uno se da cuenta de que lo más difícil en todo emprendimiento es empezar. Países y sociedades enteras zozobran porque no se deciden a empezar a resolver problemas en teoría muy sencillos y a hacer el trabajo aburrido, pero necesario. Peleamos con esta parte, pero al final lo logramos una vez que

dimos una vista rápida a los datos y los organizamos, una vez que el problema fue evidente para nuestro intelecto. De ahí en adelante sí era formulaico, pero sólo llegamos a esta parte formulaica una vez que resolvimos el problema no formulaico de interpretar la información y hacer asunciones.

Los modelos matemáticos que utilizamos y cuyos resultados el Gobierno utilizará quizás en un futuro siempre serán aproximaciones. No es posible conocer toda la información que existe y esto implica que todas las decisiones que se tomen con estos modelos siempre serán probabilísticas y sujetas a los avatares del destino, que están fuera de nuestro control, sea una guerra externa, una pandemia global o el mero hecho de trabajar con personas de distintas culturas con diferente ética de trabajo. Nuestra mismísima organización como equipo ni siquiera fue formulaica y dependió de nuestra motivación y tiempo disponible. Lo que nos toca a nosotros es aceptar estas limitaciones y trabajar, confiando en que estas herramientas, aunque imperfectas son mejor que nada.

Diego Ruiz González:

Durante el desarrollo del PAP fortalecí principalmente mis competencias disciplinares en el análisis económico aplicado y en la implementación del método RAS para la actualización de matrices insumo-producto. Mi participación se centró en la parte metodológica del proyecto, específicamente en el desarrollo, programación y validación del modelo RAS en Python. Esto implicó trabajar con matrices de gran tamaño, entender su estructura económica y traducir el procedimiento teórico en un algoritmo funcional.

Uno de los principales retos fue lograr que el modelo RAS funcionara correctamente, ya que surgieron múltiples problemas durante su implementación, como errores de alineación de datos, inconsistencias en los vectores de control y dificultades en la convergencia del algoritmo. Para resolver estos problemas fue necesario analizar paso a paso el comportamiento del modelo, ajustar variables, validar resultados y replantear la forma en que se construían los insumos. Este proceso me permitió desarrollar un pensamiento lógico y estructurado, así como una mayor capacidad para resolver problemas complejos de manera autónoma. También participé en la revisión y manejo de datos, lo que implicó comprender su origen, estructura y limitaciones. Esto reforzó mi capacidad de análisis crítico, ya que

entendí que los resultados de un modelo dependen directamente de la calidad y consistencia de la información utilizada.

En el ámbito social, el trabajo en equipo fue clave para integrar las distintas partes del proyecto. Aunque cada integrante tenía responsabilidades específicas, fue necesario mantener una comunicación constante para asegurar que los resultados fueran compatibles y coherentes. Esto me permitió reconocer la importancia de la colaboración y la coordinación en proyectos interdisciplinarios.

A nivel personal y profesional, esta experiencia me permitió comprender que el uso de modelos económicos conlleva una responsabilidad importante, ya que las decisiones metodológicas pueden afectar la interpretación de la realidad económica. Aprendí a cuestionar los resultados, entender sus limitaciones y justificar cada paso del proceso, lo cual considero fundamental en el ejercicio de mi profesión.

Noé Alejandro Alejandro del Ángel:

Durante el desarrollo del PAP logré fortalecer distintas competencias disciplinares, especialmente en el análisis económico, manejo de bases de datos y uso de metodologías para construir y actualizar una matriz insumo producto. Estas competencias se desarrollaron principalmente al trabajar con información del INEGI, SIAP, PEMEX y otras fuentes oficiales, así como en la resolución de problemas relacionados con ramas económicas faltantes y compatibilidad de datos.

También desarrollé competencias sociales como el trabajo en equipo, la comunicación y la organización de actividades. Esto fue importante durante la división de tareas, la discusión de metodologías y la toma de decisiones para resolver problemas técnicos del proyecto. En varios momentos fue necesario coordinar esfuerzos y llegar a acuerdos para avanzar de manera eficiente.

En cuanto a las competencias universitarias, fortalecí la capacidad de investigación, el pensamiento crítico y la responsabilidad profesional. Estas competencias se hicieron más evidentes al validar información, justificar metodologías y reconocer las limitaciones de los

datos utilizados. Además, el PAP me permitió comprender mejor la importancia del análisis económico aplicado en contextos regionales.

3.3 Congruencia con perfil de egreso

Ingenierías	☒ Ingeniería en Nanotecnología	Desarrollar e implementar propuestas y estrategias tecnológicas aplicadas a procesos industriales, con el fin de optimizarlos y eficientarlos con un sentido de responsabilidad social.
	☒ Ingeniería Financiera	Caracterizar y modelar información, de pequeño o gran volumen, a través de herramientas de ciencia básica para interpretarla, mostrar sus valores de desempeño en la propuesta de alternativas de comportamiento en la toma de decisiones.