

Planning of Foreign Direct Investment as a tool for Sustainable Development in Honduras

Daniela Gonzales, Industrial and Systems Engineering Student¹

¹Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC), Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Industrial y de Sistemas, Tegucigalpa, Honduras, 11101, danielagonzales@unitec.edu

Mentor: Daniel Montenegro, M.Sc¹

¹Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC), Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Industrial y de Sistemas, Tegucigalpa, Honduras, 11101, daniel.guerrero@unitec.edu.hn

Abstract– Honduras is a country that receives low levels of Foreign Direct Investment (FDI) compared to other countries in the region, which contributes to its slow and unstable economic growth and its high levels of poverty. Through Linear Programming, circumstances in which it can achieve sustainable economic growth were analyzed, trying to identify the necessary amounts of FDI by economic sector to improve their development indices. A fund allocation model was built that managed to increase GDP and CPI by 53.57% and reduce 3.82% of all households living below the poverty lines. Scenarios were compared by analyzing allocation criteria from Ireland, Singapore and China; all provided results that allow visualizing sustainable economic growth in Honduras as long as the required amounts of investment are met. The Singapore scenario showed the best results, projecting the GDP from 46,740.59 million USD in 2021 to 104,143.77 million in 2030. Finally, a validation was carried out where 100% of evaluators determined that the model cannot currently be applied because Honduras doesn't count with the ideal investment attraction conditions.

Keywords—Linear Programming, Fund Allocation, Development Indices, Economic Growth, Poverty Levels.

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2021.1.1.593>
ISBN: 978-958-52071-8-9 ISSN: 2414-6390

Planificación de la Inversión Extranjera Directa como herramienta para el Desarrollo Sostenible en Honduras

Daniela Gonzales, Estudiante de Ingeniería Industrial y de Sistemas¹

¹Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC), Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Industrial y de Sistemas, Tegucigalpa, Honduras, 11101, danielagonzales@unitec.edu

Abstract— Honduras is a country that receives low levels of Foreign Direct Investment (FDI) compared to other countries in the region, which contributes to its slow and unstable economic growth and its high levels of poverty. Through Linear Programming, circumstances in which it can achieve sustainable economic growth were analyzed, trying to identify the necessary amounts of FDI by economic sector to improve their development indices. A fund allocation model was built that managed to increase GDP and CPI by 53.57% and reduce 3.82% of all households living below the poverty lines. Scenarios were compared by analyzing allocation criteria from Ireland, Singapore and China; all provided results that allow visualizing sustainable economic growth in Honduras as long as the required amounts of investment are met. The Singapore scenario showed the best results, projecting the GDP from 46,740.59 million USD in 2021 to 104,143.77 million in 2030. Finally, a validation was carried out where 100% of evaluators determined that the model cannot currently be applied because Honduras doesn't count with the ideal investment attraction conditions.

Keywords—Linear Programming, Fund Allocation, Development Indices, Economic Growth, Poverty Levels.

Abstract— Honduras es un país que recibe bajos niveles de Inversión Extranjera Directa (IED) con respecto a los demás países de la región, lo cual contribuye a que su crecimiento económico sea lento e inestable y sus niveles de pobreza altos. Mediante Programación Lineal se analizó circunstancias en las que puede lograr un crecimiento económico sostenible procurando identificar cantidades necesarias de IED por sector económico que mejoren sus índices de desarrollo. Se construyó un modelo de asignación de fondos que logró aumentar el PIB e IPC en un 53.57% y reducir un 3.82% del total de hogares que viven por debajo de la línea de pobreza. Se comparó escenarios analizando criterios de asignación de Irlanda, Singapur y China; todos proporcionaron resultados que permiten visualizar un crecimiento económico sostenible en Honduras siempre y cuando se cumplan las cantidades requeridas de inversión. El escenario de Singapur mostró los mejores resultados proyectando pasar el PIB de 46,740.59 millones de USD en 2021 a 104,143.77 millones en 2030. Finalmente se llevó a cabo una validación donde el 100% de evaluadores determinaron que el modelo no se puede aplicar actualmente en Honduras debido a que no se cuenta con las condiciones ideales de atracción de inversiones.

Keywords—Programación Lineal, Asignación de Fondos, Índices de Desarrollo, Crecimiento Económico, Niveles de Pobreza.

I. INTRODUCCIÓN

A lo largo de los años Latinoamérica se ha caracterizado por ser una región de crecimiento económico lento e inestable debido a la falta de capacidad de mantener políticas económicas sin cambiar de rumbo con cada cambio de gobierno [1].

Honduras como muchos países latinoamericanos poseen bajos índices de inversión extranjera en comparación a países altamente desarrollados debido a muchos factores que abstienen a los inversionistas de tomar el riesgo de invertir su capital en lugares donde los niveles de seguridad son bajos o las condiciones económicas son muy variables e inciertas. Según cifras de Banco Mundial [2], para el año 2019 Honduras tuvo un crecimiento del PIB de 2.653% respecto al 2018, lo cual es un porcentaje bajo si se desea mejorar los índices de desarrollo del país.

A su vez Honduras cuenta con altos niveles de desempleo que no contribuyen a disminuir los niveles de pobreza, según datos del INE [3], la población económicamente activa (PEA) del país en el año 2018 era de 4.3 millones de personas, de las cuales aproximadamente el 68.5% presenta problemas de empleo, aunque en menor escala debido a los conceptos de subempleo visible e invisible; sin embargo, el desempleo abierto representa un 5.7%.

La IED juega un papel crucial en el progreso de los países subdesarrollados al ser esta una de las mayores fuentes de capital y tecnología [4], esta es el medio ideal para que países con bajos niveles de producción y exportación puedan convertirse en sede de grandes empresas multinacionales que les permitan aumentar su número de exportaciones y como resultado de esto aumentar el número de ingresos en el país; un incremento en la cantidad de ingresos es capaz de reducir los niveles de pobreza y mejorar los índices de desarrollo económico y social.

la falta de planificación y uso de herramientas que permitan medir el impacto de la IED en el desarrollo, conlleva al uso ineficiente de los fondos extranjeros invertidos en el territorio; al no asignarse la cantidad ideal de fondos de IED a cada sector del país se desaprovecha el potencial que tiene este para la generación de nuevos empleos y se puede incurrir en una mala gestión económica que genere un impacto negativo en los índices de desarrollo, manteniendo en un alto nivel el grado de pobreza y desempleo.

En Honduras no se han realizado estudios que permitan medir de una manera prospectiva el impacto de la IED en el desarrollo económico y social, por lo que la falta de planificación de los fondos de IED invertidos en el país puede estar ocasionando pérdidas de oportunidades que no permitan alcanzar el potencial de estos.

En consideración con lo anterior, el objetivo principal de esta investigación es predecir mejoras en los índices de desarrollo en Honduras a través de un modelo de asignación de fondos de IED por sectores económicos que encamine el país hacia el desarrollo sostenible.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

II. METODOLOGÍA

A. Programación Lineal

Es muy común que en diversos aspectos de la vida se presenten problemas donde a partir de un conjunto de variables se deba tomar una decisión ligada a un cierto número de condiciones; es así como los modelos matemáticos buscan dar solución a estos problemas a partir de la formulación de sistemas de ecuaciones o igualdades entre parámetros [5]; de esta manera, los modelos de programación lineal son herramientas utilizadas para la optimización de procesos o sistemas con el fin de hacer un mejor uso u obtener un mayor beneficio de los recursos con los que se cuenta [6].

Para que un problema que involucra cierto número de variables pueda ser traducido a un modelo matemático, Taha [7] muestra que todo modelo de programación lineal debe constar de tres componentes básicos: (1) las variables de decisión que se definen como “características o propiedades desconocidas” que representan un valor que será conocido hasta que se haya ejecutado el modelo de decisión [8], (2) la función objetivo, que es la expresión matemática meta que se desea minimizar o maximizar [9] y (3) las restricciones, que son todas las condiciones que debe cumplir el modelo para que las variables tomen valores aceptables según el problema que se esté planteando [10].

Tomando en cuenta lo mencionado, se construyó un modelo base con el propósito de maximizar los ingresos al país a través de los beneficios redituables de cada sector económico por cada millón de USD invertidos en este; buscando identificar la cantidad necesaria de inversión de IED por sector capaz de generar mejoras en los índices de desarrollo del país se planteó el modelo considerando criterios de asignación manejados por el Banco Central de Honduras (BCH).

Adicionalmente se llevó a cabo una comparación de escenarios tomando en consideración criterios y porcentajes de asignación de IED utilizados en Irlanda, Singapur y China procurando medir el impacto que tendrían en el crecimiento económico de Honduras a mediano y largo plazo.

B. Índices de Desarrollo

Para medir el impacto de la asignación de IED en el crecimiento económico del país se utilizó como indicadores el Producto Interno Bruto (PIB), Ingreso per cápita (IPC) y niveles de pobreza a fin de determinar sus variaciones y predecir mejoras en la economía hondureña y el grado de bienestar de sus habitantes.

El PIB es un indicador económico que mide el nivel de riqueza de un país a partir de sus ingresos y permite a su vez diagnosticar si la economía nacional está en crecimiento, o por el contrario, si enfrenta una caída [11]; el IPC mide la relación existente entre el número de ingresos de país y su número de habitantes [12] y finalmente, los niveles de pobreza se determinan a través de la líneas de pobreza, las cuales miden de forma convencional el nivel de pobreza de un país utilizando el nivel de ingresos de las familias comparándolos con este umbral que se define como el valor de la canasta mínima de bienes y

servicios que una familia debería adquirir para suplir sus necesidades más básicas de supervivencia y bienestar. Si el ingreso per cápita de esa familia se encuentra por debajo de esta línea entonces se considera que esta es pobre [13].

El valor que define la línea de pobreza relativa se calcula mediante la suma del valor de la canasta básica alimentaria y canasta básica no alimentaria; en cambio la línea de pobreza extrema se define respecto al valor de la canasta básica alimentaria; según CEPAL [14] la primera línea de pobreza extrema definida por el Banco Mundial se encuentra en “1 dólar diario”, lo cual surgió como el promedio de los valores en que se ubicaban las líneas de pobreza extrema de los países con menores ingresos per cápita en el mundo.

Para determinar mejoras en el porcentaje de hogares que viven por debajo de las líneas de pobreza se hizo uso de los precios de la canasta básica manejados por la Secretaría de Desarrollo Económico [15] de forma que la línea de pobreza relativa considerada fue de \$329.33 y la de pobreza extrema de \$70.02 mensuales.

C. Inversión Extranjera Directa

La IED es la inversión que un empresa extranjera realiza en un país con el objetivo de establecer actividades económicas de largo plazo [16], en los últimos años esta ha pasado a ser considerada la principal fuente de financiación externa para las economías en desarrollo ya que se visualiza como un medio esencial para la transferencia de tecnología de los países desarrollados a los países en desarrollo, estimulando así la inversión de capital local y facilitando las mejoras de la dotación de capital humano y las instituciones en los países receptores por lo que esta ha sido fundamental para facilitar el crecimiento y la transformación económica de países en vías de desarrollo [17].

Gökmenoğlu et al. [18] mencionan que, si bien la IED ha logrado generar un impacto positivo en el crecimiento de muchas economías a nivel mundial, también han surgido casos donde el incremento de IED no ha tenido ningún impacto debido a factores atenuantes como el capital humano o altos niveles de corrupción que impidan que la IED alcance su potencial en la generación de nuevos empleos y el desarrollo de sectores productivos.

A través del caso de estudio se propuso predecir mejoras en los índices de desarrollo a partir de una correcta asignación de los fondos de IED procurando encaminar Honduras hacia un crecimiento económico sostenible, sobre esto, Gómez [19] menciona que la optimización de procesos y/o servicios va de la mano con el desarrollo sostenible, si se entiende este último como aprovechar los recursos existentes y tratar de satisfacer las necesidades presentes sin comprometer las posibilidades de satisfacer las necesidades futuras.

Durante los últimos treinta años, el crecimiento económico fue causa de una reducción importante de las tasas de pobreza mundiales y el número de pobres en el mundo, esto se ha logrado en gran parte gracias al incremento de los flujos de IED a nivel global, nuevos tratados de libre comercio y la

apertura de países que décadas atrás no le apostaban a atraer empresas multinacionales a sus territorios [20].

D. Parámetros de entrada

Para la construcción del modelo base y los escenarios de comparación de asignaciones se tomó en consideración los sectores económicos “*i*” desglosados en la tabla 1, los cuales a su vez se subdividieron en los grupos G_1 , G_2 y G_3 mostrados en las tablas 2, 3 y 4 refiriéndose respectivamente a los sectores de mayor beneficio redituable, sectores que generan mayor cantidad de empleos y sectores del rubro de servicios.

TABLA I
SECTORES ECONÓMICOS EN HONDURAS

<i>i</i>	Sector económico
1	Agricultura, Ganadería, Caza, Silvicultura y Pesca
2	Explotación de Minas y Canteras
3	Industrias Manufactureras
4	Electricidad y Distribución de Agua
5	Construcción
6	Comercio
7	Hoteles y Restaurantes
8	Transporte, Almacenamiento
9	Comunicaciones
10	Intermediación Financiera
11	Propiedad de Vivienda
12	Actividades Inmobiliarias y Empresariales
13	Administración Pública y Defensa; Planes de Seguridad Social y de Afiliación Obligatoria
14	Servicios de Enseñanza
15	Servicios Sociales y de Salud
16	Servicios Comunitarios, Sociales y Personales

TABLA II
SECTORES ECONÓMICOS DE MAYOR BENEFICIO REDITUABLE

$G_1(i)$	Sector económico
1	Agricultura, Ganadería, Caza, Silvicultura y Pesca
3	Industrias Manufactureras
5	Construcción
6	Comercio
10	Intermediación Financiera

TABLA III
SECTORES QUE GENERAN MAYOR CANTIDAD DE EMPLEOS

$G_2(i)$	Sector económico
1	Agricultura, Ganadería, Caza, Silvicultura y Pesca
3	Industrias Manufactureras
5	Construcción
7	Hoteles y Restaurantes
16	Servicios Comunitarios, Sociales y Personales

TABLA IV
SECTORES DEL RUBRO DE SERVICIOS

$G_3(i)$	Sector económico
10	Intermediación Financiera
12	Actividades Inmobiliarias y Empresariales
13	Administración Pública y Defensa; Planes de Seguridad Social y de Afiliación Obligatoria
14	Servicios de Enseñanza
15	Servicios Sociales y de Salud
16	Servicios Comunitarios, Sociales y Personales

Adicionalmente para la comparación de escenarios se utilizó el parámetro “*j*” para los años en que se haría las proyecciones del crecimiento económico, se consideró el periodo 2021-2030 y cada “*j*” se desglosa en la tabla 5.

TABLA V
AÑOS DE REFERENCIA DE PROYECCIÓN ECONÓMICA

<i>j</i>	Año
0	2020
1	2021
2	2022
3	2023
4	2024
5	2025
6	2026
7	2027
8	2028
9	2029
10	2030

Una vez identificados los sectores y los años, se estipuló los siguientes parámetros conocidos:

C_i = Beneficios redituables por cada millón de USD invertido en el sector económico “*i*”.

K_i = Número de empleos generados por cada millón de USD invertido en el sector económico “*i*”.

G_1 = Grupo de sectores económicos que generan mayor beneficio redituable en Honduras.

G_2 = Grupo de sectores económicos que generan mayor cantidad de empleos en Honduras.

G_3 = Grupo de sectores económicos pertenecientes al rubro de servicios.

Adicionalmente, se utilizó las cifras mostradas a continuación, estas fueron citadas del INE [3] y se referenció el año 2018 al ser el más reciente disponible:

PEA: 4,336,377 personas.

Población total en Honduras: 9,023,838 personas

Precio de la canasta básica alimentaria per cápita: \$70.02

Precio de la canasta básica no alimentaria per cápita: \$259.31

Línea de la pobreza monetaria LPM = \$329.33

Línea de la pobreza extrema LPE = \$70.02

III. MODELOS MATEMÁTICOS

Recopilada la información necesaria para la construcción del modelo base y los escenarios de comparación, se planteó modelos matemáticos con el propósito de maximizar los beneficios redituables.

A. Variables

Para el modelo base se consideró:

X_i = Cantidad de millones de USD de IED a invertir en el sector económico “*i*”.

Adicionalmente, para los escenarios de comparación se agregó el año de referencia considerándose:

X_{ij} = Cantidad de millones de USD de IED a invertir en el sector económico “*i*” en el año “*j*”.

B. Función Objetivo

Para el planteamiento del modelo base se propuso maximizar los ingresos del país de la forma:

$$\text{Máx } Z = \sum_{i=1}^{16} X_i * C_i \quad (1)$$

De igual manera, para la comparación de escenarios procurando maximizar los beneficios redituables se hizo uso de la siguiente FO:

$$\text{Máx } Z = \sum_{i=1}^{16} \sum_{j=1}^{10} X_{ij} * C_{ij} \quad (2)$$

C. Restricciones

Para el planteamiento del modelo base se consideró las siguientes restricciones:

1. La suma total de fondos asignados en los distintos sectores económicos no pueden sobrepasar la cantidad de fondos de IED disponibles en el país.

$$\sum_{i=1}^{16} X_i \leq 437.2 \quad (3)$$

2. Se debe invertir al menos el 50% del total de inversiones en los cinco sectores que mayor beneficio redituable generen en el país.

$$\sum_{i \in G_1} X_i \geq 0.5 \sum_{i=1}^{16} X_i \quad (4)$$

3. Para priorizar la inversión en los sectores económicos que mayor cantidad de empleos generan, se debe asignar a los sectores que cubren un mayor porcentaje de la PEA al menos un 30% más que al resto de sectores.

$$X_{G_2} \geq 0.3(X_i); \forall G_2, \forall i = 1, 2, 3 \dots 16 \quad (5)$$

4. Los sectores económicos de servicio deben recibir al menos un 25% del total de inversiones procurando potenciar los sectores que permitan un avance en materia de protección social.

$$\sum_{i \in G_3} X_i \geq 0.25 \sum_{i=1}^{16} X_i \quad (6)$$

5. procurando reforzar la protección social se invertirá en al menos un 8% del total de IED en salud, educación y afiliación social

$$X_i \geq 0.08 \sum_{i=1}^{16} X_i; \forall i = 13, 14, 15 \quad (7)$$

6. todos los sectores deben recibir un porcentaje de IED por lo que todas las cantidades requeridas de inversión por los sectores económicos deben ser mayores o iguales a 1.5

$$X_i \geq 1.5; \forall i = 1, 2, 3, \dots, 16 \quad (8)$$

7. Promoviendo el turismo como generador de empleos, el porcentaje de inversión en el sector hotelero y de restaurantes debe ser igual a los sectores G_1 .

$$X_7 = X_i; , \forall i \in G_1 \quad (9)$$

Para el planteamiento del escenario 1 haciendo uso de criterios y porcentajes de Irlanda se consideró las siguientes restricciones:

1. Tomando en consideración un contexto optimista, el total de inversiones de cada año debe ser mayor o igual al total de inversiones del año anterior.

$$\sum_{i=1}^{16} X_{i(j+1)} \geq \sum_{i=1}^{16} X_{ij}; \forall j = 1, 2, 3, \dots, 10 \quad (10)$$

2. El porcentaje de crecimiento económico no supera el 8.2% con respecto al año anterior.

$$\sum_{i=1}^{16} X_{ij} \leq 1.082 \sum_{i=1}^{16} X_{i(j-1)}; \forall j = 1, 2, 3, \dots, 10 \quad (11)$$

3. Se invirtió porcentajes específicos en ciertos sectores considerando parámetros del país de referencia por lo que se planteó las restricciones:

$$X_{6j} = 0.46 \sum_{i=1}^{16} X_{ij}; \forall j = 1, 2, 3, \dots, 10 \quad (12)$$

$$X_{9j} = 0.38 \sum_{i=1}^{16} X_{ij}; \forall j = 1, 2, 3, \dots, 10 \quad (13)$$

$$X_{10j} = 0.10 \sum_{i=1}^{16} X_{ij}; \forall j = 1, 2, 3, \dots, 10 \quad (14)$$

4. Todos los sectores deben recibir fondos de IED, de tal manera que la cantidad de fondos invertidos en cada uno de ellos deberá ser mayor o igual al 0.3% del total de flujos de inversión del año en consideración de la forma:

$$X_{ij} \geq 0.003 \sum_{i=1}^{16} X_{ij}; \forall i = 1, 2, \dots, 16. \forall j = 1, 2, \dots, 10 \quad (15)$$

Para el planteamiento del escenario 2 haciendo uso de criterios y porcentajes de Singapur se consideró las siguientes restricciones:

1. El total de inversiones de cada año debe ser mayor o igual al total de inversiones del año anterior.

$$\sum_{i=1}^{16} X_{i(j+1)} \geq \sum_{i=1}^{16} X_{ij}; \forall j = 1, 2, 3, \dots, 10 \quad (16)$$

2. El porcentaje de crecimiento económico no supera el 9.31% con respecto al año anterior.

$$\sum_{i=1}^{16} X_{ij} \leq 1.0931 \sum_{i=1}^{16} X_{i(j-1)}; \forall j = 1, 2, 3, \dots, 10 \quad (17)$$

3. De igual manera se invirtió porcentajes específicos en ciertos sectores considerando parámetros del país de referencia por lo que se planteó las restricciones:

$$X_{10j} = 0.54 \sum_{i=1}^{16} X_{ij}; \forall j = 1, 2, 3, \dots, 10 \quad (18)$$

$$X_{6j} = 0.18 \sum_{i=1}^{16} X_{ij}; \forall j = 1, 2, 3, \dots, 10 \quad (19)$$

$$X_{3j} = 0.11 \sum_{i=1}^{16} X_{ij}; \forall j = 1, 2, 3, \dots, 10 \quad (20)$$

$$X_{13j} + X_{16j} = 0.07 \sum_{i=1}^{16} X_{ij}; \forall j = 1, 2, 3, \dots, 10 \quad (21)$$

$$X_{11j} + X_{12j} = 0.02 \sum_{i=1}^{16} X_{ij}; \forall j = 1, 2, 3, \dots, 10 \quad (22)$$

$$X_{8j} = 0.02 \sum_{i=1}^{16} X_{ij}; \forall j = 1, 2, 3, \dots, 10 \quad (23)$$

$$X_{9j} = 0.01 \sum_{i=1}^{16} X_{ij}; \forall j = 1, 2, 3, \dots, 10 \quad (24)$$

4. Todos los sectores deben recibir fondos de IED de forma que la cantidad de fondos invertidos en cada uno de ellos deberá ser mayor o igual al 0.3% del total de flujos de inversión del año en consideración de la siguiente manera:

$$X_{ij} \geq 0.003 \sum_{i=1}^{16} X_{ij}; \forall i = 1, 2, \dots, 16. \forall j = 1, 2, \dots, 10 \quad (25)$$

Para el planteamiento del escenario 3 haciendo uso de criterios y porcentajes de China se consideró las siguientes restricciones:

1. El total de inversiones de cada año debe ser mayor o igual al total de inversiones del año anterior.

$$\sum_{i=1}^{16} X_{i(j+1)} \geq \sum_{i=1}^{16} X_{ij}; \forall j = 1, 2, 3, \dots, 10 \quad (26)$$

2. El porcentaje de crecimiento económico no supera el 6.6% con respecto al año anterior.

$$\sum_{i=1}^{16} X_{ij} \leq 1.066 \sum_{i=1}^{16} X_{i(j-1)}; \forall j = 1, 2, 3, \dots, 10 \quad (27)$$

3. De igual manera se invirtió porcentajes específicos en ciertos sectores considerando parámetros del país de referencia por lo que se planteó las restricciones:

$$X_{3j} = 0.25 \sum_{i=1}^{16} X_{ij}; \forall j = 1, 2, 3, \dots, 10 \quad (28)$$

$$X_{14j} = 0.20 \sum_{i=1}^{16} X_{ij}; \forall j = 1, 2, 3, \dots, 10 \quad (29)$$

$$X_{12j} = 0.12 \sum_{i=1}^{16} X_{ij}; \forall j = 1, 2, 3, \dots, 10 \quad (30)$$

$$X_{6j} = 0.20 \sum_{i=1}^{16} X_{ij}; \forall j = 1, 2, 3, \dots, 10 \quad (31)$$

$$X_{10j} = 0.06 \sum_{i=1}^{16} X_{ij}; \forall j = 1, 2, 3, \dots, 10 \quad (32)$$

$$X_{8j} = 0.04 \sum_{i=1}^{16} X_{ij}; \forall j = 1, 2, 3, \dots, 10 \quad (33)$$

$$X_{4j} = 0.02 \sum_{i=1}^{16} X_{ij}; \forall j = 1, 2, 3, \dots, 10 \quad (34)$$

$$X_{5j} = 0.01 \sum_{i=1}^{16} X_{ij}; \forall j = 1, 2, 3, \dots, 10 \quad (35)$$

4. Todos los sectores deben recibir fondos de IED de forma que la cantidad de fondos invertidos en cada uno de ellos deberá ser mayor o igual al 0.3% del total de flujos de inversión del año en consideración de la siguiente manera:

$$X_{ij} \geq 0.003 \sum_{i=1}^{16} X_{ij}; \forall i = 1, 2, \dots, 16. \forall j = 1, 2, \dots, 10 \quad (36)$$

IV. RESULTADOS

A. Modelo Base

Los resultados del modelo base se presentan en la figura 1, expresando las cantidades que el modelo asignó por cada sector

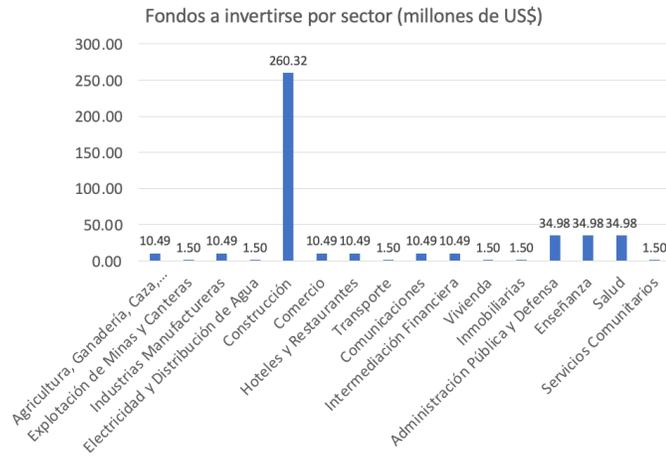


Fig. 1 Fondos requeridos de inversión de IED por sector económico

Con base en las cantidades asignadas por el modelo a cada sector económico se observó variaciones en los índices de desarrollo del país tal y como se muestran en la figura 2 las mejoras en el PIB e IPC y en la figura 3 la variación en los niveles de pobreza



Fig. 2 Comparación PIB e IPC 2018 y resultados del modelo base

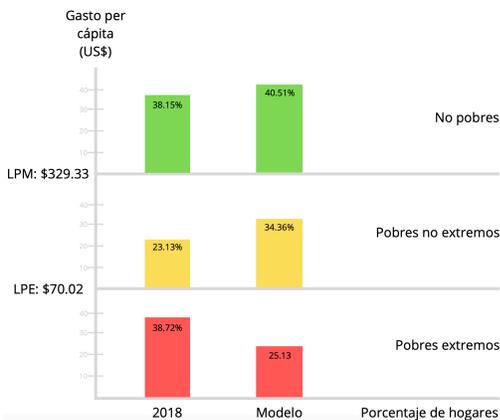


Fig. 3 Comparación de niveles de pobreza, 2018 y modelo base

B. Escenario 1, Irlanda

Tras la resolución del escenario 1, el modelo determina que se necesita invertir las cantidades expresadas en la figura 4 para alcanzar las mejoras en los índices de desarrollo mostradas en la figura 5.

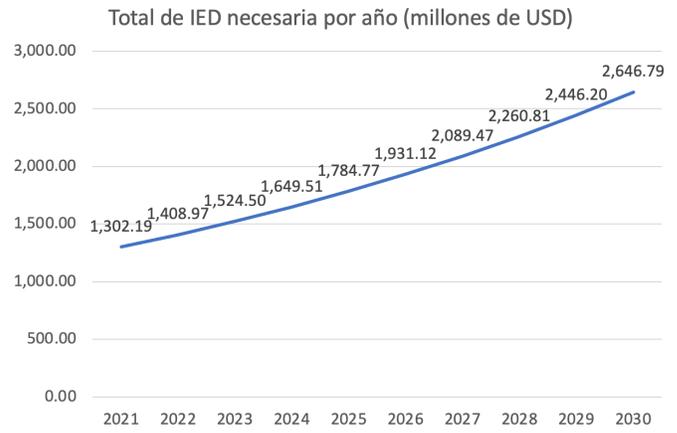


Fig. 4 IED necesaria por año según criterios de Irlanda

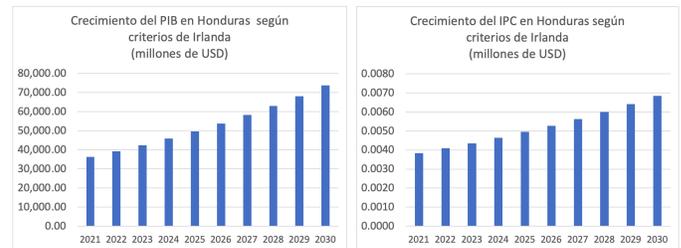


Fig. 5 Crecimiento del PIB e IPC con criterios de Irlanda

C. Escenario 2, Singapur

Tras la resolución del escenario 2, el modelo determina que se necesita invertir las cantidades expresadas en la figura 6 para alcanzar las mejoras en los índices de desarrollo mostradas en la figura 7.

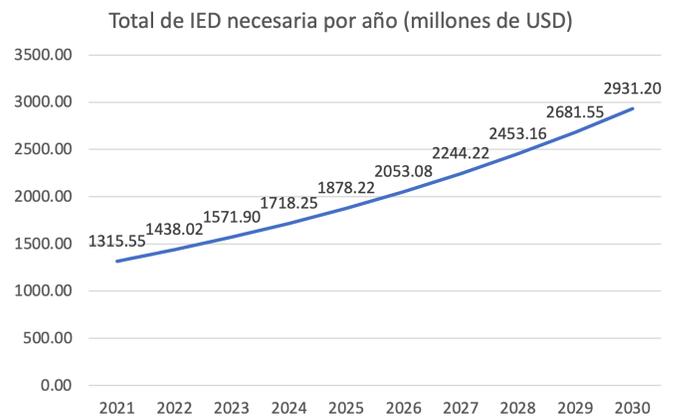


Fig. 6 IED necesaria por año según criterios de Singapur

V. INTERPRETACIÓN

A. Modelo Base

El modelo base asignó la mayor cantidad de fondos de IED al sector de Contrucción basándose en las prioridades y condiciones con las que se planteó el modelo; cabe mencionar que el año de referencia (2018) fue un año en que se invirtió grandes cantidades en dicho sector debido al gran número de proyectos de infraestructura, vías de transporte y demás que representaron un alto número de empleos en el sector.

Entre los demás sectores los fondos se dividieron de tal manera que todos tuviesen acceso a cierta cantidad que les permitiese generar nuevos empleos o mantener los que proporcionan actualmente, entre los de menor cantidad de fondos requeridos se encuentran Explotación de minas y canteras, Transporte, Vivienda, Inmobiliarias y Servicios comunitarios al ser los que menor beneficio redituable y cantidad de empleos generan en el país.

El PIB mejoró en un 53.57% representando un alto incremento en los ingresos del país lo cual se traduce en una mejor productividad, mayor cantidad de empleos y un ingreso per cápita mayor que mejora las condiciones de vida de las personas permitiéndoles un mayor nivel de acceso a los recursos necesarios para vivir una vida digna. Esto genera un alto impacto tanto en el grado de desarrollo económico del país como en el nivel de vida de sus habitantes. El porcentaje de mejora del IPC es equivalente al del PIB debido a su relación directa, si el PIB aumenta también lo hace el IPC.

A pesar de que los niveles de pobreza relativa aumentan, los niveles de pobreza extrema disminuyen, lo que significa que un gran porcentaje de los hogares que se encontraban con ingresos por debajo de la línea de pobreza extrema ascienden en nivel y logran superarla pasando a tener un nivel más alto de ingresos que mejora sus condiciones de vida al tener acceso a un mayor número de productos de la canasta básica alimentaria. De igual manera se reduce el porcentaje de pobreza lo que significa que con la asignación de fondos propuesta, familias logran superar ambos niveles de pobreza.

B. Escenario 1, Irlanda

La asignación de fondos logra un crecimiento económico en Honduras; a pesar de que los sectores prioritarios de inversión en Irlanda no son específicamente los sectores de mayor beneficio redituable en Honduras, sus porcentajes de inversión por sectores permiten pasar de un PIB proyectado de 36,263.11 millones de US\$ en 2021 a 73,707.28 millones en 2030, manteniendo una tasa promedio de crecimiento de 8.2% con respecto al año anterior.

El crecimiento del PIB va de la mano con el incremento del IPC lo cual es fundamental para mejorar las condiciones de vida de las personas y reducir el número de hogares por debajo de las líneas de pobreza. Con respecto al modelo, la asignación en

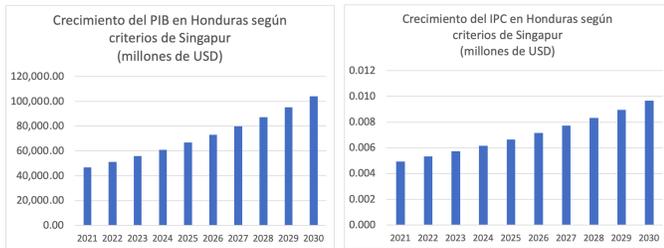


Fig. 7 Crecimiento del PIB e IPC con criterios de Singapur

D. Escenario 3, China

Tras la resolución del escenario 3, el modelo determina que se necesita invertir las cantidades expresadas en la figura 8 para alcanzar las mejoras en los índices de desarrollo mostradas en la figura 9.

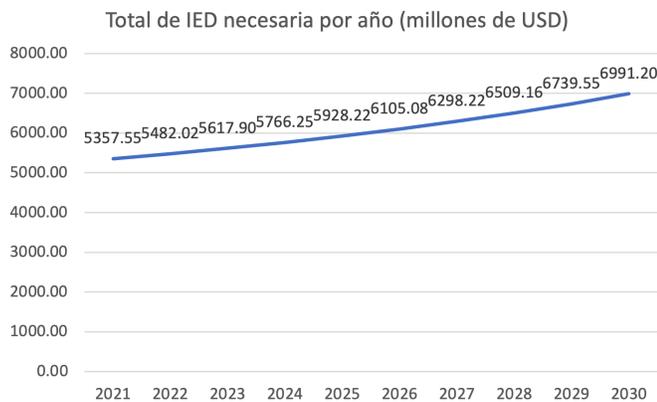


Fig. 8 IED necesaria por año según criterios de China

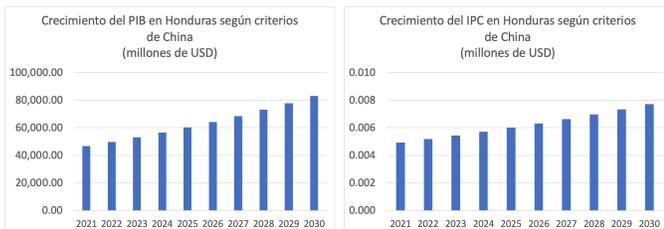


Fig. 9 Crecimiento del PIB e IPC con criterios de China

E. Validación

El 100% de evaluadores del departamento de Estadísticas Macroeconómicas de Banco Central de Honduras determinaron bajo un consenso de opiniones sobre criterios más importantes estipulados para la validación que el modelo no es aplicable en la actualidad en Honduras por la falta de condiciones para la atracción de Inversiones Exteriores al país. Las opiniones fueron con respecto a la consideración si el modelo se apega a la realidad, posibles cambios y consideraciones sobre el potencial del modelo como herramienta para la atracción.

los sectores prioritarios generó un cambio muy notable con respecto al modelo base, logrando que los indicadores económicos generasen mejores resultados.

C. Escenario 2, Singapur

Al igual que en el escenario 1 se logra un crecimiento económico en el país según los criterios de asignación de fondos de IED de Singapur; sin embargo, a diferencia del escenario de Irlanda, la asignación del fondos del segundo escenario genera un mayor impacto positivo en los índices de desarrollo económico PIB e IPC.

La asignación logra un crecimiento económico reflejado en ambos indicadores, PIB e IPC. A diferencia del primer escenario, el crecimiento promedio es de 9.3% pasando de un PIB de 46,740.59 millones de USD en 2021 a 104,143.77 millones en 2030.

El IPC incrementa con el paso de los años, pasando de \$ 4,945.72 en 2021 a \$ 9,672.79 en 2030, lo cual significaría una notable mejora en la reducción de los porcentajes de hogares por debajo de las líneas de pobreza. Sin embargo, para lograr atraer una cantidad de inversiones de esa magnitud en Honduras se necesita trabajar en conjunto con todos los sectores públicos y privados para crear las condiciones propicias que atraigan a inversionista y políticas que beneficien a las empresas multinacionales.

D. Escenario 3, China

A diferencia de los escenarios anteriores, haciendo uso de los criterios de distribución de fondos de IED en China se requiere de la atracción de una cantidad mucho mayor de fondos, con respecto a Irlanda y Singapur. Sin embargo, al ser requerida una mayor cantidad por cada año, los resultados se ven directamente reflejados en un aumento de los indicadores de desarrollo económico.

Haciendo uso de los parámetros de distribución de China significaría un incremento de gran impacto en los índices de desarrollo económico del país, al igual que en los escenarios anteriores dicho incremento se traduce en una oportunidad para reducir significativamente el porcentaje de hogares por debajo de las líneas de pobreza.

Se identificó una mejora tanto en el PIB como en el IPC en el periodo comprendido entre el año 2021 y 2030. El incremento del PIB e IPC fue considerable al igual que los escenarios anteriores pasando el PIB de 46,643.65 millones de USD en 2021 a 82,910.09 en 2030 y el IPC de \$4,935.46 en 2021 a \$7,700.63 en 2030.

Este escenario al igual que los anteriores es sin duda muy prometedor siempre y cuando se cuente con las condiciones propicias para la atracción de IED, en el caso actual de Honduras, faltaría mucho por recorrer para lograr atraer cantidades tan altas o inversionistas altamente competitivos como los que mantienen sus sedes en los países de los escenarios planteados.

E. Validación

De los comentarios al primer aspecto de evaluación referente al apego del modelo a la realidad, se logró identificar que actualmente Honduras no es un país que cuenta con condiciones económicas que garanticen un crecimiento estable, los flujos de IED varían con los años y no son directamente percibidos para invertirse donde el Estado lo determine, sino a criterio del inversionista; para lograr que el modelo proporcione resultados realistas se necesitaría de estudios más específicos y la colaboración de diversas instituciones nacionales.

Para que el modelo pueda brindar resultados realistas se debe involucrar más factores que disminuyan la variabilidad de datos y prevean cambios o variaciones en la cantidad de flujos de IED de un año con respecto a los demás. Si bien el modelo no puede aplicarse actualmente en Honduras, puede ser de utilidad para estimar los beneficios que genera cada sector y atraer inversiones con base en ello.

De las respuestas al segundo criterio alusivo a qué cambios se podría implementar al modelo, se establece que es necesaria la consideración de más variables y parámetros de entrada que permitan limitar más la signación de fondos procurando que los resultados sean más específicos y se apeguen más a la realidad. Los impuestos pueden alterar los resultados por lo que incluirlos en el modelo podría permitir visualizar de manera más objetiva el comportamiento de la IED a través de los años.

Adicionalmente, los escenarios de comparación pueden ser una herramienta de estudio que permita imitar políticas de atracción y porcentajes de asignación que generen resultados positivos en el país. Si bien actualmente las inversiones dependen en su mayoría del criterio del inversionista, es posible la creación de objetivos y planes estratégicos a largo plazo que garanticen un crecimiento sostenido en el tiempo.

Con respecto al último criterio referente a la posibilidad de implementación y uso, se determina el potencial del modelo de asignación como una guía para la atracción consciente de fondos de IED, si se continúa el caso de estudio y se refuerza el modelo considerando una mayor cantidad de variables y parámetros de entrada, este puede llegar a proporcionar información de mucha importancia para el planteamiento de políticas económicas que precisen la atracción de inversionistas.

VI. CONCLUSIÓN

A través de las cantidades de inversión de IED propuestas por el modelo base se logra mejorar en un 53.57% el PIB e IPC y reducir en un 3.82% el número de hogares por debajo de las líneas de pobreza en Honduras. Los tres escenarios de comparación planteados permitieron visualizar mejoras en el PIB e IPC y el escenario de Singapur fue el que mejores resultados proporcionó pasando el PIB de 46,740.59 millones de USD estimados en 2021 a 104,143.77 millones en 2030 con un crecimiento promedio de 9.31%. A su vez, tras una validación del modelo y escenarios por personal del Departamento de Estadísticas Macroeconómicas del BCH se determinó con base en un acuerdo del 100% de opiniones por

parte de los evaluadores que los modelos de asignación planteados no son aplicables para Honduras en condiciones actuales; para que estos puedan utilizarse como guía de inversión y proporcionar resultados realistas se requiere de un entorno económico estable y condiciones propicias para atraer altas cantidades de IED al país.

VII. EVOLUCIÓN Y TRABAJO FUTURO

Los resultados expresados por el presente caso de estudio, si bien muestran un panorama sobre el comportamiento e impacto de una distribución consciente de los fondos de IED por sectores económicos en los índices de desarrollo del país, no son aplicables hasta el punto en que se desarrolló la investigación debido a la alta variación de fondos de IED invertidos por año y la flexibilidad de políticas de inversión. Para que los modelos de asignación puedan ser utilizados como guía de inversión en el país se requiere de la evaluación exhaustiva por parte de especialistas en el área macroeconómica que puedan reducir la flexibilidad de los modelos y lograr que estos se asemejen mejor a la realidad.

Para llevar el presente caso de estudio a una segunda etapa, existe la posibilidad de creación de nuevos modelos de asignación haciendo uso de una metodología diferente, como por ejemplo la Programación por Metas; asimismo el planteamiento de nuevos escenarios y consideración de una mayor cantidad de políticas nacionales e internacionales para la inversión de flujos de IED que permitan plantear una mayor cantidad de restricciones para delimitar aún más las posibles decisiones de los modelos de asignación y procurar que este se asemeje cada vez más a la realidad.

Un factor que impacta el desarrollo económico no solo en Honduras sino en una gran cantidad de países, son los altos niveles de corrupción que impiden que las inversiones y fondos sean empleados transparentemente. En ese sentido, se puede involucrar en investigaciones posteriores, los índices de corrupción como una nueva variable al modelo y asimismo, medir el impacto negativo que esta genera en la falta de desarrollo de proyectos que encaminen el país hacia el desarrollo sostenible.

ESTADO DEL ARTE

Si bien se han aplicado modelos de programación lineal para la asignación presupuestal de proyectos públicos de infraestructura [21], y distribución de fondos para la prevención del VIH [22], no se han desarrollado investigaciones que involucren la planificación de la IED y programación lineal en un mismo proyecto; muchos países y grandes potencias mundiales han realizado estudios y mediciones del impacto que ha generado la IED en sus economías en los últimos años, llegando al grado de atribuir su alto crecimiento económico al incremento de la IED en sus territorios como un medio para captar capital y generar nuevos empleos, tal es el caso de los países considerados para los escenarios estudiados y adicionales como India, Luxemburgo, Brasil, entre otros.

El valor que genera la presente investigación con respecto a estudios similares, radica en el desarrollo de una iniciativa que permite visualizar de una manera prospectiva cuales serán los beneficios macroeconómicos para el país en un futuro cercano y de esta manera servir como una guía e incentivo para la creación de políticas que promuevan la atracción de inversiones extranjeras de una manera consciente, estando al tanto de un estimado de los resultados positivos que esto generaría en la economía nacional.

REFERENCIAS

- [1] Oppenheimer, A. (2006). *Cuentos Chinos: El engaño de Washington, la mentira populista y la esperanza de América Latina* (Decimoprimer edición). Editorial Sudamericana.
- [2] Banco Mundial. (2020b). Honduras: Panorama general. World Bank. <https://www.bancomundial.org/es/country/honduras>
- [3] INE. (2018). *Indicadores Cifras de País 2018*. Instituto Nacional de Estadísticas. <https://www.ine.gob.hn/V3/imag-doc/2019/09/cifras-de-pais-2018.pdf>
- [4] Secretaría de Economía, M. (2016). ¿Qué es la Inversión Extranjera Directa? <http://www.gob.mx/se/articulos/que-es-la-inversion-extranjera-directa>
- [5] Ramírez, A. E. N. (1996). *Aplicación de algunos modelos matemáticos a la toma de decisiones*. 17.
- [6] Conejero, E. (2013). *Programación Lineal: Aplicación a la producción de helados*. <https://core.ac.uk/download/pdf/51404970.pdf>
- [7] Taha, H. A. (2012). *Investigación de operaciones* (9a. ed.). Pearson Education. <https://elibro.net/es/1c/unitechn/titulos/108502>
- [8] Pérez, D., Cruz Lario, F., & Alemany, M. (2010). Descripción detallada de las Variables de Decisión en Modelos basados en Programación Matemática en un contexto de Planificación Colaborativa de una Red de Suministro / Distribución (RdS/D). 10.
- [9] Boirivant, J. A. (2009). *LA PROGRAMACIÓN LINEAL APLICACIÓN DE LA PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS*. 18.
- [10] Suñé, A., Fonollosa, J. B., & Fernández, V. (2016). *Programación Lineal: Métodos cualitativos para la toma de decisiones*. Universitat Politècnica de Catalunya. <https://elibro.net/es/ereader/unitechn/61485?page=27>
- [11] Jariola. (2018). El PIB y la Renta Nacional. 16.
- [12] Sánchez Galán, J. (2019). *PIB per cápita—Qué es, definición y concepto*.
- [13] Ayala, J. E. M. (2009). *LÍNEAS DE POBREZA ¿CUÁLES Y CÓMO VALORARLAS? Cuadernos de Economía*, 31.
- [14] CEPAL. (2010). *Indicadores de pobreza y pobreza extrema utilizadas para el monitoreo de los ODM en América Latina*. 3.
- [15] Secretaría de Desarrollo Económico. (s. f.). *Nuevo modelo de la Canasta Básica Familiar* (p. 42). http://www.ccichonduras.org/website/img/boletin/Propuesta_NuevoModeloCBA.pdf
- [16] BID. (2020). *Definiciones y conceptos clave en IED | Inversión Extranjera como Motor del Desarrollo para América Latina y el Caribe | edX*. <https://learning.edx.org/course/course>
- [17] Mamingi, N., & Martin, K. (2018). La inversión extranjera directa y el crecimiento en los países en desarrollo: El caso de los países de la Organización de Estados del Caribe Oriental. *Revista de la CEPAL*, 2018(124), 85-106. <https://doi.org/10.18356/cdf8aa9b-es>
- [18] Gökmenoğlu, K. K., Apinran, M. O., & Taşpınar, N. (2018). Impact of Foreign Direct Investment on Human Development Index in Nigeria. *Business and Economics Research Journal; Bursa*, 9(1), 1-14.
- [19] Gómez, T. (2002). *Ecología Industrial. Producción Industrial Sostenible. Ecodiseño: Ingeniería del ciclo de vida para el desarrollo de productos sostenibles*. España. Universidad Politécnica de Valencia.
- [20] Barro, R. J., & Martin, X. S. i. (2018). *Crecimiento económico*. Reverte.
- [21] Villarroel, J. (2012). *Diseño e implementación de un modelo de programación lineal para optimizar la asignación presupuestal en el proyecto especial de infraestructura PROVIAS DESCENTRALIZADO-MTC*.
- [22] Earshaw, S. R., Hicks, K., Richter, A., & Honeycutt, A. (2007). A linear programming model for allocating HIV prevention funds with state agencies: A pilot study. *Health Care Management Science*, 10(3), 239-52.