

Análisis de la Instalación de un Puerto Seco en Honduras

Sarvia Abigail Vásquez Rosales, Ingeniero Industrial y de Sistemas, Edwin Enrique Dore Rivera, Ingeniero Industrial y de Sistemas Maria Elena Perdomo, Master en Ingeniería Industrial

¹Universidad tecnológica Centroamericana UNITEC, Honduras, sarviavr99@unitec.edu, edwin.dore@unitec.edu, maría_perdomo@unitec.edu

Resumen– Se realizó una investigación y análisis para determinar la mejor ubicación estratégica para la instalación de un puerto seco en Honduras con el objetivo de profundizar y analizar individualmente la mejor ubicación propuesta por cada criterio. Honduras se ha visto afectado por múltiples limitantes, dichas debilidades han provocado problemas en los servicios logísticos que resultan en un impacto negativo que afecta de manera importante al país. Para la completación de cada objetivo establecido se realizó una investigación exhaustiva en diferentes fuentes para la determinación final de los criterios con un mayor impacto en el proyecto, estos se definieron como criterio socioeconómico, medioambiental, localización y accesibilidad. De esta manera, se obtuvo una base de datos cuantitativos relevantes en el país para proceder con la implementación del método de Weber y empezar a definir la mejor ubicación para cada criterio individualmente.

Palabras claves: puerto seco, ubicación estratégica, criterios, método de Weber.

Abstract– An investigation and analysis were carried out to determine the best strategic location for the installation of a dry port in Honduras with the aim of deepening and analyzing individually the best location proposed by each criterion. Honduras has been affected by multiple limitations; these weaknesses have caused problems in logistics services that result in a negative impact that significantly affects the country. For the completion of each established objective, an exhaustive investigation was carried out in different sources for the final determination of the criteria with a greater impact on the project, these were defined as socioeconomic, environmental, location and accessibility criteria. In this way, a database of relevant quantitative data in the country was obtained to proceed with the implementation of Weber's method and begin to define the best location for each criterion individually.

Keywords: dry port, strategic location, criteria, Weber method.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente uno de los problemas más importantes que enfrentan un gran porcentaje de los países en latinoamericanos es la baja calidad en la infraestructura logística interna utilizada por cada país, esto resulta en un obstáculo para tener un intercambio eficiente de todos los bienes y mercancías que se transportan en el interior como en el exterior del país. Existe una creciente demanda de productos cada año, y sin duda la poca expansión que se observa en los puertos marítimos y la baja infraestructura hace que el desarrollo de los procesos

logísticos sea lento y se creen cuellos de botella [1]. Durante últimas décadas se ha observado una significativa intensificación de la competencia que existe entre los puertos y en la especialización de las operaciones, que deja como resultado que la característica operativa básica no es ya el puerto marítimo en su conjunto, sino que consiste en las terminales de carga, que generalmente están ubicadas en de la zona de servicios portuaria y cuentan con especialidades en un determinado tipo de tráfico [2].

La velocidad con la que se ha incrementado y desarrollado en los últimos años el transporte marítimo sin duda ha demostrado serios problemas en las capacidades de los procesos logísticos y en los servicios portuarios que se brindan alrededor del mundo. Uno de los factores influyentes es el aumento en la cantidad de toneladas de los buques, esto proporciona un alto nivel de capacidad en las cargas y el transporte, esencialmente los portacontenedores; actualmente hay un aproximado del 93% de la carga a nivel mundial [3].

Las nuevas tendencias del sector del transporte creadas para reducir los stocks han creado envíos más pequeños en cantidad, pero más frecuentes en la demanda, complicando en mayor nivel las operaciones por la urgente necesidad de obtener sincronización y la presión más intensa que sobre caer sobre todos los sistemas de transporte. Al encontrarse en estas situaciones y problemas, el transporte marítimo se ha convertido en el modo de transporte más indicado y económico para poder suplir todas las necesidades que son generadas en referencia a la movilidad de las mercancías a largas distancias [4].

Honduras es un país que no ha sido la excepción en referencia a un impacto en las dificultades presentadas en los procesos logísticos y de transporte que se han observado a nivel mundial. Se ha identificado en el país que (a) no existe espacio suficiente para realizar modificaciones en las diferentes funciones aduaneras. (b) no hay un mantenimiento vigente en las instalaciones aduaneras. (c) El Poder Ejecutivo ha tomado en consideración la inversión en la mejora de los servicios aduaneros para así poder aprovechar la red vial [5].

III MARCO TEÓRICO

A. Puerto Seco

El concepto que existe de un puerto seco usualmente se confunde con las diferentes ideas que se han utilizado para definir el concepto de una plataforma. Al realizar una definición

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.695>
ISBN: 978-628-95207-0-5 ISSN: 2414-6390

clara y concisa, un puerto seco consiste de una infraestructura que ha sido desarrollada específicamente para llevar fuera de las ubicaciones portuarias, todas las actividades logísticas brindando mejoras en el nivel de eficiencia de las operaciones de transporte, específicamente en los puertos marítimos que tienen múltiples restricciones [6]. Los puertos secos principalmente se crean con la finalidad de poder asegurar que el transporte de contenedores con mercadería y bienes se realice de manera rápida, eficaz, segura y económica [7].

Una de las fortalezas de la instalación de un puerto seco es contar con un acceso rápido y fácil a un puerto o transporte marítimos, si la ubicación del puerto seco está cerca de un puerto marítimo, es decir, no mayor a 300 km de distancia, el transporte requerido desde las terminales portuarias se convertiría más corto y económico, y se observaría costos logísticos totales bajos de la cadena[8]. Menciona que una de las características más importantes con las que debería de contar un puerto seco para poder cumplir con una de las funciones fundamentales, es la de tener a disposición un control aduanero [9].

B. Criterios de Evaluación

En estos últimos años, debido a que el mercado está constantemente en movimiento y es extremadamente competitivo, los puertos se ven obligados a evolucionar rápidamente, para garantizar el existo se deben tomar en cuenta que los puertos deben estar más integrados e incorporados directamente a las cadenas logísticas y las prácticas de gestión [10]. De acuerdo con diferentes revisiones e investigaciones literarias se han realizado resúmenes estadísticos con la finalidad de facilitar a expertos la calificación de las alternativas, a continuación, se describe de manera breve cada criterio de evaluación en y que intervienen de manera importante en la determinación de la mejor ubicación para la instalación de un puerto seco.

1) *Criterio Socioeconómico*: Este criterio consiste en tener en consideración todos los factores que están relacionados con el impacto social que se crea en la sociedad, así mismo como en la economía de la región [11].

2) *Criterio Medioambiental*: En este criterio, se incluyen todos los factores relacionados con el efecto del puerto seco al medio ambiente. Es importante entender que este efecto no solamente afecta al medio ambiente en general sino también afecta directamente al medio urbano de la zona [12].

3) *Criterio de Localización*: En el criterio de localización se consideran aquellos factores geográficos que corresponden a la ubicación potencial del puerto seco, así mismo como a la relación creada entre la instalación y la zona de influencia.

4) *Criterio de Accesibilidad*: Se incluyen todos aquellos factores que están ligados con la facilidad y capacidad de acceder a las redes más importantes y nodos de infraestructura de transporte del país, así como la fácil accesibilidad a los servicios y suministros necesarios.

C. Teoría de Localización Industrial

Debido que los puertos secos no son considerados como industrias ya que en las instalaciones no se observa una producción, sino que una de las funciones principales es la distribución de múltiples bienes y mercadería [13]. Se puede definir la localización óptima para una instalación de actividades industriales como el lugar que le brinde a la institución el mayor beneficio, o, en unos casos, le proponga el costo mínimo, la localización también consiste en el estudio de los efectos que el espacio tendrá sobre la organización de la actividad económica [14]. Es necesario destacar dos factores importantes de la localización industrial, primeramente, las decisiones de localización cambian constantemente según el sector de actividad de los diferentes establecimientos. Como segundo punto, la autonomía de las instituciones para determinar el emplazamiento correcto cambia considerablemente en base a la dimensión inicial del nuevo establecimiento [15].

D. Características del puerto seco

Los puertos marítimos tienen ventajas competitivas como la fidelización de tráficos, la obtención de nuevos tráficos y ser parte de las diferentes cadenas de suministros para el crecimiento de tráfico y tener un valor añadido. A diferencia de los puertos marítimos, los puertos secos tienen diferentes características que forman parte de las ventajas competitivas, entre estas se tienen las siguientes [16]:

1) Los puertos secos agilizan el transporte de la mercadería mediante los puertos marítimos debido a que permiten el despacho aduanero y las demás actividades que lo complementan afuera de las instalaciones del puerto marítimo.

2) Brindan una ampliación del hinterland de los puertos marítimos. El hinterland se define como la región en la que el puerto obtiene ventajas importantes en relación con el acceso terrestre, debido a esto se comprende como su zona de influencia en la región.

3) Facilita la economía de escala para que el costo unitario en la distribución de los bienes y mercadería a través del puerto seco sea más económico que el servicio proporcionado directamente desde el puerto marítimo.

E. Puertos Secos en Honduras

Honduras es un país que tiene un alto potencial para las mejoras en múltiples aspectos, entre estos el aspecto logístico. Honduras cuenta con una posición, geográficamente hablando, privilegiada que tiene acceso con ambos océanos y está ubicada en el medio de América, esto le da un potencial de poder volverse en un centro logísticos que funcione internacionalmente. También, el país tiene una amplia extensión territorial que ofrece condiciones que permiten que se pueda diversificar la producción agrícola y se pueda integrar bases de canasta exportadora industrial que sea aún más amplia y moderna [17].

Hoy en día Honduras tiene múltiples puertos marítimos pero los más importantes serían puerto de Cortes, puerto de San Lorenzo, puerto de la Ceiba y puerto de Castilla. Debido a que

el comercio en el país maneja cada año más altos volúmenes de bienes y mercadería a nivel regional e internacional, es necesario y urgente lograr una mayor conectividad en los puntos de ruptura.

IV. METODOLOGÍA

A. Variables de investigación

Se define una variable de investigación como una propiedad que puede llegar a cambiar y esta variación que se observa es susceptible de poder medirse y en algunos casos, a observarse.

- 1) *Variable Dependiente*: la instalación de un puerto seco en Honduras
- 2) *Variables Independientes*: Criterio socioeconómico, criterio medioambiental, criterio de localización y criterio de accesibilidad.

B. Técnicas e instrumentos aplicados

En la siguiente sección se describirá detalladamente las técnicas e instrumentos utilizados en esta investigación que proporcionarán respaldo práctico para lograr los objetivos definidos inicialmente.

1) *Método de Weber*: El método de Weber como un método clásico para la resolución de diferentes problemas relacionados con la ubicación, esta técnica aplica una gráfica en dos dimensiones (x, y). El método gráfico de Weber proporciona ayuda relevante a los análisis debido a que provee solución de manera sencilla y directa en relación con el problema teniendo en cuenta que se conocen los criterios, la demanda, ubicación entre otros [18].

2) *AirFocus*: Es un software que permite obtener una matriz de priorización de productos o variables la cual brindará ayuda para visualizar el valor y costo que cada criterio ofrece.

3) *Ruta más corta*: Se conoce que esta técnica ayuda a determinar la ruta más corta entre dos nodos de una red, en donde cada punto tiene una longitud o costo no negativo, y tiene como finalidad minimizar la longitud, tiempo o costo total [19].

5) *Medición de Tiempo de Procesos*: La medición de tiempo en los procesos sirve como una herramienta que nos ayuda a definir los tiempos estándar que idealmente se desean obtener en todas las operaciones que componen algún proceso de la empresa.

V. RESULTADOS

A. Determinación de la mejor localización con mejor calidad para la instalación del puerto seco.

Para la completación de este método se realizarán cuatro análisis independientes con su criterio específico (criterio socioeconómico, medioambiental, localización y accesibilidad) y se determinará el costo con respecto al factor cuantificable más relevante de cada criterio respectivamente para la determinación de la mejor ubicación sugerida por cada criterio

para finalmente realizar un análisis en base a los resultados de la localización óptima.

1) Criterio Socioeconómico

En el primer criterio a evaluar se decidió primeramente en que factor se realizaría la evaluación. A lo largo de diferentes investigaciones se ha determinado que uno de los principales factores dentro del criterio socioeconómico son los niveles de demanda, debido a esto, se ha definido que para la realización del método de Weber en este criterio se consideraría dicho factor.

Definido el factor a evaluar se prosiguió a identificar las plataformas logísticas en Honduras que demuestran altos niveles de demanda y movimiento. En la Figura 1 se presentan datos que revelan que las zonas con mayor participación son la zona norte (Puerto Cortés y La Mesa), zona centro occidental (Toncontín) y zona sur (Puerto Henecán y El Amatillo).

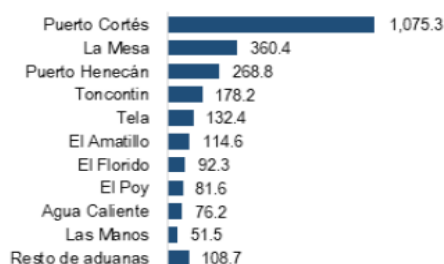


Fig.1 Recaudación por aduanas en Honduras [20].

Con los datos obtenidos se realizó una estimación de los porcentajes de demanda por cada plataforma logística (Tabla 1).

Tabla 1. Porcentajes de Demanda de Plataformas Logísticas

Plataforma Logística	Recaudación	Porcentaje de Demanda
Puerto Cortés	1,075.30	42%
La Mesa	360.4	14%
Henecán	268.8	11%
Toncontín	178.2	7%
Tela	132.4	5%
Amatillo	114.6	5%
Florido	92.3	4%
El Poy	81.6	3%
Agua Caliente	76.2	3%
Las Manos	51.5	2%
Resto de aduanas	108.7	4%
TOTAL	2,540.00	100%

Con una clara visión de los porcentajes de demanda por plataforma logística, se buscó una unidad de medida logística que brindará un dato específico en relación de una demanda actual en el rubro logístico de Honduras. Mediante la investigación se encontraron datos en el banco mundial que muestran el movimiento de los TEU en el país del año 2020 (Tabla 2). Presentando una cantidad de 785,056 TEU. El dato proporcionado por el banco mundial se utilizó para hacer una proyección de la demanda de cada plataforma logística con respecto al porcentaje de demanda anteriormente definido, mostrando los datos a continuación.

Tabla 2. Demanda de Plataformas Logísticas

Plataforma Logística	Porcentaje de Demanda	Demanda
Puerto Cortes	42%	332,350.68
La Mesa	14%	111,391.41
Henecán	11%	83,079.94
Toncontín	7%	55,077.55
Tela	5%	40,921.82
Amatillo	5%	35,420.24
Florido	4%	28,527.82
El Poy	3%	25,220.70
Agua Caliente	3%	23,551.68
Las Manos	2%	15,917.47
Resto de aduanas	4%	33,596.69
Total	100%	785056

Como se mencionó anteriormente las tres zonas con mayor representación son la zona norte (Puerto Cortes y La Mesa), zona centro occidental (Toncontín) y zona sur (Puerto Henecán y El Amatillo). Con las zonas definidas se obtuvo una localización representativa de cada zona y mediante Google Maps se obtuvieron las siguientes coordenadas como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Coordenadas definidas de las Zonas a Evaluar

Localizaciones	Coordenadas
Zona Norte	15.329385, -87.918177
Zona Centro Occidental	14.423649, -87.637983
Zona Sur	13.568515, -87.696176

Es importante mencionar que este método no considera números negativos, debido a esto la coordenada y tendrá que ser multiplicada por -1 para obtener una solución final. Con las coordenadas establecidas respectivamente se procede al cálculo del centro de gravedad mediante (1) se puede calcular X y Y basado en [21].

$$X = \frac{\sum \frac{w_i \cdot a_i}{D_i}}{\sum \frac{w_i}{D_i}}; Y = \frac{\sum \frac{w_i \cdot b_i}{D_i}}{\sum \frac{w_i}{D_i}} \quad (1)$$

Realizados los cálculos respectivos de manera correcta, se obtienen las siguientes coordenadas que identifican nuestro centro de gravedad con coordenada X=14.9 y Y=87.84.

Después del cálculo del centro de gravedad se continua con la determinación de la distancia en kilómetros mediante la formula mostrada en (2).

$$Dist_{km} = 111 * (FC)^2 \sqrt{(x - x_{cg})^2 + (y - y_{cg})^2} \quad (2)$$

El costo es calculado mediante la multiplicación de la demanda por la distancia y el costo mínimo es la suma final de los costos por zonas como lo muestra la Tabla 4.

Tabla 4. Datos de Criterio Socioeconómico

Criterio Socioeconómico: Demanda					
	X	Y	Demanda	Distancia (km)	Costo
Zona Norte	15.32	87.91	443742.09	70.23	31164081.51
Zona Centro Occidental	14.42	87.63	55077.55	126.48	6966165.309
Zona Sur	13.56	87.7	118500.19	225.46	26717412.42
Costo Mínimo					64847659.24

Como último paso se prosigue a utilizar la fórmula de Weber para obtener la localización de la facilidad central final con la misma fórmula de centro de gravedad, pero este cálculo brindará una ubicación más certera debido a que ahora se toma en cuenta las coordenadas de cada localización, la demanda por cada zona y también, el centro de gravedad. Las coordenadas de la facilidad central son X = 15.12 y Y=87.87.

La ubicación provista mediante el método de Weber proporciona la ayuda final para determinar que costo o función objetivo se obtiene con dichas coordenadas mediante la formula (3) [22]:

Min Función Objetivo

$$Z = \sum_{j=1}^n w_j \cdot \sqrt{(a - x)^2 + (b - y)^2} \quad (3)$$

El cálculo brinda un costo mínimo de 317,660.12 al establecer la facilidad central en 15.12, - 87.87. A continuación, se muestra una representación de la solución provista por el método de Weber como muestra la Figura 3.

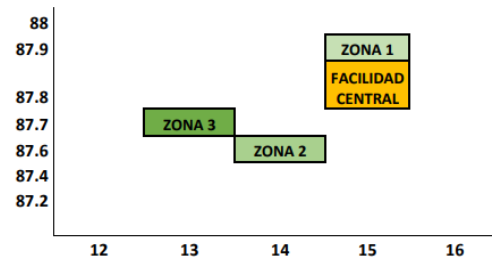


Fig. 3 Representación de Facilidad Central Criterio Socioeconómico Fuente: Elaboración propia

Como resultado las coordenadas obtenidas mediante el método de Weber basado en el criterio socioeconómico y en el factor de los niveles de demanda sugiere la instalación del puerto seco en una zona cercana a Santa Cruz de Yojoa ya que se obtendría un costo mínimo de 317,660.12.

2) *Criterio Medioambiental*

En el siguiente criterio se realizará la evaluación del factor cuantificable más relevante del criterio medioambiental, después de la investigación se determinó que el factor a considerar sería la cantidad de áreas protegidas por cada zona. Dicha información ayudó para determinar las cantidades de áreas protegidas en la zona norte, centro occidental y sur (Tabla 5).

seco en una zona cercana a Ciudad Peniel, Comayagua ya que se obtendría un costo mínimo de 17.47.

3) Criterio de Localización

En el criterio de localización se realizará la evaluación del factor cuantificable más relevante del criterio anteriormente mencionado, después de la investigación se determinó que el factor a considerar sería la cercanía de los mercados más importantes por cada zona. Se realizó una investigación y se encontró que los mercados más importantes son San Pedro Sula, Tegucigalpa y Comayagua [22].

Con la información brindada por el Banco Central de Honduras se define que los mercados más importantes están ubicados en San Pedro Sula, La Ceiba, Santa Rosa de Copan, Juticalpa, Comayagua, Tegucigalpa y Choluteca. Por lo que se observa un mercado representativo por las tres zonas. A continuación, se muestra una tabla con el mercado más importante seleccionado por zona y la distancia desde la coordenada anteriormente definida para cada zona hasta el mercado establecido (Tabla 7).

Tabla 5. Cantidad de Áreas Protegidas por Zonas

Zona	Áreas Protegidas
ZONA NORTE	10.00
ZONA CENTRAL	9.00
ZONA SUR	9.00
Total	28.00

Definido los datos a utilizar por zona se prosigue a calcular el centro de gravedad mediante el método de Weber, es importante mencionar que se utilizarán las mismas coordenadas por zona para la evaluación de todos criterios con la finalidad de obtener una solución promedio que permita concluir con la ubicación final después de la evaluación de los cuatro criterios con coordenadas $X = 14.47$ y $Y = 87.75$.

Como siguiente paso se utiliza la fórmula anteriormente mostrada para la calcular la distancia y el costo, y de esa manera, completar la tabla 6.

Tabla 6. Datos de Criterio Medioambiental

Criterio Medioambiental: Áreas Protegidas					
	X	Y	Áreas Protegidas	Distancia (km)	Costo
Zona Norte	15.32	87.91	10.00	132.21	1322.07
Zona Centro Occidental	14.42	87.63	9.00	52.87	475.86
Zona Sur	13.56	87.7	9.00	178.10	1602.94
			Costo Mínimo		3400.88

Como último paso se prosigue a utilizar la fórmula de Weber para obtener la localización de la facilidad central final $X = 14.44$ y $Y = 87.67$.

La ubicación provista mediante el método de Weber proporciona la ayuda final para determinar que costo o función objetivo se obtiene con dichas coordenadas mediante la fórmula mostrada anteriormente. El cálculo brinda un costo mínimo de 17.47 al establecer la facilidad central en 14.44, -87.67. A continuación, se muestra una representación de la solución provista por el método de Weber (Fig.4).

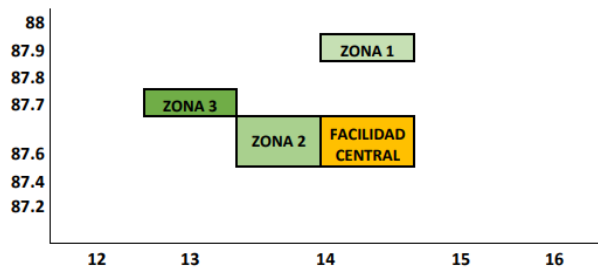


Fig. 4 Representación de Facilidad Central Criterio Medioambiental
Fuente: Elaboración propia

Como resultado las coordenadas obtenidas mediante el método de Weber basado en el criterio medioambiental y en el factor de las áreas protegidas sugiere la instalación del puerto

Tabla 7. Distancia hasta los Mercados más Importantes por Zonas

Mercados	Distancia (km)
San Pedro Sula	49.70
Tegucigalpa	88.50
Choluteca	81.30
Total	219.50

Determinados los datos a utilizar por mercado se prosigue a calcular el centro de gravedad mediante el método de Weber $X = 14.30$ y $Y = 87.72$.

Después se prosigue a utilizar la fórmula anteriormente mostrada para la calcular la distancia y el costo, y de esa manera, completar la tabla 8.

Tabla 8. Datos de Criterio de Localización

Criterio Localización: Mercados más Cercanos					
	X	Y	Mercados más Cercanos (km)	Distancia (km)	Costo
Zona Norte	15.32	87.91	49.60	179.44	8900.44
Zona Centro Occidental	14.42	87.63	88.50	34.78	3077.94
Zona Sur	13.56	87.7	81.30	134.80	10959.16
			Costo Mínimo		22937.54

Como último paso se prosigue a utilizar la fórmula de Weber para obtener la localización de la facilidad central final, $X = 14.35$ y $Y = 87.66$.

La ubicación de la facilidad central obtenida por medio del método de Weber proporciona la ayuda final para determinar que costo o función objetivo se obtiene con dichas coordenadas mediante la fórmula mostrada anteriormente. El cálculo brinda un costo mínimo de 120.51 al establecer la facilidad central en 14.35, -87.66. A continuación, se muestra una representación

actualizada de las zonas en comparación de la solución provista por el método de Weber.

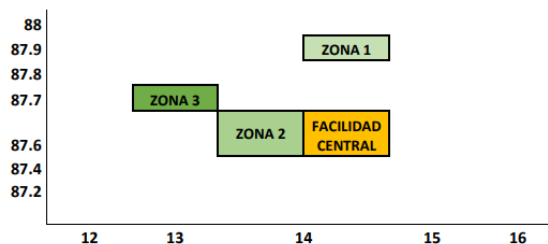


Fig. 5 Representación de Facilidad Central Criterio de Localización
Fuente: Elaboración propia

Como resultado las coordenadas obtenidas mediante el método de Weber basado en el criterio de localización y en el factor de la cercanía de los mercados más importantes sugiere la instalación del puerto seco en una zona cercana a Comayagua, pero ya entrando al departamento de La Paz ya que se obtendría un costo mínimo de 120.51.

4) Criterio de Accesibilidad

Como último, se evaluará el criterio de accesibilidad, de la misma manera se realizará la evaluación del factor cuantificable más relevante del criterio anteriormente mencionado, después de la investigación se determinó que el factor a considerar sería la accesibilidad/cercanía de las rutas o nodos de transporte más importantes de Honduras. Se realizó una investigación y se encontraron las rutas en la Figura 7.

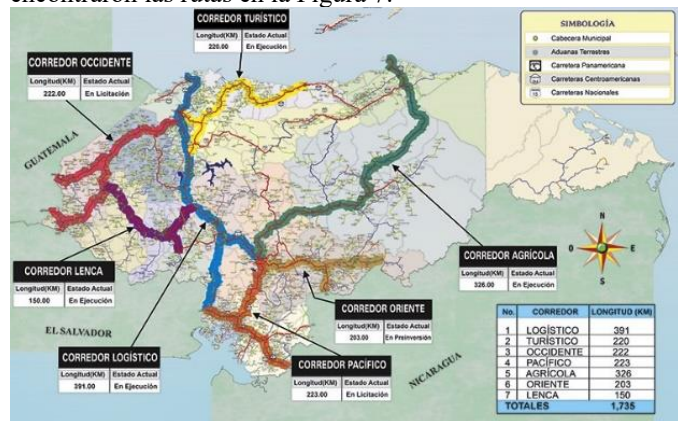


Fig.6 Corredores más importantes de Honduras [23]

El canal seco es una importante red de transporte debido a que conecta la zona central con la zona sur del país, el cual concluye el proyecto del Corredor Logístico, conocida como una ruta interoceánica. El canal seco cuenta con la conexión de la carretera CA-5 y finaliza con la carretera CA-1. Ambas carreteras cruzan las tres zonas que se han evaluado a lo largo de este proyecto: zona norte, centro occidental y zona sur. Debido a esto, mediante Google Maps se determinará la accesibilidad que se tiene a las carreteras CA-5 y CA-1 desde las coordenadas establecidas por zonas. La Tabla 9 muestra la accesibilidad de las principales carreteras.

Determinados los datos a utilizar por la accesibilidad a la carretera definida se prosigue a calcular el centro de gravedad

mediante el método de Weber. Las coordenadas del centro de gravedad son X = 15.06 y Y=87.87.

Tabla 9. Distancia de Accesibilidad a CA-5 y CA-1 por Zonas

Carretera	Accesibilidad (km)
CA-5	31.80
CA-5	2.00
CA-1	4.60
Total	38.40

Después se prosigue a utilizar la fórmula del método de Weber mostrada anteriormente para la calcular la distancia y el costo, y de esa manera, completar la siguiente tabla:

Tabla 10. Datos de Criterio de Accesibilidad

Criterio Accesibilidad: Accesibilidad a Rutas más Importantes					
	X	Y	Accesibilidad (km)	Distancia (km)	Costo
Zona Norte	15.32	87.91	31.80	60.78	1932.86
Zona Centro Occidental	14.42	87.63	2.00	126.36	252.72
Zona Sur	13.56	87.7	4.60	236.63	1088.49
Costo Mínimo					3274.07

Como último paso se prosigue a utilizar la fórmula de Weber para obtener la localización de la facilidad central final, este cálculo brindará una ubicación más certera debido a que ahora se toma en cuenta las coordenadas de cada localización, la accesibilidad a las rutas más importantes y también, el centro de gravedad. Las coordenadas de la facilidad central son las X = 15.26 y Y = 87.90.

La ubicación de la facilidad central obtenida por medio del método de Weber proporciona la ayuda final para determinar que costo o función objetivo se obtiene con dichas coordenadas mediante la fórmula mostrada anteriormente. El cálculo brinda un costo mínimo de 11.64 al establecer la facilidad central en 15.26, -87.90. En la Figura 8 se muestra una representación actualizada de las zonas en comparación de la solución provista por el método de Weber.

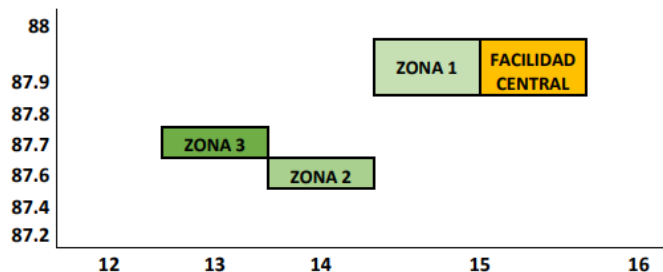


Fig. 7 Representación de Facilidad Central Criterio de Accesibilidad
Fuente: Elaboración propia

Como resultado las coordenadas obtenidas mediante el método de Weber basado en el criterio de accesibilidad y en el factor de la accesibilidad a las rutas más importantes sugiere la instalación del puerto seco en una zona cercana a El Progreso ya que se obtendría un costo mínimo de 11.64.

5) Evaluación Final

Finalizada exitosamente el cálculo de la ubicación ideal mediante el método de Weber individualmente para cada uno de los criterios se obtienen las siguientes coordenadas de la facilidad central como muestra la tabla 11.

Tabla 11. Coordenadas de Facilidad Central de los Cuatro Criterios

Criterio	Coordenada X	Coordenada Y
Socioeconómico	15.12	-87.87
Medioambiental	14.44	-87.67
Localización	14.35	-87.66
Accesibilidad	15.26	-87.90

Las cuatro coordenadas cubren las siguientes áreas: Santa Cruz de Yojoa, Comayagua, La Paz y El Progreso. Demostrando de esta manera una ubicación potencial para la instalación del puerto seco en la Zona Norte debido a que dos ubicaciones sugeridas por el método se localizan en el departamento de Cortes y Yoro. La siguiente ubicación sugerida para la instalación del puerto seco es la Zona Centro Occidental ya que se encontraron dos soluciones propuestas en el departamento de Comayagua y La Paz. Los porcentajes de participación en las soluciones propuesta muestran que la zona Norte obtiene un porcentaje de 50% y la zona Centro Occidental con el otro 50%.

Debido a que se observa una igualdad en los porcentajes de soluciones en la zona Norte y Centro Occidental se prosiguió a realizar un cálculo estadístico para obtener un promedio de las cuatro ubicaciones y definir una localización optima final. Al realizar el cálculo se obtuvo el resultado $X = 14.79$ y $Y = -87.78$.

Las coordenadas finales proponen la instalación del puerto seco en las coordenadas 14.79, - 87.78 las cuales se ubican en el Municipio de Meambar, Comayagua. Es decir, que la zona ideal para la instalación sería la Zona Centro Occidental debido a que ofrece múltiples beneficios principalmente en el criterio de localización ya que cuenta con un costo mínimo para llegar a los mercados más importantes del país (Toncontín y Comayagua). Así mismo, se observa un beneficio debido a que esta zona brinda el costo mínimo en relación con el criterio medioambiental contando solamente con 9 áreas protegidas.

Además, se observa que la distancia desde las coordenadas finales hasta la ubicación propuesta por el método de Weber en el criterio socioeconómico es solamente de 124 km y hasta la ubicación propuesta para el criterio de accesibilidad se observa una distancia de 128 km. Se concluye que la zona provee la mejor opción para los cuatro criterios ya que se localiza en un punto estratégico para el cumplimiento de manera positiva para los criterios evaluados en este proyecto.

B. Establecimiento de la importancia que tiene cada criterio en la instalación del puerto seco.

Para determinar la importancia e impacto que tiene cada variable en el proyecto de instalar un puerto seco en Honduras es importante la búsqueda de información de fuentes confiables que brinden soporte a la validez del análisis a realizar. El

cumplimiento del objetivo establecido en esta sección se completará por medio del software AirFocus, para la fácil visualización y cálculo de la relevancia de cada variable.

Realizó [24] una investigación extensa para la calidad de los puertos secos, dicho trabajo presenta un análisis por medio del método Delphi el cual fue hecho con la ayuda de múltiples expertos en el rubro logístico para la calificación de la importancia que tienen diferentes factores por criterio. Los resultados se presentan en la Tabla 12.

Tabla 12. Calificación de Factores por Criterios [25]

Estrato	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Descolgadas
Variables	DNS	NIS	DUS	DSW	GP	GDP	PL	DTENT	RL	NNLP	BICA	CNE
			CUE	FL	EL	PD	DAHCN	NMDLP	SL		NRADT	DFA
			CS	LP	IPI	DPFC	LQR	DHCR	WF			QR
			EX		DPPC	CV		NL	DP			CSS
			IRE		NPT	TC						
						NRA						
						DA						
Peso	10	9.1	8.2	7.3	6.4	5.5	4.6	3.7	2.8	1.9	1	0
Legenda	Ambiental		Económico y social		Localización		Accesibilidad		LQR			

Con la información y calificaciones obtenidas se prosiguió a ingresar el dato del factor mejor calificado como representación de cada criterio en el software AirFocus. El software considera la calificación de impacto, el ingreso esperado por cada criterio y el porcentaje de esfuerzo que debe dedicarse a cada variable. Se ingreso cada dato requerido por el software, obteniendo los resultados mostrados en la Figura 8.

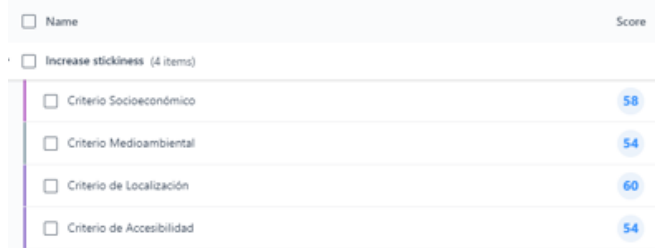


Fig. 8 Datos de Criterios en AirFocus
Fuente: Elaboración propia

El software automáticamente brinda calificación a cada criterio de manera inteligente considerando el impacto, el ingreso esperado y el porcentaje de esfuerzo que se dio a cada criterio. Los resultados muestran la calificación más alta para el criterio de localización con 60 puntos, después el criterio socioeconómico brindó un total de 58 puntos, y los criterios: medioambiental y de accesibilidad presentan el mismo puntaje con 54 puntos.

Después de obtenido la puntuación de cada criterio AirFocus proporciona un gráfico que muestra de manera visual los ejes x (esfuerzo a realizar) y eje y (valor) con cuatro cuadrantes: ganancias rápidas, estratégicas, bajo valor y no realizar. Con la puntuación obtenida de cada criterio y los datos ingresados el software muestra la figura 9.

Se concluye después del análisis de los resultados brindados por AirFocus que el criterio con mayor relevancia y con mayor impacto estratégico sería el criterio de localización debido a que tiene un impacto bueno, el ingreso esperado al tener una buena localización es bastante alto y tiene un esfuerzo

moderado. El siguiente criterio más relevante sería el criterio socioeconómico, seguido por el criterio medioambiental y por último el criterio de accesibilidad.



Fig. 9 Gráfica de los Criterios Evaluados en AirFocus
Fuente: Elaboración propia

C. Definición de ruta de transporte ideal si una red ferroviaria se implementará en Honduras

Para la realización del árbol de mínima expansión se realizó primeramente una investigación de las rutas ferroviarias de puertos secos específicamente en España debido a que es uno de los países que cuenta con altos niveles de eficiencia en su conectividad ferroviaria ya que está distribuida estratégicamente en las ciudades más importantes del país y se encuentra cerca de las plataformas logísticas más relevantes de la región (fig 10).



Fig.10 Puertos Secos de España y su conexión ferroviaria [26].

Así mismo, se realizó una búsqueda para poder definir todas las plataformas logísticas de Honduras que permita la visualización de una red ferroviaria potencial que se podría establecer como proyecto en el país debido a que una conexión ferroviaria facilitaría el transporte de mercadería entre las plataformas logísticas más importantes del país, reducir costos de transporte terrestre y tener un impacto positivo en el medio ambiente (fig. 11).

Aduanas de Honduras



Fig.11 Plataformas Logísticas de Honduras [27].

Una vez definidas los puertos marítimos, aduanas terrestres y aeropuertos de Honduras, se hizo una investigación para determinar cuáles son las plataformas logísticas con mayor porcentaje de movimiento en el territorio hondureño. Datos presentados por la Administración Aduanera de Honduras muestran que el puerto marítimo de Puerto Cortés se encuentra en uno de los principales puertos de Centroamérica y es el puerto marítimo responsable de recibir la mayor parte de las rentas aduaneras para Honduras. Con los datos presentados por SARAH se determina que las aduanas más importantes de Honduras.

Definidas las plataformas logísticas se establecieron como nodos/puntos los cuales se pueden establecer en el futuro como estaciones donde la red ferroviaria puede transitar y proporcionar beneficios importantes a las plataformas logísticas. Al tener todos los nodos definidos se prosiguió a utilizar la herramienta Google Maps para saber la distancia entre los nodos, finalmente se obtiene la figura 12.

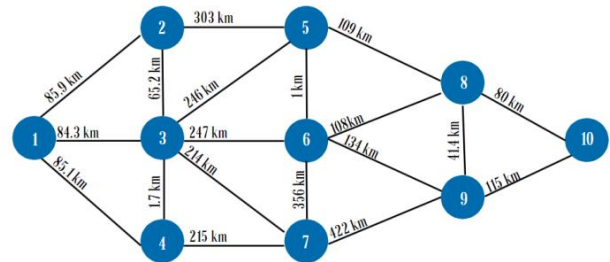


Fig.12 Nodos de Red Ferroviaria
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 13 se representan los nodos anteriormente mostrados en el mapa del territorio nacional para una mejor visualización de las conexiones establecidas y se aprecia la cobertura total de las zonas más relevantes en referencia a plataformas logísticas, es decir, la zona noroccidental, zona centro occidental y zona sur.



Fig.13 Representación Visual de Nodos de Red Ferroviaria
Fuente: Elaboración propia



Fig.14 Solución Final Árbol de Mínima Expansión
Fuente: Elaboración propia

Establecidos todos los nodos y las distancias entre los nodos se continuo con la herramienta POM QM que permite usar la técnica Árbol de Mínima Expansión. Para la completación de esto se ingresaron todas las conexiones mostradas en la Tabla 13, que resultaron 19 conexiones para lograr la unión de 10 nodos, y se ingresó la distancia establecida entre los nodos.

Tabla 13. Nodos y Distancias Ingresados en POM QM

Branch name	Start node	End node	Cost
Branch 1	1	2	85.9
Branch 2	1	3	84.3
Branch 3	1	4	85.1
Branch 4	2	3	65.2
Branch 5	3	4	1.7
Branch 6	2	5	303
Branch 7	3	5	246
Branch 8	3	6	247
Branch 9	3	7	214
Branch 10	4	7	215
Branch 11	5	6	1
Branch 12	6	7	356
Branch 13	5	8	109
Branch 14	6	8	108
Branch 15	6	9	134
Branch 16	7	9	422
Branch 17	8	9	41.4
Branch 18	8	10	80
Branch 19	9	10	114

Como último paso en el programa POM QM se procede a obtener la solución ideal la cual se observa en la Tabla 14

Tabla 14. Árbol de Mínima Expansión Solución en POM QM

Branch	Starting node	Ending node	Cost	Cumulative cost
Branch 2	1	3	84.3	84.3
Branch 5	3	4	1.7	86
Branch 4	2	3	65.2	151.2
Branch 9	3	7	214	365.2
Branch 7	3	5	246	611.2
Branch 11	5	6	1	612.2
Branch 14	6	8	108	720.2
Branch 17	8	9	41.4	761.6
Branch 18	8	10	80	841.6

Finalmente, se observa la solución brindada por POM QM mediante el árbol de mínima expansión. En la Figura 14 se representa visualmente la solución obtenida.

La potencial red ferroviaria por instalar en el territorio hondureño cumpliría con las características observadas en la red ferroviaria actual en España en referencia a la cobertura de las zonas más relevantes con plataformas logísticas establecidas. En la zona noroccidental se cubre el territorio cerca de Puerto Cortés, Aeropuerto Ramón Villeda Morales y la aduana La Mesa. En la zona centro occidental se cubre el Aeropuerto Toncontín y de la zona Sur, se obtiene cobertura para el puerto El Henecán, el puerto de Amapala y la aduana Guasale. Toda esta conexión ferroviaria tendría una distancia final de 841.6 km.

VI. CONCLUSIONES

Se realizó satisfactoriamente un análisis de la instalación de un puerto seco en Honduras mediante la investigación y determinación de los criterios a evaluar. Los criterios evaluados fueron criterio socioeconómico, medioambiental, localización y accesibilidad, el análisis permitió determinar la zona ideal que podría satisfacer los requisitos deseados para implementar un puerto seco en el país

Al analizar individualmente los criterios mencionados anteriormente mediante el método de Weber se obtuvo como resultado que la mejor zona para la instalación de un puerto seco en el país es la Zona Centro Occidental debido a que demuestra el costo mínimo con relación al criterio medioambiental y de localización. La ubicación específica se encuentra en las coordenadas 14.79, -87-78 las cuales se ubican en el Municipio de Meambar, Comayagua. Se concluye que la ubicación resulta estratégica ya que cumple el costo mínimo del 50% de los criterios y se encuentra relativamente cerca de la facilidad central de la ubicación propuesta de los otros criterios evaluados.

Después del análisis de los resultados obtenidos por AirFocus se determinó que el criterio con mayor relevancia y con mayor impacto estratégico sería el criterio de localización debido a que tiene una calificación de 60 puntos al evaluar el impacto, ingreso esperado y esfuerzo. El siguiente criterio más relevante sería el criterio socioeconómico con 58 puntos, seguido por el criterio medioambiental y por último el criterio de accesibilidad, ambos con 54 puntos.

Mediante el árbol de mínima expansión realizado en el programa POM QM se definió la potencial red ferroviaria por instalar en el territorio hondureño, la ruta propuesta brinda

cobertura a las zonas más relevantes con plataformas logísticas establecidas. La conexión ferroviaria tendría una distancia final de 841.6 km. Para próximos trabajos se deben considerar en los temas medio ambientales la implementación de energías renovables mediante un modelo matemático [27].

VII. REFERENCIAS

- [1] P. Ospina y C. Salazar, «DETERMINACIÓN DE LA LOCALIZACIÓN DE UN PUERTO SECO EN LA ZONA PACÍFICO CENTRAL DE COLOMBIA APLICANDO MODELO MULTICRITERIO DE DECISIÓN». 2020. [En línea]. Disponible en: <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/21207/Determinación%20de%20Localización%20de%20Puerto-Ospina-Paola-3751-083det.pdf?sequence=1>
- [2] J. D. Bobadilla, «LA IMPORTANCIA DE LOS PUERTOS DENTRO DE LA ECONOMÍA EN COLOMBIA Y SUS PAÍSES FRONTERIZOS». 2018. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.15765/pdv.v9i13.1115>
- [3] P. González, «El transporte internacional», *Interempresas*, 2013. <https://www.interempresas.net/Logistica/Articulos/113831-EI-transporte-internacional.html> (accedido 25 de enero de 2022).
- [4] S. Awad Núñez, N. González, y A. Camarero, «Establecimiento de los factores a considerar para determinar la zona de ubicación de un puerto seco y de sus jerarquías a través de un panel DELPHI», nov. 2014, doi: <https://doi.org/10.34096/rti.i13.1879>.
- [5] L. Rodríguez, «Gobierno estudia crear tres puertos secos en Honduras», *Diario El Heraldo*, 2017. <https://www.elheraldo.hn/economia/1098438-466/gobierno-estudia-crear-tres-puertos-secos-en-honduras> (accedido 23 de octubre de 2021).
- [6] Erick Leal y G. Salas, «PLATAFORMAS LOGÍSTICAS: ELEMENTOS CONCEPTUALES Y ROL DEL SECTOR PÚBLICO», *ISSN 1020-1017*, p. 4, 2009.
- [7] A. C. Orive, «LOGÍSTICA PORTUARIA: PUERTOS SECOS Y ZONA DE ACTIVIDADES LOGÍSTICAS», *ISSN*, p. 13, 2012.
- [8] M. Bernaus, «PUERTO SECO, UNA INVERSIÓN ESTRATÉGICA PARA ARGENTINA». 2010. [En línea]. Disponible en: https://1library.co/document/y6jw4n7q-puerto-seco-una-inversion-estrategica-para-argentina.html?utm_source=related_list
- [9] F. G. Laxe, M. R. Bugarín, C. J. L. Rodríguez, y X. V. Mao, «Informe sobre el Puerto Seco de Monforte de Lemos», p. 72, 2016.
- [10] J. P. Hermigo Ventura, «La evolución de los factores de localización de actividades», jun. 2006, Accedido: 29 de enero de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/3308>
- [11] T. Costa, A. Segarra, y E. Viladecans, «Pautas de localización de las nuevas empresas y flexibilidad territorial». 2000. [En línea]. Disponible en: [https://www.google.com/search?q=COSTA%2C+Mar%C3%ADa+T.%2C+SEGARRA%2C+Agust%C3%AD+y+VILADECANS%2C+Elisabet+\(2000\).+Pautas+de+localizaci%C3%B3n+de+las+nuevas+empresas+y+flexibilidad+territorial%2C+III+Encuentro+de+econom%C3%ADa+Aplicada.+Valencia%2C+Espa%C3%B1a.&rlz=1C1CHZN_esHN966HN966&oq=COSTA%2C+Mar%C3%ADa+T.%2C+SEGARRA%2C+Agust%C3%AD+y+VILADECANS%2C+Elisabet+\(2000\).+Pautas+de+localizaci%C3%B3n+de+las+nuevas+empresas+y+flexibilidad+territorial%2C+III+Encuentro+de+econom%C3%ADa+Aplicada.+Valencia%2C+Espa%C3%B1a.&aq=chrome.69i57.261j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8#](https://www.google.com/search?q=COSTA%2C+Mar%C3%ADa+T.%2C+SEGARRA%2C+Agust%C3%AD+y+VILADECANS%2C+Elisabet+(2000).+Pautas+de+localizaci%C3%B3n+de+las+nuevas+empresas+y+flexibilidad+territorial%2C+III+Encuentro+de+econom%C3%ADa+Aplicada.+Valencia%2C+Espa%C3%B1a.&rlz=1C1CHZN_esHN966HN966&oq=COSTA%2C+Mar%C3%ADa+T.%2C+SEGARRA%2C+Agust%C3%AD+y+VILADECANS%2C+Elisabet+(2000).+Pautas+de+localizaci%C3%B3n+de+las+nuevas+empresas+y+flexibilidad+territorial%2C+III+Encuentro+de+econom%C3%ADa+Aplicada.+Valencia%2C+Espa%C3%B1a.&aq=chrome.69i57.261j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8#)
- [12] P. Hall, «Integrating Seaports and Trade Corridors», *Routledge & CRC Press*, 2016. <https://www.routledge.com/Integrating-Seaports-and-Trade-Corridors/McCalla-Slack-Hall/p/book/9781138249370> (accedido 31 de enero de 2022).
- [13] E. Marques Almeida, J. Prat, J. C. Vargas-Moreno, y M. C. Acevedo, Eds., *Honduras: Un enfoque territorial para el desarrollo*. Inter-American Development Bank, 2019. doi: 10.18235/0001679.
- [14] R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado, P. Baptista Lucio, S. Méndez Valencia, y C. P. Mendoza Torres, *Metodología de la investigación*. Mexico, D.F.: McGrawHill, 2014.
- [15] F. Ares, «MODELO DE LOCALIZACIÓN. LOCALIZACIÓN FINAL». 2003. [En línea]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/6368/07.pdf>
- [16] B. OBREGON, «TEORÍA DE REDES: EL PROBLEMA DE LA RUTA MÁS CORTA». 2005. [En línea]. Disponible en: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=http%3A%2F%2Fwww.ptolomeo.unam.mx%3A8080%2Fxmllui%2Fbitstream%2Fhandle%2F132.248.52.100%2F539%2Fobregonquintana.pdf%3Fsequence=1272103>
- [17] Administración Aduanera de Honduras, «Boletín Estadístico Agosto 2020». 2020. [En línea]. Disponible en: <file:///C:/Users/Sarvia%20Vasquez/Documents/PREMIER%20INVESTAR/TESIS%20-%20FASE%20I/BOLETIN-ESTADISTICO-AGOSTO-2020.pdf>
- [18] FEWS NET Honduras, «HONDURAS Boletín de Precios». 2014. [En línea]. Disponible en: <https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/Honduras%20Boletin%20de%20Precios%20Octubre%202014.pdf>
- [19] Invest-Honduras, «Gobierno de la República inaugura Canal Seco, Villa de San Antonio – Goascorán | INVEST-H», 2022. <http://www.investhonduras.hn/2022/01/19/nota-canal-seco/> (accedido 12 de marzo de 2022).
- [20] S. Awad Núñez, «Metodología para la evaluación de la calidad de la localización de puertos secos», PhD Thesis, Universidad Politécnica de Madrid, 2016. doi: 10.20868/UPM.thesis.39565.
- [21] S. Logistic, «Puertos Secos, la alternativa a la congestión de los puertos marítimos», *Stock Logistic*, 25 de enero de 2019. <https://www.stocklogistic.com/puertos-secos/> (accedido 25 de febrero de 2022).
- [22] Aduanas de Honduras, «Aduanas de Honduras», *Administración Aduanera de Honduras*, 2021. <https://www.aduanas.gob.hn/aduanas/> (accedido 1 de marzo de 2022).
- [23] A. del P. R. Sanchez, «Responsabilidad social empresarial, calidad de vida y trabajo social», *Trabajo Social*, n.º 10, 2008, Accedido: 14 de noviembre de 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/1677642991/abstract/C2C33EECFCE842C3PQ/1>
- [24] S. M. Mosquera, D. M. L. Gil, y D. A. O. Triana, «ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS PUERTOS SAN ANTONIO Y BUENAVENTURA CON MIRAS A LA MEJORA DE LA COMPETITIVIDAD: CASO COLOMBIA», *Punto de vista*, vol. 9, n.º 14, Art. n.º 14, dic. 2018, doi: 10.15765/pdv.v9i14.1181.
- [25] A. L. Q. Abril, «LOGÍSTICA PORTUARIA EN COLOMBIA: UN ANÁLISIS COMPARATIVO CON EL PUERTO DE MIAMI.», p. 23, 2015.
- [26] Instituto Mexicano del Transporte, «Resumen boletines», *Instituto Mexicano del Transporte*, 2004. <https://imt.mx/resumen-boletines.html?IdArticulo=261&IdBoletin=87> (accedido 1 de marzo de 2022).
- [27] J. S. Ramirez, G. S. Villela, A. R. Duke, y H. V. Flores, «Analysis of PV Generation in Honduras by a Mathematical Model in MATLAB / SIMULINK», *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 801, n.º 1, p. 012008, jun. 2021, doi: 10.1088/1755-1315/801/1/012008.