

9. Cambios en el balance hídrico para la Cuenca del Río Arzobispo con las series de precipitación y temperatura serie 1981-2000 y serie de 30 Años a 2015

Changes in the water balance for the Arzobispo River Basin with precipitation and temperature series 1971-2000 and series of 30 years to 2015

Lady Laura Casas Sanabria^{1*}, Jeimy Andrea Bejarano Moreno ^{2**}, Tania Elizabeth Bolaños Gaviria^{3***}, Elizabeth Pineda Bustos^{4****}, Jaime Andrés Gil Morales^{5*****}

^{1,2,3,4,5} Universidad ECCI, Bogotá D.C. Colombia

* ladyl.casass@eccci.edu.co, ** jeimya.bejaranom@eccci.edu.co, *** taniae.bolanosg@eccci.edu.co, **** elizabeth.pinedab@eccci.edu.co, ***** jgilm@eccci.edu.co

RESUMEN

A partir de dos series de precipitación y temperatura (1981-2000 y 1985-2015), suministradas por las estaciones climáticas del Observatorio Meteorológico Nacional y Universidad Nacional de Colombia, se determinan los cambios en el balance hídrico de la cuenca del río Arzobispo. Se debe considerar que el recurso hídrico está siendo afectado por la presión humana, agravando cada vez más su disponibilidad (cantidad y calidad). Estos factores de presión son fundamentalmente la sobreexplotación de acuíferos, el vertimiento de sustancias contaminantes a los cuerpos de agua, los cambios en el uso del suelo tales como la deforestación, las prácticas agrícolas inadecuadas, el incremento de urbanizaciones en zonas de producción hídrica, entre otros. En ese sentido, es necesario determinar el estado actual de la oferta y disponibilidad del recurso hídrico, así como la presión por la demanda del mismo, teniendo en cuenta su distribución espacial y temporal, que permita establecer lineamientos a seguir para su protección, y que sirva de base a los usuarios del recurso y planificadores, para considerar su uso y disponibilidad en proyectos actuales y futuros [1]. Por tal razón el balance hídrico se considera una herramienta adecuada para la predicción espacial de las condiciones climáticas de un área definida, siempre que se tenga disponibles los datos requeridos como la precipitación, la temperatura, la ubicación del sitio, y las propiedades físicas del suelo.

Palabras clave: balance hídrico, cuenca, precipitación, temperatura, suelo.

Recibido: 12 de agosto de 2019. Aceptado: 23 de septiembre de 2019

ABSTRACT

In the present article the changes in the water balance of the Arzobispo river basin are determined from two series of precipitation and temperature, supplied by the climatic stations of the National Meteorological Observatory and the National University, located near the basin; In order to observe the differences between the water balance by means of the different information series from 1981 to

2015 It should be considered that the water resource is being affected by human pressure, increasingly aggravating its availability (quantity and quality). These pressure factors are fundamentally the overexploitation of aquifers, the dumping of polluting substances into water bodies, changes in land use such as deforestation, inadequate agricultural practices, the increase of urbanizations in areas of water production, others. In this sense, it is necessary to determine the current status of the supply and availability of water resources, as well as the pressure for demand, taking into account their spatial and temporal distribution, which allows establishing guidelines to be followed for their protection, and serve as a base for resource users and planners, to consider their use and availability in current and future projects.[1] For this reason the water balance is considered an adequate tool for the spatial prediction of the climatic conditions of a defined area, provided that the required data such as precipitation, temperature, location of the site, and the physical properties of the soil are available.

Keywords: water balance, basin, temperature, precipitation, soil

Received: August 12, 2019 *Accepted:* September 23, 2019

1. INTRODUCCIÓN

Las variables del clima como la precipitación (P) y la temperatura (T°), permiten cuantificar de manera precisa la disponibilidad de agua en una cuenca hidrográfica. Métodos como el de Thornthwaite [2] permite estimar la evapotranspiración (EVT) a partir de los parámetros climáticos disponibles en las estaciones climáticas más simples compuestas de un pluviómetro y los termómetros de máxima y mínima.

Los balances hídricos se calcularon a partir de la información del IDEAM, y procesada con el programa InnerSoft - ISBH Wáter Balance v0.7 complementado con la aplicación diseñada para el Instituto geográfico Agustín Codazzi [2].

El análisis sobre el cambio en el balance hídrico se realizó para la cuenca alta y media del río Arzobispo, tributario del río Bogotá, dentro del contexto del curso de Hidrología del programa de Ingeniería Ambiental de la Universidad ECCI.

Se evidenció la importancia de la selección de la estación climática y de la serie de datos a analizar a la hora de definir el balance hídrico de una cuenca, porque pese a que las series de información analizadas corresponden a estaciones muy cercanas (1.3 km), las variaciones temporales son muy marcadas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La información analizada corresponde a los promedios mensuales multianuales entre 1981 a 2000, análisis que se realizó en la estación de la Universidad Nacional, y la serie de 30 años a 2015, información secundaria [3].

La metodología para realizar el balance corresponde a la metodología de Thornthwaite (1948), método validado y aceptado para realizar dichas aproximaciones a partir de parámetros de precipitación, temperatura, ubicación geográfica,

y capacidad de retención de agua del suelo.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Serie de información de 30 años a 2015

Brandon, [3], con la información de la estación Observatorio Meteorológico Nacional, se generaron los siguientes parámetros climáticos medios anuales: precipitación de 655.9 mm, temperatura de 14.4°C , y evapotranspiración potencial de 630.95 mm. Los valores de P y T° se ingresaron en la aplicación de IGAC (Figura 1) con el fin de obtener la evapotranspiración potencial por el método de Thornthwaite.

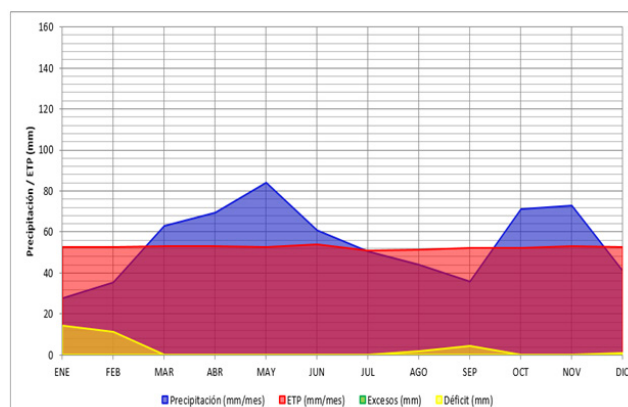


Fig.1. Balance hídrico con la aplicación de IGAC.

El balance fue corroborado mediante uso del InnerSoft - ISBH Wáter Balance v0.7, el que se alimentó con los parámetros de precipitación y evapotranspiración potencial, para obtener los parámetros restantes del balance hídrico, tales como humedad del suelo (ST), cambio en la humedad del suelo (DST), evapotranspiración real (AE), excesos (S) y déficit (D), que se muestran en las Figuras 1 y 2.

Introduzca datos o modifique solo las filas de P (precipitación) y ETP (evapotranspiración potencial)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	TOTAL
P	27,8	35,4	63,2	69,4	83,9	60,7	50,4	44,1	35,9	71,3	72,9	40,9	655,9
ETP	52,54	52,89	53,06	53,24	52,89	53,78	50,87	51,36	52,19	52,36	53,06	52,71	630,95
P-ETP	-24,74	-17,49	10,14	16,16	31,01	6,92	-0,47	-7,26	-16,29	18,94	19,84	-11,81	24,95
R	0	0	10,14	26,30	57,31	64,23	63,76	56,50	40,21	59,15	64,8	52,99	495,39
AR	0	0	10,14	16,16	31,01	6,92	-0,47	-7,26	-16,29	18,94	5,65	-11,81	52,99
ETR	27,8	35,4	53,06	53,24	52,89	53,78	50,87	51,36	52,19	52,36	53,06	52,71	588,72
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14,19	0	14,19
D	-24,74	-17,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-42,23

Fig.2. Balance hídrico según ISBH Water Balance v0.7.

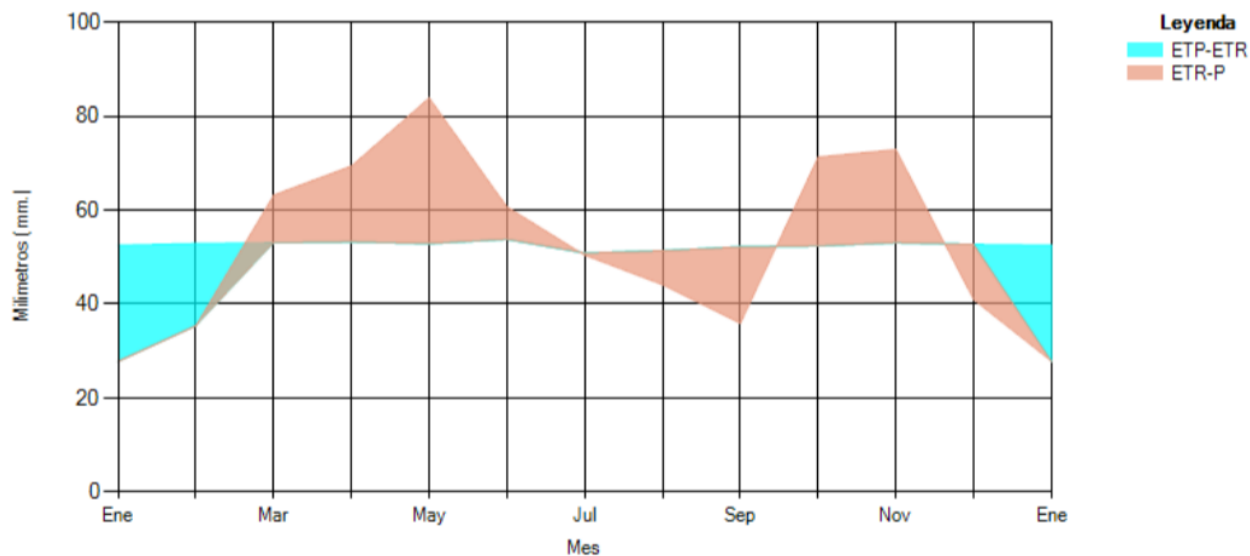


Fig.3. Visualización del InnerSoft - ISBH Water Balance v0.7.

La *Figura 3* corrobora el balance hídrico calculado con las dos aplicaciones, pero esta última, la versión disponible del software no muestra los déficits y los excesos, contrario a la aplicación desarrollada para el IGAC.

3.2 Serie de información de 1981 a 2000

Con la información Universidad Nacional, ubicada a 1,3 km de distancia de la anteriormente analizada, se obtuvo que la precipitación media es de 1011,8mm, con temperatura media de 14.9°C, y una evapotranspiración media de 679,8mm.

La *Figura 4*, muestra los resultados obtenidos para los parámetros restantes del balance hídrico, a saber, la humedad del suelo (*ST*), cambio en la humedad del suelo (*DST*), evapotranspiración real (*AE*), excesos (*S*) y déficit (*D*).

De este balance final se observa (figura 5 y 6) que se generan periodos de excesos y de déficit, que son evidenciados en la gráfica producto de la aplicación desarrollada para IGAC, lo que indica una mayor dinámica hídrica con relación al primer análisis realizado en el presente artículo.

Introduzca datos o modifique solo las filas de P (precipitación) y ETP (evapotranspiración potencial)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	TOTAL
P	49,5	67,3	50,6	135,2	119,8	54,0	35,2	44,5	70,1	137,4	127,1	80,7	971,4
ETP	56,1	56,5	57,4	57,4	57,6	57,6	56,7	56,1	56,1	56,3	56,7	56,3	680,8
P-ETP	-6,6	10,8	-6,8	77,8	62,2	-3,6	-21,5	-11,6	14,0	81,1	70,4	24,4	290,6
R	0	10,8	4,0	64,8	64,8	61,2	39,7	28,1	42,1	64,8	64,8	64,8	509,9
AR	0	10,8	-6,8	60,8	0	-3,6	-21,5	-11,6	14,0	22,7	0	0	64,8
ETR	49,5	56,5	57,4	57,4	57,6	57,6	56,7	56,1	56,1	56,3	56,7	56,3	674,2
E	0	0	0	17,0	62,2	0	0	0	0	58,4	70,4	24,4	232,4
D	-6,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-6,6

Fig.4. Balance hídrico según ISBH Water Balance v0.7.

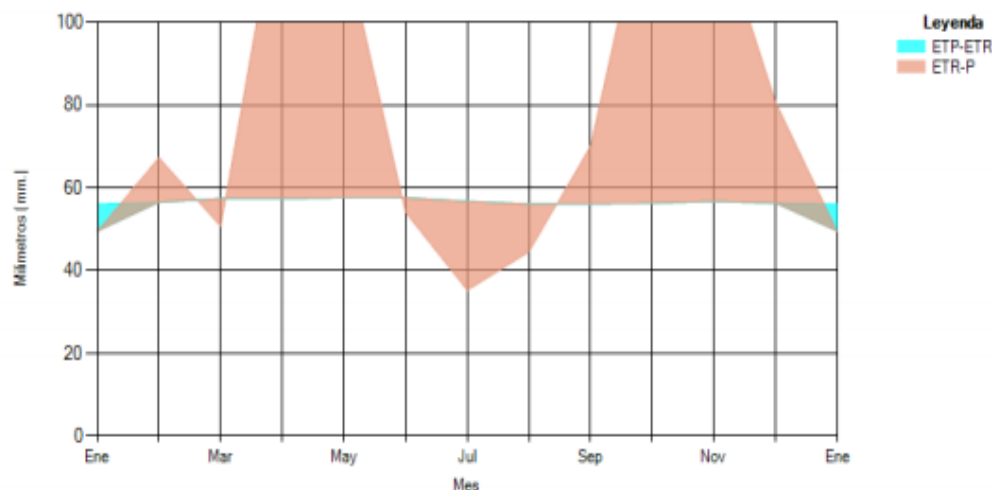


Fig.5. Visualización del InnerSoft - ISBH Water Balance v0.7.

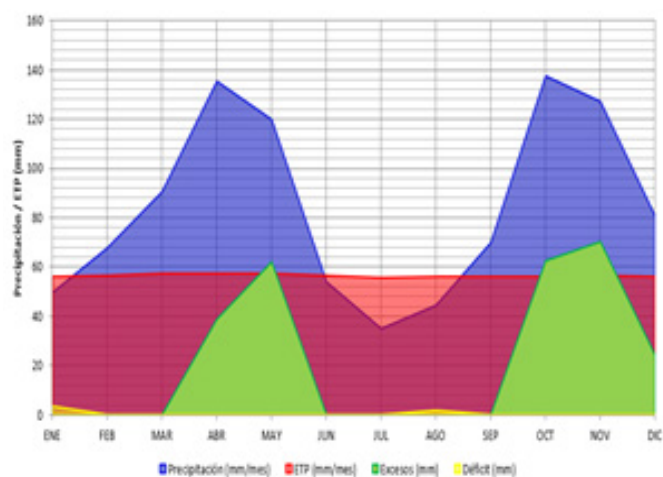


Fig.6. Balance hídrico con la aplicación de IGAC.

4. CONCLUSIONES

- Se observaron diferencias entre los balances hídricos realizados con diferentes series de información.
- Los principales cambios radican en que con la serie de información de 1981 a 2000, el balance hídrico muestra periodos de déficit y de excesos, donde las precipitaciones son mayores que para la estación Observatorio Meteorológico Nacional.
- La cercanía de las dos estaciones climáticas analizadas (*Universidad Nacional y la del Observatorio Meteorológico Nacional*) y las diferencias encontradas al realizar los balances hídricos indican que en la zona de puede estar presentando un enclave climático, lo que significa que el comportamiento de las variables climáticas presenta gradientes fuertes.
- El balance hídrico es una herramienta apropiada para la predicción espacial de las condiciones climáticas de un área definida, siempre que se tenga disponibles los datos requeridos como la precipitación, la temperatura, la ubicación del sitio, y las propiedades físicas del suelo.
- Al notar las diferencias entre los balances se propone como trabajo ingenieril la implementación

de una o dos estaciones climatológicas dentro de la cuenca del río con el fin de obtener información más verídica en cuanto a precipitación y temperatura.

5. AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, se expresa agradecimiento al docente director el Ingeniero Jaime Gil por la dedicación y apoyo que ha brindado a este trabajo, por el respeto a sugerencias e ideas y por la dirección y el rigor que ha facilitado a las mismas.

Así mismo, agradecimientos al Doctor Sandro Ipaz de la Universidad Nacional de Colombia por su orientación, asesoramiento y atención a consultas sobre metodología y por la confianza brindada.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] J. J. O. Gálvez, Cartilla técnica: Balance hídrico superficial., Lima: Sociedad Geográfica de Lima, , 2012.
- [2] C. W. Thornthwaite, «*An Approach toward a Rational Classification of Climate Geographical Review*,» vol. 38, n° 1, pp. 55-94., junio 1948.
- [3] S. N. IPAZ CUAUSTUMAL, Etodología para la distribución del recurso hídrico en el Valle Del Cauca, PMD., Bogotá D.C.: Instituto Geografico Agustin Codazzi, 1998.
- [4] B.D.Salcedo., Planteamiento de sistema urbano de drenaje sostenible (suds) en la avenida *Park Way*, como alternativa para la recuperación de quebradas entubadas (área urbana)., Bogotá D.C.: Universidad Católica de Colombia, 2016..

10. Toma de Decisión de Asignación de Carga en Puertos Marítimos a Través de Programación Lineal Entera

Decision making assignment of Freight Reception in Seaports Through of Whole Linear Programming

Johann David Herrera Beltrán^{1*}, Ángel Estiven Bohórquez Franco^{2**}

^{1,2} Universidad ECCI, Bogotá D.C, Colombia

* johann.d.herrerab@ecc.edu.co,

** angele.bohorquezf@ecc.edu.co

RESUMEN

El presente trabajo identifica dos modelos de programación lineal entera (PLE) que ejecutan factores para la toma de decisión en los puertos marítimos con el fin de un direccionamiento de las operaciones logísticas efectuadas, teniendo en cuenta variables y restricciones de tiempos de carga y descarga, tipos de carga y tiempos de arribo de los buques a puerto, estos se relacionan directamente con herramientas ingenieriles para una buena toma de elección de las operaciones logísticas. El objetivo de dicha investigación es analizar la utilización de estos modelos y deducir si estos brindan ayuda en la toma de decisiones para la optimización de recepción o envío de mercancía. Además, observar otras variables que son necesarias para el desarrollo de dicha investigación como lo es la selección de proveedores de abastecimiento portuario, que son de vital importancia para la gestión operacional, describiendo su metodología y funcionamiento, concluyendo si dichos modelos son ejecutables dentro de un ámbito local o regional para su empleabilidad.

Palabras clave: Programación Lineal Entera, Optimización, Puerto marítimo, Tiempo, Logística

Recibido: 30 de agosto de 2019. Aceptado: 1 de Octubre de 2019

ABSTRACT

This paper identifies two models of whole linear programming that execute factors for decision making in seaports in order to address the logistic operations carried out, taking into account variables and restrictions of loading and unloading times, types of loading and arrivals times of ships to port, these are directly related to engineering tools for a good choice of logistic operations. The objective of this research is to analyze the use of these models and deduce if they aid in making decisions for the optimization of receipt or shipment of merchandise. In addition, observing other variables that are necessary for the development of such research such as the selection of port-supply and the vital importance to the operational management, finally concluding if these models are executable within a local or regional scope for their employability.

Keywords: Whole linear programming, Optimization, seaport, time, logistic

Received: August 30th, 2019 Accepted: October 1st, 2019

1. INTRODUCCIÓN

La importancia de los métodos de toma de decisiones logísticos de asignación en puertos de carga marítimos ha venido evolucionando con los recientes convenios y alianzas de comercio internacional, en donde la llegada de nuevos productos de mayor complejidad para el trato de recepción, distribución interna y externa operacional han dificultado la manera en el que dicha logística funciona como herramienta para el buen flujo de carga [1].

Es claro mencionar, que la logística de los puertos marítimos es muy diferente a la logística de puertos terrestres según Costas, Leal, Rebula de Oliveira [2], puesto que dichos flujos son de mayor constancia y la cantidad de carga que se puede mover es superior a la carga por vía terrestre. Debido a esto, el gran problema de dicha toma de decisiones está basado en las restricciones de tiempo de carga, tiempo de descarga, tipo de carga, y horas de llegada que son esenciales para el desarrollo logístico de la operación.

Un mecanismo para la optimización de la toma de decisiones concerniente al sistema logístico portuario es el modelamiento matemático de dichas restricciones por medio de la programación lineal, donde su meta es “optimizar” sujetos a una función objetivo que se plantea ya sea de minimización o maximización según lo requerido, pudiendo determinar la asignación en la hora de despacho o recepción de contenedores según X. Xiang, C. Liu, y L. Miao [3]. Para ello, la programación lineal desarrolla dentro de su funcionamiento configuraciones de orden entero, cuya finalidad es la optimización o mejora en la toma de decisiones donde la planificación y control del sistema logístico ayuda a una mejor distribución y eficacia de embarque y desembarque de contenedores o la misma aceptación de buques según su capacidad, hora de llegada y permanencia en la exclusiva [4].

La programación lineal entera (PLE), es guía para situaciones en donde la solución óptima solo es ejecutable si las variables de decisión toman valores enteros como lo pueden ser la asignación de carga o el tipo de embarcación que puede llegar a un puerto [5] [6]; así mismo, este tipo de planteamiento formula que los valores restringidos asimilan números enteros 0 y 1 [1].

En este sentido se presenta la necesidad de buscar modelos que formulen un problema basado en las restricciones de tiempo y cantidad de volúmenes recibidos, con la finalidad de generar posibles soluciones en un medio local, se ha encontrado que los modelos de optimización por dichas herramientas son homologables para cualquier entorno operacional logístico de mercancía donde se requiera una mejora, esto fundamenta la idea en que la administración de las operaciones precisan estructuración y metodologías en su gestión [7], los modelos PLE abren el abanico de posibilidades para la buena toma de decisiones.

Es de importancia indicar que no todo radica en la formulación de un modelo y su utilización teniendo en cuenta que previamente tuvo que haber un análisis de la circunstancia que define el modelo de programación entera, cabe destacar que no todos los modelos PLE son aplicables a modelos de toma de decisiones, pues en realidad esto varía dependiendo de la formulación y los tipos de variables no restringidas a números enteros.

2. MATERIALES Y MÉTODO

Se realiza un diseño observacional por medio del análisis de fuentes de información secundaria tales como: dos artículos científicos relacionados al tema de programación lineal entera y su similitud en la toma de decisiones por medio de dicha herramienta de programación, además se revisa en dicho material los posibles modelos matemáticos aplicados en cada artículo y su importancia en la operación logística de los puertos, denotando

si los modelos teóricos influyen en la toma de decisiones para la resolución de optimización logística, de tal forma que se puedan verificar los aspectos que pueden tener incidencia para un posible aprovechamiento en el campo nacional y la situación en que dicha información conceptual de los modelos PLE generan metodologías que son aplicadas y direccionadas a un campo más local como lo son zonas francas nacionales y logística portuaria regional [8].

2.1. MÉTODO

La representación matemática del problema que se puede llegar a especificar, está relacionada con la optimización de la operación en un campo superlativo industrial, en el caso del “transporte marítimo de carga” dicha relación en mención trasciende a un nivel organizacional [9], abarcando las estrategias dentro del sistema administrativo logístico, el mercado y tendencias actuales.

La validación del entorno económico es clave fundamental para la observación del modelo de programación a realizar según el estudio de Ferreira, Diogo Cunha Marques, Rui Cunhab Pedro [10] puesto que: “El crecimiento de la globalización ha llevado al aumento a los negocios intercontinentales, de tal forma que se utilizan los puertos y navieras como una forma barata y rápida de llegar a mayores partes del mundo, conjuntamente asocia políticas nacionales para mayor capacidad en las negociaciones ”.

Se construye la idea en que las variables y restricciones están sujetas a parámetros dados por la económica del entorno y éstas únicamente son prácticas en los modelos dinámicos económicos, cómo se observa en la ecuación (1). Modelo de programación lineal entera para sistema portuario según economía dinámica:

$$\begin{aligned} \text{Min } z &= \text{operating times} \\ X_i &= T_i/h \text{ for times operations for floodgate } n \\ Y_i &= T_j/h \text{ for times operations service for } n \\ KI &= \beta \text{ Economic parameter of acceptance } T \text{ in seaport} \\ Z_i &= \epsilon \begin{cases} 1, \text{it's accepted } n \\ 0, \text{it's not accepted } n \end{cases} \end{aligned} \quad 1)$$

Es allí donde la aceptación de la carga (n) está condicionada por β generando una prioridad de orden, dicho parámetro β puede ser asimilado como nivel de importancia monetaria para el puerto o tipo de carga requerida para un tiempo de operación conjunto, según lo especifica X. Xiang, y L. Mia [10].

Este modelo aborda la disposición final acordada entre partes, suponiendo acuerdos previos como INCOTERMS [11].

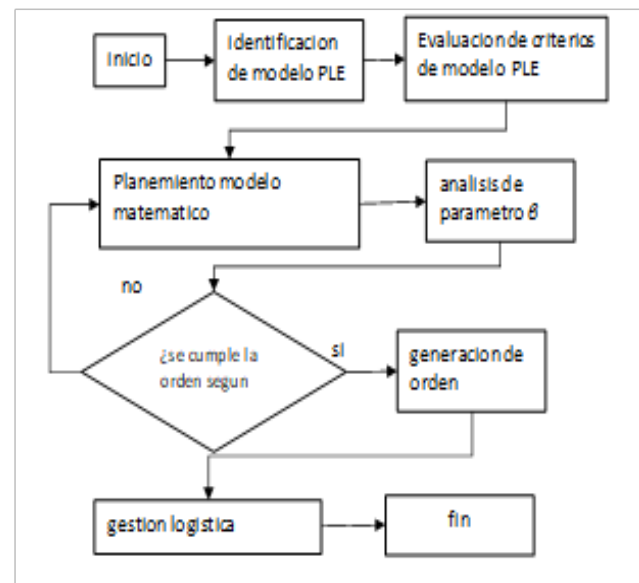


Fig. 1. Diagrama de flujo metodología de modelo PLE
Explanatory variables driving the technical efficiency of European seaports: An order-a approach dealing with imperfect knowledge.

La comprensión de criterios únicos del modelo brinda que la gestión del proceso de transporte sea más segura y se cuente con mayor trazabilidad en el control del desembarque y embarque de mercancía. Esta ejemplificación de un modelo de económica dinámica se caracteriza en situaciones

donde el análisis de simulación de programación entera se condiciona. La simulación del modelo reduce el rango de probabilidad del sistema [12]; garantizando que el proceso de selección de orden pueda ser efectiva en el momento que se realice. Dicha simulación del modelo se referencia a un parámetro externo donde la elección de priorización de despacho tiene similitudes con la selección del abastecimiento logístico para la operación, estos se escogen según la capacidad de carga a programarse.

Algunos modelos PLE también son utilizados para encontrar la manera óptima en la designación de proveedor, ya que la eficacia del proceso está cuestionada por las necesidades del mercado y los clientes. Las características para escoger a dichos proveedores pueden enfocarse en pruebas multicriterio utilizando algún software estadístico como (SSP) [1], que tienen como finalidad observar los requisitos necesarios para la aceptación de proveedores en la gestión operacional portuaria. Estas pruebas son basadas en procesos jerárquicos analíticos o Analytic Hierarchy Process (AHP) por sus siglas en inglés y programación entera mixta (PLEM).

El objetivo del SPP se enfatiza en un análisis de decisión plausible en el que se incluyen factores cuantitativos y cualitativos para dicha toma de decisión. La aceptación de aprovisionamiento también está sujeta a la capacidad de operación logística y recepción de carga a recibir según el estudio Galo Nadya, Regina Ribeiro, Priscilla C.C [13] igualmente también por Ghaniabadi y Mazinan [14], pero no asegura que estas técnicas sean fiables para la selección de proveedores con tamaños de carga complejos. Se refleja en la ecuación (2) el modelamiento de según criterio AHP Y PLEM.

max eficiencia

$E = \text{Eficiencia}$

$\text{Max } E = f(x) = \text{procedimiento sistematico}$

$\text{Max } E = f(x) = (\text{AHP}; \text{PLEM})$

El procedimiento de SSP crea un proceso del cual la contratación de aprovisionamiento logístico se evalúa estructurándose de la siguiente manera.

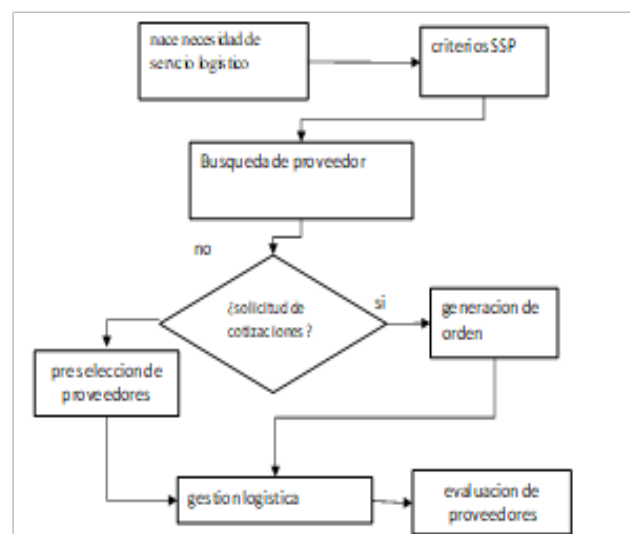


Fig. 2. Diagrama de flujo; procedimiento evaluación proveedor SSP, «Procedimiento de Evaluación y Selección de Proveedores Basado en el Proceso de Análisis Jerárquico y en un Modelo de Programación Lineal Entera Mixta.

Logrando así que haya un mejor direccionamiento para la contratación de proveedor, fundamental para el desarrollo logístico.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realiza un análisis de los artículos de investigación estudiados. Estos establecen una relación entre la programación entera y los posibles modelos de optimización para puertos marítimos de carga, asimismo se suma la idea de la situación operacional en la que se pueden hallar como lo indica D. C. Ferreira y R. C. Marques [10], considerando los elementos que definen las funciones objetivos en las ecuaciones (1) y (2) y la finalidad de su uso como lo es optimización en dicho modelamiento, igualmente la parametrización que los formula.

La programación lineal entera PLE también juega un papel decisivo para la elección de contratación de aprovisionamiento [1] [14] ayudando en la gestión administrativa logística y la incidencia de

la mejora portuaria de procesos de organizativos. Para generar la conclusión se parte de tres apartados en esta investigación, los cuales suscitan discusión e incluyen resultados de aplicabilidad como: equiparación para un campo nacional, formulación y la toma de decisión en la logística portuaria para los dos modelos, reforzando la metodología del análisis previsto en la investigación. Los apartados en mención definen dos puntos que se abordan a continuación.

3.1. LA EZQUEMATIZACIÓN DE LOS MODELOS PARA EL CAMPO NACIONAL

Ambos modelos parten de encontrar una solución óptima dependiendo de criterios previamente establecidos como se especifica en las ecuaciones (1) y (2). Estos criterios tienen juicio para la formulación del problema [6]. Dicho esto, la apropiación de estos modelos está sujeta al veredicto del campo de aplicación portuaria regional o nacional, pueden ser utilizados si anteriormente se analizan los factores para el modelamiento del problema.

Otro aspecto para que haya dicha atribución en la implementación de los modelos es realizar una planeación previa en la gestión operacional como lo menciona J. R. Montoya, G. L. Rodríguez [7], puesto que la administración de la cadena de abastecimiento portuaria lleva a la mejora de competitividad.

3.2. EL METODO AHP LA PLEM Y PARAMETRO β EN LA FORMULACIÓN DE LOS MODELOS

Para la toma de decisiones es fundamental en cada modelo la formulación de valores e implementación de herramientas que mejoran la toma de dicha de decisión, para el primer caso observado, en el sistema de asignación de carga es modelado por medio de PLE, en esta se introduce el parámetro β imponiendo que para dicho modelo se genere una restricción de acuerdo con las negociaciones o factores monetarios que se vean explícitos en dicha decisión.

Este parámetro β puede llegar a ser confuso si no se precisa su función o utilización, llegando a generar mayores costos en la operación. Se sugiere para la puesta en funcionamiento del modelo exista más consideraciones de más actores logísticos [7], estableciendo el objetivo en especificación a dicho parámetro.

La aplicación del AHP Y PLEM incurre en la sistematización de estos dos criterios SSP para la selección del abasteciendo en la operación logística [15] [16]; pero dichas herramientas en mención no cuentan con el suficiente valor si se llegasen a aplicar para la obtención de múltiples proveedores.

Estos dos métodos solo se integran si dicha decisión depende únicamente de un proceso de selección.

3.3. LA TOMA DE DECISIONES UTILIZANDO LA PROGRAMACIÓN LINEAL ENTERA EN LA LOGÍSTICA PORTUARIA

Como estrategia para la toma de decisiones la programación lineal entera es subjetiva puesto que depende del entorno en el que se realice el modelamiento de su aplicación, con lleva que para cada tipo de planteamiento se realice un estudio de las necesidades y objetivos de su pleno uso.

Como se describe en los dos estudios de caso propuestos para la investigación, estos métodos pueden llegar a ser homologables si se denota las restricciones de uso e individualizando las requisiciones del puerto en el que se ejecute el modelo [10].

4. CONCLUSIÓN

Se concluye en esta investigación que los modelos matemáticos de programación son una herramienta necesaria en la optimización de situaciones complejas donde los parámetros se

sitúan frente a una decisión de la cual parte el proceso de operación logística del puerto, estos identifican las posibles soluciones en un escenario logístico, pero se condicionan dependiendo la problemática que se quiera afrontar. Para el modelo (1) la mejora se encuentra en el seguimiento de un parámetro externo al puerto, llevando a que dicha decisión sea supeditada a la exigencia de los proveedores o el mismo mercado en el cual se mueva la operación.

Es un modelo óptimo, pero si hay deseo de aplicación se necesita una parametrización conjunta de los posibles actores implicados en la esquematización de la PLE de igual modo se identifica dentro del mismo modelo la obtención de la información para el enfoque de la configuración del parámetro β , es esencial para el buen desarrollo en la toma de la decisión.

Es homologable en una económica dinámica y su rango de funcionalidad local como se menciona en el apartado “**3.1 EZQUEMATIZACIÓN DE LOS MODELOS PARA EL CAMPO NACIONAL**” está contenido al espacio de aplicación portuaria regional o nacional.

El modelo (2) menciona una relación entre los criterios de aceptación SSP para la selección de proveedores. Menciona herramientas como AHP Y PLEM para dicha selección.

El planteamiento de la investigación para este esquema sugiere que solo es óptimo únicamente cuando se tiene un proveedor ya que dichas herramientas no son activas, siendo estáticas y no óptimas si los tamaños para el aprovisionamiento son superiores o complejos.

La aplicabilidad puede ser limitada según se describe en “Procedimiento de Evaluación y Selección de Proveedores Basado en el Proceso de Análisis Jerárquico y en un Modelo de Programación Lineal Entera Mixta” [2] pero logra ser eficiente si se dispone de una elección

que tenga que hacerse en la mayor brevedad y no requiera de más de dos proveedores. Se recomienda que, si se desea implementar dicho modelo solo se disponga de un medio de elección.

5. AGRADECIMIENTOS

Director del programa de Seminario Internacional Msc. Juan Carlos Robles Camargo y demás docentes que tuvieron participación en dicho programa.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. F. Correcher, R. Alvarez-Valdes, and J. M. Tamarit, “New exact methods for the time-invariant berth allocation and quay crane assignment problem,” *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 275, no. 1, pp. 80–92, 2019.
- [2] G. C. Dias, I. C. Leal Junior, and U. R. de Oliveira, “Supply chain risk management at seaport container terminals,” *Gestão & Produção*, vol. 26, 2019.
- [3] X. Xiang, C. Liu, and L. Miao, “Reactive strategy for discrete berth allocation and quay crane assignment problems under uncertainty,” *Comput. Ind. Eng.*, vol. 126, pp. 196–216, 2018.
- [4] S. Panchenko, O. Ohar, G. Shelekhan, and E. Skrebutene, “Optimization of transport system operation using ranking method,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 149, pp. 110–117, 2019.
- [5] H. Wei and M. Dong, “Import-export freight organization and optimization in the dry-port-based cross-border logistics network under the Belt and Road Initiative,” *Comput. Ind. Eng.*, vol. 130, pp. 472–484, 2019.
- [6] B. Ji, X. Yuan, Y. Yuan, X. Lei, T. Fernando, and H. H. C. Iu, “Exact and heuristic methods for optimizing lock-quay system in inland waterway,” *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 277, no. 2, pp. 740–755, 2019.
- [7] JR. Montoya, GL. Rodríguez, L. Merchán. IMPACTO DE ESTRATEGIAS DE COLABORACIÓN ENTRE DOS ACTORES DE UNA CADENA LOGÍSTICA EN LA PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN. *Revista EIA*, (8), 83-98. Retrieved October 01, 2019, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372007000200008&lng=en&tlng=es.
- [8] C. Bell-Lemus, “Industria, puerto, ciudad (1870-1964): Configuración de tres espacios superiores”

- de Barranquilla,” *Apunt. Rev. Estud. sobre Patrim. Cult. - J. Cult. Herit. Stud.*, vol. 21, pp. 62–73, 2008.
- [9] B. Mota, M. I. Gomes, A. Carvalho, and A. P. Barbosa-Povoa, “*Sustainable supply chains: An integrated modeling approach under uncertainty*,” *Omega*, vol. 77, pp. 32–57, 2018.
- [10] D. C. Ferreira, R. C. Marques, and M. I. Pedro, “*Explanatory variables driving the technical efficiency of European seaports: An order- α approach dealing with imperfect knowledge*,” *Transp. Res. Part E Logist. Transp. Rev.*, vol. 119, pp. 41–62, 2018.
- [11] J. Coetzee, “*Incoterms® variants: greater precision or more uncertainty?*,” *Jure*, vol. 46, pp. 583–591, 2013.
- [12] J. L. Calderín and F. C. Lario, “*Simulación de Cadenas de Suministro: Nuevas Aplicaciones y Áreas de Desarrollo*,” *Inf. tecnológica*, vol. 18, pp. 137–146, 2007.
- [13] N. R. Galo, P. C. C. Ribeiro, R. C. Mergulhão, and J. G. Vidal Vieira, “*Selección de proveedor de servicios logísticos: alineación entre criterios e indicadores*,” *Innovar*, vol. 28, pp. 55–70, 2018.
- [14] M. Ghaniabadi and A. Mazinani, “*Dynamic lot sizing with multiple suppliers, backlogging and quantity discounts*,” *Comput. Ind. Eng.*, vol. 110, pp. 67–74, 2017.
- [15] F. González-Solano, J. Escorcía-Caballero, and L. Patiño-Toledo, “*Localización óptima y confiable de instalaciones en una cadena de suministro*,” *Ingeniare. Rev. Chil. Ing.*, vol. 25, pp. 693–706, 2017.
- [16] D. Smith and S. Srinivas, “*A simulation-based evaluation of warehouse check-in strategies for improving inbound logistics operations*,” *Simul. Model. Pract. Theory*, vol. 94, pp. 303–320, 2019.