DETERMINACIÓN DE LA LOCALIZACIÓN DE UN PUERTO SECO EN LA ZONA PACÍFICO CENTRAL DE COLOMBIA APLICANDO MODELO MULTICRITERIO DE DECISIÓN

PAOLA ANDREA OSPINA GÓMEZ
CAMILO ANDRÉS SALAZAR VALLEJO

UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
GUADALAJARA DE BUGA
2020

DETERMINACIÓN DE LA LOCALIZACIÓN DE UN PUERTO SECO EN LA ZONA PACÍFICO CENTRAL DE COLOMBIA APLICANDO MODELO MULTICRITERIO DE DECISIÓN

PAOLA ANDREA OSPINA GÓMEZ
CAMILO ANDRÉS SALAZAR VALLEJO

Trabajo de Grado para optar el título de Ingeniero Industrial

DIRECTOR: MARIO JOSÉ BASALLO TRIANA

UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
GUADALAJARA DE BUGA
2020

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradecemos a Dios por haber permitido formarnos académica y profesionalmente en nuestra amada Universidad de Valle, porque si no fuera por su ánimo y amor no estaríamos terminando esta gran etapa de nuestras vidas.

A nuestros padres, hermanos, familiares y amigos que estuvieron en cada paso que dimos hasta lograr ahora ser profesionales: Carlos A. Ospina, Miriam Gómez, Ma. Nancy Ospina, Katherin Ospina, Martha Oliveros, Alejandra Valencia, Carolina Quintero, Pablo Saravia, José Otoniel Salazar y Carolina Vallejo.

A Santiago A. Suárez por su amor y ayuda incondicional.

A nuestros profesores que con su empeño lograron enamorarnos más de nuestra carrera: Julio César Londoño, Edwin Loaiza Acuña, Ma. del Pilar Rivera, Gloria S. Ramírez, Jaime Aguilar Moreno, Mario José Basallo, Álvaro José Penagos, Rodrigo Becerra, entre tantos profesores más, que merecen nuestro más profundo respeto y admiración.

Finalmente, a los expertos que hicieron posible la evaluación de este trabajo de grado, gracias por confiar en nosotros y por aceptar hacer parte de todo este proceso.

DEDICATORIA

Toda la gloria, la honra y el honor sean para Dios. Salmo 115-1

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 10
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 12
3. OBJETIVOS 15
   3.1 Objetivo general 15
   3.2 Objetivos específicos 15
4. JUSTIFICACIÓN 16
5. MARCO TEÓRICO 18
   5.1 Puerto seco 18
   5.2 Categorías de puerto seco 20
      5.2.1 Puertos secos distantes 20
      5.2.2 Puerto seco de medio rango 22
      5.2.3 Puerto seco cercano 22
   5.3 Localización de puerto seco 23
   5.4 Modelos cualitativos de localización 24
      5.4.1 Método Delphi 24
      5.4.2 Juicio de Expertos 25
      5.4.3 Métodos multicriterio 25
6. REVISIÓN DE LITERATURA 28
7. METODOLOGÍA 32
   7.1 CARACTERIZACIÓN 32
      7.1.1 Buga 37
   7.2 Panorama nacional 39
   7.3 Caracterización de factores y variables de estudio 43
      7.3.1 Ambientales 51
      7.3.2 Socioeconómicos 51
      7.3.3 Accesibilidad 51
      7.3.4 Localización 51
8. MODELACIÓN PROPUESTA. 53
   8.1 DESCRIPCIÓN ANP 53
   8.2 CLÚSTERES 54

8.2.1 Clúster 1. Factores medioambientales 54
8.2.2 Clúster 2. Factores socioeconómicos 54
8.2.3 Clúster 3. Factores de accesibilidad 54
8.2.4 Clúster 4. Factores de localización 54
8.2.5 Clúster 5. Alternativas 55
8.3 METODOLOGÍA PARA CLASIFICACIÓN DE EXPERTOS 55
8.4 DESARROLLO DEL MODELO ANP 57
8.4.1 Etapa 1. Identificación de elementos de la red. Construcción de la red 57
8.4.2 Etapa 2. análisis de red de influencias. Matriz de dominación interfactorial 58
8.4.3 Etapa 3. cálculo de las prioridades entre elementos. Súper matriz original 60
8.4.4 Etapa 4. cálculo de las prioridades entre componentes. Súper matriz ponderada .. 64
8.4.5 Etapa 5. Cálculo del súper matriz límite 65
8.5 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD 67
8.5.1 Escenario uno (1) 69
8.5.2 Escenario dos (2) 70
8.5.3 Escenario tres (3) 72
8.5.4 Escenario cuatro (4) 73
9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS 77
10. conclusiones 79

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. *Puerto marítimo conectado a un puerto seco distante.* 21
Figura 2. *Puerto marítimo conectado a un puerto seco de media distancia.* 22
Figura 3. *Puerto marítimo conectado a un puerto seco cercano.* 23
Figura 4. *Recorrido del tren por el suroccidente colombiano.* 33
Figura 5. *Principales corredores de comercio exterior.* 40
Figura 6. *Red vial nacional.* 41
Figura 7. *Red completa del sistema.* 57
Figura 8. *Autopista Yumbo – Mulaló – Loboguerrero.* 81

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. *Componentes de la evaluación multicriterio.* 26
Tabla 2. *Resumen de aportes a considerar.* 30
Tabla 3. *Caracterización de la ciudad de Buga.* 39
Tabla 4.*Criterios encontrados en la revisión de la literatura.* 46
Tabla 5. *Variables a utilizar en el modelo.* 49
Tabla 6. *Nominación del panel de expertos.* 56
Tabla 7. *Estructura de la matriz de dominación interfactorial.* 58
Tabla 8.*Matriz de dominación interfactorial del modelo.* 59
Tabla 9. *Matriz de comparación pareada.* 61
Tabla 10.*Escala fundamental de valoración de Saaty.* 62
Tabla 11. *Súper matriz original del modelo.* 63
Tabla 12. *Vector prioridad.* 64
Tabla 13. *Súper matriz ponderada estocástica del modelo.* 65
Tabla 14. *Súper matriz límite del modelo.* 66
Tabla 15. *Prioridad final entre alternativas.* 67
Tabla 16. *Ordenamiento de criterios según su influencia, en Yumbo y global.* 68
Tabla 17. *Ordenamiento de criterios según su influencia, en Cali y global.* 68
Tabla 18. *Súper matriz límite del escenario 1.* 69
Tabla 19 *Prioridad entre alternativas, escenario 1.* 70
Tabla 20. *Súper matriz límite del escenario 2.* 71
Tabla 21 *Prioridad entre alternativas, escenario 2.* 71
Tabla 22. *Súper matriz límite del escenario 3.* 72
Tabla 23.*Prioridad entre alternativas, escenario 3.* 73
Tabla 24. *Prioridad final entre criterios.* 74
Tabla 25. *Súper matriz límite del escenario 4.* 75
Tabla 26. *Prioridad entre alternativas, escenario 4.* 75
Tabla 27. *Desviación estándar de pesos relativos de las alternativas sobre criterios.* 77

LISTADO DE MAPAS

Mapa 1. *Principales embalses, humedales, ríos y zonas marino-costeras del valle del cauca.* 35
Mapa 2. *Ferrocarriles construidos en Colombia desde 1850 a 1961.* 36
Mapa 3. *Mapa actual de la red férrea del pacífico 2015.* 37
Mapa 4. *Ubicación geográfica de Buga.* 38
Mapa 5. *Principales vías y afluentes de Buga.* 38
Mapa 6. *Plan Maestro Fluvial.* 42

RESUMEN

En este trabajo se presentó una propuesta para abordar el problema de la determinación de una óptima localización de un hipotético puerto seco en la zona pacífico central de Colombia, basada en la utilización de un modelo de localización cualitativo y multicriterio, definido por la revisión de la literatura, en donde se analizaron proyectos similares y apoyado por un grupo de expertos diverso, con puntos de vista y conocimientos diferentes, obteniendo con ello una respuesta final bien sustentada y objetiva.

Se abarcó de manera profunda la situación actual de la región en estudio en ámbitos logísticos, sociales, económicos y medioambientales, logrando identificar la situación actual de cada alternativa desde el análisis de cada criterio definido. De igual manera, se presentó un panorama nacional en el que se muestra cómo está Colombia en materia de infraestructura logística y con ello, la necesidad de implementar mejoras al respecto.

Palabras Claves:

Puerto seco; Método multicriterio; Alternativas; Localización; Infraestructura logística; Colombia; ANP.

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas que enfrentan hoy en día la mayoría de los países en américa latina es la falta de una buena infraestructura logística interna, lo que obstaculiza el eficiente intercambio de bienes y mercancías tanto en el interior como en el exterior del país. La creciente oferta y demanda de productos, la poca expansión de los puertos marítimos y la deplorable infraestructura hace que el desarrollo sea lento y escaso.

Colombia cuenta con características privilegiadas frente otros países, como su posición geográfica y comunicación intercontinental. Esto supondría que debería ser uno de los países líderes en aspectos de infraestructura y desempeño logístico; pero la realidad es otra totalmente diferente, ya que tanto en américa latina como a nivel mundial ocupa pésimas posiciones, lo cual se ve reflejado de manera negativa en sus operaciones portuarias, siendo el puerto de Buenaventura el más afectado, pues son evidentes los grandes problemas relacionados con la congestión de las vías de acceso cercanas y las limitaciones del funcionamiento, lo que se traduce en un detrimento en el nivel de servicio del mismo.

Una medida implementada en otros países y que se adapta a las condiciones actuales de Colombia, es la implementación de puertos secos, ya que estos mejoran la eficiencia de las operaciones de transferencia, especialmente en aquellos puertos marítimos que enfrentan restricciones espaciales de crecimiento y que, producto de ello, incurren en mayores costos operacionales y deterioro de los niveles de servicio Leal & Pérez Salas (2009).

En el presente trabajo se aborda la localización de un puerto seco en la zona pacífico central de Colombia, en la cual se encuentra el puerto marítimo considerado uno de los más importantes de América Latina por su conectividad con el medio

oriente, y por ser el más importante de Colombia debido a que la mayoría de productos de consumo se mueven por el mismo.

El desempeño del puerto seco está determinado por distintos aspectos, como el de infraestructura y fácil acceso, entre otros, lo que sugiere que el puerto debe ser ubicado de forma estratégica para así contribuir al desarrollo logístico del país y no a empeorar las condiciones.

Este trabajo busca encontrar la mejor ubicación del puerto seco en la zona pacífico central del país, adaptándose a las condiciones actuales de la región y que consolide los principales criterios y puntos de vista de cada parte involucrada. El problema de localización se puede abordar desde varios métodos; en este caso se utiliza un método multicriterio, el cual tomará en cuenta las condiciones actuales de la región y el juicio de expertos. Es importante resaltar que en la literatura se aborda estos problemas no solo con métodos cualitativos sino con cuantitativos y mixtos; es pertinente mencionar que no se trata de un problema propio de países subdesarrollados, pues se presenta de manera constante en grandes potencias económicas.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Colombia presenta un retraso preocupante en materia de infraestructura logística, esto se ve reflejado en sus pésimas posiciones que actualmente ocupa a nivel mundial y latinoamericano. En términos estadísticos, la situación de la infraestructura logística general colombiana ha sido tan pobre que, por ejemplo, para el año 2015 se posicionó en el puesto 110 de 142 países evaluados; en el puesto 123 en infraestructura férrea y el 85 en infraestructura portuaria World Economic Forum (2015).

Un aspecto que agrava aún más la situación del país es la poca conectividad de los diferentes modos de transporte (terrestre, aéreo, fluvial y férreo) y la casi total dependencia al transporte por carretera; la falta de infraestructura logística para operar e interconectar diferentes modos de transporte ha generado que en Colombia la multimodalidad en el transporte de mercancías y bienes sea muy difícil de alcanzar.

Lo anterior afecta de manera directa al desempeño logístico del país, pues es demasiado difícil generar operaciones logísticas competitivas a partir de una infraestructura tan atrasada; según el Banco mundial, el índice de desempeño logístico del país ha sido tan negativo que para el año 2014 se posicionó en el puesto 97 de 160 países evaluados a nivel mundial; en materia de costos de exportación e importación la situación no es diferente, pues el Doing Business posicionó a Colombia en el año 2014 en los puestos 163 y 153 respectivamente de 189 países evaluados; el mismo índice, para el mismo año, declaró que Colombia en cuanto a tiempos requeridos para exportar e importar ha tenido grandes deficiencias; así mismo, el foro económico mundial en el año 2015 evidenció que en procedimientos aduaneros Colombia registra la posición 95 de 140 países evaluados. Es más que evidente la necesidad que presenta el país por mejorar a

nivel infraestructural y de desempeño en operaciones logísticas, pues Colombia gracias a todos sus privilegios debería ser vanguardista en materia logística.

Uno de los problemas más recientes y comunes en los puertos marítimos del mundo es la congestión de contenedores. Estas congestiones varían en cada puerto dependiendo de múltiples factores, algunas regiones son más sensibles a estas aglomeraciones; problemática que puede persistir durante tiempo indeterminado y ocasionar dificultades logísticas en el interior del país. Contextualizando el problema en la zona pacífico central del país, es el caso del puerto marítimo ubicado en Buenaventura, la creciente demanda de mercancías y poca capacidad de expansión del puerto crea congestión en las rutas de transporte cercanas, ocasionando problemas al despachar las mercancías a tiempo a los clientes, siendo evidente la necesidad de proponer una solución que permita mejorar esta situación; ya que este puerto representa la mayor cantidad de importaciones en el país con un 52% de participación Pérez (2017). El tráfico portuario para el primer trimestre del 2016 fue de 4.087.634 de toneladas Boletín estadístico de tráfico portuario en Colombia (2016) y este puerto está en capacidad de mover de unos 13’800.000 a 14’000.000 de toneladas por año Negocios y economía (2017), lo que pone en evidencia la falta de capacidad del puerto.

Una medida que se adapta a estas condiciones actuales es la implementación de un puerto seco, el cual es definido como una terminal intermodal de mercancías, ubicada en el interior de un territorio, conectada directamente con uno o más puertos marítimos a través de un corredor de transporte de alta capacidad, preferiblemente ferroviario. Los puertos secos suelen formar parte o están asociados a una plataforma logística, donde se realizan funciones de almacenaje, distribución y, además, brindan valor añadido a la mercancía, Estrada (2011).

La utilidad del puerto seco desde la necesidad de expansión del puerto marítimo está en facilitar la realización de actividades que no necesariamente se deben llevar a cabo directamente allí, logrando así mejorar la eficiencia en las distintas operaciones del mismo e impactando positivamente en su nivel de servicio.

De acuerdo a lo anterior se infiere que la implementación de un puerto seco sería una solución adecuada para mejorar las operaciones actuales de capacidad, transporte, almacenamiento, trámites aduaneros, desarrollo de infraestructura logística entre otros, presentes en el Valle del Cauca.

Determinar la localización adecuada para el puerto seco no es una labor sencilla puesto que implica muchos involucrados y/o actores, los cuales tienen diferentes perspectivas e inclinaciones, que pueden ser políticas, sociales, económicas, ambientales, etc. De acuerdo con lo anterior, aplicar un análisis multicriterio sería lo adecuado para el objetivo de adquirir consenso entre las partes involucradas.

Es necesario entonces tener en cuenta múltiples criterios a la hora de valorar cual es la mejor alternativa de ubicación para la terminal interior portuaria; también se debe tener en cuenta que el puerto seco debe de estar ubicado en un lugar (Municipio) donde se puedan integrar fácilmente diferentes modos de transporte de carácter multimodal.

El análisis efectivo de todos los criterios debe facilitar la toma de decisiones que realmente beneficien a la mayoría de involucrados, pues se trata de un problema estratégico, del cual se debe partir de tener muy claros los objetivos desde el principio para resolverlo adecuadamente. Como ya se mencionó, los resultados deben estar dirigidos para todos y no solamente a unos pocos, no solamente se debe velar por el bienestar de los dueños y administradores “Sociedad Portuaria Regional de Buenaventura S.A. (SPRBUN) y el Grupo Portuario S.A”, dueños de contenedores con carga y trabajadores del puerto, sino también de la población del distrito especial, población que transita en las vías cercanas al puerto y en general a la población colombiana.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

- Proponer la mejor localización de un puerto seco en la región pacífico central de Colombia aplicando un modelo de análisis multicriterio que involucre diversos factores o criterios de interés.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar alternativas de localización del puerto seco mediante la realización de una caracterización de la situación actual de infraestructura logística enfocada a la región pacífico central de Colombia.
- Establecer criterios de decisión para la ubicación de la terminal intermodal con base en trabajos reportados en la literatura y en entrevistas hacia un grupo experto, con la intención de consolidar los puntos de vista de los involucrados.
- Evaluar los criterios y alternativas establecidas mediante modelo de decisión multicriterio apoyado por el grupo de expertos, con el fin de conocer la localización más apropiada del puerto seco.

4. JUSTIFICACIÓN

Debido a la problemática planteada, se hace necesario crear estrategias que impulsen al crecimiento del desarrollo logístico del país, generando así impactos muy positivos en aspectos económicos y sociales, logrando tener mayor capacidad para crecer y ser competitivo. La solución a este problema crea muchas ventajas económicas; desde la perspectiva del puerto marítimo, se reduciría el tránsito de camiones hacia el interior del país, lo que a su vez ahorra tiempo y recursos a los propietarios de la carga, pilar muy importante en el problema planteado. La congestión de las vías cercanas al puerto se puede considerar como un síntoma del verdadero problema de infraestructura logística que presenta el país.

Con la implementación y la selección de la mejor ubicación de un puerto seco en la zona pacífico central de Colombia, se beneficiaría a los administradores de la zona portuaria, trabajadores y habitantes del distrito especial de Buenaventura y el país en general en términos políticos, económicos, sociales y ambientales. En este orden de ideas, se aumenta la capacidad de almacenamiento para el puerto, obteniendo una ventaja competitiva, se reducen costos transporte y los relacionados con las llegadas y salidas de mercancía, costos que los propietarios de las mismas deben afrontar.

También permite las economías a escala, lo que hace que el costo unitario de distribución de las cargas a través de estas terminales interiores portuarias sea más económico que la distribución directa desde el puerto marítimo y, además, la posibilidad de acelerar procesos relacionados con el despacho de aduanas.

Se estimula el uso y asociación de una plataforma logística para realizar funciones de almacenaje, revisión y distribución más eficiente y eficaz de la carga. Desde el punto de vista ambiental es importante resaltar que la ubicación acertada de un puerto seco en la zona pacífico central de Colombia permitiría el uso del ferrocarril como principal medio de transporte, favoreciendo la sostenibilidad

ambiental, ya que una unidad férrea puede llegar a sustituir alrededor de treinta y cinco (35) camiones, reduciendo notoriamente la contaminación local, la generación de CO2, contaminación visual por la congestión, accidentes viales y costos de mantenimiento en las carreteras (V. Roso et al, 2009). Se facilita la distribución de la mercancía, puesto que aparte de brindar la posibilidad de transportar mucha más cantidad de carga, se disminuyen notablemente los tiempos para transportarla.

El implementar esta clase de proyectos estratégicos sin tomar en cuenta análisis previos y/o estudios bien definidos que permitan tener una visión global completa y bien definida de la región, implica un riesgo alto en la realidad; en este caso, como ya se mencionó, la incorrecta ubicación de un puerto seco representaría más problemas que soluciones a la situación actual logística de la región y del país en general.

Desde el punto personal y profesional, la realización de este trabajo contribuye a un gran crecimiento, pues da la posibilidad de que en el futuro laboral se puedan solucionar problemas similares consolidándose como una finalización reconocida y exitosa del trayecto universitario. Además, al tratarse de un trabajo cuyo eje principal es un problema de tipo estratégico que involucra muchos actores y decisiones de distinta índole, es clara la oportunidad que se tiene de contribuir al desarrollo de la infraestructura logística del país, generando a su vez un reconocimiento para la universidad de valle

5. MARCO TEÓRICO

5.1 PUERTO SECO

Un puerto seco es una infraestructura desarrollada para llevar fuera del recinto portuario, todas aquellas actividades que no requieren ser realizadas necesariamente en el puerto y por ende mejorar la eficiencia de las operaciones de transferencia, especialmente en aquellos puertos que enfrentan restricciones espaciales de crecimiento y que, producto de ello, incurren en mayores costos operacionales y deterioro de los niveles de servicio Leal & Pérez Salas (2009).

Leal & Pérez Salas (2009) consideran que un puerto seco por sí solo no se ajusta dentro de las definiciones de plataforma logística, la que se define como una zona especializada que cuenta con la infraestructura y los servicios necesarios para facilitar la complementariedad modal y servicios de valor agregado a la carga, donde distintos agentes coordinan sus acciones en beneficio de la competitividad de los productos que hacen uso de la infraestructura. Adicionalmente a ello, estos autores afirman que un puerto seco depende totalmente de la existencia de un puerto marítimo.

Dentro de las funciones de un puerto seco, se resaltan las de almacenamiento, consolidación, depósito de almacenamiento de contenedores vacíos, mantenimiento y reparación de contenedores y despacho de aduanas (V. Roso et al, 2009)

Estrada (2011) muestra de una manera más detallada las funciones y servicios que presta un puerto seco:

Función intermodal (de transporte):

- De apoyo a la función intermodal de una terminal de contenedores en el puerto marítimo. (Descongestión del puerto)

- Centro de carga. Concentración/distribución de contenedores en un área de gran producción y consumo.

Función logística:

- Consolidación/ des-consolidación.
- Almacenaje.
- Distribución de mercancías.
- Funciones de valor añadido a la mercancía.

Servicios a la mercancía y a los contenedores:

- Carga/ descarga de vehículos (trenes, camiones).
- Manipulación, reparación y lavado de contenedores.
- Depósito de contenedores llenos y vacíos.
- Servicios aduaneros y paraduaneros.
- Acarreo de la carga desde/ hasta el cliente final.

Servicios a los vehículos:

- Formación de trenes.
- Organización y gestión del transporte hacia/ desde el puerto marítimo.
- Servicios de atención a conductores y vehículos.
- Aparcamiento de camiones para acarreos.
- Estación de servicio.

Servicios de información:

- Fechas de llegada y salida de buques, líneas marítimas, tráficos portuarios, etc.
- Proceso de información.
- Gestión de documentación y despacho aduanero.

Con lo anterior y según la Asociación Europea EUROPLATFORMS los puertos secos son plataformas logísticas que atienden una gran serie de áreas y permiten

a los usuarios reducir costos de gestión y aumentar la rapidez de circulación de sus mercancías. Además, este tipo de plataformas sirven a muchas empresas de servicios logísticos integrados y no dependen totalmente de las relaciones con el puerto marítimo.

En contraste a Leal & Pérez Salas, las consideraciones de estos autores sobre el concepto de puerto seco servirán de base para este trabajo, pues los puertos secos ya se reconocen como entidades independientes a los puertos marítimos y realizan funciones que contribuyen al crecimiento y desarrollo logístico de la región y del país en general.

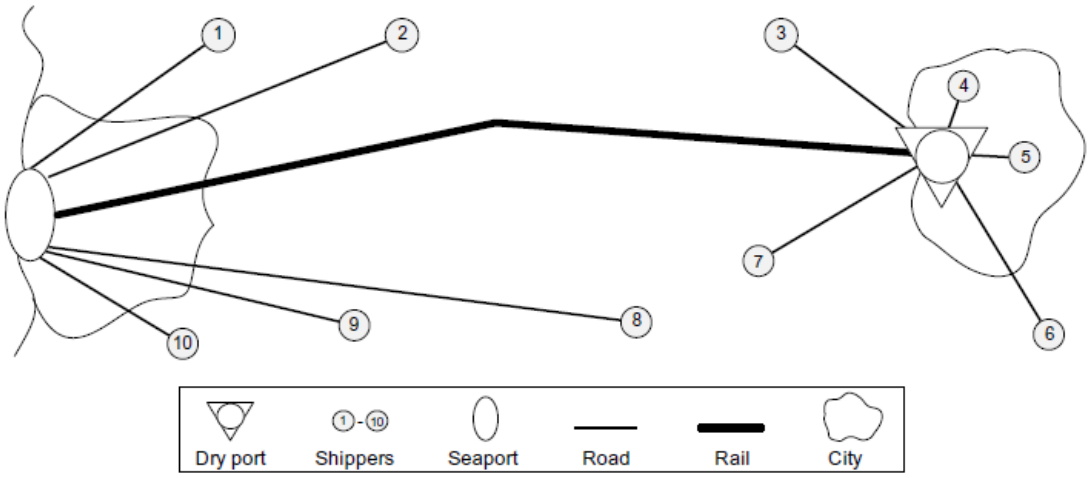
5.2 CATEGORÍAS DE PUERTO SECO

De acuerdo con las funciones y la ubicación del puerto seco, estos se pueden categorizar como puertos secos distantes, de media distancia (rango medio) y como puertos secos cercanos.

5.2.1 Puertos secos distantes

Los puertos secos distantes son los más comúnmente utilizados, esto debido a que la distancia que existe desde el puerto marítimo hasta la terminal intermodal es muy amplia, así como el tamaño del flujo, permitiendo que el ferrocarril sea muy viable en cuanto a costos se refiere. En la figura 1 se ilustra la localización de un puerto marítimo con la implementación de un puerto seco distante.

Figura 1. *Puerto marítimo conectado a un puerto seco distante.*



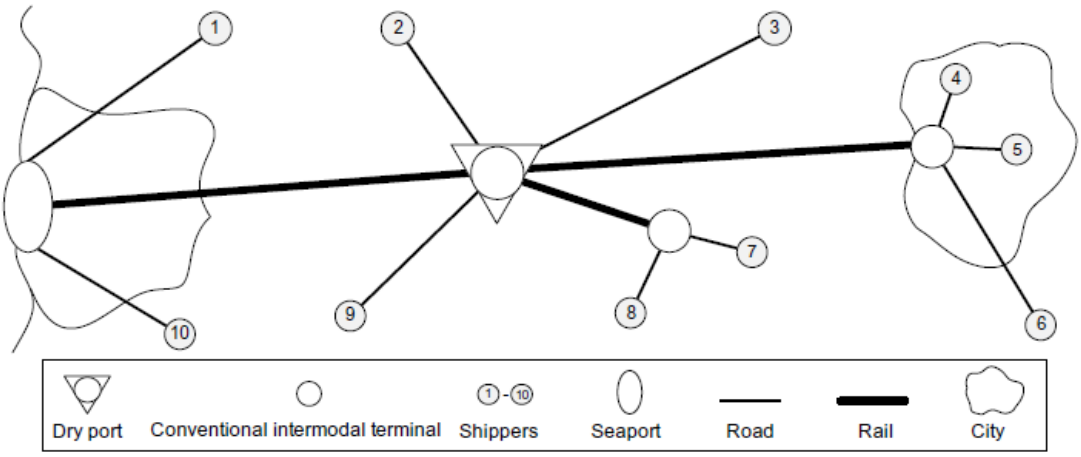
Fuente: The dry port concept. Roso et al (2009)

Los puertos secos distantes ofrecen muchos más beneficios, el hecho de caracterizarse por tener un transporte ferroviario hace que la congestión vial en el puerto marítimo se reduzca enormemente, así como en las carreteras y ciudades, un solo ferrocarril puede reemplazar de treinta y cinco (35) a cien (100) camiones, impactando de manera muy positiva al medio ambiente. Una de las principales razones por las que un puerto marítimo se conecta a un puerto seco distante es que la competitividad se aumenta, ya que al contar con un hinterland más amplio se pueden asegurar cargadores a bajo costo y servicios de muy alta calidad. También es clara la capacidad de transportar mucha más carga a una mayor velocidad y a distancias mucho mayores, a tal punto de ser una manera intercontinental de transportar mercancías.

En síntesis, esta categoría de puerto seco no solamente beneficia al puerto marítimo sino también a todo usuario que se vea involucrado con el funcionamiento de este.

5.2.2 **Puerto seco de medio rango**

Figura 2. *Puerto marítimo conectado a un puerto seco de media distancia.*



Fuente: The dry port concept. Roso et al (2009)

Como se observa en la figura 2, un puerto seco de medio rango se sitúa a una distancia generalmente cubierta por el transporte vial del puerto marítimo. En esta categoría, el puerto seco sirve a ciertos cargadores y otra terminal intermodal convencional sirve a otros que estén más cerca de la misma. El puerto seco de rango medio sirve como punto de consolidación para varios servicios ferroviarios, consiguiendo con ello que actividades administrativas y técnicas sean necesarias realizarse únicamente en una terminal.

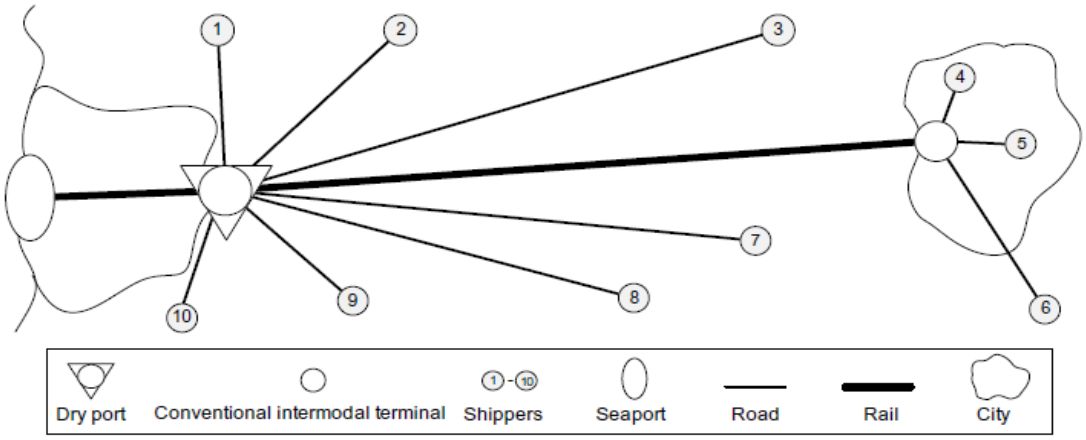
Los beneficios de los puertos secos de rango medio son similares a los de largas distancias, pues también ayudan a descongestionar las áreas de carga del puerto marítimo y para cargadores que se encuentren a distancias similares Puerto seco – Puerto marítimo se pueden dirigir directamente al puerto seco, logrando para ellos reducir costos.

5.2.3 **Puerto seco cercano**

Esta categoría de puerto seco se caracteriza por estar ubicado en el borde de la ciudad donde se encuentra el puerto marítimo, este consolida la carga que va

desde la ciudad hacia los cargadores o viceversa por medio del servicio ferroviario, descongestionando así las calles de la ciudad y las entradas al puerto marítimo.

Figura 3. *Puerto marítimo conectado a un puerto seco cercano.*



Fuente: The dry port concept. Roso et al (2009)

En la figura 3 se aprecia que la mayoría de cargadores se conectan directamente al puerto seco y es evidente que el puerto marítimo no genera ningún tipo de congestión en las calles urbanas ni en sus entradas.

Esta categoría de puerto seco también se diferencia de las otras dos en la medida de que ofrece muchas más posibilidades de almacenamiento de contenedores y también de cargarlos en el transporte ferroviario en sincronización con los barcos del puerto marítimo. Lo anterior requiere claramente de un servicio ferroviario de mucha confianza, puesto que, si se presenta algún inconveniente, el flujo de carga se puede detener totalmente.

5.3 LOCALIZACIÓN DE PUERTO SECO

La localización representa una de las decisiones de planificación estratégica más importantes en las redes logísticas, pues de dicha decisión depende en gran medida el correcto desempeño operativo y financiero de las instalaciones y suele

tomarse una única vez por parte de las organizaciones. Existen modelos y teorías que pueden usarse para hallar localizaciones óptimas de instalaciones.

Es importante mencionar teorías que han existido a lo largo de la historia, que resaltan la importancia de la toma de decisiones ante un conjunto de alternativas, como en el caso de Berumen & Llamazares (2007), los cuales citan a Miller (1989), el cual menciona que la retórica aristotélica se ha afanado en subrayar que el hombre está obligado a tener que elegir entre diversidad de alternativas, aunque no hay reglas sistemáticas infalibles. Por ende, cada vez es más apremiante la necesidad de tomar decisiones, pero también cada vez es mayor el riesgo que se asume dado el escenario de intenso cambio. Desde tiempos remotos ha sido constante el interés por buscar alternativas que “ayuden a decidir” y, con base en ello, implementar modelos que fomenten la competitividad.

5.4 MODELOS CUALITATIVOS DE LOCALIZACIÓN

Los métodos cualitativos de localización de instalaciones son los más comunes y utilizados, pues se caracterizan por tomar en cuenta y darle un grado de importancia a diferentes criterios que condicionan y afectan directamente la ya mencionada decisión de localizar. En pocas palabras, los modelos cualitativos adaptan a la realidad este tipo de decisiones estratégicas. En el caso de este trabajo, son el tipo de modelos a utilizar.

5.4.1 **Método Delphi**

Linstone y Turoff citados por (Astigarraga, 2003) lo definen como el “método de estructuración de un proceso de comunicación grupal que es efectivo a la hora de permitir a un grupo de individuos, como un todo, tratar un problema complejo”. Lo que se persigue con esta técnica es obtener el grado de consenso o acuerdo de los especialistas sobre el problema planteado, utilizando los resultados de investigaciones anteriores, en lugar de dejar la decisión a un solo profesional. Se

trata pues de un método que involucra la utilización de cuestionarios en los cuales se incluyen criterios a tener en cuenta para abordar el problema en cuestión, generalmente problemas relacionados con la toma de decisiones estratégicas, tal es el caso del presente trabajo.

5.4.2 **Juicio de Expertos**

El juicio de expertos es un método de validación útil para verificar la fiabilidad de una investigación que se define como “una opinión informada de personas con trayectoria en el tema, que son reconocidas por otros como expertos cualificados en éste, y que pueden dar información, evidencia, juicios y valoraciones” Escobar-Pérez y Cuervo Martínez (2008).

Dado el contexto del problema y como se plantea resolver, el juicio de expertos sería una herramienta muy útil, sin embargo, se espera el trabajo no esté solo enfocado en este método; existen otras herramientas o métodos que también integran estas opiniones expertas sin ser la única fuente de información. Esto hace referencia a los métodos multicriterio.

5.4.3 **Métodos multicriterio**

Es una herramienta de soporte para el apoyo de la toma de decisión, es utilizada para facilitar de manera que consolide distintos intereses y puntos de vista, aun así, sean contradictorios. Este facilita la toma de decisiones compleja, integra diversos criterios, tomando en cuenta la opinión de los participantes en un solo marco de análisis. Algunos autores han afirmado que los modelos cualitativos actuales no garantizan totalmente la mejor toma de decisión, se ha estudiado que, a pesar de las limitaciones existentes de los modelos actuales, estos son muy valiosos ya que no solo permiten identificar elementos de manera intangible a preguntas y problemas que se presentan en la toma de decisiones. Kahl (1970), Argyris (1976), Kahneman y Tversky (1979), De Vicente (1999) y De Vicente,

Manera Bassa & Blanco (2004); citados por Berumen & Llamazares Redondo (2007).

En forma resumida se muestra en la tabla 1 los componentes de la evaluación multicriterio de contreras et al (2008) citado por Grajales, Serrano & Hahn (2013).

Tabla 1. *Componentes de la evaluación multicriterio.*

Definición y estructuración del problema.	Es definido por el escenario de evaluación, la disponibilidad de información y los posibles conflictos entre diversos intereses de cada actor involucrado. Estos intereses, generalmente se asocian al problema según dimensiones múltiples de evaluación que hacen necesario un tratamiento multicriterio y discreto.
Descripción de alternativas potenciales.	Considera las posibles situaciones o escenarios de evaluación, es decir, son los elementos sobre los cuales se decide. La definición de las alternativas puede realizarse tanto en una etapa previa a la evaluación multicriterio como en su mismo desarrollo. Generalmente el número de alternativas es finito (métodos discretos) pero pueden ser infinitas posibilidades de elección (métodos continuos)
Elección de conjuntos de criterios de evaluación	Deberá contarse con abundantes conjuntos de criterios de evaluación, para que el problema sea mejor interpretado. Un grupo de criterios debe cumplir con dos cualidades; ser legible-número de criterios suficientes para soportan un procedimiento de agregación- y ser operativo -abarca los múltiples intereses de todos los actores clave-. Los criterios deben poseer cierto número de propiedades técnicas en aras de su consistencia y transparencia.
Identificación de un sistema de preferencia para la toma de decisiones y elección de un procedimiento de agregación.	Asignación de peso, resaltando la importancia relativa de los diferentes criterios de evaluación, generalmente en decisiones donde no se comprometen varios actores y mediante procedimientos interactivos. En la conformación de las variables de evaluación se involucran tanto los actores como los decisores.

Fuente: Contreras et al (2008)

Se considera que los métodos de decisión multicriterio son la base sustentada en elementos científicos que aporta mejor distintiva para asumir una decisión. Hammond, Keeney & Raiffa (2001), citados por Cabello (2016). Estas decisiones están basadas en compuestos cuantificables en las que se puede ponderar el riesgo, la cual en el mejor de los casos resulta ser la más exitosa y en el peor de los casos la menos satisfactoria. Un objetivo para este trabajo será encontrar el modelo cualitativo que más se ajuste a los requerimientos de la problemática, en donde se pueda consolidar todos los intereses y puntos de vista de las partes interesadas; para lo siguiente se definirán los métodos cualitativos más utilizados para resolver problemáticas de ubicación de puertos secos.

AHP: Fue propuesto por Saaty (1980), este método permite dar valores numéricos a los juicios dados por personas, después se realizan comparaciones utilizando una escala de preferencia, importancia o probabilidad que se trata directamente con pares ordenados de un atributo o criterio. En palabras más resumidas este método es capaz de evaluar diferentes criterios para jerarquizar un proceso con el fin de optimizar la toma de decisiones.

ANP: Es una técnica de decisión que generaliza el método AHP, este método se recomienda ser usado para enfrentar problemas cuyas partes están relacionadas entre sí (interdependencia). Este método fue desarrollado con el objetivo de extender las capacidades del AHP debido a que los elementos son linealmente independientes. Por otro lado, en el método ANP es necesario establecer diferentes niveles porque permite representar problemas de decisión en un alrededor complejo con una estructura de red y no una estructura jerárquica Guerrero & Faxas (2015).

6. REVISIÓN DE LITERATURA

En términos generales se puede ver cómo ha evolucionado los modelos de localización con el tiempo, buscando siempre ser más exactos, eficaces, funcionales y cada vez con mejor capacidad para abordar problemas más difíciles y retadores. Como se ha dicho anteriormente es importante el buen uso de estos métodos porque son una herramienta cimiento para la buena toma de decisiones, la localización de una instalación es una decisión estratégica tomada una sola vez, lo que lleva a contribuir o afectar la realización, desempeño y cumplimiento de objetivos que llevaran a la empresa a avanzar a sus metas propuestas. El desarrollo de estos métodos se ha derivado por una gran cantidad de autores, los cuales han planteado sus puntos de vista y sus modos de solución. Se mencionan los más acordes al problema planteado de la localización de instalaciones, en este caso haciendo énfasis y esperando dar una concepción más cercana a la localización de un puerto seco.

Canh & Notteboom (2016) utilizan un método de toma de decisión multi-atributo (Multi-attribute decision-making, MADM) con la utilización de un software llamado HIPRE para ubicación de un puerto seco en las economías de desarrollo con aplicación en Vietnam, con el cual se presenta la ubicación del puerto desde el punto de vista de diferentes partes interesadas, mostrando así sus perspectivas para abarcar la investigación, mostrando múltiples criterios desde todos esos puntos de vista, siendo los más relevantes utilizados para la investigación.

Hui Whag & Wei-yu (2008) Proporcionan un nuevo método para la evaluación de prioridades en la toma de decisión de ubicar un puerto seco en Tianjin; con la red de procesos analíticos se selecciona la ubicación basada en la evaluación de los factores que incluyen. El documento tiene la intención de decidir un sistema de indicadores, se puede tomar en cuenta estos indicadores como criterios para el presente trabajo. Se muestra que es eficaz para la localización exitosa y se demuestra que el ANP se puede utilizar para elegir en qué ciudad es la mejor

candidata, mostrando los factores más importantes. Se concluye que el método ANP es breve y fácil de usar, ha sido bien adoptada para evaluar el peso de los índices en cada alternativa.

Sheng & Li (2009) introducen el método ANP de Thomas Saaty para la localización de un puerto seco, al igual que el anterior se construye unos indicadores los cuales entran a ser valorados en cada una de las alternativas. Se muestra como el ANP puede ser aplicado para toma de decisiones que involucran aspectos económicos, sociales, políticos y de diseño tecnológico. Se muestra cómo este método es útil para la organización de conocimiento y el pensamiento. Con esto se evaluó el peso del índice, se analiza las dependencias y retroalimentan entre ellos, es útil para la toma de decisiones de ubicación de puertos.

Wang & Wang (2010) clasifican las alternativas con el fin de obtener la ubicación óptima del puerto, se definen los índices de evaluación de las alternativas, se proporciona un método basado en la lógica difusa para la optimización de la ubicación del puerto. Se explica que estos métodos son útiles para acelerar el desarrollo tanto del puerto marítimo como del puerto seco. Afirman que los puertos secos amplían la capacidad de los marítimos y da la posibilidad de brindar mejor nivel de servicio, se conduce al desarrollo de la economía regional y mejora la cadena de suministro. El fin de este trabajo es mostrar que se puede llegar a una solución óptima y también se da importancia práctica a la construcción de puertos seco, proporciona una base teórica y de toma de decisiones. Se evalúa en el estrecho de Taiwán.

Awad et al (2014) proporcionan un metodología de toma de decisión basado en el uso de metodología DELPHI y sistemas de información geográficos; se muestra la importancia de elegir bien una ubicación de un puerto ya que entran en juego aspectos tanto geográficos como económicos, sociales y medioambientales (consideran que es un problema multidisciplinario), algo que no se considera todas las veces, porque se tienen casi siempre en cuenta sólo el uso de teorías clásicas de localización industrial. Es importante para el presente trabajo el uso diferentes

aspectos para la elección de la mejor alternativa, porque la mala ubicación de un puerto compromete muchos recursos, tiempo y esfuerzo.

Maritime Economics & Logistic (2012) muestra el concepto de puerto seco y su madurez a través del tiempo, se explica que ante todo se debe entender la relación que existe entre el concepto de puerto seco y puerta extendida. El puerto seco es independiente, no necesariamente tiene que ser iniciado, controlado, ser propiedad u operado por puertos marítimos.

También artículos desarrollados por autores como: Sheng & Cheng (2009), Awad-Núñez et al (2015), Albert Pons (2008) y Bian Ka (2011), fueron de mucha utilidad en la búsqueda de criterios de localización de un puerto seco, teniendo encuentra aspectos políticos, económicos, sociales y ambientales.

A continuación, se muestra en la tabla 2 un resumen con los elementos más importantes antes descrito para la realización de este trabajo. ver Tabla 2.

Tabla 2. *Resumen de aportes a considerar*.

Tema tratado	método usado	Modos de transporte	autores	Ubicación en	Aportes a considerar
Ubicación de puertos secos	ANP	Vial, marítimo, férreo y aéreo	Whag & Wei-Yu (2008)	Tianjin	Se decide un sistema de indicadores, los cuales pueden ser tomados como criterios para el trabajo, demuestra cómo el ANP es breve y fácil de usar.
		Vial, marítimo	Sheng & Li (2009)	Tianjin	Se construye indicadores que pueden ser tomados en cuenta en el trabajo y muestra cómo el ANP puede ser usado para tomar decisiones que involucran aspectos económicos, sociales, políticos y de diseño tecnológico.
	FUZZY	Férreo, marítimo, vial	Wang & Wang (2010)	Estrecho de Taiwán	Muestra cómo se puede llegar a la solución óptima dando importancia práctica a la construcción del puerto seco, proporciona base teórica y de toma de decisiones para el trabajo.
	DELPHI y sistema de información geográficos	Vial, férreo, marítimo, aéreo	Awad et al (2014)	España	Importancia de elegir bien la ubicación de un puerto porque entran en juego aspectos geográficos, económicos sociales y medio ambientales.

	MADM (*Multi-attribute decision-making*)	Vial, férreo, marítimo	Canh & Notteboom (2016)	Vietnam	Se presenta la ubicación de puerto desde el punto de vista de diferentes partes interesadas.
Concepto de puerto seco	recolección y revisión de literatura	N/A	Economía y logística marítima (2012)	General	Concepto de puerto seco y su madurez a través del tiempo, explica como el puerto seco es independiente, no tiene la necesidad de ser iniciado, controlado, ser propiedad u operado por puertos marítimos,

Fuente: Elaboración propia.

Los autores más representativos para el desarrollo de este trabajo fueron Whag & Wei-Yu y Sheng & Li, quienes con un sistema indicadores y el uso de la herramienta ANP pudieron tomar decisiones que involucran aspectos económicos, políticos, sociales y de diseño tecnológico; demostrando así que este modelo es muy práctico para ser usado en decisiones de localización de un puerto seco. También, cabe resaltar que el propósito de la revisión de literatura no es solo encontrar un modelo adecuado para ubicar un puerto seco, sino también está en poder encontrar indicadores o criterios que puedan ser usados en la zona pacífico central de Colombia. En el capítulo 7, Tabla 4, se mostrarán los criterios encontrados junto con su descripción, lo que más adelante y también con la ayuda y experiencia del panel de expertos se decidirá cuáles son los más adecuados.

7. METODOLOGÍA

7.1 CARACTERIZACIÓN

El suroccidente colombiano, conformado por los departamentos del Valle del Cauca, Cauca, Nariño y Putumayo concentra la sexta parte de la población colombiana y contribuye aproximadamente una séptima parte del PIB nacional. A su vez, el Valle del Cauca lidera la actividad económica de la región y aporta cerca de las tres cuartas partes del PIB regional. (Banco De La República, 2013). Su ubicación le da una preeminencia en comparación con el resto de los departamentos, al conectar la costa pacífica con el centro del país, desarrollando también ventajas competitivas en cuanto a infraestructura y conectividad para el desarrollo del tejido empresarial.

El Valle del Cauca tiene el principal puerto colombiano sobre la costa pacífica: Buenaventura, este puerto conecta con más de 200 puertos en todo el mundo y cuenta con cinco (5) terminales; Sociedad Portuaria Regional de Buenaventura - SPRBUN es una de las más grandes del país en extensión y movimiento de carga diferente al Carbón y petróleo. Asimismo, tiene el tercer aeropuerto internacional más importante del país, y cinco aeropuertos complementarios. Posee un Ferrocarril de carga en funcionamiento con capacidad de transportar carga a granel sólido "Azúcar" y carga general. Esta red cuenta con aproximadamente 500 kilómetros en operación y actualmente se encuentra operada por la compañía internacional TRAFIGURA. (Invest Pacífic, 2018)

En cuanto a zonas francas, posee cinco (5) de bienes y una de servicios. Además, cuenta con aproximadamente 8230 Km de vías incluyendo 690 Km de doble calzada, por lo que históricamente, el Valle Del Cauca ha sido reconocido como uno de los departamentos con mejor infraestructura vial en el país.

El objetivo de la presente infraestructura vial con la presente y futura red férrea es posibilitar el transporte de carga bimodal de Buenaventura a Bogotá y de

Buenaventura a Medellín, pues las vías férreas de Buenaventura a Cali ya existentes están en funcionamiento. En la figura 3 se observa la trayectoria que toma el tren en los departamentos del Valle, Risaralda y Caldas.

Figura 4. *Recorrido del tren por el suroccidente colombiano.*

Fuente: Invespacific.org

El multimodalismo, facilita el movimiento y la transferencia de mercancías por vía férrea al sistema vial, aéreo y fluvial, teniendo en cuenta la posible navegabilidad del Río Cauca, esto da una visión más alta a la eficiencia en el sistema de transporte en el país, abriría puertas al crecimiento económico.

El principal aeropuerto del Departamento del Valle del Cauca es el Aeropuerto Internacional Alfonso Bonilla Aragón de la ciudad de Palmira, es el tercero en el país y está ubicado a tan solo 18Km de la ciudad de Cali, por semana cuenta con aproximadamente 76 vuelos internacionales y más de 300 vuelos a destinos nacionales.

También se cuenta con otros aeropuertos dedicados principalmente al transporte de carga como el aeropuerto de Santa Ana en la ciudad de Cartago, el

aeropuerto Heriberto Gil Martínez en la ciudad de Tuluá, el aeropuerto Gerardo Tobar López en la ciudad de Buenaventura, la Base Aeronaval de Juanchaco y la Escuela Militar de Aviación Marco Fidel Suárez en la ciudad de Cali. (Invest Pacific, 2018)

De acuerdo con este análisis, se tomarán en cuenta como alternativas de localización aquellos municipios que se encuentran en el suroccidente colombiano y por los que además cuenten con red ferroviaria directamente conectada con el puerto marítimo de Buenaventura, facilitando así el multimodalismo, factor esencial en la productividad de un puerto seco.

En la figura 4 se resaltan dichas alternativas, las cuales también fueron factor de análisis para el panel de expertos, en donde se determinó que los municipios de La Felisa (La Merced) y La Tebaida, si bien no hacen parte del Valle del Cauca, son municipios que cuentan con una muy buena posición geográfica, con equidistancia a los grandes mercados del país y además con red ferroviaria que conecta al puerto marítimo de Buenaventura y por ello debían tomarse en cuenta como alternativas de localización para el puerto seco. En el caso de Buenaventura, se estableció por la mayor parte del panel de expertos que no se debía descartar la posibilidad de que el puerto seco sea ubicado en sus alrededores, es decir, un puerto seco de categoría cercana, lo que podría representar ciertas ventajas sobre las demás alternativas.

Con base en lo anterior, se muestra la lista de las alternativas seleccionadas, de norte a sur:

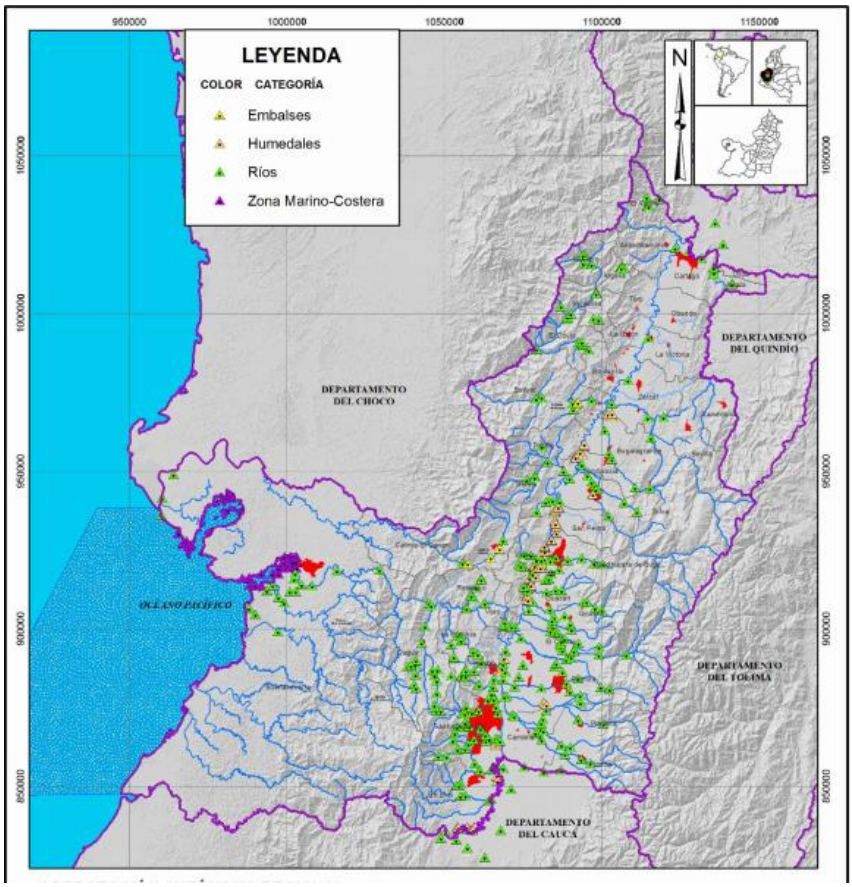
- La Felisa (La Merced)
- Cartago
- La Tebaida
- Zarzal
- Tuluá
- Buga

- Yumbo
- Palmira
- Cali
- Buenaventura

El puerto seco, además, debe localizarse en un área cercana al municipio, no dentro de su casco urbano, pues por obvias razones, se requiere de espacios amplios para la recepción y despacho de las mercancías (contenedores), evitar la congestión vial, contaminación por ruido, efectividad en sus operaciones, etc.

Con fines introductorios, en el mapa 1 se muestra los principales embalses, humedales, ríos y zonas marino-costeras del valle del cauca.

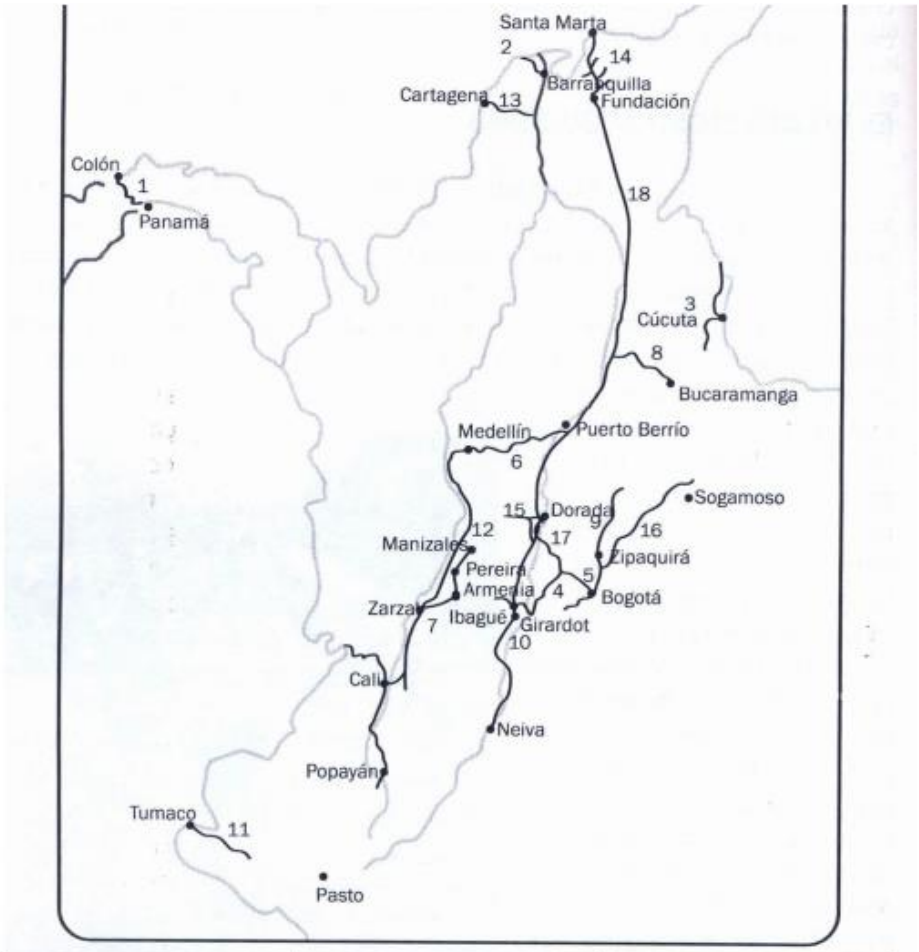
Mapa 1. *Principales embalses, humedales, ríos y zonas marino-costeras del valle del cauca.*



Fuente: Dirección técnica ambiental (2016)

A continuación, se muestran los inicios del ferrocarril del pacífico junto con lo que sería hasta el 2015 el megaproyecto completo; todo con el fin de conocer un poco acerca de la potencial implementación de la multimodalidad en Colombia. Ver Mapas 2 y 3.

Mapa 2. *Ferrocarriles construidos en Colombia desde 1850 a 1961.*



	año	kms.
1. Panamá	1850-1855	80
2. Barranquilla	1869-1882	28
3. Cúcuta	1878-1923	21
4. Girardot	1882-1910	132
5. La Sabana	1882-1889	40
6. Antioquia	1880-1933	337

	año	kms.
7. Pacífico	1878-1941	853
8. Puerto Wilches	1877-1941	130
9. Norte y Sur	1884-1898	275
10. Tolima - Huila	1897-1921	301
11. Nariño	1925-1929	111
12. Caldas	1915-1927	117

	año	kms.
13. Cartagena	1889-1894	105
14. Santa Marta	1882-1925	195
15. Dorada	1883-1907	111
16. Nordeste	1924-1931	253
17. Cundinamarca	1923-1936	157
18. Atlántico	1953-1961	672
Total		4.017

Fuente: Pérez, G. (2007) Nos dejó el tren [Mapa N°1] p.44. Rescatado de Rescatado Propuesta de mejora y construcción de vías férreas trayecto Buenaventura-Bogotá-Bogotá y Bogotá-Cartagena en prode potencializar el transporte multimodal en Colombia.

Mapa 3. *Mapa actual de la red férrea del pacífico 2015.*

Fuente: Vicepresidencia de Colombia, gobierno (2015). Ferrocarril del pacífico llega hasta la Tebaida. Rescatado de Propuesta de mejora y construcción de vías férreas trayecto Buenaventura-Bogotá-Bogotá y Bogotá-Cartagena en pro de potencializar el transporte multimodal en Colombia.

Por cuestiones de espacio, en el anexo 1 se muestra la caracterización completa de todos los municipios (alternativas de ubicación del puerto seco) donde se describen algunos criterios de importancia, con el fin de dar a los expertos un panorama actualizado en cuanto a infraestructura, localización, principales vías y afluentes, información socioeconómica, de accesibilidad y factores ambientales; posteriormente se muestra también en el anexo 1 las estadísticas respectivas.

Con el objetivo de ilustrar la composición de la caracterización por municipio, se muestra a continuación el resumen de una de las alternativas candidatas para ubicar el puerto seco:

7.1.1 **Buga**

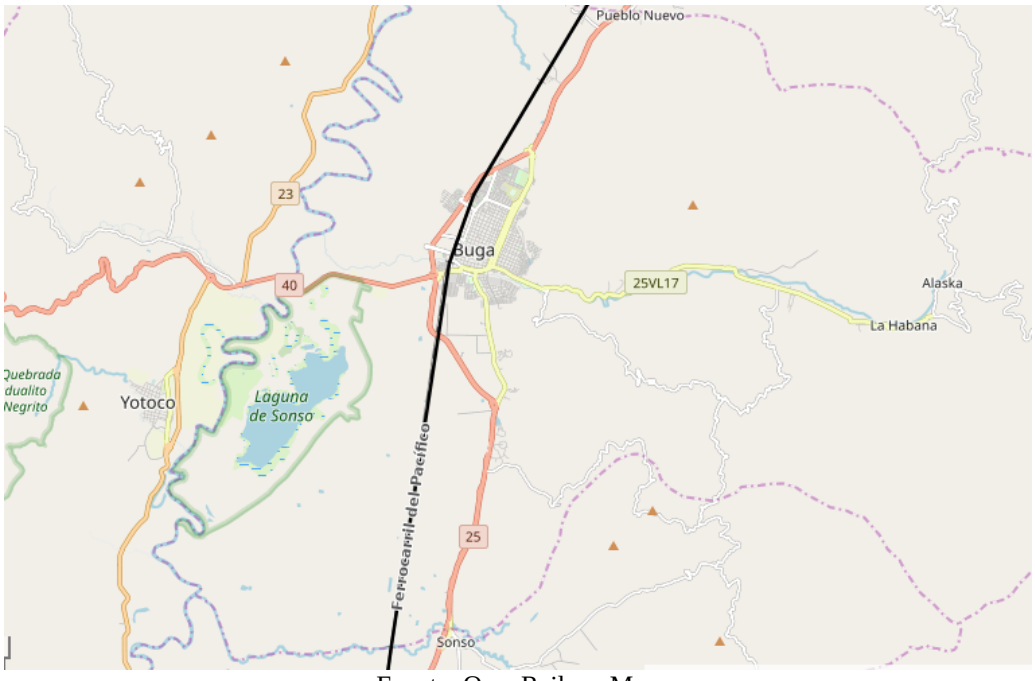
Guadalajara de Buga, tal como se muestra en el mapa 4, es un municipio colombiano del centro del departamento del Valle del Cauca. Es atravesada por el río Guadalajara, también llamado Río de las Piedras. Es una de las ciudades con más historia, no sólo en el departamento sino en el país. Su territorio goza de una zona plana en las riberas del Río Cauca y una montañosa en la cordillera central,

sus alturas van desde los 969 hasta los 4.210 metros sobre el nivel del mar en el Páramo de las Hermosas.

Mapa 4. *Ubicación geográfica de Buga.*

Fuente: Shadowfox (2018)

Mapa 5. *Principales vías y afluentes de Buga.*



Fuente: OpenRailwayMap

Tabla 3. *Caracterización de la ciudad de Buga.*

Poblacional	Ubicación	Centro del Valle Del Cauca
	Número de habitantes	114.316
	Área Total	873 Km2
Socioeconómico	Principal actividad económica	Agricultura, Ganadería y Comercio
	Número de Colegios	66
	Número de Universidades y CES	8
	Cobertura de Servicios	Muy buena
	Energía Urbana	98,6%
	Energía Rural	79,5%
	Agua Urbana	96,9%
	Agua Rural	No especifica
Cercanía a ciudades Capitales	Cali	74 Km
	Medellín	360 Km
	Bogotá	390 Km
	Buenaventura	126 Km
Accesibilidad	Vías de gran capacidad	Muy buen estado (Ruta 25, Ruta 40, Ruta 23)
	Vías Férreas	No está operando
	Aeropuertos	A 53 Km del aeropuerto Alfonso Bonilla Aragón y 29 Km del aeropuerto Heriberto Gil Martínez
Factor Ambiental	Áreas protegidas Parques nacionales naturales (áreas) (Hectáreas) (%)	22.730,1 Ha (27,66%)
	Área total de ecosistemas estratégicos (Humedales, Bosques, páramos y manglares)	26.908,8 Ha (32,74%)
	Número de Ríos afluentes al Río Cauca	2

Fuente: Elaboración propia. Referencias citadas en el Anexo1.

7.2 PANORAMA NACIONAL

Una de las características en común entre las ciudades que se evalúan en este caso de estudio, es que están ubicadas en lugares por los cuales pasa el ferrocarril

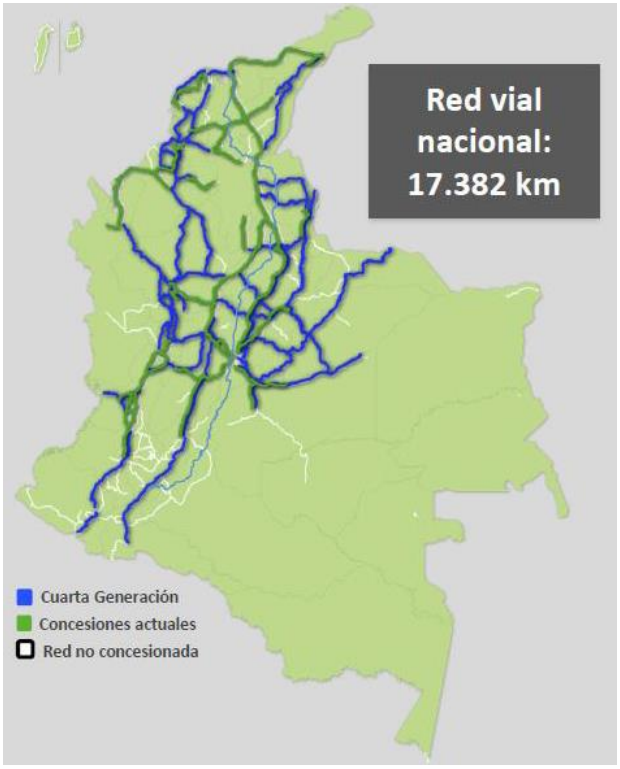
operado por *ferrocarriles del pacífico*, además de esto, se encuentran en importantes carreteras que llevan al puerto de Buenaventura, y que además se comunican con el resto del país de manera eficiente. En la figura 5 se muestra los principales corredores de comercio exterior, resaltando la ubicación de las ciudades que se tienen en cuenta para la toma de decisión, así como las principales ciudades del país.

Figura 5. *Principales corredores de comercio exterior.*

Fuente: Roda (2005)

En los últimos años en el país, se está implementando un proyecto importante en cuanto a infraestructura logística, se trata de la Cuarta Generación de Concesiones (4G), que va a permitir la reducción de costos de transporte acortamientos en tiempos, conectando diferentes centros importantes de producción y puertos. Son aproximadamente 7.000 K.m de carretera en las que se invertirán cerca de 47 billones de pesos. (Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2014) citadas por (Villa & Campuzano, 2017). Las vías concesionadas y de 4ta generación en Colombia, se muestran en la figura 6. cabe resaltar que las ciudades evaluadas en este estudio, se encuentran sobre doble calzada, a excepción de La Tebaida.

Figura 6. *Red vial nacional.*



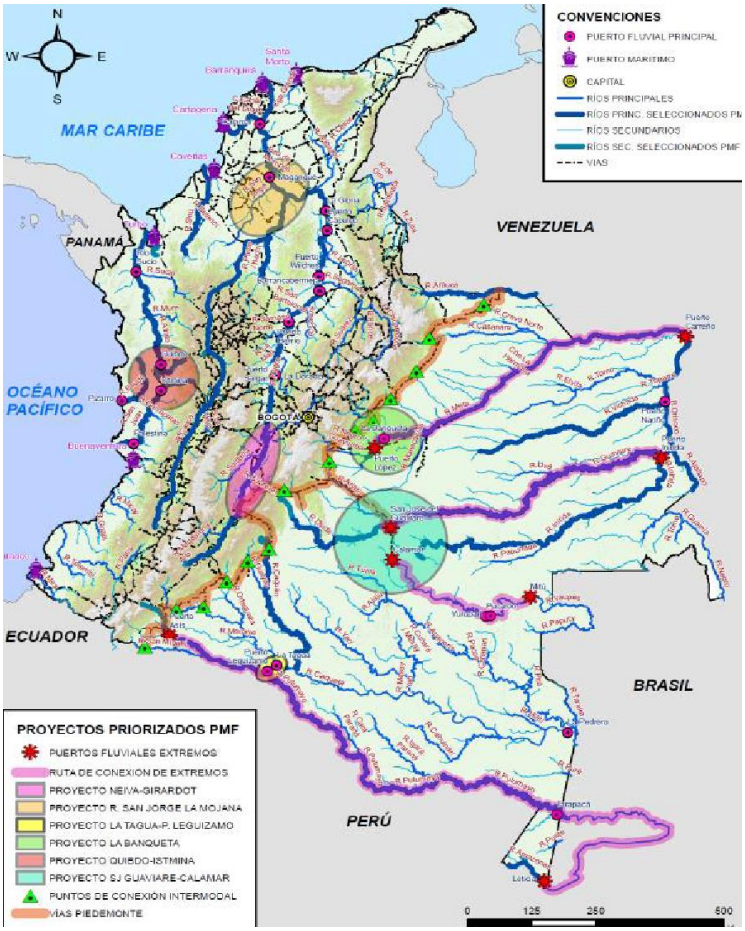
Fuente: Infraestructura en el plan de desarrollo DNP.

Según el documento de análisis *Infraestructura logística en Colombia* por Villa & Campuzano (2017), el modo fluvial en Colombia, a pesar de contar con 18.225 Km de red navegable solo el 1% de la carga nacional se transporta por la red fluvial del país. En cuanto a costos de transporte el modo fluvial trae ventajas significativas en costos, facilidad en conexión con puertos marítimos, transporte de personas, impactos ambientales y por supuesto transporte de mercancías en magnitud. (Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2014)

El Plan Maestro Fluvial propone la selección de las siguientes cuencas para el transporte de carga: Cuenca Fluvial del Magdalena: Magdalena, Canal del Dique, Bajo Cauca; Cuenca Fluvial del Atrato: Atrato, León; Cuenca Fluvial del Orinoco: Meta; Cuenca Fluvial del Amazonas: Putumayo, Amazonas (Departamento Nacional de Planeación [DNP]; Ministerio de Transporte [MINTRANSPORTE];

[ARCADIS]; [JESYCA S.A.S], 2015). En el Mapa 6, se aprecian las ambiciones del plan maestro fluvial.

Mapa 6. *Plan Maestro Fluvial*.



Fuente: Plan maestro fluvial (2015)

El modo de transporte férreo tiene una enorme primacía frente al transporte por carretera, debido a la economía que representa el transportar en un solo tren lo que en varios camiones se transporta, y no solo eso, sino el impacto que trae consigo al medio ambiente con las emisiones de CO2, en los últimos años el transporte férreo es utilizado casi de manera exclusiva para el transporte de carbón (Plan Nacional de Desarrollo, 2014-2018)

El Sistema Férreo Nacional tiene una longitud de 3.344 Km, de los cuales hasta el 2014 se encontraba en operación unos 628 Km (Departamento Nacional de

Planeación [DNP], 2014). Actualmente opera aproximadamente 1.200 Km. En este momento se encuentran en operación algunos tramos de vía férrea como: vía Chiriguaná (Cesar) - Santa Marta, Cerrejón - Puerto Bolívar en la Guajira y La Tebaida - Buenaventura y se encuentra lista y operando parcialmente Bogotá - Belencito (Boyacá), La Dorada (Caldas) – Chiriguaná. (Ministerio de transporte, 2015).

7.3 CARACTERIZACIÓN DE FACTORES Y VARIABLES DE ESTUDIO

El desarrollo del transporte ha producido cambios en la manera como se localizan las empresas. Por esta razón, los sitios industriales han evolucionado en la misma medida que se desarrolla el transporte, desde las etapas industriales caracterizadas por la ubicación en los puertos y en los ríos navegables, hasta localizaciones más alejadas debido a la construcción de líneas de ferrocarril. En los últimos tiempos, otros medios de transporte (por carretera y avión, fundamentalmente) han generado una ubicación industrial más autónoma y descentralizada (Hormigo, 2006; Pons, 2008). De acuerdo con Brown (2005), existe la necesidad de lograr una ubicación con la mejor accesibilidad posible hacia y desde los centros de origen y destino de los diversos flujos, la cual se consigue por medio de la conexión con los sistemas de transporte y de comunicación. Una buena accesibilidad supone un acceso a mercados de distribución más amplios (acceso a un mayor número de proveedores y distribuidores) y a nuevos nichos de mercado. Supone, asimismo, ahorros de tiempo y de costes que repercuten en una mayor productividad y un aumento de la competitividad (Camarero et al., 2007).

De acuerdo con lo que propone Rodríguez et al. (2009), los Puertos Secos ejercen una influencia significativa sobre los usos de los terrenos aledaños. Por lo tanto, se busca localizar los Puertos Secos en zonas industriales cercanas a grandes infraestructuras de transporte. Por otro lado, la especialización funcional de las terminales terrestres se ha relacionado con la formación de agrupaciones de actividades logísticas, tal como apuntan Hormigo (2006) y Brown (2005). Además,

estas terminales deben tener el menor impacto negativo posible en la población de las proximidades, buscando siempre el bienestar de la comunidad. Por lo tanto, este proceso de planificación requiere tomar en cuenta el posible impacto en el territorio y las posibles sinergias entre los demás componentes del sistema logístico, incluidos la población y los aspectos sociales y ambientales (Quijada-Alarcón et al., 2012).

Un aspecto significativo al momento de definir la ubicación de un puerto seco, es la infraestructura con la que cuenta el lugar para poder atender de manera eficiente la demanda, Pérez y Martínez (2016) clasifican la infraestructura en tres partes:

- **La infraestructura básica**

Incluye indicadores de áreas de tierra, urbanización, población menor a 15 años y mayor de 65 años, tasas de dependencia, caminos, ferrocarriles, transportación aérea, calidad de la transportación aérea, transportación de agua, infraestructura y energía, oferta de energía futura, consumo per cápita de energía y costos de electricidad para los clientes industriales.

- **La infraestructura tecnológica**

Incluye indicadores de inversión en telecomunicaciones, número de líneas de teléfono fijo, costos internacionales de teléfonos fijos, número de suscripciones de telefonía móvil, costo de suscripciones de teléfono móvil, tecnología de comunicaciones, computadoras en uso, computadoras per cápita, usuarios y costos del uso de Internet, suscriptores y costo de suscripción a cable, cooperación tecnológica, desarrollo y aplicación de tecnología, regulación tecnológica, exportaciones de alta tecnología y seguridad cibernética.

- **La infraestructura científica**

Incluye indicadores de gasto total y per cápita en ciencia, investigación básica, grados en ciencia, artículos científicos, premios nobel, número de patentes y derechos de propiedad intelectual y la infraestructura en medio ambiente y salud incluye el gasto total y per cápita en salud, esperanza de vida al nacimiento, mortalidad infantil, asistencia médica, población urbana, índice de desarrollo humano, energías renovables, desarrollo sustentable, problemas de contaminación, leyes medioambientales y calidad de vida, entre las más importantes.

La infraestructura pasa a ser entonces esa herramienta que apoya las actividades de las empresas, (Giraldo, 2011), definen el proceso empresarial como si fueran capas, la infraestructura es la primera capa facilitadora del movimiento, del flujo de producto, después viene la capa de regulación todo lo que tiene que ver con la facilitación de trámites que mueve todo el tema de flujo de información y de dinero, y después de esa capa ya vienen los procesos internos de las empresas, que tiene que ver con indicadores, mejoramiento del costo, eficiencia, servicios y todo lo demás. Pero esas dos primeras capas son transversales, facilitan que el resto de procesos se puedan dar.

Con base entonces en la revisión de literatura, en la tabla 4 se clasifican y describen los criterios encontrados, con la frecuencia en la que fueron mencionados en los artículos y con el autor que se considera más representativo y que describió con más claridad el criterio en su artículo. Cabe mencionar que teniendo en cuenta que cada país donde se hacen este tipo de trabajos de localización de puertos secos, es diferente, no todos los criterios aquí descritos van a ser perfectamente compatibles en Colombia, pues actualmente la forma de transporte en el país es mayormente por carretera y la multimodalidad es por ahora un supuesto que se busca impulsar también por medio de trabajos como este.

Tabla 4.*Criterios encontrados en la revisión de la literatura.*

MACROCRÍTERIO	N° de criterio	Criterio	Frecuencia de artículos	Descripción	Autor
Accesibilidad	1	Tráfico	4	Un buen tráfico entre el puerto seco, los puertos marítimos y lugares objetivos.	Sheng & Cheng (2009)
	2	Accesibilidad a vías de gran capacidad	6	Interesan únicamente las redes de gran capacidad (autopistas y autovías), dado que serán las únicas capaces de absorber los tráficos de vehículos pesados que se generarán en la zona cercana al puerto seco.	Núñez et al (2015)
	3	Accesibilidad a la estructura ferroviaria	5	Interesa conocer la accesibilidad a las redes de tráfico de mercancías y de pasajeros, dado que esta última puede servir para aumentar la frecuencia de entradas y salidas de mercancías al puerto seco.	Núñez et al (2015)
	4	Accesibilidad a la infraestructura de las vías navegables interiores	1	Ríos y lagos extensos que puedan facilitar el futuro movimiento de mercancías.	Nguyen & Notteboom (2016)
	5	Accesibilidad a puertos marítimos	3	Puede interesar la conexión con un solo puerto marítimo o con un conjunto de ellos. Dependiendo del tipo de puerto seco que queramos planifica, nos interesará primar un rango diferente de distancias a estos puertos marítimos.	Núñez et al (2015)

	6	Accesibilidad a aeropuertos	3	El volumen de mercancías que se podrá absorber del aeropuerto es relativamente pequeño, pero es una modalidad de transporte que va en aumento y que ofrece grandes ventajas a toda zona logística que se encuentre cerca de la zona de influencia.	Núñez et al (2015)
Ambiental	7	Condiciones climatológicas	4	En una instalación de este tipo se deben poder desarrollar las actividades el mayor número de días al año. Por ello el clima debe ser lo menos extremo posible.	Núñez et al (2015)
	8	Condiciones geológicas	3	El terreno debe tener las características mecánicas para soportar las cargas de los edificios y los contenedores del subsistema de almacenamiento y el paso de vehículos pesados y convoyes de mercancías.	Núñez et al (2015)
	9	Condiciones hidrológicas	3	La presencia de zonas vulnerables tales como ríos, arroyos o lagos.	Awad et al (2014)
	10	Condiciones del terreno u orografía	4	La orografía se utiliza para comprender el relieve topográfico de la zona en la que se encuentra la instalación. Este factor se utiliza comúnmente para planificar la infraestructura.	Awad et al (2014)
	11	Uso de recursos de la tierra	2	Manejo adecuado de los recursos naturales para el sostenimiento del puerto seco.	Sheng & Cheng (2009)
	12	Protección del medio ambiente	7	Cuidado de las áreas protegidas.	Awad et al (2014)
	13	Afectación de ruido	5	Nivel de ruido medido en dB en el medio ambiente natural y urbano.	Awad et al (2014)

	14	Residuos	2	Buen manejo de residuos para evitar daños en el ambiente.	Núñez et al (2015)
Localización	15	Proximidad a bases de producción (industrias)	3	Distancias estratégicas a bases de producción objetivo.	Nguyen & Notteboom (2016)
	16	Proximidad a plataformas logísticas	6	La superposición entre zonas de influencia y aglomeración de industrias.	Awad et al (2014)
	17	Posibilidad de expansión	4	A largo plazo tener la posibilidad de expandirse físicamente.	Núñez et al (2015)
	18	Volumen de transporte de área regional	3	Para conocer la capacidad de demanda de cada municipio, el volumen de transporte que ingresa por cantidad de empresas o habitantes.	Wang & Wang (2010)
	19	Centralización respecto a la demanda	3	Cercanía a las grandes ciudades de Colombia.	Albert Pons (2008)
Socioeconómico	20	Condiciones laborales (nivel salarial), Mano de obra	7	Se debe tener en cuenta la calificación de la mano de obra calificada para trabajar en el puerto seco.	Wang & Wei (2008)
	21	Condiciones del cliente (nivel de servicio)	3	Se considera como el nivel de servicio que se puede obtener con la calificación de personal adecuado para laborar en el puerto.	Wang & Wei (2008)
	22	Accesibilidad a suministros y servicios	7	Accesibilidad a las redes de comunicación y a la red eléctrica y a cualquier otro que fuera necesario como agua, saneamiento, etc.	Núñez et al (2015)
	23	Costo de transporte	3	Transporte desde los lugares de suministro de mercancías hasta el puerto interior. Transporte desde el puerto interior al puerto.	Bian KA (2011)
	24	Costo de tierra	5	Precio promedio de tierra y la medición de la inversión a realizar.	Nguyen & Notteboom (2016)

	25	Beneficios políticos	5	Beneficios fiscales con la creación del puerto	Nguyen & Notteboom (2016)
	26	Comercio exterior e interior	3	Volumen total anual de comercio de importación y exportación de cada municipio	Bian KA (2011)
	27	Rango de ocupación de municipio	3	Sirve para valorar el tamaño de municipio, el desarrollo futuro del núcleo urbano y de núcleos cercanos a él y el potencial demográfico y económico de la ciudad.	Núñez et al (2015)
	28	Nivel de estudio (Universidades y colegios) por número de población	1	para la obtención de mano de obra calificada, teniendo en cuenta que debe impulsar el desarrollo regional.	Sheng & Cheng (2009)
	29	Disponibilidad de tecnología	1	La disponibilidad a tecnología y desarrollo	Núñez et al (2015)
	30	Nivel económico de la ciudad	2	Crecimiento anual del PIB	Bian KA (2011)

Fuente: Elaboración propia con base en los artículos descritos en la revisión de literatura.

Complementando la revisión de literatura anteriormente mostrada con la caracterización de la situación actual de la infraestructura logística de la región en estudio, se determina que los criterios más adaptables para evaluar en el modelo son los siguientes. Ver tabla 5.

Tabla 5. *Variables a utilizar en el modelo.*

Macrocriterios	Subcriterios a considerar	Evaluación	Concepto
Ambiental	Afectación sobre reservas naturales	Presencia	Cuidados de las áreas protegidas.
	Ruido sobre el medio	Presencia	Nivel de ruido medido en dB en el medio ambiente natural y urbano.

	Afectación reservas hidrográficas	Presencia	La presencia de zonas vulnerables tales como ríos, arroyos o lagos.
Socioeconómico	Cobertura a servicios básicos	Ed Media	Para la obtención de mano de obra calificada, teniendo en cuenta que debe impulsar el desarrollo regional.
		Ed Superior	
		Servicios públicos	Accesibilidad a las redes de comunicación, red eléctrica y a cualquier otro que sea necesario como agua, saneamiento, etc.
	Seguridad del municipio	Índices de violencia	La inseguridad es un factor negativo para el desarrollo industrial y económico de una ciudad.
	Precio del suelo	Valor de tierra	Precio promedio de tierra y la medición de la inversión a realizar
	Beneficios fiscales	Descuentos en impuestos	Descuentos en impuestos con la creación del puerto.
Accesibilidad	Acceso internacional	Acceso a aeropuerto Internacional	Facilita el movimiento de carga desde y hacia el puerto seco, estimulando la multimodalidad.
	Acceso nacional	Acceso a aeropuerto	
		Acceso Fluvial	Acceso a ríos y lagos extensos que puedan facilitar el futuro movimiento de mercancías.
		Acceso a vías de gran capacidad	Interesan únicamente las redes de gran capacidad (autopistas y autovías), dado que serán las únicas capaces de absorber los tráficos de vehículos pesados que se generarán en la zona cercana al puerto seco.
		Tráfico	Un buen tráfico entre el puerto seco, los puertos marítimos y lugares objetivos.
Localización	Cercanía a Zonas productivas	presencia de zonas industriales	Distancias estratégicas a bases de producción objetivo.
		Presencia plataformas Logísticas (ZF)	La superposición entre zonas de influencia y aglomeración de industrias.
	Cercanía al puerto	Cercanía a Buenaventura	Cercanía al puerto marítimo de Buenaventura.
	Cercanía a grandes mercados	Cali	Cercanía a las grandes ciudades de Colombia.
		Medellín	
		Bogotá	

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo entonces con la revisión literaria y la caracterización de las alternativas realizadas en el capítulo 6, se realizó un resumen estadístico con el fin de facilitar a los expertos la calificación de alternativas, el cual se puede visualizar en el anexo 1; además, se describe de manera breve cada macrocriterio en donde se encuentran los criterios adaptados al modelo y que intervienen en la determinación de la mejor localización de un puerto seco.

7.3.1 **Ambientales**

En esta categoría se tienen en cuenta todos los elementos que representan un impacto negativo que conlleva a la afección del medio ambiente donde se localiza un puerto seco, este aspecto resalta el impacto que se produce sobre el medio urbano, mereciendo especial atención las afecciones sobre el medio hidrológico y el manejo adecuado de los residuos generados por la actividad.

7.3.2 **Socioeconómicos**

Con esta categoría, se insta a tener en cuenta los factores relacionados con el impacto social que se genera en una comunidad o sociedad, así como en su economía. En este aspecto se tiene en cuenta factores como el precio del suelo, la cercanía de la demanda, la disponibilidad de servicios públicos, nivel de calificación de mano de obra local, el entorno legislativo, seguridad del municipio, entre otros.

7.3.3 **Accesibilidad**

En este grupo, se incluyen los factores que se relacionan con la facilidad de acceder a las principales redes y nodos de infraestructura de transporte, así como la accesibilidad a servicios y suministros.

7.3.4 **Localización**

En esta categoría se tiene en cuenta los factores geográficos que corresponden a la localización, así como a la relación que se produce entre el puerto

seco y su zona de influencia, la cercanía a los grandes mercados del país, Bogotá, Medellín y Cali es fundamental como factor de decisión para las alternativas.

8. MODELACIÓN PROPUESTA.

El modelo de evaluación y/o decisión multicriterio adaptado en este trabajo es el ANP (siglas del inglés ANALYTIC NETWORK PROCESS). Los métodos de evaluación multicriterio en el campo logístico han sido muy utilizados, especialmente para la determinación de óptimas localizaciones de grandes plataformas logísticas, dentro de las cuales se encuentran los puertos secos, como se detalla en capítulos anteriores. A continuación, se realiza una descripción del proceso analítico en red (ANP) con cada una de sus etapas, adaptándolas al presente caso de estudio.

8.1 DESCRIPCIÓN ANP

El proceso analítico en red (ANP) es una generalización del proceso jerárquico analítico (AHP) y a diferencia de este, representa un problema de decisión en forma de red, considerando posibles relaciones entre todos los elementos que componen el sistema y no una simple jerarquía lineal de arriba hacia abajo en donde se parte de un objetivo y se evalúan unas alternativas con base en un conjunto de criterios (Saaty, 2008). Esto hace que sea un modelo mucho más completo y cercano a la realidad (Baviera, García & Gómez, 2014).

La estructura de la red está formada por dos elementos principales: criterios de decisión y alternativas, los cuales a su vez se agrupan en componentes o clústeres. Dichos elementos de los clústeres pueden tener influencia sobre los otros dentro de la red, si existe influencia entre elementos del mismo clúster se dice que hay influencia interna (realimentación), por lo contrario, si el elemento de un clúster influye sobre otro elemento de un clúster diferente, se afirma que existe influencia externa (interdependencia) (Baviera, García & Gómez, 2014).

8.2 CLÚSTERES

Los clústeres se denotan como Ch ($siendo\ h = 1,2,3, \dots n$) y se conforman por enh elementos denotados por $e1h$, $e2h$, $e3h$ … enh. Los elementos que conforman un clúster se agrupan por contar con características en común o similares. Se presenta el listado de clústeres conformados de acuerdo al conjunto de elementos (criterios y alternativas) definidos en este trabajo.

8.2.1 Clúster 1. Factores medioambientales

Criterio 1: Afectación a reservas naturales ($e11$).

Criterio 2: Ruido sobre el medio ($e21$).

Criterio 3: Afectación a reservas hidrográficas ($e31$).

8.2.2 Clúster 2. Factores socioeconómicos

Criterio 4: Cobertura a servicios básicos ($e12$).

Criterio 5: Seguridad del municipio ($e22$).

Criterio 6: Precio del suelo ($e32$).

Criterio 7: Beneficios fiscales ($e42$).

8.2.3 Clúster 3. Factores de accesibilidad

Criterio 8: Acceso internacional ($e13$).

Criterio 9: Acceso nacional ($e23$).

8.2.4 Clúster 4. Factores de localización

Criterio 10: Cercanía a zonas productivas ($e14$).

Criterio 11: Cercanía al puerto marítimo ($e24$).

Criterio 12: Cercanía a grandes mercados ($e34$).

8.2.5 Clúster 5. Alternativas

Alternativa 1. Cali ($e15$).

Alternativa 2. Palmira ($e25$).

Alternativa 3. Buga ($e35$).

Alternativa 4. Buenaventura ($e45$).

Alternativa 5. Tuluá ($e55$)

Alternativa 6. La Merced ($e65$)

Alternativa 7. La Tebaida ($e75$)

Alternativa 8. Cartago ($e85$)

Alternativa 9. Yumbo ($e95$)

Alternativa 10. Zarzal ($e105$)

Con los clústeres definidos, se procede a describir el desarrollo de cada etapa del modelo ANP, partiendo desde la metodología de elección del panel de expertos hasta la obtención de la decisión final.

8.3 METODOLOGÍA PARA CLASIFICACIÓN DE EXPERTOS

Para la clasificación de expertos fue usado como guía el libro *Guía metodológica para la priorización de proyectos* de Vidal J. et al (2012), según estos autores es necesario identificar expertos potenciales que nos permitan en una medida objetiva seleccionar la mejor alternativa, en este caso, la mejor ubicación del puerto seco.

Estos expertos deben cumplir con un amplio conocimiento en los temas de interés, formación investigativa y compromiso con el estudio. A continuación, se

muestra la tabla sugerida por estos autores donde se identifican los personajes que harán parte del grupo de expertos. Ver tabla 6.

Tabla 6. *Nominación del panel de expertos.*

Actor principal	Actor específico	Características	N° representantes	Identificación
Academia	Docentes del área de logística y transporte	Docente universitario con maestría en ingeniería industrial con amplio conocimiento en logística y transporte; que haya hecho o actualmente haga parte de un grupo de investigación.	1	Experto 2
Estado	Departamento nacional de planeación (DNP), Gobernación, Ministerio de transporte o ANDI	Docente o profesional en economía con experiencia en proyectos e informes con planeación nacional (DNP), Gobernación, Ministerio de transporte, ANDI o afines.	2	Experto 3 Experto 6
Empresa	Grandes empresas	Profesional con experiencia y trayectoria en gran empresa, con amplio conocimiento en infraestructura y desarrollo del departamento.	2	Experto 1 Experto 4
Social	Docentes en área social	Docente con experticia en temas sociales y con amplio conocimiento del desarrollo del Valle del Cauca	1	Experto 5

Fuente: Elaboración propia basada en el libro *Guía metodológica para la priorización de proyectos* Vidal C (2012)

Cabe resaltar que debido a que es un trabajo de grado y no un proyecto de infraestructura nacional, no se cuenta con un gran panel de candidatos expertos, lo que se hace básicamente es definir profesionales que cumplan con las características necesarias para cada actor principal como academia, estado, empresa y comunidad; buscando así que se logre abarcar todos los puntos de vista posibles y buscar nominar uno o dos representantes para que logren dar su calificación para cada criterio en las alternativas a evaluar.

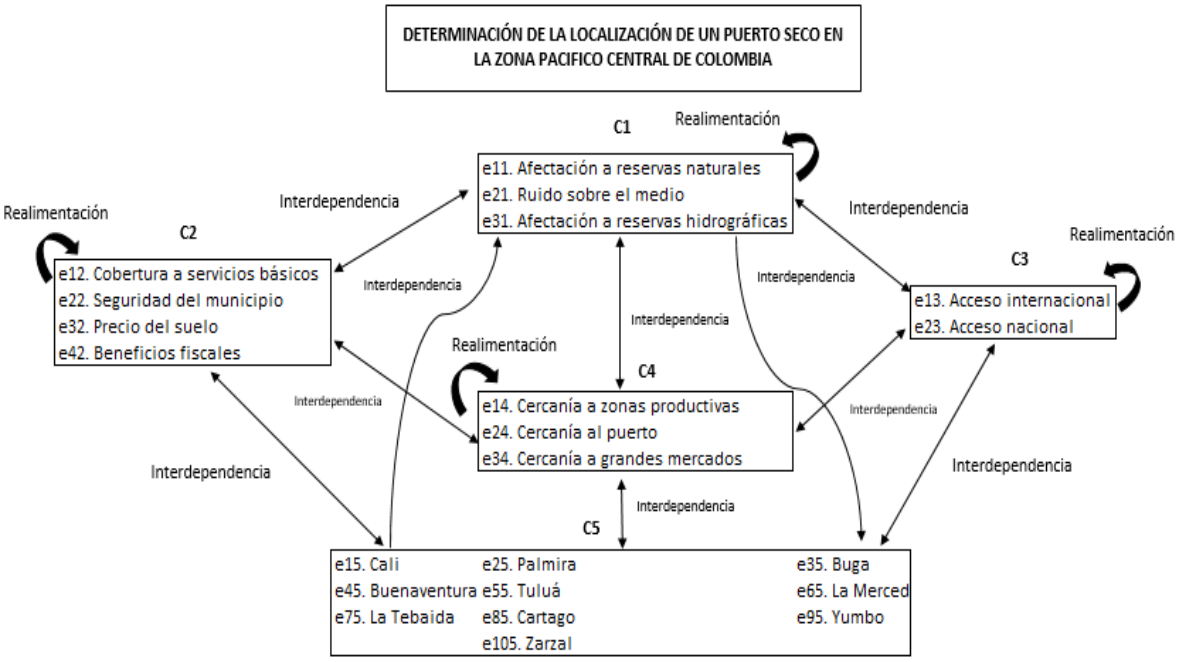
8.4 DESARROLLO DEL MODELO ANP

Los expertos tomaron el papel indispensable de facilitadores de ANP, es decir, con sus conocimientos y puntos de vista, permitieron desarrollar el modelo en cada una de sus etapas, para lo cual también se les suministró un informe completo, basado en estadísticas puntuales que permiten tener una vista global de cada alternativa en función de los criterios seleccionados. Seguidamente, diligenciaron una serie de formularios que permitieron construir las diferentes matrices que el modelo establece. Tanto el informe como los formularios se adjuntan en los anexos 4 y 5 respectivamente.

8.4.1 Etapa 1. Identificación de elementos de la red. Construcción de la red

En esta etapa, se construye la red completa del sistema, tomando como base los clústeres con cada uno de sus elementos presentados anteriormente. Se aclara que, en este trabajo, las relaciones de influencia entre los elementos de los clústeres se definieron por las respuestas de los expertos en los formularios suministrados.

Figura 7. *Red completa del sistema.*



Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la figura 7, hay relación de interdependencia entre todos los clústeres de la red, las relaciones de realimentación solamente existen entre clústeres con criterios de decisión, es decir, los clústeres 1,2,3 y 4. Se establece que entre alternativas no hay ningún tipo de influencia que pueda afectar la decisión final.

8.4.2 Etapa 2. análisis de red de influencias. Matriz de dominación interfactorial

Con las relaciones de interdependencia y realimentación de los elementos dentro de la red definidas, se procede a construir la matriz de influencias o de dominación interfactorial, la cual es básicamente la representación numérica de la red total del sistema con dichas relaciones, mostrada en la figura 7.

Tabla 7. *Estructura de la matriz de dominación interfactorial.*

		C1	**C2**	**Cm**
		e11 e21 en1	e12 e22 en2	e1m e2m enm
C1	e11 e21 en1	A11	A12	A1m
C2	e12 e22 en2	A21	A22	A2m
Cm	e13 e23 en3	Am1	Am2	Amn

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 7 se muestra cómo está estructurada la matriz de influencias o de dominación interfactorial, en donde $C1, C2, Cm$ hace referencia a los clústeres o componentes del sistema, $e11, e21, enm$ son los elementos de cada clúster y $A11, A12, A1m$ se denominan bloques de la matriz de influencias (Tafernaberri,

2018). El número de filas y columnas totales son proporcionales al número de clústeres que existan en el sistema.

Cuando un elemento de la columna *i* tiene influencia sobre algún otro elemento de la columna *j* se asigna el valor numérico de uno (1), cuando no existe ningún tipo de influencia se asigna cero (0) en los bloques de la matriz. Lo anterior se analiza clúster a clúster, bloque a bloque y de manera vertical. A continuación, se detalla la matriz de dominación interfactorial o de influencias de la red completa del trabajo.

Tabla 8.*Matriz de dominación interfactorial del modelo.*

		C1			C2				C3		C4			C5									
		e11	*e21*	*e31*	*e12*	*e22*	*e32*	*e42*	*e13*	*e23*	*e14*	*e24*	*e34*	*e15*	*e25*	*e35*	*e45*	*e55*	*e65*	*e75*	*e85*	*e95*	*e105*
C1	*e11*	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	e21	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	e31	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
C2	*e12*	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	e22	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	e32	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	e42	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
C3	*e13*	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	e23	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
C4	*e14*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	e24	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	e34	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
C5	*e15*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	e25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	e35	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	e45	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	e55	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	e65	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	e75	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	e85	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	e95	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	e105	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia.

La anterior matriz fue construida con los datos sustraídos de los formularios en donde los expertos definieron cuáles elementos de la red tienen influencia sobre los demás.

Para el caso del modelo, los expertos número uno (1) y cinco (5) consideraron que Buenaventura no debía catalogarse como una alternativa de localización para el puerto seco, por lo cual no la incluyeron dentro de sus formularios; sin embargo el resto de expertos, si consideraron que entre todas las alternativas y todos los criterios había influencia (interdependencia), por ello, como se observa en la matriz

de influencias (tabla 8) en los espacios correspondientes se asignaron valores de uno (1), resaltando dicha influencia.

En el caso de la influencia entre criterios, únicamente el experto seis (6) determinó que hay influencia entre todos (realimentación), lo cual es suficiente para que en la matriz de influencias se deba asignar con unos (1) en dichos espacios.

Finalmente, se establece que entre alternativas no hay ningún tipo de influencia, por lo que en los espacios correspondientes se asignaron ceros (0) resaltando la no influencia.

8.4.3 Etapa 3. cálculo de las prioridades entre elementos. Súper matriz original

En esta etapa, se establecen las ponderaciones relativas de cada relación de influencias establecidas en la matriz de dominación interfactorial. Esto se realiza por medio de matrices de comparación pareadas al igual que en el proceso analítico jerárquico (AHP), se sustituyen los unos (1) de los bloques de la matriz de influencias por pesos de prioridad total. Para ello, se sigue el principio de dominancia, el cual se traduce como mayor influencia con respecto a una propiedad (Saaty, 2008). De acuerdo con Saaty, cuando se comparan criterios, este concepto se interpreta como “importancia” y cuando se evalúan las alternativas con base en los criterios se interpreta como “preferencia”.

El número de matrices de comparación pareadas va a depender del número de relaciones establecidas entre los elementos de los clústeres que forman el sistema (Baviera, García & Gómez, 2014).

En la tabla 9 se muestra un ejemplo puntual de la estructura de una matriz pareada en este trabajo, en el que se detallan las influencias de los elementos del clúster 5, es decir, las alternativas, sobre el elemento $e11$ del clúster 1, es decir “Afectación sobre reservas naturales”.

Tabla 9. *Matriz de comparación pareada.*

MATRIZ DE INFLUENCIAS

		e11
C5	e15	1
	e25	1
	e35	1
	e45	1
	e55	1
	e65	1
	e75	1
	e85	1
	e95	1
	e105	1

MATRIZ DE COMPARACIÓN PAREADA

e11	e65	e75	e85	e105	e55	e35	e95	e25	e15
e65	1	X67	X68	X610	X65	X63	X69	X62	X61
e75	1/X67	1	X78	X710	X75	X73	X79	X72	X71
e85	1/X68	1/X78	1	X810	X85	X83	X89	X82	X81
e105	1/X610	1/X710	1/X810	1	X105	X103	X109	X102	X101
e55	1/X65	1/X75	1/X85	1/X105	1	X53	X59	X52	X51
e35	1/X63	1/X73	1/X83	1/X103	1/X53	1	X39	X32	X31
e95	1/X69	1/X79	1/X89	1/X109	1/X59	1/X39	1	X92	X91
e25	1/X62	1/X72	1/X82	1/X102	1/X52	1/X32	1/X92	1	X21
e15	1/X61	1/X71	1/X81	1/X101	1/X51	1/X31	1/X91	1/X21	1

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa, en la matriz de comparación pareada se incluyen todos los elementos que en la matriz de dominación interfactorial se estableció influyen sobre el elemento $e11$. Los valores x y $1/x$ hacen referencia al principio de reciprocidad y de consistencia, en donde se afirma que, si el elemento de la fila i tiene un valor x de influencia sobre el elemento en evaluación en comparación al elemento de la columna j, de manera automática, el elemento j tendrá un valor de influencia de $1/x$ en comparación al elemento de la fila i, esto es, si $eij = x$, entonces, $eji = 1/x$, de igual manera, todos los elementos diagonales eii de la matriz de comparación pareada deben ser iguales a 1, ya que se compara el nivel de influencia de un criterio contra sí mismo, principio de homogeneidad (Taha, 2004).

Es necesario establecer el nivel o valor de dicha influencia para así definir las prioridades entre todos los elementos dentro de las matrices de comparación pareadas. Para ello se utiliza la siguiente escala fundamental de valoración de Saaty, tabla 10.

Tabla 10.*Escala fundamental de valoración de Saaty.*

Escala numérica	Escala verbal	Explicación
1	Igual dominancia.	Los dos elementos dominan por igual sobre el tercero.
3	Dominancia moderada de un elemento comparado con el otro.	La dominancia de un elemento es moderadamente más fuerte que la del otro sobre el tercero.
5	Dominancia fuerte de un elemento comparado con el otro.	La dominancia de un elemento es más fuerte que la del otro sobre el tercero.
7	Dominancia muy fuerte de un elemento comparado con el otro.	La dominancia de un elemeno es mucho más fuerte que la del otro sobre el tercero.
9	Extrema dominancia de un elemento comparado con el otro.	La dominancia de un elemento es extremadamente más fuerte que la del otro sobre el tercero.
2,4,6,8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes.	Se usan como compromiso entre dos juicios.

Fuente: (Baviera, García & Gómez, 2014)

Los expertos utilizaron la anterior escala en cada uno de los formularios, estableciendo los vectores prioridad de i) influencias de los criterios sobre cada alternativa, ii) influencias de las alternativas sobre cada criterio, iii) influencias de los criterios sobre cada criterio y, iv) importancia relativa entre criterios y alternativas. Todo lo anterior respetando la condición de $1/9 \leq x \leq 9$, es decir, no se puede calificar por fuera de este rango.

Con las matrices de comparación pareadas de cada experto ya establecidas, se hizo la comprobación de la consistencia de cada una, siguiendo lo establecido en el libro “Investigación de Operaciones” de Taha (2004) lo cual, de acuerdo con dicho autor significa que quien toma decisiones muestra un juicio coherente en la especificación de la comparación por pares de los criterios o alternativas. Lo anterior quiere decir que, si se establece que el elemento $e11$ es más dominante que el elemento $e12$ y a su vez, el elemento $e12$ es más dominante que el elemento $e13$, no es consistente que $e13$ sea más dominante que $e11$.

Todas las matrices pareadas de los expertos se consolidaron en una sola matriz, por medio de la media geométrica que propone Saaty (2008), garantizando con ello mantener la consistencia de todos los juicios emitidos en dichas matrices, posteriormente, se calculó el vector prioridad de cada matriz consolidada y se construyó finalmente la súper matriz original.

Tabla 11. *Súper matriz original del modelo.*

		C1			C2				C3		C4			C5									
		e11	*e21*	*e31*	*e12*	*e22*	*e32*	*e42*	*e13*	*e23*	*e14*	*e24*	*e34*	*e15*	*e25*	*e35*	*e45*	*e55*	*e65*	*e75*	*e85*	*e95*	*e105*
C1	*e11*	0	0,1	0,13	0,1	0,07	0,06	0,08	0,08	0,08	0,06	0,08	0,09	0,07	0,08	0,06	0,05	0,09	0,18	0,18	0,16	0,14	0,1
	e21	0,12	0	0,07	0,08	0,09	0,08	0,08	0,09	0,08	0,08	0,07	0,09	0,05	0,06	0,06	0,06	0,08	0,15	0,1	0,14	0,07	0,152
	e31	0,12	0,12	0	0,08	0,09	0,07	0,07	0,08	0,07	0,06	0,09	0,07	0,05	0,08	0,08	0,07	0,1	0,15	0,14	0,11	0,1	0,095
C2	*e12*	0,06	0,08	0,08	0	0,1	0,12	0,11	0,1	0,12	0,11	0,09	0,09	0,1	0,16	0,1	0,06	0,13	0,04	0,1	0,06	0,09	0,1
	e22	0,06	0,07	0,06	0,1	0	0,13	0,11	0,11	0,11	0,08	0,08	0,1	0,06	0,04	0,05	0,07	0,05	0,04	0,06	0,04	0,04	0,079
	e32	0,09	0,08	0,09	0,13	0,13	0	0,08	0,09	0,08	0,1	0,13	0,13	0,04	0,07	0,07	0,11	0,08	0,14	0,1	0,09	0,05	0,112
	e42	0,06	0,08	0,08	0,11	0,1	0,11	0	0,09	0,07	0,13	0,1	0,1	0,05	0,06	0,04	0,1	0,05	0,04	0,04	0,05	0,08	0,052
C3	*e13*	0,06	0,08	0,07	0,08	0,11	0,09	0,08	0	0,11	0,08	0,1	0,09	0,12	0,08	0,09	0,09	0,06	0,03	0,04	0,07	0,07	0,035
	e23	0,07	0,08	0,07	0,08	0,08	0,07	0,08	0,1	0	0,09	0,1	0,08	0,13	0,08	0,11	0,11	0,07	0,06	0,04	0,06	0,07	0,083
C4	*e14*	0,15	0,11	0,12	0,09	0,08	0,1	0,1	0,07	0,09	0	0,09	0,08	0,11	0,08	0,09	0,12	0,09	0,06	0,06	0,09	0,09	0,07
	e24	0,11	0,1	0,12	0,07	0,09	0,08	0,12	0,11	0,09	0,1	0	0,09	0,1	0,12	0,13	0,1	0,1	0,04	0,07	0,06	0,09	0,063
	e34	0,1	0,09	0,09	0,09	0,07	0,09	0,1	0,08	0,1	0,1	0,08	0	0,12	0,09	0,11	0,08	0,11	0,07	0,07	0,07	0,1	0,059
C5	*e15*	0,08	0,06	0,06	0,11	0,14	0,07	0,11	0,21	0,2	0,15	0,13	0,15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	e25	0,09	0,07	0,09	0,18	0,09	0,1	0,13	0,13	0,1	0,1	0,15	0,11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	e35	0,06	0,07	0,09	0,1	0,1	0,08	0,08	0,14	0,15	0,11	0,15	0,14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	e45	0,05	0,08	0,09	0,05	0,11	0,1	0,13	0,1	0,11	0,11	0,1	0,08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	e55	0,08	0,08	0,09	0,13	0,09	0,1	0,09	0,08	0,08	0,1	0,11	0,12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	e65	0,14	0,15	0,13	0,04	0,05	0,14	0,06	0,03	0,06	0,05	0,04	0,06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	e75	0,16	0,11	0,13	0,11	0,11	0,12	0,06	0,06	0,04	0,08	0,07	0,07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	e85	0,11	0,11	0,08	0,05	0,07	0,08	0,07	0,07	0,06	0,09	0,06	0,06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	e95	0,16	0,1	0,14	0,12	0,11	0,09	0,18	0,13	0,11	0,14	0,13	0,14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	e105	0,07	0,15	0,09	0,1	0,14	0,13	0,09	0,05	0,09	0,07	0,07	0,06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia.

Esta matriz, como se había mencionado, es la sustitución de los unos (1) por la ponderación de los vectores prioridad de todos los expertos para todas las matrices pareadas. Como se observa, es una matriz no estocástica, es decir, las sumas de los pesos relativos de las columnas no cumplen con el principio de unicidad, no suman uno (1). Es necesario ponderar esta matriz para que sea estocástica y con ello el modelo pueda converger y dar respuesta final, la siguiente etapa cumple con este objetivo.

8.4.4 Etapa 4. cálculo de las prioridades entre componentes. Súper matriz ponderada

En esta etapa se debe generar la denominada súper matriz ponderada o estocástica, en donde la súper matriz original se transforma en una matriz en donde la suma de todas sus columnas es igual uno (1). Para ello, es necesario multiplicar todos los bloques de la súper matriz original que precisen ponderarse por el vector prioridad resultante de la matriz de comparación pareada que define el nivel de importancia entre criterios y alternativas definida por los expertos.

En la siguiente tabla se muestra el vector prioridad consolidado entre componentes globales, es decir, entre criterios y alternativas, que los expertos definieron en el formulario iv.

Tabla 12. *Vector prioridad.*

PROMEDIO GEOMÉTRICO	Alternativas	Criterios
Alternativas	1	0,36
Criterios	2,76	1

VECTOR PRIORIDAD
0,27
0,73

Fuente: Elaboración propia

El valor de 0,27 mostrado en la tabla 12 corresponde al grado de importancia relativa que tienen las alternativas sobre los criterios y el valor de 0,73, indica la importancia que tienen los criterios en comparación a las alternativas, definidas por los expertos. Estos valores se multiplican por los vectores propios asociados dentro de los bloques de la súper matriz original, es decir, 0,73 * vectores propios de las influencias de criterios sobre criterios y 0,27 * vectores propios de las influencias de las alternativas sobre los criterios.

En la siguiente tabla se muestra el resultado de esta multiplicación, logrando con ello ponderar la matriz y transformarla en estocástica.

Tabla 13. *Súper matriz ponderada estocástica del modelo.*

		C1			C2				C3		C4			C5									
		e11	*e21*	*e31*	*e12*	*e22*	*e32*	*e42*	*e13*	*e23*	*e14*	*e24*	*e34*	*e15*	*e25*	*e35*	*e45*	*e55*	*e65*	*e75*	*e85*	*e95*	*e105*
C1	*e11*	0	0,07	0,1	0,07	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,04	0,06	0,06	0,07	0,08	0,06	0,05	0,09	0,18	0,18	0,16	0,14	0,1
	e21	0,09	0	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	0,05	0,06	0,06	0,06	0,08	0,15	0,1	0,14	0,07	0,152
	e31	0,09	0,09	0	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,08	0,08	0,07	0,1	0,15	0,14	0,11	0,1	0,095
C2	*e12*	0,04	0,06	0,06	0	0,07	0,09	0,08	0,07	0,09	0,08	0,07	0,07	0,1	0,16	0,1	0,06	0,13	0,04	0,1	0,06	0,09	0,1
	e22	0,04	0,05	0,05	0,07	0	0,09	0,08	0,08	0,08	0,06	0,06	0,07	0,06	0,04	0,05	0,07	0,05	0,04	0,06	0,04	0,04	0,079
	e32	0,07	0,06	0,07	0,09	0,09	0	0,06	0,07	0,06	0,07	0,09	0,1	0,04	0,07	0,07	0,11	0,08	0,14	0,1	0,09	0,05	0,112
	e42	0,04	0,06	0,06	0,08	0,07	0,08	0	0,06	0,05	0,1	0,07	0,07	0,05	0,06	0,04	0,1	0,05	0,04	0,04	0,05	0,08	0,052
C3	*e13*	0,05	0,06	0,05	0,06	0,08	0,07	0,06	0	0,08	0,06	0,07	0,07	0,12	0,08	0,09	0,09	0,06	0,03	0,04	0,07	0,07	0,035
	e23	0,05	0,06	0,05	0,06	0,06	0,05	0,06	0,07	0	0,07	0,07	0,06	0,13	0,08	0,11	0,11	0,07	0,06	0,04	0,06	0,07	0,083
C4	*e14*	0,11	0,08	0,09	0,07	0,06	0,07	0,07	0,05	0,06	0	0,07	0,06	0,11	0,08	0,09	0,12	0,09	0,06	0,06	0,09	0,09	0,07
	e24	0,08	0,08	0,09	0,05	0,06	0,06	0,09	0,08	0,07	0,08	0	0,07	0,1	0,12	0,13	0,1	0,1	0,04	0,07	0,06	0,09	0,063
	e34	0,07	0,07	0,07	0,06	0,05	0,07	0,07	0,06	0,07	0,08	0,06	0	0,12	0,09	0,11	0,08	0,11	0,07	0,07	0,07	0,1	0,059
C5	*e15*	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,06	0,05	0,04	0,04	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	e25	0,02	0,02	0,02	0,05	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	e35	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	e45	0,01	0,02	0,02	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	e55	0,02	0,02	0,02	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	e65	0,04	0,04	0,04	0,01	0,01	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	e75	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	e85	0,03	0,03	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	e95	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,02	0,05	0,04	0,03	0,04	0,03	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	e105	0,02	0,04	0,02	0,03	0,04	0,03	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia

8.4.5 **Etapa 5. Cálculo del súper matriz límite**

Finalmente, con la súper matriz ponderada estocástica obtenida, se realiza multiplicación matricial de ella misma a potencias sucesivas hasta que todas las entradas converjan y permanezcan estables (Baviera, García & Gómez, 2014). Esta matriz se caracteriza porque los valores de todas sus columnas son totalmente iguales y se denomina súper matriz límite. Todos estos valores indican la prioridad global de todos los elementos presentes en la red, con lo que, para concluir, se tiene la respuesta final.

Los resultados entregados, se muestran en la tabla 14.

Tabla 14. *Súper matriz límite del modelo.*

		C1			C2				C3		C4			C5									
		e11	*e21*	*e31*	*e12*	*e22*	*e32*	*e42*	*e13*	*e23*	*e14*	*e24*	*e34*	*e15*	*e25*	*e35*	*e45*	*e55*	*e65*	*e75*	*e85*	*e95*	*e105*
C1	*e11*	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068
	e21	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063
	e31	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064
C2	*e12*	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072
	e22	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060
	e32	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072
	e42	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063
C3	*e13*	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060
	e23	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061
C4	*e14*	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070
	e24	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071
	e34	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067
C5	*e15*	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026
	e25	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024
	e35	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023
	e45	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019
	e55	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
	e65	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017
	e75	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
	e85	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016
	e95	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027
	e105	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019
		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia.

Al observar los resultados obtenidos, se debe identificar cuál de los elementos del clúster 5, es decir, las alternativas, tiene más prioridad global. En este caso, se trata del elemento $e95$ “Yumbo”, siendo este, la alternativa que mejor se adaptó a los juicios y consideraciones de los expertos, por consiguiente, el puerto seco debe ubicarse en esta ciudad.

Se toman los valores de prioridad global que le corresponde a cada elemento y se organizan de mayor a menor, posteriormente se calcula la proporción para cada una de las alternativas y así poder analizar el nivel de preferencia de cada una.

En la siguiente tabla se muestra de manera resumida la prioridad global de cada alternativa, ordenándolas de mayor a menor.

Tabla 15. *Prioridad final entre alternativas.*

Clúster	*Elemento*	*Alternativa*	*Prioridad*	*%*
C5	*e95*	Yumbo	0,027	12,96%
	e15	Cali	0,025	12,13%
	e25	Palmira	0,024	11,18%
	e35	Buga	0,023	10,72%
	e55	Tuluá	0,020	9,68%
	e75	La Tebaida	0,020	9,43%
	e45	Buenaventura	0,019	9,13%
	e105	Zarzal	0,019	9,12%
	e65	La Merced	0,017	8,11%
	e85	Cartago	0,016	7,54%

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados arrojados por la convergencia de la súper matriz límite indican paridad en la prioridad global entre las alternativas, por ello, es conveniente realizar un análisis adicional que permita identificar cómo se comportarían las prioridades finales de cada alternativa si se varían ciertas prioridades entre los elementos de los demás clústeres.

Dicho análisis es conocido como “análisis de sensibilidad”, que en este caso consistirá en variar en un rango de ± 10% la ponderación de aquellos criterios que más influyeron en la decisión final y analizar si el orden de las alternativas se ve alterado (Avalos, Harrar, Rodriguez, 2012) propuesto en el XVI Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos en la ciudad de Valencia.

8.5 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Se parte de analizar cuáles fueron los criterios que más influyeron dentro de la alternativa $e95$ “Yumbo”, y a su vez, se comparará con el orden global de la prioridad final de todos los elementos correspondientes a los criterios.

Tabla 16. *Ordenamiento de criterios según su influencia, en Yumbo y global.*

Elemento	Criterio	Yumbo	% Yumbo	% Global
e42	Beneficios fiscales	0,185	**11,86%**	**7,97%**
e11	Afectación sobre reservas naturales	0,162	**10,41%**	**8,56%**
e14	Cercanía a Zonas productivas	0,143	**9,17%**	**8,91%**
e34	Cercanía a grandes mercados	0,140	**9,00%**	**8,43%**
e31	Afectación reservas hidrográficas	0,138	**8,85%**	**8,10%**
e13	Acceso internacional	0,133	**8,52%**	**7,65%**
e24	Cercanía al puerto	0,129	**8,28%**	**8,93%**
e12	Cobertura servicios básicos	0,118	**7,60%**	**9,06%**
e23	Acceso nacional	0,112	**7,23%**	**7,71%**
e22	Seguridad del municipio	0,106	**6,83%**	**7,63%**
e21	Ruido sobre el medio	0,101	**6,48%**	**7,98%**
e32	Precio del suelo	0,090	**5,77%**	**9,07%**

Fuente: Elaboración propia.

Al observar la tabla 16 se identifica que los criterios que más influyeron sobre la alternativa “Yumbo” fueron: $e42$ “Beneficios fiscales” y $e11$ “Afectación sobre reservas naturales”, sin embargo, estos no son los criterios más influyentes de manera global dentro del modelo.

De igual manera, se propone realizar el mismo análisis sobre la segunda alternativa de acuerdo con el orden de prioridades, que en este caso se trata de $e15$ “Cali“.

Tabla 17. *Ordenamiento de criterios según su influencia, en Cali y global.*

Elemento	Criterio	Cali	% Cali	%global
e13	Acceso internacional	0,210	**14,28%**	**7,65%**
e23	Acceso nacional	0,197	**13,41%**	**7,71%**
e34	Cercanía a grandes mercados	0,154	**10,48%**	**8,43%**
e14	Cercanía a Zonas productivas	0,149	**10,17%**	**8,91%**
e22	Seguridad del municipio	0,138	**9,41%**	**7,63%**
e24	Cercanía al puerto	0,134	**9,14%**	**8,93%**
e12	Cobertura servicios básicos	0,114	**7,76%**	**9,06%**
e42	Beneficios fiscales	0,106	**7,21%**	**7,97%**
e11	Afectación sobre reservas naturales	0,079	**5,35%**	**8,56%**
e32	Precio del suelo	0,066	**4,46%**	**9,07%**
e31	Afectación reservas hidrográficas	0,061	**4,18%**	**8,10%**
e21	Ruido sobre el medio	0,061	**4,15%**	**7,98%**

Fuente: Elaboración propia.

Se observa en la tabla 17 que para la alternativa “Cali” los criterios más influyentes fueron $e13$ “Acceso internacional” y $e23$ “Acceso nacional”, al igual que con la alternativa “Yumbo”, estos dos criterios no representan la mayor influencia en el orden global de los criterios.

Se proponen entonces, tres escenarios que girarán en torno a las anteriores descripciones.

8.5.1 **Escenario uno (1)**

En primera medida, se hará una reducción general de un 10% en la importancia relativa del criterio $e42$ “Beneficios fiscales” a lo largo de toda la fila que le corresponde dentro de la súper matriz no ponderada, dicha cantidad, se reparte en cantidades iguales a cada criterio en cada posición de dicha matriz para posteriormente ponderarla y/o volverla estocástica y poder obtener la nueva súper matriz límite, ver Tabla 18.

Tabla 18. *Súper matriz límite del escenario 1.*

		C1			C2				C3		C4			C5									
		e11	*e21*	*e31*	*e12*	*e22*	*e32*	*e42*	*e13*	*e23*	*e14*	*e24*	*e34*	*e15*	*e25*	*e35*	*e45*	*e55*	*e65*	*e75*	*e85*	*e95*	*e105*
C1	*e11*	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068
	e21	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064
	e31	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064
C2	*e12*	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072
	e22	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061
	e32	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072
	e42	0,058	0,058	0,058	0,058	0,058	0,058	0,058	0,058	0,058	0,058	0,058	0,058	0,058	0,058	0,058	0,058	0,058	0,058	0,058	0,058	0,058	0,058
C3	*e13*	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061
	e23	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061
C4	*e14*	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071
	e24	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071
	e34	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067
C5	*e15*	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026
	e25	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023
	e35	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023
	e45	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019
	e55	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
	e65	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017
	e75	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
	e85	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016
	e95	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027
	e105	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019
		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia.

Se resumen los nuevos porcentajes y se analiza si hubo algún cambio en el ordenamiento de las alternativas.

Tabla 19 *Prioridad entre alternativas, escenario 1.*

Clúster	*Elemento*	*Alternativa*	*Prioridad*	*%*
C5	*e95*	YUMBO	0,027	12,93%
	e15	CALI	0,026	12,14%
	e25	PALMIRA	0,023	11,17%
	e35	BUGA	0,023	10,73%
	e55	TULUÁ	0,020	9,68%
	e75	LA TEBAIDA	0,020	9,45%
	e105	ZARZAL	0,019	9,12%
	e45	BUENAVENTURA	0,019	9,11%
	e65	LA MERCED	0,017	8,12%
	e85	CARTAGO	0,016	7,54%

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla 19, el orden de las alternativas se mantuvo y únicamente hubo pequeñas variaciones en cuanto al porcentaje de las prioridades relativas, siendo casi imperceptibles.

8.5.2 **Escenario dos (2)**

En este escenario, entrarán en juego las dos alternativas principales de acuerdo con el orden de importancia relativa, es decir, “Yumbo” y “Cali”. Se hará la misma reducción del 10 % en la importancia relativa del criterio $e42$ “Beneficios fiscales” (criterio más influyente en Yumbo) y se aumentará esa misma cantidad en la importancia relativa del criterio $e13$ “Acceso internacional” (criterio más influyente en Cali). Se genera la matriz ponderada y/o estocástica para luego obtener la nueva súper matriz límite, ver Tabla 20.

Tabla 20. *Súper matriz límite del escenario 2.*

		C1			C2				C3		C4			C5									
		e11	*e21*	*e31*	*e12*	*e22*	*e32*	*e42*	*e13*	*e23*	*e14*	*e24*	*e34*	*e15*	*e25*	*e35*	*e45*	*e55*	*e65*	*e75*	*e85*	*e95*	*e105*
C1	*e11*	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068
	e21	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063
	e31	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064
C2	*e12*	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072
	e22	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060
	e32	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072
	e42	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059
C3	*e13*	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065
	e23	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061
C4	*e14*	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070
	e24	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071
	e34	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067
C5	*e15*	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026
	e25	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024
	e35	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023
	e45	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019
	e55	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
	e65	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017
	e75	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
	e85	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016
	e95	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027
	e105	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019
		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia.

Se resumen los nuevos porcentajes y se analiza si hubo algún cambio en el ordenamiento de las alternativas.

Tabla 21 *Prioridad entre alternativas, escenario 2.*

Clúster	*Elemento*	*Alternativa*	*Prioridad*	*%*
C5	***e95***	YUMBO	0,027	12,93%
	e15	CALI	0,026	12,19%
	e25	PALMIRA	0,024	11,19%
	e35	BUGA	0,023	10,75%
	e55	TULUÁ	0,020	9,67%
	e75	LA TEBAIDA	0,020	9,43%
	e45	BUENAVENTURA	0,019	9,11%
	e105	ZARZAL	0,019	9,10%
	e65	LA MERCED	0,017	8,09%
	e85	CARTAGO	0,016	7,54%

Fuente: Elaboración propia.

Nuevamente, como se muestra en la Tabla 21, el orden de las alternativas no se altera y únicamente se presentan pequeños cambios en el porcentaje de las prioridades relativas.

8.5.3 **Escenario tres (3)**

Al igual que en el anterior escenario, se alterarán los criterios más influyentes en las dos alternativas principales. En este caso, las cantidades se aumentarán y disminuirán de manera inversa, es decir, se aumentarán los dos criterios más influyentes en la alternativa “Cali” en un 10% y se les disminuirán esas mismas cantidades a los dos criterios más influyentes en la alternativa “Yumbo”.

La nueva súper matriz límite se muestra en la siguiente Tabla.

Tabla 22. *Súper matriz límite del escenario 3.*

		C1			C2				C3		C4			C5									
		e11	e21	e31	e12	e22	e32	e42	e13	e23	e14	e24	e34	e15	e25	e35	e45	e55	e65	e75	e85	e95	e105
C1	e11	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064
	e21	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063
	e31	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064
C2	e12	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072
	e22	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060
	e32	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072
	e42	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059
C3	e13	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065
	e23	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065
C4	e14	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070
	e24	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070
	e34	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067
C5	e15	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026
	e25	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024
	e35	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023
	e45	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019
	e55	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
	e65	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017
	e75	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
	e85	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016
	e95	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027
	e105	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019
		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia.

De manera resumida, se tienen los nuevos resultados.

Tabla 23.*Prioridad entre alternativas, escenario 3.*

Clúster	*Elemento*	*Alternativa*	*Prioridad*	*%*
C5	*e95*	YUMBO	0,027	12,91%
	e15	CALI	0,026	12,25%
	e25	PALMIRA	0,024	11,20%
	e35	BUGA	0,023	10,79%
	e55	TULUÁ	0,020	9,67%
	e75	LA TEBAIDA	0,020	9,37%
	e45	BUENAVENTURA	0,019	9,14%
	e105	ZARZAL	0,019	9,10%
	e65	LA MERCED	0,017	8,05%
	e85	CARTAGO	0,016	7,51%

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la Tabla 23, a pesar de que hubo en general un aumento en los porcentajes de las alternativas en general, especialmente de “Cali”, no fue suficiente para que el orden de las alternativas se viera alterado.

8.5.4 **Escenario cuatro (4)**

Se propone un último escenario en el que se aplicará un ±10% más de variación en los elementos a tomar en cuenta para el análisis, es decir, se variará en ±20% a la prioridad global de dichos elementos, lo cual brindará mayor posibilidad de que el orden final de las alternativas se vea alterado.

En este escenario, a diferencia de los otros tres, no se hará variación únicamente tomando en cuenta a los criterios más influyentes de las dos principales alternativas; se tomará el orden final de los criterios en general dentro de la convergencia de la súper matriz límite y, de acuerdo con esto, se reducirá en un 20% la prioridad final de los cuatro primeros criterios y el acumulado de estas cantidades se dividirá en partes iguales para adicionarlas a la prioridad final de los criterios intermedios.

Tabla 24. *Prioridad final entre criterios.*

Elemento	Criterio	Prioridad	%
e32	Precio del suelo	0,072	**9,07%**
e12	Cobertura servicios básicos	0,072	**9,06%**
e24	Cercanía al puerto	0,071	**8,93%**
e14	Cercanía a Zonas productivas	0,070	**8,91%**
e11	Afectación sobre reservas naturales	0,068	**8,56%**
e34	Cercanía a grandes mercados	0,067	**8,43%**
e31	Afectación reservas hidrográficas	0,064	**8,10%**
e21	Ruido sobre el medio	0,063	**7,98%**
e42	Beneficios fiscales	0,063	**7,97%**
e23	Acceso nacional	0,061	**7,71%**
e13	Acceso internacional	0,060	**7,65%**
e22	Seguridad del municipio	0,060	**7,63%**

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 24 muestra el orden final de los criterios en general, de acuerdo a su prioridad arrojada por la súper matriz límite.

Para este análisis, como ya se había mencionado, se disminuirá la prioridad en un 20% a los elementos $e32$ “Precio del suelo”, $e12$ “Cobertura a servicios básicos”, $e24$ “Cercanía al puerto”, $e14$ “Cercanía a zonas productivas”, los cuales son los cuatro principales y se adicionará el acumulado de estas cantidades en partes iguales a los elementos $e11$ “Afectación sobre reservas naturales”, $e34$ “Cercanía a grandes mercados”, $e31$ “Afectación sobre reservas hidrográficas” y $e21$ “Ruido sobre el medio”, los cuales son los criterios intermedios.

Se calcula la nueva súper matriz límite y se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 25. *Súper matriz límite del escenario 4*.

		C1			C2				C3		C4			C5									
		e11	*e21*	*e31*	*e12*	*e22*	*e32*	*e42*	*e13*	*e23*	*e14*	*e24*	*e34*	*e15*	*e25*	*e35*	*e45*	*e55*	*e65*	*e75*	*e85*	*e95*	*e105*
C1	*e11*	0,069	0,069	0,069	0,069	0,069	0,069	0,069	0,069	0,069	0,069	0,069	0,069	0,069	0,069	0,069	0,069	0,069	0,069	0,069	0,069	0,069	0,069
	e21	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077
	e31	0,078	0,078	0,078	0,078	0,078	0,078	0,078	0,078	0,078	0,078	0,078	0,078	0,078	0,078	0,078	0,078	0,078	0,078	0,078	0,078	0,078	0,078
C2	*e12*	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061
	e22	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060
	e32	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061
	e42	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062
C3	*e13*	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060
	e23	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061
C4	*e14*	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061
	e24	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061
	e34	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080
C5	*e15*	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
	e25	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023
	e35	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022
	e45	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019
	e55	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
	e65	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018
	e75	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
	e85	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016
	e95	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027
	e105	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019
		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia.

Se resumen los resultados finales sobre las prioridades de las alternativas y se analiza si hubo alteración en el orden final de las mismas.

Tabla 26. *Prioridad entre alternativas, escenario 4.*

Clúster	*Elemento*	*Alternativa*	*Prioridad*	*%*
C5	*e95*	YUMBO	0,027	13,00%
	e15	CALI	0,025	12,00%
	e25	PALMIRA	0,023	10,98%
	e35	BUGA	0,022	10,66%
	e55	TULUÁ	0,020	9,62%
	e75	LA TEBAIDA	0,020	9,49%
	e105	ZARZAL	0,019	9,15%
	e45	BUENAVENTURA	0,019	9,08%
	e65	LA MERCED	0,018	8,37%
	e85	CARTAGO	0,016	7,64%

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla 26, hubo variación en los porcentajes finales de las prioridades entre las alternativas, en donde se destaca un mayor margen de diferencia entre la alternativa $e95$ "Yumbo" y $e15$ "Cali", sin embargo el orden final en la preferencia de las alternativas sigue siendo exactamente el mismo.

En general, en ninguno de los cuatro (4) escenarios el orden de las alternativas cambió, por lo que se puede afirmar que las importancias relativas finales son muy estables, dándole robustez a la convergencia global del modelo. La alternativa $e95$ "Yumbo" se consolida como la mejor para ubicar el puerto seco.

9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Con base en los resultados suministrados por el modelo utilizado en este trabajo para determinar la mejor ubicación de un puerto seco en la zona pacífico central de Colombia, se observa que hubo una estabilidad general entre los vectores prioridad consolidados que se generaron a partir de los formularios diligenciados por el panel de expertos.

Nunca se alteró el orden en la prioridad final de las alternativas, siempre la mejor fue $e95$ "Yumbo" . Esto se puede, de manera adicional, argumentar mediante un análisis de la dispersión de los datos de la importancia relativa de todas las influencias que tuvieron las alternativas sobre cada uno de los criterios, dada por los formularios diligenciados por el panel de expertos.

Con esto, se logra comprender por qué no hubo variación en el orden final de las alternativas al variar el peso de los criterios en cada uno de los escenarios propuestos en el análisis de sensibilidad. Para esto, se realiza el cálculo del indicador de desviación estándar de la influencia de las alternativas sobre los criterios, ver tabla 27.

Tabla 27. *Desviación estándar de pesos relativos de las alternativas sobre criterios.*

ELEMENTOS		e11	e21	e31	e12	e22	e32	e42	e13	e23	e14	e24	e34	Desviación estándar
		Afectación sobre reservas naturales	Ruido sobre el medio	Afectación reservas hidrográfica	Cobertura servicios básicos	Seguridad del municipio	Precio del suelo	Beneficios fiscales	Acceso internacional	Acceso nacional	Cercanía a Zonas productivas	Cercanía al puerto	Cercanía a grandes mercados	
e55	Tuluá	0,080	0,083	0,091	0,133	0,094	0,096	0,089	0,080	0,076	0,101	0,108	0,122	**0,018**
e85	Cartago	0,107	0,114	0,084	0,048	0,065	0,082	0,071	0,074	0,056	0,087	0,056	0,061	**0,020**
e45	Buenaventu	0,054	0,083	0,086	0,053	0,105	0,097	0,131	0,096	0,113	0,110	0,099	0,076	**0,023**
e95	Yumbo	0,162	0,101	0,138	0,118	0,106	0,090	0,185	0,133	0,112	0,143	0,129	0,140	**0,027**
e35	Buga	0,061	0,075	0,095	0,104	0,105	0,084	0,079	0,137	0,151	0,113	0,148	0,136	**0,030**
e25	Palmira	0,087	0,068	0,091	0,181	0,090	0,097	0,126	0,130	0,105	0,097	0,148	0,113	**0,031**
e105	Zarzal	0,071	0,153	0,085	0,100	0,138	0,127	0,089	0,045	0,089	0,073	0,065	0,061	**0,033**
e75	La Tebaida	0,157	0,109	0,134	0,110	0,106	0,117	0,063	0,061	0,045	0,075	0,075	0,072	**0,034**
e65	La Merced	0,142	0,154	0,134	0,038	0,052	0,144	0,063	0,034	0,056	0,050	0,039	0,064	**0,047**
e15	Cali	0,079	0,061	0,061	0,114	0,138	0,066	0,106	0,210	0,197	0,149	0,134	0,154	**0,051**

Fuente: Elaboración propia.

Se evidencia que para todas las alternativas en general, la dispersión de los pesos relativos de sus influencias sobre los criterios es muy baja, lo cual se tradujo en la estabilidad en su orden final al variar los pesos de los criterios en el análisis de sensibilidad. También se puede identificar que “Yumbo” fue una alternativa con una de las menores desviaciones de todo el grupo, por lo cual, su porcentaje no variaba mucho en cada escenario planteado.

10. CONCLUSIONES

En este trabajo se presentó una propuesta para abordar el problema de la determinación de la mejor localización de un hipotético puerto seco en la zona pacífico central de Colombia, basada en la utilización de un modelo de localización cualitativo y multicriterio, definido por la revisión de la literatura, en donde se analizaron proyectos similares y apoyado por un grupo de expertos diverso, con puntos de vista y conocimientos diferentes, obteniendo con ello una respuesta final bien sustentada y objetiva.

Se abarcó de manera profunda la situación actual de la región en estudio en ámbitos logísticos, sociales, económicos y medioambientales, por medio de una caracterización bien estructurada, sustentada por la recolección de información directamente de los planes de desarrollo oficiales de los municipios, logrando así identificar los que clasifican como alternativas para localizar el puerto seco. De igual manera, permitió presentar un panorama nacional en el que se muestra cómo está Colombia en materia de infraestructura logística y con ello, la necesidad de implementar mejoras al respecto.

Se realizó una revisión de literatura enfocada en obtener información importante de proyectos similares que permitieran establecer criterios de localización para el modelo; se identificó similitud en el contenido de los criterios trabajados en los proyectos, sin embargo, no todos se podían utilizar en este trabajo, debido a las diferencias existentes entre las regiones en estudio; se complementa esta información con la caracterización de la infraestructura logística de cada municipio realizada anteriormente, confrontando todo con la situación real de la región, pudiendo así seleccionar finalmente los que mejor se adaptan para el modelo, siendo el acompañamiento de los expertos parte clave en la aprobación final de estos.

Con los resultados obtenidos y la puesta en marcha del modelo, se puede concluir que si bien este último es una ampliación y mejora del proceso analítico jerárquico (AHP), no deja de estar sujeto a los puntos de vista, inclinaciones y opiniones de las personas, por ello, es muy importante seleccionar bien y apoyarse con expertos que sean objetivos, evitando así, sesgar los resultados.

Yumbo, Cali y Palmira fueron las tres alternativas más aptas para ubicar un puerto seco, sin embargo, se resalta el hecho de que, a pesar de ser ciudades muy distintas, pueden ser complementarias debido a su cercanía y funcionamiento como área metropolitana de Cali; dando una posibilidad también a Guadalajara de Buga como una ciudad potencial para ubicar un puerto seco debido a su ubicación estratégica, cercanía a grandes ciudades y su industria.

Los tres criterios más significativos por los cuales fue elegida Yumbo son: primero, sus beneficios fiscales, siendo la única alternativa evaluada que poseía beneficios fiscales para industrias, en este caso para ubicar un puerto seco. segundo, la afectación sobre reservas naturales, ya que yumbo al ser una ciudad industrial tiene alto grado de contaminación y al ubicar un puerto seco en este lugar afectaría menos al medio ambiente que ubicarlo en otra alternativa. en tercer lugar, la cercanía a zonas productivas juega un papel muy importante para los expertos, ya que la mayoría de ellos consideraron que yumbo al estar más cerca de la capital del valle y también ser parte de la zona metropolitana de la misma permite mejor flujo de mercancías, sin embargo, en las estadísticas mostradas en el capítulo 7 se mostró que Guadalajara de Buga y Tuluá están más cercanas a las cuatro ciudades objetivo consideradas en el presente trabajo (Cali, Bogotá, Medellín y Buenaventura).

También cabe resaltar la ventaja que ha obtenido yumbo sobre las otras alternativas en cuanto a infraestructura y cercanía al puerto, con la cercanía de Yumbo a Mulaló expuesto en la Figura 7 y la nueva construcción de la autopista Mulaló-Loboguerrero, siendo este el detonante para elegir esta ciudad como mejor alternativa para ubicar un puerto seco.

Figura 8. *Autopista Yumbo – Mulaló – Loboguerrero.*

Fuente: Agencia Nacional de Infraestructura, rescatado de: https://www.ani.gov.co/proyecto/carretero/autopista-mulalo-loboguerrero-24235

Más allá de la elección de Yumbo como mejor alternativa, fue necesario realizar un análisis de sensibilidad debido a la similitud en la prioridad global final de las alternativas, en donde se identificó la solidez de los resultados, ya que en ningún escenario hubo cambios en el orden final de las alternativas. Lo anterior también se sustentó con el análisis de las desviaciones estándar de las prioridades globales de las alternativas sobre cada criterio, en donde se identificó que son muy pequeñas, generando una estabilidad en cada alteración propuesta en los escenarios del análisis de sensibilidad.

BIBLIOGRAFÍA

Agencia Nacional de Infraestructura. (2017). *Tabla deTrafico*.

Agencia Nacional de Infraestructura, & Ministerio de Transporte. (2016). *Operación Estadística de Tráfico y Recaudo del Modo Carretero*. Ministerio de Transporte.

Alcaldía de Santiago de Cali. (2016). *Plan de Desarrollo Municipio Santiago de Cali 2016-2019*. Recuperado de http://www.cali.gov.co/documentos/1545/plan-de-desarrollo-municipal-2016-2019/

Alvarez, C. Q. (2016). *Plan De Desarrollo La Merced 2016-2019*. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

Alvaro, C. (2012). *Plan de Desarrollo «Cartago Moderna, Competitiva e Incluyente» 2012 - 2015*. Cartago, Valle del Cauca: Alcaldía de Cartago.

Ambrosino, D., & Sciomachen, A. (2014). Location of Mid-range Dry Ports in Multimodal Logistic Networks. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *108*, 118-128. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.12.825

Astigarraga, E. (2003). El Metodo Delphi. *San Sebastián, Spain: Universidad de Deusto*, 1-14. Recuperado de https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/50762750/Metodo_delphi.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1519971500&Signature=HMTDvch5kIP%2F5LEv%2BGXV6yBLWqU%3D&response-content-disposition=inline%3Bfilename%3DEl_Metodo_Delphi._Universidad_

Awad-Núñez, S., Soler-Flores, F., González-Cancelas, N., & Camarero-Orive, A. (2016). How should the Sustainability of the Location of Dry Ports be Measured? *Transportation Research Procedia*, *14*, 936-944. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.073

Bejarano, C., & Jurado, H. (2018). *Anuario Estadístico Yumbo 2018*. Yumbo, Valle Del Cauca: Alcaldía de Yumbo.

Berumen, S. A., & Llamazares Redondo, F. (2007). La Utilidad de Métodos de Decisión Multicriterio (como AHP) en un Entorno de Competitividad Creciente. *Cuadernos de ADMINISTRACIÓN*, *20*(34), 65-87. Recuperado de http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=20503404

Baviera-Puig, A., García-Martínez, G., & Gómez-Navarro, T. (2014). Propuesta metodológica mediante ANP para la evaluación de las memorias de sostenibilidad del sector agroalimentario español. *Economia Agraria y Recursos Naturales*, *14*(1), 81-101. https://doi.org/10.7201/earn.2014.01.04

Cabello Herce, A. (2017). Métodos de decisión multicriterio y sus aplicaciones. Universidad de la Rioja.

Cámara de Comercio Palmira. (2016). La Composición Empresarial de Palmira y su zona de influencia. *Cámara De Comercio*. Recuperado de https://www.infraestructura.org.co/filef.php?IDe=3164

Chimbi, O. (2018). *Propuesta de mejora y construcción de vías ferreas trayectos Buenaventura-Bogotá y Bogotá-Cartagena en pro de potencializar el transporte multimodal en Colombia* (Escuela de Logística del Ejercito Nacional). https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

Comité de Turismo de la Merc. (2014). *Inventario Turístico La Merced*. Recuperado de https://caldas.gov.co/media/pdf/2014/infomunicipios/INFORMACION DE LA MERCED.pdf

Concejo Municipal de Tuluá. *Acuerdo No 04 de Abril 10 de 2016*. , (2016).

Consejo Privado de Competitividad. (2013). Informe Nacional de Competitividad . *Consejo Privado de Competitividad*.

Corficolombiana. (2018). *Portafolio de Inversiones de Corficolombiana en Concesiones Viales*. Corficolombiana.

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. (2017). *Evaluación Regional Del Agua*. Santiago de Cali: Dirección técnica ambiental.

Cullinane, K., Bergqvist, R., & Wilmsmeier, G. (2012). The dry port concept - Theory and practice. *Maritime Economics and Logistics*, *14*(1), 1-13. https://doi.org/10.1057/mel.2011.14

De la Hoz Bohórquez, G. A., & Quevedo Romero, J. H. (2016). Comportamiento del Homicio. Colombia, 2015. *Forensis 2015. Datos para la vida. Herramienta para la interpretación, intervención y prevención de lesiones de causa externa en Colombia.*

Departamento Nacional de Planeación. (2017). *Indicador de Importancia Económica Municipal 2017*. Recuperado de https://geoportal.dane.gov.co/?indicador-importancia-economica

Departamento Nacional de Planeación. (2018). *Indice Municipal de Riesgo Ajustado po Capacidades*. DADS.

Departamento Nacional de Planeación. (2019a). Ficha de Caracterización Territorial, Buenaventura, Valle del Cauca. *Territata.dnp.gov.co*, pp. 1-25. Recuperado de https://territata.dnp.gov.co/index-app.html#/perfiles

Departamento Nacional de Planeación. (2019b). Ficha de Caracterización Territorial, Cali, Valle del Cauca. *Territata.dnp.gov.co*, pp. 1-27. Recuperado de https://territata.dnp.gov.co/index-app.html#/perfiles

Departamento Nacional de Planeación. (2019c). Ficha de Caracterización Territorial, Cartago, Valle del Cauca. *Territata.dnp.gov.co*, pp. 1-25. Recuperado de https://territata.dnp.gov.co/index-app.html#/perfiles

Departamento Nacional de Planeación. (2019d). Ficha de Caracterización Territorial, Guadalajara de Buga, Valle del Cauca. *Territata.dnp.gov.co*, pp. 1-25. Recuperado de https://territata.dnp.gov.co/index-app.html#/perfiles

Departamento Nacional de Planeación. (2019e). Ficha de Caracterización Territorial, La merced, Caldas. *Territata.dnp.gov.co*, pp. 1-25. Recuperado de https://territata.dnp.gov.co/index-app.html#/perfiles

Departamento Nacional de Planeación. (2019f). Ficha de Caracterización Territorial, La Tebaida,

Quindío. *Territdata.dnp.gov.co*, pp. 1-25. Recuperado de https://territdata.dnp.gov.co/index-app.html#/perfiles

Departamento Nacional de Planeación. (2019g). Ficha de Caracterización Territorial, Palmira, Valle del Cauca. *Territdata.dnp.gov.co*, pp. 1-25. Recuperado de https://territdata.dnp.gov.co/index-app.html#/perfiles

Departamento Nacional de Planeación. (2019h). Ficha de Caracterización Territorial, Tuluá, Valle del Cauca. *Territdata.dnp.gov.co*, pp. 1-25. Recuperado de https://territdata.dnp.gov.co/index-app.html#/perfiles

Departamento Nacional de Planeación. (2019i). Ficha de Caracterización Territorial, Yumbo, Valle del Cauca. *Territdata.dnp.gov.co*, pp. 1-26. Recuperado de https://territdata.dnp.gov.co/index-app.html#/perfiles

Departamento Nacional de Planeación. (2019j). Ficha de Caracterización Territorial, Zarzal, Valle del Cauca. *Territdata.dnp.gov.co*, pp. 1-23. Recuperado de https://territdata.dnp.gov.co/index-app.html#/perfiles

Empresa Oficial de Servicio Públicos de Yumbo ESPY. (2017). *Plan Estrategico De Gestion Y Resultados 2016*.

Escobar Perez, J., & Cuervo Martinez, Á. (2008). Validez De Contenido Y Juicio De Expertos : Una. *Avances en Medición*, (6), 27-36.

Estrada, J. L. (2011). *PUERTOS SECOS Y GENERACIÓN DE VALOR PARA LAS CARGAS DEL COMECIO INTERNACIONAL* (pp. 1-32). pp. 1-32. Lima, perú: ESTRADAPORTCONSULTING.

Faxas Gúzman, J., & Guerrero Liquet, G. (2015). Análisis de Toma de Decisión con AHP/ANP de Energías Renovables en República Dominicana. *Anuario de jóvenes Inóvenes Investigadores*, *8*, 27-29.

Ge-Feng, J., Guang-Bin, C., Yi-Jun, L., & Wen-Guo, A. (2008). Study on the location of the rail/road intermodal terminals under fuzzy. *2008 International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, WiCOM 2008*, 1-5. https://doi.org/10.1109/WiCom.2008.1638

Gobernación Valle del Cauca. (2014). *Criminalidad por Municipios en el Departamento del Valle del Cauca*. Valle del Cauca.

Grajales Quintero, A., Serrano Moya, E. D., & Hahn Von-H, C. M. (2013). Los Métodos Y Procesos Multicriterio Para La Evaluación. *Luna Azul*, (36), 285-306. https://doi.org/10.17151/luaz.2013.36.14

Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. (2017). *Comportamiento del Homicidio en Colombia Año 2017*. Colombia: Instituto Nacional De Medicina Legal y Ciencias Forenses.

Instituto nacional de vías INVIAS. (2016). *Serie histórica de tránsito promedio diario INVIAS*. Recuperado de https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/6609-serie-historica-de-transito-promedio-diario-actualizada-tpd-2016-publicacion

Invest Pacific, & Ey. (2018). Guia de inversion en el Valle del Cauca. *Guia*. Recuperado de www.investpacific.org/guiadeinversion

Ka, B. (2011). Application of fuzzy AHP and ELECTRE to China dry port location selection. *Asian Journal of Shipping and Logistics*, *27*(2), 331-353. https://doi.org/10.1016/S2092-5212(11)80015-5

Latorre Herrada, J., & Villegas Solano, J. C. (2017). Anuario Guadalajara De Buga Informacion Estadistica Año 2017. *Alcaldia Municipal de Guadalajara de Buga*, (6), 1-418. Recuperado de https://guadalajaradebugavalledelcauca.micolombiadigital.gov.co/sites/guadalajaradebugavalledelcauca/content/files/000112/5556_anuario-presente18.pdf

Leal, E., & Perez Salas, G. (2009). Plataformas Logísticas : Elementos Conceptuales. *Cepal*, 4.

Lv, R. S., & Li, C. (2009). Analysis on location selection of dry ports based on ANP. *IE and EM 2009 - Proceedings 2009 IEEE 16th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 638-641. https://doi.org/10.1109/ICIEEM.2009.5344511

Nguyen, L. C., & Notteboom, T. (2016). A Multi-Criteria Approach to Dry Port Location in Developing Economies with Application to Vietnam. *Asian Journal of Shipping and Logistics*, *32*(1), 23-32. https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2016.03.003

Norman, A. (2017). *Anuario Educativo del Municipio de Santiago de Cali*. Santiago de Cali: Alcaldía de Santiago de Cali.

Olarte, A. M. M. (2016). *Plan Territorial de Salud 2016-2019 Tuluá*. Tuluá, Valle del Cauca: Alcaldía de Tuluá.

Patricia, R., & Giraldo, B. (2016). *Plan de Desarrollo La tebaida*. La Tebaida, Quindío: Alcaldía de la Tebaida.

Pons, A. (2008). Localizaciones Óptimas para Puertos Secos (Universitat Politécnica de Catalunya). Recuperado de https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/5917

Rodriguez, J., Avalos, V., & Harrar de Dienes, A. (2012). *TÉCNICAS DE DECISIÓN MULTICRITERO; APLICACIÓN DEL PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO (AHP) PARA EL DESARROLLO Y LA SELECCIÓN DE FORMULACIONES DE GALLETAS SIN AZÚCAR* (pp. 11-13). pp. 11-13. Caracas, Venezuela.

Roso, V., Woxenius, J., & Lumsden, K. (2009). The dry port concept: connecting container seaports with the hinterland. *Journal of Transport Geography*, *17*(5), 338-345. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2008.10.008

Transportation infraestruture & Logistics. (2013). *Indicadores logísticos en Centros Urbanos*. Departamento Nacional de Planeación.

Tafernaberri, E. (2018). *Desarrollo de metodología de decisión multicriterio ANP en la gestión de proveedores : integración de selección , evaluación y desarrollo de*. Universitat politecnica de valecia.

Taha, H. A. (2004). Investigación de operaciones. En G. Trujano (Ed.), *Manual práctico de*

investigación de Operaciones I (7.ª ed.). https://doi.org/10.2307/j.ctvdf0jz0.5

Vallejo Angel, J. G., & Aguilar Moreno, J. (2017). *Infome Demográfico, Económico y Social de la Región Área de Influencia de la Cámara de Comercio de Tuluá* (pp. 1-39). pp. 1-39. Tuluá, Valle del Cauca: Cámara de Comercio Tuluá.

Vidal, C. J. C. J., Bravo, J. J., Cajiao, E., Meza, P. P., Arango, S., Franco, D., … Hern, J. (2012). *Guía metodológica para la priorización de proyectos: un enfoque aplicado a la infraestructura, la logística y la conectividad.* (I. Murgueitio, Ed.). Cali, Valle del Cauca: Editorial Javeriano.

Villa Duque, D. I., & Campuzano Marín, D. C. (2017). Infraestructura logística en Colombia: actualidad y propósitos en transporte multimodal para la competitividad y el bienestar social. *Biblioteca USB Medellín (San Benito): CD-4064t*. Recuperado de http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/4221/1/Infraestructura_Logistica_Colombia_Villa_2017.pdf%0Ahttp://www.bibliotecadigital.usb.edu.co/handle/10819/4221

Wang, C. H., & Wei, J. Y. (2009). Research on the dry port location of Tianjin Port based on analytic network process. *2008 International Seminar on Business and Information Management, ISBIM 2008*, *1*, 75-78. https://doi.org/10.1109/ISBIM.2008.74

Wang, Y., & Wang, J. (2010). The optimal location of dry port: A case study of the hinterland of Western Side of the Taiwan Straits Port Group. *Proceedings - 2010 IEEE 17th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, IE and EM2010*, 1864-1868. https://doi.org/10.1109/ICIEEM.2010.5645910

WEBGRAFÍA

Agencia Nacional de Infraestructura. (02 de Agosto de 2019). *Sitio oficial de la ANI*. Obtenido de CORREDOR FÉRREO BUENAVENTURA – LA TEBAIDA (RED FERREA DEL PACIFICO): https://www.ani.gov.co/proyecto/ferreo/corredor-ferreo-buenaventura-la-tebaida-red-ferrea-del-pacifico-21811

Alcaldía de Buenaventura. (2016). *Sitio web oficial de la Alcaldía de Buenaventura, Valle del Cauca*. Obtenido de Información general: http://www.buenaventura.gov.co/articulos/informacion-general

Alcaldía de La Tebaida Quindío. (21 de Diciembre de 2015). *Sitio Web oficial La Tebaida*. Obtenido de https://www.quindio.gov.co/la-tebaida

Alcaldía de Santiago de Cali. (28 de junio de 2017). *Sitio Oficial Alcaldía de Santiago de Cali*. Obtenido de Datos de Cali y el Valle del Cauca: http://www.cali.gov.co/gobierno/publicaciones/227/datos_de_cali_y_el_valle_del_cauca/

Alcaldía Municipal de Cartago . (30 de Julio de 2019). *Sitio Oficial Municipio de Cartago Valle del Cauca*. Obtenido de http://www.cartago.gov.co/

Alcaldía Municipal de La Merced Caldas. (24 de Abril de 2018). *Nuestro Municipio*. Obtenido de http://www.lamerced-caldas.gov.co/municipio/nuestro-municipio

Alcaldía Municipal de Palmira. (junio de 2016). *Alcaldía Municipal de Palmira Valle del Cauca*. Obtenido de Plan de Desarrollo 2016-2019: https://www.palmira.gov.co/gobierno/plan-de-desarrollo-2016-2019

Alcaldía Municipal de Palmira. (02 de Agosto de 2019). *Sitio Web Oficial Alcaldía de Palmira Valle del Cauca*. Obtenido de Boletín de Prensa: http://www.palmira.gov.co/

Alcaldía Municipal de Palmira. (09 de agosto de 2019). *Sitio web oficial de la Alcaldía Municipal de Palmira Valle del Cauca*. Obtenido de Información General de Palmira: https://www.palmira.gov.co/enlaces-de-interes/informacion-general-de-palmira

Alcaldía Municipal de Santiago de Cali. (13 de abril de 2015). *Sitio web Oficial de la Alcadía Municiapal de Santiago de Cali, Valle del Cauca*. Obtenido de Economía de Cali: http://www.cali.gov.co/informatica/publicaciones/106110/economia_de_cali/

Alcaldía Municipal de Tuluá. (01 de agosto de 2019). *Sitio Web Oficial de la Alcaldía Municipal de Tuluá Valle del Cauca*. Obtenido de Tuluá Enamora: https://www.tulua.gov.co/

Alcaldía Municipal de Yumbo. (08 de agosto de 2019). *Sitio web oficial de la Alcaldía de Yumbo Valle del cauca*. Obtenido de Economía: http://www.yumbo.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Economia.aspx

Alcaldía Municipal de Yumbo. (20 de agosto de 2019). *Sitio web oficial de la Alcaldía Municipal de Yumbo*. Obtenido de http://www.yumbo.gov.co/Paginas/default.aspx

Alcaldía Municipal de Zarzal. (25 de julio de 2018). *Alcaldía Municipal de Zarzal Valle del Cauca*. Obtenido de Quienes somos: http://www.zarzal-valle.gov.co/municipio/nuestro-municipio

Alcaldía Municipal Santiago de Cali. (16 de diciembre de 2014). *Sitio oficial Alcaldía Municipal de Santiago de Cali, Valle del Cauca*. Obtenido de Infraestructura de Cali: http://www.cali.gov.co/informatica/publicaciones/106111/infraestructura_de_cali/

CAFZ. (02 de agosto de 2019). *Sitio Oficial CARIBBEAN ASSOCIATED FREE ZONES SAS*. Obtenido de https://cafz.co/cali/

Cámara de Comercio Buga. (01 de agosto de 2019). *Sitio oficial Cámara de Comercio Guadalajara de Buga*. Obtenido de Guía de Inversiones: https://www.ccbuga.org.co/guia_de_inversiones/

Cámara de Comercio Cali. (marzo de 2013). *Sitio web oficial Cámara de Comercio Cali*. Obtenido de En Cali hay siete ríos que reclaman atención urgente: https://www.ccc.org.co/revista-accion-ccc/en-cali-hay-siete-rios-que-reclaman-atencion-urgente/

Cámara de Comercio Cali. (septiembre de 2013). *Sitio web oficial Cámara de Comercio de Cali*. Obtenido de Malla víal: Estratégica para la competitividad: https://www.ccc.org.co/revista-accion-ccc/malla-vial-estrategica-para-la-competitividad/

Cámara de Comercio Tuluá. (22 de enero de 2016). *Sitio oficial Cámara de Comercio Tuluá*. Obtenido de Área De influencia Tuluá: https://camaratulua.org/area_influencia/tulua/

Cardona, l. e. (27 de marzo de 2017). *El País*. Obtenido de https://www.elpais.com.co/cali/avanza-en-la-carrera-para-graduarse-como-ciudad-universitaria.html

Colombian Paradise. (02 de agosto de 2019). *Ecoturismo en los Parques Nacionales Naturales de Colombia*. Obtenido de http://www.colombianparadise.com/destinos/buenaventura.html

Doomos Colombia. (22 de agosto de 2019). *Doomos Colombia*. Obtenido de http://www.doomos.com.co/de/4878071_venta-finca--en-la-merced-caldas.html

Doomos Colombia. (22 de Agosto de 2019). *Doomos Colombia*. Obtenido de http://www.doomos.com.co/de/4826150_733883ca-finca-hcda-la-merced-caldas.html

Fundación Progresamos. (2018). *Anuario Estadístico Alcandía Municipal de Palmira 2018*. Obtenido de https://fundacionprogresamos.org.co/anuarios_estadisticos/palmira/anuario_2018/inicio.html

Futuros Científicos. (08 de agosto de 2019). *Guía Académica de Educación Superior*. Obtenido de http://www.ofecfuturoscientificos.com/Gu%C3%ADa_Acad%C3%A9mica_de_las_mejores_Cali_y_Valle.html

Gremio Inmoviliario de Medellín y Antioquia. (22 de agosto de 2019). *La Lonja*. Obtenido de Metodología de Avalúos: https://www.lonja.org.co/avaluos/#toggle-id-3

Marín, B. C. (01 de Agosto de 2019). *Identidad Cultural de Tuluá*. Obtenido de https://sites.google.com/site/identidadculturaldetulua/home/resultados

Mercadolibre Colombia Ltda. (22 de agosto de 2019). *Mercadolibre*. Obtenido de https://casa.mercadolibre.com.co/MCO-475607004-casa-lote-salamina-caldas-_JM

Metrocuadrado.com. (22 de agosto de 2019). *Inmuebles en venta o arriendo en Colombia*. Obtenido de https://www.metrocuadrado.com/inmueble/venta-lote-o-casalote-la-tebaida/165-1075582

Metrocuadrado.com. (22 de agosto de 2019). *Inmuebles en venta o arriendo en Colombia*. Obtenido de https://www.metrocuadrado.com/inmueble/venta-lote-o-casalote-la-tebaida/165-152067

Metrocuadrado.com. (22 de agosto de 2019). *Inmuebles en Venta o arriendo en Colombia*. Obtenido de https://www.metrocuadrado.com/inmueble/venta-lote-o-casalote-la-tebaida/10322-1134205

Metrocuadrado.com. (22 de agosto de 2019). *inmuebles en venta y arriendo en Colombia*. Obtenido de https://www.metrocuadrado.com/inmueble/venta-lote-o-casalote-palmira/MC2489227

Metrocuadrado.com. (22 de agosto de 2019). *Inmuebles en venta y arriendo en Colombia*. Obtenido de https://www.metrocuadrado.com/inmueble/venta-lote-o-casalote-cartago/10278-49024

Metrocuadrado.com. (22 de agosto de 2019). *Inmuebles en venta y arriendo en Colombia*. Obtenido de https://www.metrocuadrado.com/inmueble/venta-lote-o-casalote-cartago/10927-10522

Metrocuadrado.com. (22 de agosto de 2019). *Inmuebles en venta y arriendo en Colombia*. Obtenido de https://www.metrocuadrado.com/inmueble/venta-lote-o-casalote-tulua/840-825

Metrocuadrado.com. (22 de agosto de 2019). *Inmuebles en venta y arriendo en Colombia*. Obtenido de https://www.metrocuadrado.com/inmueble/venta-lote-o-casalote-tulua/10917-1427225

Metrocuadrado.com. (22 de agosto de 2019). *Inmuebles en venta y arriendo en Colombia*. Obtenido de https://www.metrocuadrado.com/inmueble/venta-lote-o-casalote-buga/10917-1354260

Metrocuadrado.com. (22 de agosto de 2019). *Inmuebles en venta y arriendo en Colombia*. Obtenido de https://www.metrocuadrado.com/inmueble/venta-lote-o-casalote-buga/860-6089

Metrocuadrado.com. (22 de agosto de 2019). *Inmuebles en venta y arriendo en Colombia*. Obtenido de https://www.metrocuadrado.com/inmueble/venta-lote-o-casalote-buga/10697-M2486974

Metrocuadrado.com. (22 de agosto de 2019). *Inmuebles en venta y arriendo en Colombia*. Obtenido de https://www.metrocuadrado.com/inmueble/venta-lote-o-casalote-palmira/2388-6463

Metrocuadrado.com. (22 de agosto de 2019). *Inmuebles en venta y arriendo en Colombia*. Obtenido de https://www.metrocuadrado.com/inmueble/venta-lote-o-casalote-palmira/242-4442751

Metrocuadrado.com. (22 de agosto de 2019). *Inmuebles en venta y arriendo en Colombia*. Obtenido de https://www.metrocuadrado.com/inmueble/venta-lote-o-casalote-cali-menga/10917-1319542

Metrocuadrado.com. (22 de agosto de 2019). *Inmuebles en venta y arriendo en Colombia*. Obtenido de https://www.metrocuadrado.com/inmueble/venta-lote-o-casalote-cali-tejares-cristales/860-6034

Metrocuadrado.com. (22 de agosto de 2019). *Inmuebles en venta y arriendo en Colombia*. Obtenido de https://www.metrocuadrado.com/inmueble/venta-lote-o-casalote-cali-el-penon/860-6225

Metrocuadrado.com. (22 de agosto de 2019). *Inmuebles en venta y arriendo en Colombia*. Obtenido de https://www.metrocuadrado.com/inmueble/venta-lote-o-casalote-yumbo/10917-1443152

Metrocuadrado.com. (22 de agosto de 2019). *Inmuebles en venta y arriendo en Colombia*. Obtenido de https://www.metrocuadrado.com/inmueble/venta-lote-o-casalote-yumbo/860-6752

Metrocuadrado.com. (22 de agosto de 2019). *Inmuebles en venta y arriendo en Colombia*. Obtenido de https://www.metrocuadrado.com/inmueble/venta-lote-o-casalote-yumbo/10917-1458751

Metrocuadrado.com. (22 de agosto de 2019). *Inmuebles en venta y arriendo en Colombia*. Obtenido de https://www.metrocuadrado.com/inmueble/venta-lote-o-casalote-buenaventura/9947-10403356

Metrocuadrado.com. (22 de agosto de 2019). *Inmuebles en venta y arriendo en Colombia*. Obtenido de https://www.metrocuadrado.com/inmueble/venta-lote-o-casalote-buenaventura/835-11417

Metrocuadrado.com. (22 de agosto de 2019). *Inmuebles en venta y arriendo en Colombia*. Obtenido de https://www.metrocuadrado.com/inmueble/venta-lote-o-casalote-buenaventura/2592-334

Metrocuadrado.com. (22 de agosto de 2019). *Inmuebles y arriendo en Colombia*. Obtenido de https://www.metrocuadrado.com/inmueble/venta-lote-o-casalote-tulua/10917-1258996

Muñóz Sanchez, R., Marmolejo Cruz, A., García Londoño, S., & Velanda Marín, A. E. (2018). *Yumpu.com*. Obtenido de Informe estadístico Tuluá 2017: https://www.yumpu.com/es/document/read/62280025/informe-estadistico-municipio-de-tulua-2017-tulua-datos

Olx.com. (22 de agosto de 2019). *Venta de lotes*. Obtenido de https://cartago.olx.com.co/vendo-lote-urbano-en-cartago-iid-1060191385

Olx.com. (22 de agosto de 2019). *Venta de lotes*. Obtenido de https://zarzal.olx.com.co/lote-en-condominio-campestre-zarzal-valle-iid-741235056

Olx.com. (agosto de 22 de 2019). *Venta de lotes*. Obtenido de 2019

Olx.com. (22 de agosto de 2019). *Venta del lotes*. Obtenido de https://zarzal.olx.com.co/hermosos-lotes-en-vallejuelo-entre-armenia-y-zarzal-iid-1003096000

Quindío Zona Franca. (01 de Agosto de 2019). *Sitio Oficial Zona Franca del Quindío*. Obtenido de Quienes Somos: https://www.quindiozonafranca.com/que-hacemos/

Revista Semana. (15 de septiembre de 2017). *Semana Sostenible*. Obtenido de https://sostenibilidad.semana.com/medio-ambiente/articulo/en-el-valle-la-contaminacion-es-hecha-en-yumbo/38652

SIGESI-eGOV. (01 de Agosto de 2019). *Sistema de Gestión Social Integral del Valle del Cauca*. Obtenido de Plan de Desarrollo Buga: http://sis.valledelcauca.gov.co/plan-desarrollo/buga

Universidad Corporativa de Colombia. (30 de Julio de 2019). *Sitio web oficial Universidad Corporativa de Colombia*. Obtenido de Reseña Histórica de Cartago: https://www.ucc.edu.co/internacionalizacion/Paginas/cartago.aspx

Villa Duque , D. I., & Campuzano Marín, D. C. (2017). *Biblioteca digital universidad San Buenaventura*. Obtenido de http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/4221/1/Infraestructura_Logistica_Colombia_Villa_2017.pdf