



*Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos,
Canales y Puertos.*
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



ANÁLISIS SOCIO- ECONÓMICO DE UN PROYECTO FERROVIARIO INTERNACIONAL. APLICACIÓN A LA LÍNEA ADDIS ABEBBA - YIBUTI

Trabajo realizado por:

Sergio García Monroy

Dirigido:

Rogelio Olavarri Fernández (UC)

Saúl Torres Ortega (UC)

Amakoé ADOLEHOUME (ENPC)

Titulación:

**Máster Universitario en
Ingeniería de Caminos, Canales y
Puertos**

Santander, enero de 2018

TRABAJO FINAL DE MASTER

ANÁLISIS SOCIO-ECONÓMICO DE UN PROYECTO FERROVIARIO INTERNACIONAL. APLICACIÓN A LA LÍNEA ADDIS ABEBA – YIBUTI

Alumno: Sergio García Monroy

Tutores: Rogelio Olavarri Fernández y Saúl Torres Ortega (UC)

Amakoé ADOLEHOUME (ENPC)

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Santander
Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos
Santander, enero 2018

RESUMEN

“Análisis socio-económico de un proyecto ferroviario internacional. Aplicación a la línea Addis Abeba – Yibuti”

Autor: Sergio García Monroy

Directores: Rogelio Olavarrí Fernández y Saúl Torres Ortega (Universidad de Cantabria) y Amakoe ADOLEHOUME (École des Ponts ParisTech)

Convocatoria: Santander, enero 2018

Palabras clave: análisis coste-beneficio, análisis socio-económico, rentabilidad, inversión, indicador de rentabilidad, VAN (Valor Actualizado Neto), variables críticas, análisis de sensibilidad, análisis de escenarios, análisis de riesgo, transporte ferroviario, Etiopía, Yibuti.

RESUMEN

África es un continente en plena expansión económica. Su gran cantidad de recursos naturales y la creciente estabilidad política de la región están consiguiendo que se desarrolle a ritmos muy elevados. Etiopía es el más claro ejemplo de esta tendencia, con tasas de crecimiento superiores al 10% anual durante gran parte de la última década.

Con una población de alrededor de 100 millones de personas, Etiopía es el segundo país más poblado de África después de Nigeria. Cuenta con una historia extensa y ha tenido épocas de esplendor en el pasado que han dejado vestigios patrimoniales de gran valor. Además, fue el único territorio junto a Liberia que no sucumbió a los embistes colonialistas de las potencias europeas en el siglo XIX. Actualmente, tiene un peso político importante pues su capital, Addis Abeba, es sede de la Unión Africana, la más importante asociación política del continente, la Cámara de Comercio et Industria Panafricana y de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para África.

Sin embargo, Etiopía es hoy uno de los países más pobres y menos desarrollados del mundo. De acuerdo con el Índice de Competitividad de Crecimiento del Foro Económico Mundial, Etiopía ocupa el lugar 119 entre 133 países. Su economía se basa en la agricultura, representando el 45% de su PIB, el 80% de las exportaciones y el 80% del empleo total. Las principales fuentes de comercio exterior son el café, las flores, las semillas oleaginosas, los cereales y el cuero y presente un importante desajuste en su balanza de pagos.

Su territorio es extenso y su orografía escarpada en su mayor parte. No existen vías navegables importantes en su territorio aparte del Nilo Azul y ha sufrido sequías devastadoras en los últimos años que han tenido consecuencias graves. El transporte

entre regiones y con sus vecinos es complicado y escaso. Es notable su falta de infraestructura, que genera impedimentos al desarrollo y a la reducción de la pobreza. Esta carestía se debe en parte a su baja capacidad de financiación de los proyectos, producida por una economía informal de gran magnitud.

Para superar las deficiencias económicas el Gobierno de Etiopía puso en marcha el Plan de Crecimiento y Transformación que pretendía sentar las bases de un camino decidido al desarrollo. En él se contemplan varios ejes estratégicos entre los que destacan las inversiones en grandes proyectos de infraestructura que permitan al país emprender la senda del progreso. Estos proyectos se financiarían gracias a la ayuda exterior de nuevos actores internacionales, en especial China, que dibujan un nuevo mapa de intereses y equilibrios de poder.

Uno de los ejes más importantes económica y estratégicamente es el transporte. Etiopía es un país sin salida al mar y con altos costes logísticos. Adicionalmente, las relaciones con su país vecino, Eritrea, son conflictivas y por lo tanto ha de concentrar sus esfuerzos de comercio con Yibuti. Este dispone de un puerto que procesa la inmensa mayoría del comercio internacional de Etiopía y ha sido un socio comercial durante muchos años.

La antigua línea de ferrocarril construida a principios del siglo XX que unía las capitales de ambas ciudades sufrió el desdén de las autoridades y, con la reducción de los costes de transporte por carretera, la línea quedó abocada al fracaso. En el año 2008 cesó sus operaciones y tras varios intentos de rehabilitar la línea, el Gobierno decidió tomar un nuevo enfoque y construir una nueva línea electrificada. Para ello contaría con el apoyo de China, con gran interés en la región y que dispone de financiación suficiente para el proyecto y otras inversiones en infraestructura en el país.

Finalmente, la construcción comenzó a finales del año 2011 y se espera que entre en operación en enero de 2018. Para entonces, Etiopía pretende recuperar antiguos niveles de protagonismo en la región a través del comercio y pretende abanderar esa lucha con este proyecto estrella.

La construcción no ha sido sencilla y numerosas incógnitas todavía se ciernen sobre el proyecto. La falta de datos oficiales impide que se conozcan los impactos concretos que tendrá la línea en el futuro del país. Por esta razón se ha planteado la realización de una evaluación socioeconómica del proyecto mediante la metodología del análisis coste-beneficio que analice los costes, los ingresos y los impactos presentes y futuros de la línea.

Al comienzo de este estudio se presentan los objetivos principales como la evaluación del análisis coste beneficio y su aplicación al proyecto de ferrocarril Addis Abeba – Yibuti. El primero se traduce en un análisis pormenorizado de los aspectos más importantes de la metodología y el segundo se concretó en la utilización de esta metodología para retratar todos los aspectos del proyecto.

Los objetivos secundarios planteados también se atienden. Se comienza proporcionando un detallado análisis del contexto que ha profundizado el conocimiento

de la región y los antecedentes al proyecto proporcionando un marco adecuado para la comprensión de la situación durante toda la vida del proyecto. Se concluye que es un contexto político difícil, con cierta conflictividad regional y se enmarca en una nueva apuesta del Gobierno de Etiopía por el crecimiento apoyándose en China para este objetivo. Se espera que el proyecto habilite una nueva dimensión estratégica del país en la región.

De la descripción del proyecto se deriva que es una infraestructura de alto nivel tecnológico y coste elevado. Se presenta a China como un actor indispensable con un protagonismo absoluto al financiar, construir y operar durante cierto tiempo. Se proveen los datos técnicos necesarios para posteriormente hacer un estudio de los costes e ingresos.

Como último objetivo secundario, los análisis financieros y económicos proporcionan cifras concretas para caracterizar el rendimiento del proyecto. Aunque la perspectiva del proyecto arroje un VANF sobre la inversión negativo de -730,19 millones de dólares y una TIRF sobre la inversión de 8,19%, el hecho de que la mayor parte de la financiación provenga de un crédito con interés bajo, deriva en una inversión rentable desde la perspectiva de la inversión nacional. El punto de vista del Gobierno de Etiopía ofrece una VANF sobre el capital nacional de 482,30 millones de dólares y una TIF sobre el capital nacional de 12,89%, ampliamente por encima del umbral de la rentabilidad. Por su parte, el análisis económico concluye que la inversión repercutirá de manera muy positiva en la sociedad con un VANE de 2156,99 millones de dólares y una TIRE de 15,29%. Finalmente, los análisis de sensibilidad y riesgo confirman que con total seguridad el rendimiento económico de la línea será positivo al final de su vida económica.

Como conclusión final, el análisis coste-beneficio resulta una herramienta de esencial para estudiar el rendimiento de un proyecto en términos monetarios, especialmente desde la perspectiva del inversor y del capital nacional para proyectos de iniciativa pública. Proporciona claros indicadores que permiten la comparación entre alternativas y facilitan la decisión sobre cuál tomar. Por otro lado, el análisis económico resulta útil para monetizar todas las externalidades y traducir los impactos sociales y ambientales. Este análisis, por el contrario, no es del todo preciso y exige un cuidadoso manejo para no incurrir en sobre o subestimaciones.

En concreto para proyectos de transporte, el análisis coste beneficio se adapta bien gracias a la multitud de investigaciones sobre el tema. Muchos de los impactos que hace tan solo unos años eran de muy difícil estimación hoy están disponibles al público. Si bien todos los tipos de análisis se basan en la calidad de las estimaciones y de los datos utilizados en él. Como última reflexión, el análisis coste beneficio no ha de ser considerado como única fuente de información a la hora de acometer un proyecto altamente estratégico. Aspectos como la posicionalidad geopolítica en la región o la apertura de posibles nuevas líneas de transporte con aliados comerciales se mencionan en el análisis, pero no son considerados como primordiales.

ABSTRACT

“Socio-economic analysis of an international railway project. The Addis Ababa – Djibouti case”

Author: Sergio García Monroy

Directors: Rogelio Olavarri Fernández and Saúl Torres Ortega (University of Cantabria) and Amakoe ADOLEHOUME (École des Ponts ParisTech)

Call date: Santander, January 2018

Keywords: cost-benefit analysis, socio-economic analysis, economic performance, investment, performance indicators, NPV (Net Present Value), critical variables, sensitivity analysis, risk analysis, railway transportation, Ethiopia, Djibouti.

ABSTRACT

Africa is a continent in full economic expansion. The large amount of natural resources and the growing stability of the region have led to a very high development rate. With annual growth rates exceeding 10% for much of the last decade, Ethiopia is a clear example of this trend.

With a population of around 100 million people, Ethiopia is the second most populous country in Africa following Nigeria. It has an extensive and impressive history that has lent itself to the rich cultural heritage that they have today. In addition, it is the only territory apart from Liberia that did not succumb to colonization from the European powers in the 19th century. Currently, it has an important political weight as the capital, Addis Ababa, is home to the African Union headquarters, (that creates the most important economic policies on the continent), the Pan-African Chamber of Commerce and Industry and the United Nations Economic Commission for Africa.

However, Ethiopia today is one of the poorest and least developed countries in the world. According to the Growth Competitiveness Index of the World Economic Forum, Ethiopia ranks 119 out of 133 countries. Its economy is based on agriculture, accounting for 45% of its GDP, 80% of exports and 80% of total employment. The main sources of foreign trade are coffee, flowers, oil seeds, cereals and leather. This currently presents a significant discrepancy in their balance of payments.

Ethiopia has extensive territory and steep orography. Other than the Blue Nile, there are no major navigable waterways in its territory. The country has suffered devastating droughts in recent years that have had serious consequences in the population. Transportation between regions and with neighboring countries is complicated and scarce. There is a notable lack of infrastructure, which generates impediments to development and poverty reduction. This shortage is partly due to its low capacity to finance projects, produced by a large informal economy.

To overcome the economic shortcomings, the Government of Ethiopia launched the Growth and Transformation Plan; which was intended to lay the foundations for a determined path to development. It contemplates several strategic axes, among which are the investments in large infrastructure projects that allow the country to take the path of progress. These projects would be financed by foreign aid from new international actors, especially China, who draw a new map of interests and balances of power.

One of the most important economic and strategic axes is transportation. Ethiopia is a landlocked country with high logistics costs. Additionally, relations with its neighboring country, Eritrea, are conflictive and therefore it must concentrate its trade efforts with Djibouti. Djibouti has a port that processes the vast majority of international trade in Ethiopia and has been a trading partner for many years.

The old railway line built in the early 20th century that linked the capitals of Ethiopia and Djibouti suffered the disdain of the authorities and, with the drop in road transport costs, the line was doomed to failure. In 2008, its operations ceased and after several attempts to rehabilitate the line, the Government decided to take a new approach and build a new electrified line. For this project, China provided support and had a great interest in the región. They provided sufficient financing for the project and other additional investments in infrastructure in the country.

Finally construction began at the end of 2011 and it is expected to start operating in January 2018. By then, Ethiopia aims to recover its prominence in the region through trade and aims to champion that fight with this flagship project.

The construction has not been easy and numerous nonentities still hover over the project. The lack of official data prevents anyone from knowing the exact impacts that the line will have on the future of the country. For this reason, it has been proposed to carry out a socioeconomic evaluation of the project using the cost-benefit analysis methodology that analyzes the costs, revenues and current and future impacts of the line.

At the beginning of this study, the main objectives are presented, such as the evaluation of the cost-benefit analysis and its application to the Addis Ababa - Djibouti railway project. The first one translates into a detailed analysis of the most important aspects of the methodology, and the second concretizes the use of this methodology to portray all aspects of the project.

The secondary objectives raised are also addressed. It begins by providing a detailed analysis of the context that deepens the knowledge of the region and the background to the project by providing an adequate framework for understanding the situation throughout the life of the project. It is concluded that it is a difficult political context with some regional conflict and is part of a new commitment of the Government of Ethiopia for growth, relying on China for this purpose. It is expected that the project will enable a new strategic dimension of the country in the region.

From the description of the project it is derived that it is an infrastructure of high technological level and high cost. China is presented as an essential actor with an

absolute role to finance, build and provide technical operations for a given time period. The technical data necessary to later make a study of the costs and revenues is provided.

As the last secondary objective, the financial and economic analysis provides concrete figures to characterize the project's performance. Although the project perspective yields a negative FNPV on investment of US\$ -730.19 million and an FIRR on investment of 8.19%, the fact that most of the financing comes from a credit with low interest relays in a profitable investment from the perspective of national investment. The Government of Ethiopia's point of view offers a FNPV on national capital of US\$ 482.30 million and an FIRR on national capital of 12.89%, noticeably above the profitability threshold. On the other hand, the economic analysis concludes that the investment will have a very positive impact for the society overall with an ENPV of US\$ 2,156.99 million and an EIRR of 15.29%. Finally, the sensitivity and risk analysis confirm that the economic performance of the railway line will reliably be positive at the end of its economic life.

As a final conclusion, the cost-benefit analysis is an essential tool to study the performance of a project in monetary terms, especially from the perspective of the investor and national capital for public initiative projects. It provides clear indicators that allow the comparison between alternatives and facilitate the decision on which to take. On the other hand, economic analysis is useful to monetize all externalities and translate social and environmental impacts. This methodology, however, is not entirely accurate and requires careful management so as not to incur over or underestimate.

In particular, for transport projects, the cost-benefit analysis is well adapted thanks to the multitude of research on the subject. Many of the impacts that were very difficult to estimate a few years ago, are available to the public today. Nonetheless, all types of analysis are based on the quality of the estimates and the data used in it. This one is not an exception.

As a last remark, cost benefit analysis should not be considered as the only source of information when undertaking a highly strategic project. Aspects such as geopolitical positionality in the región, or the opening of possible transportation lines with commercial allies, are mentioned in the analysis but are not reflected in the results. In this case, it is recommended to complement the analysis with a study detailing these impacts.

RÉSUMÉ

**“Analyse socio-économique d’un projet ferroviaire international.
Application au chemin de fer Addis Abeba - Djibouti”**

Auteur : Sergio GARCÍA MONROY

Directeurs : Rogelio OLAVARRI FERNÁNDEZ et Saúl TORRES ORTEGA
(Université de Cantabrie) et Amakoe ADOLEHOUME (École des Ponts ParisTech)

Convocation : Santander, janvier 2018

Mots-clés : analyse coût-avantage, analyse socio-économique, rentabilité, investissement, indicateurs de rentabilité, VAN (Valeur Actuelle Nette), variables critiques, analyse de sensibilité, analyse de risque, transport ferroviaire, Éthiopie, Djibouti.

RÉSUMÉ

L'Afrique est un continent en pleine expansion économique. Sa grande quantité de ressources naturelles et la stabilité politique croissante de la région font qu'elle se développe à un rythme assez élevé. L'Éthiopie est l'exemple le plus clair de cette tendance, avec des taux de croissance annuels de plus de 10% pendant une grande partie de la dernière décennie.

Avec une population d'environ 100 millions de personnes, l'Éthiopie est le deuxième pays le plus peuplé d'Afrique après le Nigeria. Elle a une longue histoire et a connu des périodes de splendeur dans le passé qui ont laissé des traces d'héritage de grande valeur. En outre, elle était le seul territoire avec le Libéria qui n'a pas succombé aux assauts colonialistes des puissances européennes au XIXe siècle. Elle a actuellement un poids politique important car sa capitale, Addis Abeba, est le siège de l'Union Africaine (l'association politique la plus importante du continent), la Chambre de Commerce et l'Industrie Panafricaine et la Commission Economique des Nations Unies pour l'Afrique.

Cependant, l'Éthiopie est aujourd'hui l'un des pays les plus pauvres et les moins développés du monde. Selon l'indice de compétitivité de la croissance du Forum économique mondial, l'Éthiopie se classe 119ème sur 133 pays. Son économie est basée sur l'agriculture, représentant 45% de son PIB, 80% des exportations et 80% de l'emploi total. Les principales sources de commerce extérieur que sont le café, les fleurs, les oléagineux, les céréales et le cuir présentent une disparité significative de leur balance des paiements.

Son territoire est vaste et son orographie abrupte pour la plupart. Il n'y a pas de grands cours d'eau sur son territoire autre que le Nil bleu et les sécheresses dévastatrices au cours des dernières années ont eu des conséquences graves. Le

transport entre les régions et avec leurs voisins est compliqué et rare. Il y a un manque notable d'infrastructures, ce qui engendre des obstacles au développement et à la réduction de la pauvreté. Cette pénurie est en partie due à sa faible capacité à financer des projets, produits par une grande économie informelle.

Pour remédier aux insuffisances économiques, le gouvernement éthiopien a lancé le Plan de croissance et de transformation qui cherche à jeter les bases d'un chemin de fort développement. Il envisage plusieurs axes stratégiques parmi lesquels les investissements dans de grands projets d'infrastructure qui permettent au pays de suivre la voie du progrès. Ces projets seront financés grâce à l'aide étrangère des nouveaux acteurs internationaux, en particulier la Chine, qui dessinent une nouvelle carte des intérêts et d'équilibre des pouvoirs.

L'un des axes économiques et stratégiques les plus importants est le transport. L'Éthiopie est un pays enclavé avec des coûts logistiques élevés. De plus, les relations avec son pays voisin, l'Érythrée, sont conflictuelles et, par conséquent, elle doit concentrer ses efforts commerciaux avec Djibouti. Elle possède un port qui assure la grande majorité du commerce international en Éthiopie avec qui elle a un partenariat commercial depuis de nombreuses années.

L'ancienne ligne de chemin de fer construite au début du XXe siècle qui reliait les capitales des deux villes subissait le mépris des autorités et, avec la réduction des coûts du transport routier, la ligne était vouée à l'échec. En 2008, ses opérations ont cessé et après plusieurs tentatives de réhabilitation de la ligne, le gouvernement a décidé d'adopter une nouvelle approche et de construire une nouvelle ligne électrifiée. Pour cela, il aurait le soutien de la Chine, pays avec un grand intérêt dans la région et qui dispose d'un financement suffisant pour le projet et pour d'autres investissements dans les infrastructures du pays.

Enfin, la construction a commencé à la fin de l'année 2011 et l'opération devrait commencer en janvier 2018. La construction n'a pas été facile et de nombreuses inconnues planent encore sur le projet. Le manque de données officielles empêche de connaître les impacts concrets que la ligne aura sur l'avenir du pays. Pour cette raison, il a été proposé de réaliser une évaluation socio-économique du projet en utilisant la méthodologie d'analyse coûts-avantages qui analyse les coûts, les revenus et les impacts actuels et futurs de la ligne. Des indicateurs économiques seront fournis pour aider à décider de la rentabilité de l'investissement en termes monétaires.

Dans l'introduction de cette étude, les principaux objectifs sont présentés. Il s'agit essentiellement de l'évaluation de l'analyse coûts-avantages et son application au projet ferroviaire Addis-Abeba-Djibouti. Le premier se traduit par une analyse détaillée des aspects les plus importants de la méthodologie, et le second par l'utilisation de cette méthodologie pour décrire tous les aspects du projet.

Les objectifs secondaires sont également abordés, fournissant une analyse détaillée du contexte qui permet d'approfondir la connaissance de la région et des antécédents du projet en fournissant un cadre adéquat pour comprendre la situation tout au long de la vie du projet. Nous retenons que le contexte politique est assez difficile,

avec quelques conflits régionaux. Néanmoins, ce projet fait partie d'un nouvel engagement du gouvernement de l'Éthiopie pour la croissance, s'appuyant sur la Chine à cette fin. Il est prévu que le projet apportera une nouvelle dimension stratégique au pays dans la région.

Dans la description du projet, il est mentionné qu'il s'agit d'une infrastructure de haut niveau technologique et de coût élevé. La Chine, principal acteur, assure le financement, la construction et l'exploitation pour une durée déterminée de ce projet. Cette section fournit les données nécessaires pour faire ultérieurement une étude des coûts et des revenus.

Comme dernier objectif secondaire, les analyses financières et économiques ont fourni des chiffres concrets pour caractériser la performance du projet. Bien que la perspective du projet donne une VAN financière sur l'investissement négative de -730,19 millions de dollars et un TRI sur l'investissement de 8,19%, le fait que la plupart du financement provient d'un crédit à faible taux d'intérêt, dérive dans un investissement rentable du point de vue de l'investissement national. Le point de vue du gouvernement éthiopien offre une VAN financière sur le capital national de 482,30 millions de dollars et un TRI sur le capital national de 12,89%, largement supérieur au seuil de rentabilité. D'autre part, l'analyse économique conclut que l'investissement aura un impact très positif sur la société avec une VAN économique de 2 156,99 millions de dollars et un TIR économique de 15,29%. Enfin, les analyses de sensibilité et de risque confirment qu'avec une sécurité totale, la performance économique de la ligne sera positive à la fin de sa vie économique.

En conclusion, l'analyse coût-avantage est un outil essentiel pour étudier la performance d'un projet en termes monétaires, en particulier du point de vue de l'investisseur et du capital national pour les projets d'initiative publique. Il fournit des indicateurs clairs qui permettent la comparaison entre les alternatives et facilitent la prise de décision. D'un autre côté, l'analyse économique est utile pour monétiser toutes les externalités et traduire les impacts sociaux et environnementaux. D'autre part, cette analyse n'est pas tout à fait exacte et nécessite une gestion prudente pour ne pas encourir trop de sous-estimations.

En particulier pour les projets de transport, l'analyse coût-avantage est bien adaptée grâce à la multitude de recherches sur le sujet. Alors que tous les types d'analyse sont basés sur la qualité des estimations et les données utilisées.

En dernier lieu, l'analyse coût-avantage ne devrait pas être considérée comme la seule source d'information lors de l'exécution d'un projet hautement stratégique. Des aspects tels que la position géopolitique dans la région ou l'ouverture de nouvelles lignes de transport possibles avec des alliés commerciaux sont mentionnés dans l'analyse, mais ne sont pas considérés comme primordiaux. Pour ce type de projets, qui coïncident souvent avec de grands projets d'infrastructure, il est recommandé de compléter l'analyse par une étude détaillant ces impacts.

TABLA DE CONTENIDOS

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUCCIÓN | 20 |
| 1.1 | Objetivos | 21 |
| 2 | ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO | 23 |
| 2.1 | Definición | 23 |
| 2.2 | Objetivos | 23 |
| 2.3 | Teoría económica del ACB | 24 |
| 2.3.1 | Coste de oportunidad, coste de capital y tasa de descuento | 24 |
| 2.3.2 | Inflación | 25 |
| 2.3.3 | Precios sombra y factor de conversión | 25 |
| 2.3.4 | Externalidades | 28 |
| 2.3.5 | Bienes públicos y bienes colectivos privados | 29 |
| 2.3.6 | Eficiencia económica y criterio de Pareto | 31 |
| 2.3.7 | Criterio de Kaldor-Hicks | 33 |
| 2.4 | Principios generales del ACB | 34 |
| 2.4.1 | Período de análisis | 34 |
| 2.4.2 | Línea de base y alternativas | 35 |
| 2.4.3 | Análisis de sensibilidad y riesgo | 35 |
| 2.4.4 | Valor residual | 36 |
| 2.5 | Debilidades del modelo | 37 |
| 2.6 | Análisis Coste-Beneficio en proyectos de transporte | 38 |
| 2.7 | Metodología | 39 |
| 2.7.1 | Descripción del contexto | 41 |
| 2.7.2 | Definición de los objetivos | 41 |
| 2.7.3 | Identificación del proyecto | 42 |
| 2.7.4 | Viabilidad técnica y sostenibilidad ambiental | 42 |
| 2.7.5 | Análisis financiero | 43 |
| 2.7.6 | Análisis económico | 47 |
| 2.7.7 | Evaluación de riesgos | 51 |
| 3 | CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROYECTO | 52 |
| 3.1 | Introducción de la región | 52 |
| 3.1.1 | La microrregión del cuerno de África | 52 |
| 3.1.2 | Noreste de África | 53 |
| 3.1.3 | Reseña de Etiopía | 55 |
| 3.1.4 | Reseña de Yibuti | 56 |
| 3.1.5 | Inestabilidad en la región | 57 |
| 3.2 | Transporte en la región | 58 |
| 3.2.1 | Transporte en Etiopía | 58 |
| 3.2.2 | Transporte en Yibuti | 68 |

| | | |
|------------|--|------------|
| 3.3 | Logística y comercio | 71 |
| 3.4 | Actores internacionales | 78 |
| 3.5 | El ferrocarril Franco-Etíope existente | 82 |
| 3.5.1 | Características técnicas | 85 |
| 3.5.2 | Esfuerzos por revitalizar la línea | 86 |
| 4 | DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO | 89 |
| 5 | EL PROYECTO DE FERROCARRIL ADDIS ABEBA - YIBUTI | 92 |
| 5.1 | Localización del ferrocarril | 92 |
| 5.2 | Características técnicas | 93 |
| 5.2.1 | Elevación | 94 |
| 5.2.2 | Raíles | 96 |
| 5.2.3 | Electrificación | 96 |
| 5.2.4 | Carga | 97 |
| 5.2.5 | Obras de arte | 97 |
| 5.2.6 | Estaciones de tren | 97 |
| 5.2.7 | Material rodante | 100 |
| 5.3 | Actores involucrados | 101 |
| 5.3.1 | Propietario del proyecto | 101 |
| 5.3.2 | Contratos de ingeniería | 102 |
| 5.3.3 | Financiación | 102 |
| 5.3.4 | Servicios de consultoría | 103 |
| 5.4 | Cronograma | 104 |
| 5.5 | Aspectos sociales y ambientales | 105 |
| 6 | ANÁLISIS FINANCIERO DEL PROYECTO | 106 |
| 6.1 | Parámetros básicos | 106 |
| 6.2 | Análisis de costes e ingresos financieros | 106 |
| 6.2.1 | Costes de inversión | 106 |
| 6.2.2 | Estimación de tráfico de carga | 110 |
| 6.2.3 | Tráfico de pasajeros | 112 |
| 6.2.4 | Costes de mantenimiento y operación | 114 |
| 6.2.5 | Análisis de ingresos operativos | 118 |
| 6.3 | Resultados financieros | 121 |
| 6.3.1 | Rendimiento de la inversión | 121 |
| 6.3.2 | Rendimiento del capital nacional | 123 |
| 6.3.3 | Sostenibilidad financiera | 126 |
| 7 | ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO | 128 |
| 7.1 | Costes económicos | 128 |

| | |
|--|------------|
| 7.2 Excedente del productor | 129 |
| 7.2.1 Reducción del coste de mantenimiento. | 130 |
| 7.2.2 Reducción del coste de operación | 130 |
| 7.2.3 Resumen de excedente del productor | 132 |
| 7.3 Excedente del consumidor | 132 |
| 7.3.1 Reducción de costes para usuarios de carga | 133 |
| 7.3.2 Disminución tiempo de viaje | 134 |
| 7.3.3 Resumen de excedente del consumidor | 138 |
| 7.4 Impactos medioambientales durante la construcción | 139 |
| 7.4.1 Emisiones de CO2 | 139 |
| 7.4.2 Contaminación del aire | 141 |
| 7.4.3 Ruido | 141 |
| 7.4.4 Impacto energético | 142 |
| 7.5 Impactos sociales derivados de la construcción | 142 |
| 7.5.1 Creación de patrimonio | 142 |
| 7.5.2 Creación de empleos | 143 |
| 7.6 Beneficios Sociales | 144 |
| 7.6.1 Generación de empleos | 144 |
| 7.6.2 Reducción accidentes transporte | 146 |
| 7.6.3 Aumento del valor del terreno y regeneración urbana | 147 |
| 7.7 Beneficios medioambientales en fase de operación | 147 |
| 7.8 Resultados económicos | 151 |
| 8 EVALUACIÓN DE RIESGOS | 154 |
| 8.1 Análisis de sensibilidad | 154 |
| 8.2 Análisis de escenarios | 155 |
| 8.3 Análisis de riesgo | 157 |
| 9 CONCLUSIONES | 162 |
| 10 BIBLIOGRAFÍA | 164 |
| 11 ANEXO 1: TABLAS DE CÁLCULOS | 169 |

LISTA DE ILUSTRACIONES

| | |
|--|-----|
| <i>Ilustración 1. Árbol de decisión de métodos de ajuste a precios sombra. Fuente: Comisión Europea, 2014</i> | 26 |
| <i>Ilustración 2. Esquema de metodología de ACB. Fuente: elaboración propia con datos de la Comisión Europea, 2014</i> | 40 |
| <i>Ilustración 3. Mapa político de la región y sus conexiones. Fuente: www.mapsland.com</i> | 52 |
| <i>Ilustración 4. Rutas de comercio del Imperio Aksum. Fuente: Mystown.com</i> | 59 |
| <i>Ilustración 5. Reino de Abisinia al comienzo del siglo XIX. Fuente: www.wikipedia.com</i> | 60 |
| <i>Ilustración 6. Zona de ocupación italiana y sus rutas terrestres. Año 1936. Fuente: Istituto Geográfico Militare</i> | 62 |
| <i>Ilustración 7. Red de carreteras de Etiopía. Fuente: Logistics Cluster</i> | 64 |
| <i>Ilustración 8. Sistema ferroviario planeado de Etiopía. Fuente: Oxford Analytica, 2017</i> | 66 |
| <i>Ilustración 9. Productos de exportación de Etiopía. Fuente: MIT–Harvard Economic Complexity Observatory</i> | 72 |
| <i>Ilustración 10. Exportaciones de Yibuti en 2009. Fuente: MIT Media Lab and the Center for International Development at Harvard University</i> | 74 |
| <i>Ilustración 11. Carretera que une Yibuti con Addis. Fuente: Transport and logistics in Djibouti, The World Bank, 2013</i> | 76 |
| <i>Ilustración 12. Construcción del parque industrial Hawassa. Fuente: Xinhuanet.com</i> | 81 |
| <i>Ilustración 13. Mapa de 1930 con el trazado de la línea antigua. Fuente: www.train-franco-ethiopian.com</i> | 83 |
| <i>Ilustración 14. Antiguo ferrocarril atravesando Etiopía. Fuente: visualgeography.com.</i> | 84 |
| <i>Ilustración 15. Cartel anunciando la rehabilitación de la línea. Fuente: wikipedia.org</i> | 87 |
| <i>Ilustración 16. Trazados de la línea antigua (rojo) y la nueva (verde). Fuente: www.wikipedia.org, Autor: Pechristener</i> | 93 |
| <i>Ilustración 17. Mapa de elevaciones de la línea. Fuente: www.wikipedia.org</i> | 94 |
| <i>Ilustración 18. Elevación de la línea antigua. Fuente: www.train-franco-ethiopian.com</i> | 95 |
| <i>Ilustración 19. Estaciones en la líneas antigua y nueva. Fuente: www.wikipedia.org, Autor: Pechristener</i> | 99 |
| <i>Ilustración 20. Locomotora HXD1C de CRRC Ltd. Fuente: CRRC Ltd</i> | 100 |
| <i>Ilustración 21. Interior de los vagones de pasajeros. Fuente: Be Fitsum Girma, RailwayGazette</i> | 101 |
| <i>Ilustración 22. Inauguración de la línea en Addis Abeba. Octubre 2016. Fuente: Tiksa Negeri, Reuters</i> | 105 |
| <i>Ilustración 23. Estimaciones de costes de construcción de la línea. Fuente: Dawit Fekadu, 2014</i> | 108 |
| <i>Ilustración 24. Comparación de costes de construcción de ferrocarriles. Fuente: BAfD, 2015</i> | 108 |
| <i>Ilustración 25. Costes y préstamos de proyectos ferroviarios en África. Fuente: SAIS</i> | 109 |
| <i>Ilustración 26. Coste de importación en el corredor de Yibuti. Fuente: World Bank, 2013</i> | 133 |
| <i>Ilustración 27. Estación de tren La Gare en Addis Abeba. Fuente: selamta.net</i> | 143 |
| <i>Ilustración 28. Mix de generación eléctrica de Etiopía. Fuente: USAID, 2017</i> | 148 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|---|-----|
| <i>Tabla 1. Clasificación de bienes públicos y privados. Fuente: elaboración propia</i> | 30 |
| <i>Tabla 2. Horizonte temporal en diferentes sectores. Fuente: Elaboración propia</i> | 35 |
| <i>Tabla 3. Debilidades del ACB. Fuente: Heather et al. 2014</i> | 38 |
| <i>Tabla 4. Población y producción de países de la región. Fuente: World Bank, 2016</i> | 54 |
| <i>Tabla 5. Valor del comercio exterior de Etiopía. Fuente: Ministerio de Comercio de Etiopía, 2014</i> | 73 |
| <i>Tabla 6. Carburantes importados por Etiopía. Fuente: Nathanael Challa con datos de EPSE</i> | 73 |
| <i>Tabla 7. Aliados comerciales de Etiopía. Fuente: Departamento de Estado de EEUU, 2013</i> | 74 |
| <i>Tabla 8. Reparto de la carga del puerto de Yibuti. Fuente: Ministerio de Finanzas de Yibuti</i> | 75 |
| <i>Tabla 9. Categoría de cargas del puerto de Yibuti. Fuente: Banco Mundial, 2012</i> | 75 |
| <i>Tabla 10. Comercio China Etiopía. Fuente: Ministerio de Comercio de Etiopía, 2014</i> | 79 |
| <i>Tabla 11. Parques industriales de Etiopía. Fuente: Africa Business Partners</i> | 80 |
| <i>Tabla 12. Exploración de petróleo en la región. Fuente: energy-pedia.com</i> | 82 |
| <i>Tabla 13. Tipo de rail en la antigua línea Ethio-Yibuti. Fuente: Financing Transport for Growth in Africa, 2007</i> | 86 |
| <i>Tabla 14. Tabla de objetivos del proyecto. Fuente: elaboración propia</i> | 90 |
| <i>Tabla 15. Costes totales de construcción (millones de dólares). Fuente: elaboración propia</i> | 110 |
| <i>Tabla 16. Distribución geográfica de la carga del puerto de Yibuti. Fuente: Abiselom Mehari, 2016</i> | 111 |
| <i>Tabla 17. Distribución modal de carga. Fuente: Abiselom Mehari, 2016</i> | 111 |
| <i>Tabla 18. Distribución modal de pasajeros. Fuente: Abiselom Mehari, 2016</i> | 113 |
| <i>Tabla 19. Estimación de pasajeros. Fuente: Million Fikru, 2012</i> | 113 |
| <i>Tabla 20. Regresión del volumen de pasajeros en la línea. Fuente: elaboración propia</i> | 113 |
| <i>Tabla 21. Proyección de pasajeros en la línea. Fuente: elaboración propia</i> | 114 |
| <i>Tabla 22. Costes de mantenimiento anuales en proyectos ferroviarios. Fuente: Baumgartner, 2001</i> | 115 |
| <i>Tabla 23. Estimación de consumo eléctrico por tren. Fuente: Abdi Alemayehu, 2014</i> | 116 |
| <i>Tabla 24. Costes de operación y mantenimiento del proyecto (millones USD). Fuente: elaboración propia</i> | 118 |
| <i>Tabla 25. Ingresos de operación. Fuente: elaboración propia</i> | 121 |
| <i>Tabla 26. Resumen de costes e ingresos (millones USD). Fuente: elaboración propia</i> | 121 |
| <i>Tabla 27. Datos de financiación del proyecto. Fuente: China Aiddata</i> | 123 |
| <i>Tabla 28. Modelo de reparación de deuda del proyecto. Fuente: elaboración propia</i> | 124 |
| <i>Tabla 29. Resumen de costes e ingresos (millones USD). Fuente: elaboración propia</i> | 124 |
| <i>Tabla 30. Beneficios netos de operación. Fuente: elaboración propia</i> | 126 |
| <i>Tabla 31. Factores de conversión de precios financieros a económicos. Fuente: Ministerio de Finanzas y Desarrollo Económico de Etiopía, 2015</i> | 129 |
| <i>Tabla 32. Estadísticos de costes de mantenimiento de carreteras en África (USD / carril-km). Fuente: BAfD</i> | 130 |
| <i>Tabla 33. Costes operativos de camiones en corredores de África. Fuente: Banco Mundial</i> | 131 |
| <i>Tabla 34. Costes operativos de camiones en corredores de África (\$/km). Fuente: Banco Mundial</i> | 131 |
| <i>Tabla 35. Resumen del excedente del productor (millones de USD). Fuente: elaboración propia</i> | 132 |
| <i>Tabla 36. Valor del tiempo de carga para transporte por carretera. Fuente: VALUE OF FREIGHT TRAVEL-TIME SAVINGS, Gerard de Gong, 2008</i> | 137 |
| <i>Tabla 37. Valor del tiempo de carga para transporte ferroviario. Fuente: VALUE OF FREIGHT TRAVEL-TIME SAVINGS, Gerard de Gong, 2008</i> | 138 |

| | |
|---|-----|
| <i>Tabla 38. Resumen de excedente del consumidor (millones de USD). Fuente: elaboración propia</i> | 138 |
| <i>Tabla 39. Costes Unitarios de CO2e. Fuente: Bickel, P. et al, 2006</i> | 139 |
| <i>Tabla 40. Costes unitarios de gases de efecto invernadero. Fuente: Comisión Europea, 2014</i> | 140 |
| <i>Tabla 41. Emisiones en la construcción de una línea ferroviaria CO2e. Fuente: RFF, 2009</i> | 140 |
| <i>Tabla 42. Emisiones en la construcción de un tren en CO2e. Fuente: RFF, 2009</i> | 140 |
| <i>Tabla 43. Hipótesis de mano de obra durante la construcción. Fuente: Mohapatra, 2016</i> | 144 |
| <i>Tabla 44. Porcentaje de heridos y fallecidos por vehículo. Fuente: OMS, 2015</i> | 146 |
| <i>Tabla 45. Emisiones por camión. Fuente: ADEME y IEA, 2009</i> | 148 |
| <i>Tabla 46. Valor monetario de la emisiones por transporte de carga. Fuente: Comisión Europea, 2016</i> | 149 |
| <i>Tabla 47. Estimación del precio de la emisiones anuales. Fuente: elaboración propia</i> | 150 |
| <i>Tabla 48. Resumen de costes económicos del proyecto. Fuente: elaboración propia</i> | 151 |
| <i>Tabla 49. Análisis de sensibilidad económica del proyecto. Fuente: elaboración propia</i> | 154 |
| <i>Tabla 50. Resultados de los posibles escenarios seleccionados. Fuente: elaboración propia</i> | 156 |
| <i>Tabla 51. Rango de valores para el análisis de riesgo con distribución uniforme. Fuente: elaboración propia</i> | 158 |
| <i>Tabla 52. Rango de valores para el análisis de riesgo con distribución uniforme. Fuente: elaboración propia</i> | 159 |
| <i>Tabla 53. Resumen de costes e ingresos financieros. Rendimiento de la inversión. Fuente: elaboración propia</i> | 169 |
| <i>Tabla 54. Resumen de costes e ingresos financieros. Rendimiento del capital nacional. Fuente: elaboración propia</i> | 169 |
| <i>Tabla 55. Resumen de costes e ingresos económicos. Fuente: elaboración propia</i> | 170 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|---|-----|
| Gráfico 1. Representación de la utilidad de un bien colectivo privado. Fuente: elaboración propia | 31 |
| Gráfico 2. Caja de Edgeworth-Bowley. Fuente: Navarro, Reyes et al. 2016 | 32 |
| Gráfico 3. Representación del óptimo de Pareto. Fuente: Navarro, Reyes et al. 2016 | 33 |
| Gráfico 4. Mejoras de Kaldor-Hicks y de Pareto. Fuente: Wikipedia | 34 |
| Gráfico 5. Evolución de las importaciones y exportaciones de Etiopía. Fuente: Ethiopian Revenues and Customs Authority ERCA | 72 |
| Gráfico 6. Comparativa de inversiones en ferrocarriles. Fuente: BAfD, 2015 | 91 |
| Gráfico 7. Regresión de las exportaciones de Etiopía. Fuente: ERCA | 110 |
| Gráfico 8. Regresión de las importaciones de Etiopía. Fuente: ERCA | 111 |
| Gráfico 9. Coste medio de operación y renovación de la infraestructura ferroviaria. Fuente: ITS, 2008 | 116 |
| Gráfico 10. Evolución de la tasa de cambio USD/ETB. Fuente: www.xe.com. | 120 |
| Gráfico 11. Beneficios netos y beneficios netos acumulados del proyecto. Fuente: elaboración propia. | 122 |
| Gráfico 12. Beneficios netos descontados del la inversión en capital nacional. Fuente: elaboración propia | 125 |
| Gráfico 13. Beneficios netos actualizados acumulados para el capital nacional. Fuente: elaboración propia | 126 |
| Gráfico 14. Coste y tiempo en el corredor de Yibuti y sus distribuciones. Fuente: World Bank, 2013. | 134 |
| Gráfico 15. Regresión de los costes unitarios de CO ₂ e. Fuente: elaboración propia | 149 |
| Gráfico 16. Reducción de costes externos según modo de transporte. Fuente: ALG | 151 |
| Gráfico 17. Beneficios económicos netos descontados del proyecto. Fuente: elaboración propia | 153 |
| Gráfico 18. Beneficios económicos netos acumulados descontados del proyecto. Fuente: elaboración propia | 153 |
| Gráfico 19. Gráfico radar sobre los impactos sobre el rendimiento de variables seleccionadas. Fuente: elaboración propia | 155 |
| Gráfico 20. Comparativa del rendimiento de escenarios. Fuente: elaboración propia | 157 |
| Gráfico 21. Distribución de probabilidades de VANE con distribución uniforme. Fuente: elaboración propia | 158 |
| Gráfico 22. Distribución de probabilidades de VANE con distribución triangular. Fuente: elaboración propia | 160 |
| Gráfico 23. Comparación de las distribuciones del VANE. Fuente: elaboración propia | 161 |

ACRÓNIMOS

| SIGLAS | NOMBRE EXTENDIDO |
|----------------|---|
| <i>ACB</i> | Análisis coste-beneficio |
| <i>ADPI</i> | Aéroports de Paris International |
| <i>AFD</i> | Agence française de développement |
| <i>AFDB</i> | Banco Africano de Desarrollo |
| <i>BAfD</i> | Banco Africano de Desarrollo |
| <i>BM</i> | Banco Mundial |
| <i>CCCC</i> | China Communications Construction Company |
| <i>CCECC</i> | China Civil Engineering Construction Corporation |
| <i>CDE</i> | Compagnie du Chemin de Fer Djibouto-Éthiopien |
| <i>CE</i> | Comisión Europea |
| <i>CFI</i> | Corporación Financiera Internacional |
| <i>CREC</i> | China Railway Group |
| <i>CREC</i> | China Railway Engineering Corporation |
| <i>DCT</i> | Terminal de Contenedores Doraleh |
| <i>DPW</i> | Dubai Port World |
| <i>EAE</i> | Empresa de Aeropuertos de Etiopía |
| <i>EAL</i> | Ethiopian Airlines |
| <i>EPC</i> | Ingeniería, adquisición y construcción |
| <i>EPSE</i> | Ethiopian Petroleum Supply Enterprise |
| <i>ERC</i> | Corporación de Ferrocarriles de Etiopía |
| <i>ERCA</i> | Autoridad Etíope de Ingresos y Aduanas |
| <i>ERCA</i> | Ethiopian Revenues and Customs Authority |
| <i>ESLSE</i> | Ethiopian Shipping and Logistics service Enterprise |
| <i>FRA</i> | Administración Federal Ferroviaria |
| <i>GdE</i> | Gobierno de Etiopía |
| <i>IDA</i> | Asociación Internacional de Fomento |
| <i>IFI</i> | Instituciones Financieras Internacionales |
| <i>IPC</i> | Índice de precios al consumidor |
| <i>LND</i> | Desarrollo Logístico Nacional |
| <i>LPI</i> | Logistics Performance Index |
| <i>MoFED</i> | Ministerio de Finanzas y Desarrollo Económico |
| <i>O&M</i> | Operación y mantenimiento |
| <i>OMS</i> | Organización Mundial de la Salud |
| <i>PAID</i> | Puerto Autónomo Internacional de Yibuti |
| <i>PIB</i> | producto interno bruto |
| <i>PNUD</i> | Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo |
| <i>PPP.</i> | Asociación público-privada |
| <i>REC</i> | Comunidades Económicas Regionales |
| <i>RSDP</i> | Programas de Desarrollo del Sector Vial de Etiopía |
| <i>SCF</i> | Factor de conversión estándar |

| | |
|-------------|---|
| <i>TDF</i> | Tasa de descuento financiero |
| <i>TIR</i> | Tasa Interna de Retorno |
| <i>TIRE</i> | Tasa Interna de Retorno Económica |
| <i>TIRF</i> | Tasa Interna de Retorno Financiera |
| <i>VAN</i> | Valor Actual Neto |
| <i>VANE</i> | Valor actual neto económico |
| <i>VANF</i> | Valor actual neto financiero |
| <i>VR</i> | Valor residual |
| <i>WFP</i> | Programa Mundial de Alimentos |
| <i>WFP</i> | Programa Mundial de Alimentos |
| <i>WTA</i> | Disposición a Aceptar o Willingness to Accept |
| <i>WTP</i> | Willingness to Pay |

1 INTRODUCCIÓN

África es un continente en plena expansión económica. Su gran cantidad de recursos naturales y la creciente estabilidad política de la región están consiguiendo que se desarrolle a ritmos muy elevados. Etiopía es el más claro ejemplo de esta tendencia, con tasas de crecimiento superiores al 10% anual durante gran parte de la última década.

Con una población de alrededor de 100 millones de personas, Etiopía es el segundo país más poblado de África después de Nigeria. Cuenta con una historia extensa y ha tenido épocas de esplendor en el pasado que han dejado vestigios patrimoniales de gran valor. Además, fue el único territorio junto a Liberia que no sucumbió a los embistes colonialistas de las potencias europeas en el siglo XIX. Actualmente, tiene un peso político importante pues su capital, Addis Abeba, es sede de la Unión Africana, la más importante asociación política del continente, la Cámara de Comercio et Industria Panafricana y de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para África.

Sin embargo, Etiopía es hoy uno de los países más pobres y menos desarrollados del mundo. De acuerdo con el Índice de Competitividad de Crecimiento del Foro Económico Mundial, Etiopía ocupa el lugar 119 entre 133 países. Su economía se basa en la agricultura, representando el 45% de su PIB, el 80% de las exportaciones y el 80% del empleo total. Las principales fuentes de comercio exterior son el café, las flores, las semillas oleaginosas, los cereales y el cuero y presente un importante desajuste en su balanza de pagos.

Su territorio es extenso y su orografía escarpada en su mayor parte. No existen vías navegables importantes en su territorio aparte del Nilo Azul y ha sufrido sequías devastadoras en los últimos años que han tenido consecuencias graves. El transporte entre regiones y con sus vecinos es complicado y escaso. Es notable su falta de infraestructura, que genera impedimentos al desarrollo y a la reducción de la pobreza. Esta carestía se debe en parte a su baja capacidad de financiación de los proyectos, producida por una economía informal de gran magnitud.

Para superar las deficiencias económicas el Gobierno de Etiopía puso en marcha el Plan de Crecimiento y Transformación que pretendía sentar las bases de un camino decidido al desarrollo. En él se contemplan varios ejes estratégicos entre los que destacan las inversiones en grandes proyectos de infraestructura que permitan al país emprender la senda del progreso. Estos proyectos se financiarían gracias a la ayuda exterior de nuevos actores internacionales, en especial China, que dibujan un nuevo mapa de intereses y equilibrios de poder.

Uno de los ejes más importantes económica y estratégicamente es el transporte. Etiopía es un país sin salida al mar y con altos costes logísticos. Adicionalmente, las relaciones con su país vecino, Eritrea, son conflictivas y por lo tanto ha de concentrar sus esfuerzos de comercio con Yibuti. Este dispone de un puerto que procesa la inmensa mayoría del comercio internacional de Etiopía y ha sido un socio comercial durante muchos años.

La antigua línea de ferrocarril construida a principios del siglo XX que unía las capitales de ambas ciudades sufrió el desdén de las autoridades y, con la reducción de los costes de transporte por carretera, la línea quedó abocada al fracaso. En el año 2008 cesó sus operaciones y tras varios intentos de rehabilitar la línea, el Gobierno decidió tomar un nuevo enfoque y construir una nueva línea electrificada. Para ello contaría con el apoyo de China, con gran interés en la región y que dispone de financiación suficiente para el proyecto y otras inversiones en infraestructura en el país.

Finalmente la construcción comenzó a finales del año 2011 y se espera que entre en operación en enero de 2018. Para entonces, Etiopía pretende recuperar antiguos niveles de protagonismo en la región a través del comercio y pretende abanderar esa lucha con este proyecto estrella.

La construcción no ha sido sencilla y numerosas incógnitas todavía se ciernen sobre el proyecto. La falta de datos oficiales impide que se conozcan los impactos concretos que tendrá la línea en el futuro del país. Por esta razón se ha planteado la realización de una evaluación socioeconómica del proyecto mediante la metodología del análisis coste-beneficio que analice los costes, los ingresos y los impactos presentes y futuros de la línea. Se proveerán indicadores económicos que ayuden a la decisión sobre la rentabilidad de la inversión en términos monetarios.

1.1 OBJETIVOS

El objetivo principal de este estudio es doble: presentar la metodología del análisis coste-beneficio y su aplicación al proyecto ferroviario de nueva construcción que une las ciudades de Addis Abeba en Etiopía y Yibuti, en el país homónimo.

Varios objetivos secundarios se desprenden de este análisis:

- Estudio de la metodología del análisis coste-beneficio y su adaptación a proyectos de transporte.
- Análisis del contexto económico, político y social de Etiopía (en especial) y Yibuti.
- Descripción del nuevo proyecto de ferrocarril Addis Abeba – Yibuti y su inserción en el contexto anteriormente descrito.
- Análisis de costes e ingresos para el proyecto, resultando en una serie de indicadores económicos que faciliten la caracterización de los impactos de la línea.

De esta manera el presente trabajo se ha organizado de manera que el lector pueda seguir todos los pasos llevados a cabo durante la creación de este documento.

En primer lugar, se analizará la metodología del coste-beneficio, detallando la teoría económica que le sirve de base y sus principios generales de cálculo. Se hará una mención a su aplicabilidad a proyectos de transporte y ciertas debilidades del modelo y se terminará con un análisis pormenorizado de la metodología internacional aceptada que sentará las bases de la estructura del resto del documento.

El segundo punto se basa en una contextualización de la situación en la que se inscribe el proyecto. Se proporcionarán datos sobre los países afectados, la región y se hará especial hincapié en las características del transporte y el comercio en la zona de afección. Tras un repaso sobre los actores involucrados y con intereses en el proyecto y en la región, se cerrará el capítulo con una descripción del antiguo proyecto de ferrocarril que ha marcado el camino a la nueva infraestructura.

El tercer apartado consiste en una breve descripción de los objetivos que la inversión pretende conseguir y se proporcionan los indicadores necesarios para medirlos.

En la sección cuarta se presenta en detalle el proyecto de ferrocarril Addis Abeba – Yibuti y se analizan sus características técnicas de manera pormenorizadas. Se han identificado los actores involucrados y se describe el cronograma seguido hasta la actualidad.

Posteriormente, se realizan los análisis financiero y económico con una evaluación de los costes e ingresos directos e indirectos. Los resultados se presentan desde diferentes perspectivas para analizar los rendimientos sobre la inversión y sobre el capital nacional. Entonces se realizó el análisis económico contemplando los impactos sociales y ambientales.

Para finalizar, se ha incluido un análisis de sensibilidad de las variables más importantes que también incluye un análisis de riesgo basado en la metodología de Montecarlo.

2 ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO

En este apartado se sentarán las bases del análisis coste-beneficio (ACB), analizando sus utilidades y limitaciones y detallando sus elementos. Para la presentación de la metodología del esta tipo de análisis se han tomado como principales referencias la guía sobre el Análisis Coste-Beneficio publicada por la Comisión Europea en 2014 (Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects, EC), la guía sobre el ACB de la Administración Federal Ferroviaria de los EEUU (Benefit-Cost Analysis Guidance for Rail Projects, FRA 2016) y las recomendaciones del Transportation Research Board. Si bien la metodología para analizar proyectos internacionales como es el que se presenta en este trabajo puede llegar a diferir en pequeños detalles de la metodología propuesta por el organismo europeo, esta guía nos proporciona una base metodológica sólida y robusta utilizada en multitud de países.

2.1 DEFINICIÓN

Dicha guía define el ACB como “una herramienta analítica que se utilizará para evaluar una decisión de inversión con el fin de evaluar el cambio en el bienestar atribuible a la misma (...). El objetivo del ACB es facilitar una asignación de recursos más eficiente, demostrando la conveniencia para la sociedad de una intervención particular en lugar de alternativas posibles”.

Básicamente, un ACB compara los beneficios anticipados que se acumulan de un proyecto con los costes anticipados del proyecto durante un período de tiempo específico. Para desarrollar un ACB, los patrocinadores del proyecto deben cuantificar y monetizar todos los costes y beneficios potenciales de un proyecto, si bien algunos beneficios (o costes) pueden ser difíciles de capturar o pueden ser altamente inciertos. Si un patrocinador del proyecto no puede monetizar ciertos beneficios o costes, debe intentar cuantificarlos utilizando las unidades físicas en las que ocurren de manera natural. Cuando un patrocinador del proyecto no puede cuantificar ni monetizar los beneficios, el patrocinador debe describir los beneficios de forma cualitativa.

De esta manera, un ACB analiza los beneficios del proyecto que se otorgan tanto a los usuarios directos (por ejemplo, pasajeros ferroviarios o transportistas de mercancías) como a los no usuarios (por ejemplo, la sociedad en general), así como los costes necesarios para lograr los resultados esperados de un proyecto. Los beneficios podrían incluir factores tales como la seguridad mejorada, la calidad del aire, la movilidad o la conectividad del sistema de transporte, mientras que los costes deberían incluir los gastos de capital, operación y mantenimiento necesarios para entregar los beneficios del proyecto.

2.2 OBJETIVOS

El objetivo principal es determinar si un proyecto es económicamente viable, es decir, si se hace un uso efectivo y oportuno del dinero y los recursos públicos mediante un proceso sistemático de identificación, cuantificación y comparación de los beneficios

y costes esperados que ayude a los responsables de la toma de decisiones a organizar la información y evaluar las comparación entre las inversiones alternativas al proyecto.

Para ello se asegura que los beneficios netos agregados a la sociedad superan los costes agregados netos mediante la monetización de tanto las entradas como las salidas. Esta monetización se basa en un sistema de valoración socialmente aceptado que transforma las entradas en un valor monetario utilizando precios reales o precios sombra que expresan el bienestar social que luego debe maximizarse. Así, se establecen explícitamente determinados supuestos económicos que caracterizan esas entradas y salidas, incluyendo las externalidades de manera que se integren las consideraciones económicas y ambientales en la toma de decisiones. Posteriormente se tendrá en cuenta la contabilidad del tiempo mediante el uso de una tasa de descuento.

2.3 TEORÍA ECONÓMICA DEL ACB

2.3.1 Coste de oportunidad, coste de capital y tasa de descuento

El coste de oportunidad de un bien o servicio se define como la ganancia potencial de la mejor alternativa no acometida, cuando se debe elegir entre varias alternativas mutuamente excluyentes. Evidentemente, cuando gastamos un dinero concreto en comprarnos un ordenador, estamos evitando comprarnos una televisión con ese mismo dinero. En este caso el coste de oportunidad de comprarnos un ordenador sería la compra de la televisión. Siguiendo la misma línea de razonamiento, podríamos invertir dicho dinero en un producto sin riesgo que nos garantizaría un futuro beneficio como pueden ser los Bonos del Estado. Si así hiciéramos, nuestro dinero tendría más valor hoy que en un punto temporal posterior puesto que recogeríamos las ganancias derivadas de este activo libre de riesgo, dando lugar al concepto de temporalidad del dinero (un euro hoy es más valioso que un euro mañana).

El ACB utiliza una tasa de descuento para expresar la temporalidad del dinero y poder operar en términos comparables los beneficios y costes que ocurren en diferentes momentos. El descuento ajusta el valor del dinero en el tiempo y permite que los beneficios y costes se valoren en unidades equivalentes, llamadas valores actuales, que son independientes de cuándo ocurren. En este caso, el valor temporal del dinero expresa el principio de que los costes y beneficios que ocurren antes en el tiempo son más valorados que los que ocurren en el futuro más lejano.

Este razonamiento nos conduce al supuesto en el que un proyecto debe ofrecer un rendimiento mínimo que supere esta tasa de descuento para que dicho proyecto sea más rentable para un inversor que el mero hecho de invertir en el activo libre de riesgo. Este rendimiento mínimo se le conoce como coste de capital. Es decir, desde la perspectiva de un inversor, un proyecto tiene que dar unos rendimientos mayores que los que otorga el interés desprendido de la inversión en el activo sin riesgo para que le sea interesante invertir en el proyecto en lugar de en dicho activo sin riesgo.

La fórmula utilizada para incluir la temporalidad del dinero en los costes y beneficios de los proyectos es:

$$\text{Valor Presente} = \frac{\text{Valor Futuro}}{(1 + i)^t}$$

Siendo:

- Valor presente: valor descontado al momento actual
- Valor Futuro: valor considerado en el momento futuro en el que ocurre
- i: tasa de descuento
- t: número de años que separan el momento actual del momento futuro

2.3.2 Inflación

También existe la consideración de la capacidad de compra distinta en momentos temporales distintos debido al aumento de los precios de los productos. A causa de la variabilidad del nivel de precios, una unidad monetaria no tiene el mismo poder de compra en cada momento. Este cambio de nivel de precios se mide a través de la inflación (o deflación si es negativo) como el cociente del nivel de precios de dos momentos puntuales diferentes.

Para poder comparar el poder de compra de un euro en dos momentos temporales con niveles de precios diferentes se le aplica la inflación de la misma manera que la tasa de descuento anterior, de manera que se trasladen los costes o beneficios a un punto concreto en el tiempo y así analizarlos de manera equiparable. Se denominan así valores nominales o corrientes a aquellos que reflejan el valor en el momento en que ocurren y valores reales o constantes aquellos que han sido trasladados a un punto temporal de referencia aplicando la diferencia de precios.

Consecuentemente, un euro real tiene el mismo poder adquisitivo de un año a otro. En un mundo sin inflación que modificase el poder adquisitivo de los euros de un año a otro, todos los euros actuales y futuros serían euros reales. Sin embargo, debido a los efectos de la inflación, se espera que 1,000 euros en 2018 compren menos bienes de la misma calidad promedio que los 1,000 euros en 2017. Los dólares que no se han ajustado para reflejar los efectos de la inflación se llaman dólares nominales.

2.3.3 Precios sombra y factor de conversión

A efectos del análisis financiero, los precios de mercado representan una señal relevante tanto para el inversor privado como para los entes públicos al evaluar el rendimiento financiero del proyecto. Sin embargo, estos ya no son relevantes cuando el objetivo es evaluar la contribución del proyecto al bienestar económico. Para tal fin, todos los ingresos y costes considerados al evaluar el rendimiento financiero y que están valorados en precios observados en el mercado, deben valorarse en los llamados precios sombra.

Un precio sombra es el valor marginal social de un producto o cambio de producto, es decir, el coste de oportunidad para la sociedad de producir o consumir más o menos de un bien. Los precios de mercado y los precios sombra son los mismos en

mercados perfectamente competitivos y eficientes o bajo una planificación óptima pero en realidad los mercados pueden estar distorsionados por múltiples causas. Estas pueden ser impuestos, aranceles, subsidios, tipos de cambio rígidos, aranceles regulados, fijación de precios en situación de monopolio u oligopolio e información imperfecta. Estos son elementos que generan una brecha entre el precio observado y el valor social marginal de los recursos. De esta manera Drèze y Stern estiman los precios sombra como el impacto neto en la función de bienestar social de un aumento unitario de un insumo o producto.

No existe una forma única de calcular los precios sombra, sino que existen varios enfoques, y cada uno de ellos podría ser más o menos adecuado para ciertas tipologías de bienes y sectores. Para aplicar el método más apropiado, una primera discriminación importante es si el bien es una entrada o una salida del proyecto. Para este último, se puede seguir el enfoque de Disposición a pagar. En lo que respecta a las entradas, pueden considerarse negociables o no en los mercados internacionales. La regla general para los bienes comerciables internacionalmente, como la mayoría de los productos manufacturados, es usar su precio en la frontera. En lo que respecta a los bienes no transables, se sigue un enfoque diferente, dependiendo del caso de considerar elementos menores o principales. Para elementos menores, se puede usar un parámetro especial llamado factor de conversión estándar (SCF). La siguiente ilustración muestra los diferentes métodos de cálculo de precios sombra.

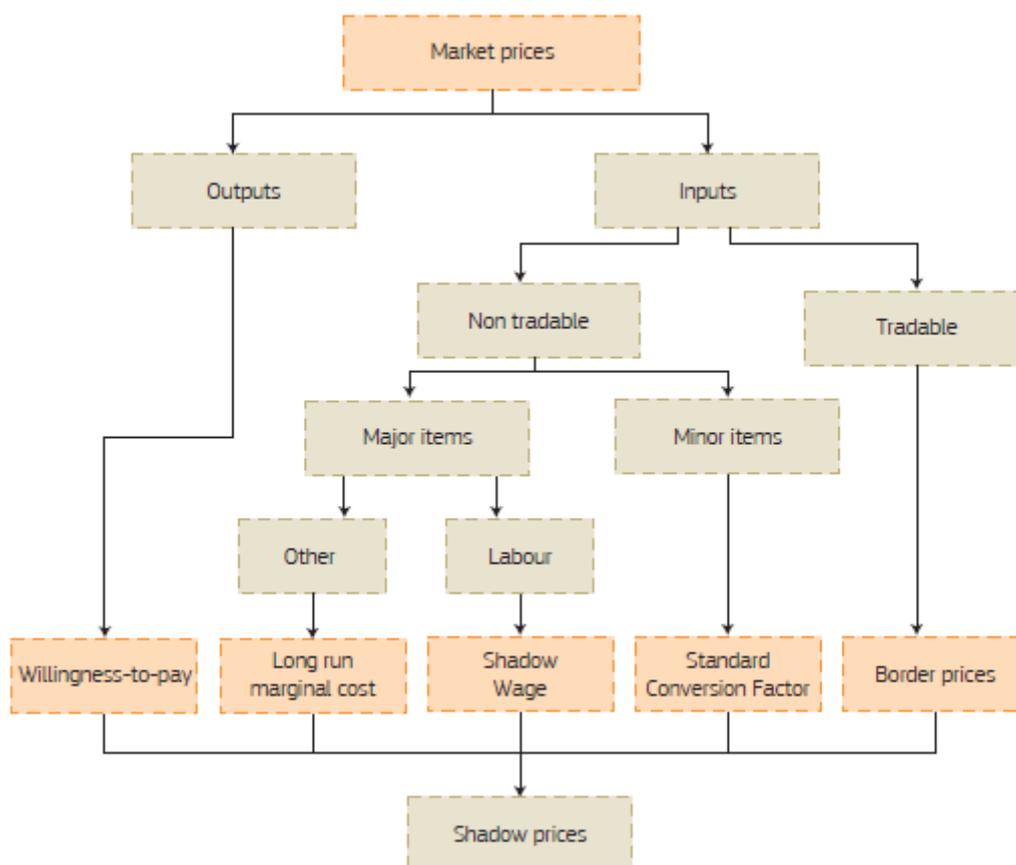


Ilustración 1. Árbol de decisión de métodos de ajuste a precios sombra. Fuente: Comisión Europea, 2014

La transformación de los precios de mercado de los insumos en precios sombra se completa, en la práctica, mediante la aplicación de factores de conversión. En la literatura se encuentran alusiones a estas relaciones como simplemente factores de conversión representados por la letra k aunque en numerosas ocasiones como Factores Estándar de Conversión (SPF). Esta falta de uniformidad en la literatura provoca confusiones con los factores utilizados simplemente para los bienes no transables. En este estudio se denotará SPF.

Su cálculo se extrae del análisis de importaciones, exportaciones y tasas aplicadas de la siguiente forma:

$$SCF = \frac{X + M}{(X - t_x) + (M + t_m)}$$

Donde X es el valor total de las exportaciones, M es el valor total de las importaciones, t_x es la tasa total a las exportaciones y t_m es la tasa total a las importaciones.

Este factor se define como la relación entre los precios sombra y los precios de mercado y simplemente se debe multiplicar por los precios de mercado para obtener valores a precio sombra.

$$\text{Precios sombra} = SCF * \text{Precios de mercado}$$

Los SCF suelen estar disponibles en las agencias multilaterales para su uso en la evaluación económica. En algunos casos, el valor de SCF podría ser otorgado por funcionarios del gobierno para ser utilizado en proyectos de infraestructura en un país o región, como una cuestión de política. En tal caso, el valor de SCF se considera como un factor de conversión general que se aplicará al costo de inversión financiera total.

Como guía, en algunos países, la eliminación de impuestos y el uso de factores de conversión a menudo resulta en el coste económico total de un proyecto de infraestructura que promedia el 85% de su coste financiero (doméstico) y varía principalmente entre 70% y 90% dependiendo de la estructura de costes / tipo de proyecto.

Mención especial para la corrección de salarios que se realiza a través de factores de conversión de los llamados salarios sombra (shadow wage). Estos factores merecen una consideración especial por el gran desarrollo que han tenido y que ha dado lugar a factores generalmente bien definidos. Concretamente, se suelen presentar distintos factores dependiendo del nivel de cualificación del personal, siendo del orden de 0,3 – 0,6 para personal no cualificado, 0,7 – 0,9 para personal cualificado e incluso factores superiores a la unidad para trabajadores internacionales.

Un ejemplo sería aplicar un SCF del 0,5 para mano de obra no cualificada, que significa que el coste de los recursos económicos o reales de la mano de obra no cualificada es solo del 50% de un salario mínimo regulado donde hay exceso de mano de obra.

Una explicación más compleja se requiere para las salidas intangibles de los proyectos que se miden mediante la “Disposición a Pagar” o *Willingness to Pay* (WTP). La disposición a pagar mide la cantidad máxima que las personas estarían dispuestas a pagar para obtener resultados que ven como deseables o, como alternativa, la cantidad máxima que las personas estarían dispuestas a pagar para evitar los resultados que consideran indeseables. Una derivación de este concepto es la Disposición a Aceptar o *Willingness to Accept* (WTA) que mide la cantidad mínima de dinero que el vendedor estaría dispuesto a aceptar para regalar el bien. En la teoría económica, el valor de equilibrio de WTP y WTA es, en principio, equivalente. Sin embargo, se ha demostrado empíricamente que los individuos tienden a dar estimaciones más altas a aceptar que a pagar. Esto se debe a que las personas tienden a exigir compensaciones monetarias más altas para renunciar a los bienes que tienen, que lo que estarían dispuestos a pagar para comprar el mismo bien que no tienen. Por esta razón, la literatura recomienda el uso preferible de la disposición al pago, que es el más ampliamente utilizado en la práctica del ACB.

En especial se utiliza para medir intangibles como los impactos sociales, ambientales y visuales que por su naturaleza, no pueden ser trasladados a unidades monetarias directamente. Existen tres metodologías básicas de medida de la disposición al pago que son las preferencias reveladas, las preferencias declaradas y el método de la transición de beneficios. No entra dentro del ámbito de este trabajo analizarlas por su complejidad.

2.3.4 Externalidades

En economía, las externalidades se asocian a factores cuyos beneficios (llamados economías externas) y costes (llamados deseconomías externas) no se reflejan en el precio de mercado de los bienes y servicios. Es decir, las externalidades o efectos externos son los efectos originados por la producción o el consumo de un bien sobre la productividad o el bienestar de otros agentes distintos de sus productores o consumidores originales, sin que esta interdependencia tenga reflejo en los precios. La práctica totalidad de proyectos de infraestructura llevan asociadas externalidades que no se identifican en los costes o beneficios directos.

Estas externalidades se denominan tecnológicas y han de diferenciarse de aquellas otras que sí se reflejan en los precios y que reciben el nombre de externalidades pecuniarias. Un requisito importante para que existan estos efectos externos es que estos no se produzcan como consecuencia del pago de un precio. Los casos en los que la actuación de un sujeto afecta a otros vía precios, se caracterizan por que no existe externalidad y no es necesaria la intervención del sector público puesto que la asignación de recursos que realiza el mercado es eficiente.

Hay varios métodos o instrumentos mediante los cuales el sector público podría corregir estos efectos externos, aunque no siempre se aplican, y dependen del tipo de mercado. Los más comunes serían la regulación directa del mercado incluyendo los efectos, mediante un sistema de transferencias o de impuestos según se produzcan

efectos positivos o negativos, la delimitación de los derechos de propiedad o el establecimiento de un sistema de derechos de contaminación negociables.

En el contexto de un proyecto de infraestructura las externalidades son una consideración importante en el análisis de costo-beneficio siendo los efectos ambientales un ejemplo típico. No obstante existen numerosos beneficios externos positivos. Ejemplos de impactos positivos que no son de mercado son los ahorros en el tiempo de viaje, el aumento de la esperanza o la calidad de vida, la reducción de la siniestralidad, la mejora visual del entorno, la reducción de ruido o mayor resiliencia al cambio climático actual y futuro y vulnerabilidad y riesgo reducidos.

En principio, la disposición a pagar estimada para el uso del servicio debería capturar estos efectos y facilitar su integración en el análisis. Si bien es cierto que en los casos de proyectos de infraestructura valorar en unidades monetarias las externalidades suele ser generalmente complicado por su propia naturaleza, aunque puedan identificarse fácilmente. Sin embargo, para algunos efectos específicos, los estudios disponibles en la literatura proporcionan valores de referencia para usar en contextos determinados. Con estos datos, la evaluación de externalidades se vuelve relativamente sencilla: simplemente requiere una estimación del volumen de externalidad (por ejemplo, aumento en decibelios de ruido para la población expuesta) que se multiplicará por el precio unitario apropiado (por ejemplo, dólar por decibelio por persona).

Se han logrado avances significativos en los últimos años en el perfeccionamiento de las estimaciones de los valores unitarios de los impactos no de mercado y la mejora de los métodos para integrar dichos valores en el análisis económico. Sin embargo, todavía se necesitan desarrollos en este campo, tanto empíricos como teóricos, para ampliar el rango de externalidades consideradas.

2.3.5 Bienes públicos y bienes colectivos privados

En teoría económica existe un tipo de bienes especiales que se denominan los bienes públicos. Para ser considerado un bien público puro, se han de reunir tres características fundamentales, con relación entre ellas:

- Conjunción en la oferta o no rivalidad en el consumo. Una vez producido el bien, cualquier unidad de dicho bien puede hacerse igualmente disponible para todos los individuos y se caracteriza por su indivisibilidad. Es decir, el hecho de que un sujeto consuma el bien no impide que otro sujeto consuma el bien en la misma cantidad. En este caso los costes marginales de los sujetos adicionales serían nulos.
- Imposibilidad de aplicar el principio de exclusión. Mediante este principio todo sujeto que no pueda o no quiera satisfacer el precio de un bien o servicio se verá privado (excluido) de la utilización o disfrute de dicho bien o servicio. Es decir, cuando un individuo paga un precio por consumir un bien está excluyendo a los demás sujetos del consumo de ese bien, al impedirles que puedan adquirirlo. Hay imposibilidad física de exclusión (caso de la defensa nacional) e imposibilidad técnica (utilización pública).

- Existencia de efectos externos. Este tema ya se ha tratado en el apartado anterior.

Estas tres características darían lugar a la siguiente clasificación:

| | | |
|--|---|---|
| BIENES DE OFERTA SIMPLE - Consumo rival | BIENES INDIVIDUALES - Una unidad del bien corresponde a un sujeto. - Posibilidad de ajuste cantidad-precio. | Bienes privados puros - Posibilidad plena de exclusión |
| | | Bienes externos o de grupo - Posibilidad física de exclusión - Imposibilidad técnica |
| BIENES DE OFERTA CONJUNTA - Consumo no rival | BIENES COLECTIVOS - Una unidad del bien corresponde a varios sujetos - Imposibilidad de ajuste cantidad-precio | Bienes públicos puros o polares - Imposibilidad plena de exclusión |
| | | Bienes colectivos privados o de club - Posibilidad plena de exclusión - Asociación o bien individual |

Tabla 1. Clasificación de bienes públicos y privados. Fuente: elaboración propia

En numerosas ocasiones los proyectos de infraestructura se identifican como bienes colectivos. Estos presentan la característica de la conjunción en la oferta, de forma que una unidad del bien puede ser utilizada simultáneamente por varios individuos y en ellos no es posible ajustar la cantidad demandada a los cambios en el precio. Su consumo es no rival, en el sentido de que el consumo del bien por parte de un sujeto no reduce la cantidad disponible para otros sujetos.

Por un lado los bienes públicos puros o polares gozan simultáneamente de las propiedades de los bienes externos y de los bienes colectivos (oferta conjunta, consumo no rival e imposibilidad física, técnica y estricta de aplicar el principio de exclusión). Un ejemplo sería la televisión en abierto o la defensa nacional. Sin embargo, muchos bienes públicos a medida que aumenta el número de consumidores del mismo, acaban convirtiéndose en rivales (una carretera en hora punta o un parque público). A estos bienes públicos en los que existe cierta rivalidad en su consumo se les denomina bienes públicos impuros.

Por otro lado existen los bienes colectivos privados o de club en los que es posible la exclusión aunque no tengan rivalidad. Ejemplos: una representación teatral, una función de circo, una autopista de peaje o un vehículo de transporte colectivo. Son bienes colectivos en los que su oferta conjunta y la imposibilidad de ajustar cantidades a precios impide encontrar un conjunto de precios discriminatorios que permitan una igualación individual entre precio y utilidad marginal para cada sujeto. La exclusión física es posible debido a que estos bienes son estrictamente complementarios en su consumo de otro bien individual, divisible, que permite la exclusión (la aplicación del principio de exclusión a los bienes colectivos privados es indirectamente a través de un bien divisible estrictamente complementario en su consumo). En la representación

teatral, la exclusión se produce por el consumo de un bien colectivo (representación) y un bien divisible (espacio, localidad) estrictamente asociado en su consumo. Si se hiciese al aire libre no existiría posibilidad de exclusión.

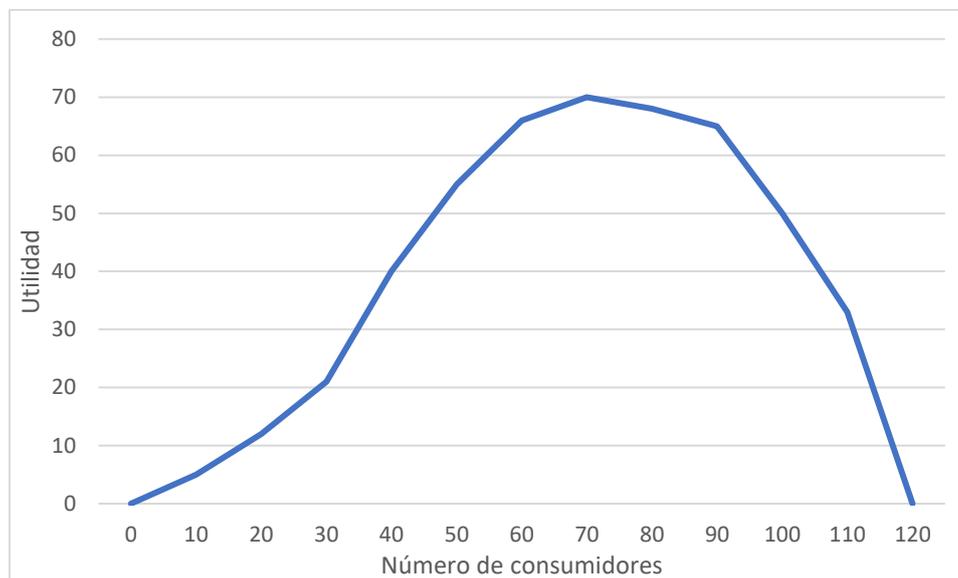


Gráfico 1. Representación de la utilidad de un bien colectivo privado. Fuente: elaboración propia

El hecho de que en determinados casos sea imposible aplicar el principio de exclusión para los bienes públicos puros genera un problema importante: la aparición del usuario gratuito de servicios públicos, también llamado viajero sin billete. En este caso los sujetos que saben que nadie les puede impedir que disfruten gratuitamente de los bienes públicos, no estarán dispuestos a pagar por su utilización y por lo tanto lo utilizarán de manera gratuita. Se corresponde con un fallo del mercado total ya que la iniciativa privada no producirá ninguna cantidad de ese bien pues no recibirán ninguna cantidad en contraprestación, por lo que se hace necesaria la intervención del sector público para garantizar la provisión de estos bienes, aunque esto no implique necesariamente que deba encargarse también de su producción.

El hecho de que los sujetos puedan disfrutar gratuitamente de un bien público trae consigo un escollo adicional: a diferencia del ámbito privado, en el que el precio refleja las preferencias de los ciudadanos por los distintos bienes, en el caso de los bienes públicos puros, el sector público no dispone de esta información, por lo que deberá buscar algún sistema que le permita conocerla. Además, los individuos tendrán pocos incentivos para revelar sus preferencias por temor a que le exijan un precio o un impuesto por consumir esos bienes.

2.3.6 Eficiencia económica y criterio de Pareto

La eficiencia económica consiste en el mejor uso posible de los recursos escasos de los agentes económicos, esto es, maximizar el bienestar de los individuos sin despilfarrar recursos. En el caso de los proyectos de infraestructuras de gran coste, el problema es identificar cuál sería el punto óptimo en el cual la inversión en justamente aquella que va a contribuir a la maximización del bienestar. Si el mercado funcionase

correctamente asignando óptimamente los recursos disponibles, lo mejor sería que el sector público dejase actuar libremente al mercado y se mantuviese al margen de la actividad económica. Pero como los mercados no son capaces de distribuir los recursos de la economía de forma óptima, la intervención pública es necesaria, y su misión sería la de ayudar al mercado a alcanzar la eficiencia económica.

Desde una perspectiva económica, una asignación eficiente de los recursos escasos de que dispone una sociedad implica el utilizarlos de la mejor manera posible, en un doble sentido:

1. Que se produzca lo máximo posible (eficiencia en la producción). Esto se consigue cuando, mediante la reasignación de factores productivos entre industrias, no es posible aumentar la producción de un bien sin reducir la de otros. Para ello se desarrolla el esquema de producción a lo largo de la curva de transformación o frontera de posibilidades de producción.
2. Que la producción se distribuya entre los individuos de la forma más acorde con sus preferencias (eficiencia en el consumo). Una asignación de bienes en el consumo es eficiente si, dadas unas cantidades de bienes, no es posible aumentar el bienestar de un individuo sin reducir el de otro u otros mediante la redistribución de los bienes. Se analiza a partir de las curvas de indiferencia.

A la hora de distribuir los recursos, se pretende alcanzar siempre óptimos en el sentido de Pareto lo que ocurre cuando no es posible reasignar los recursos de forma que pueda mejorarse la situación de uno sin empeorar la de otro. Esto se demuestra en la Caja de Edgeworth-Bowley, de manera que los puntos óptimos de Pareto se corresponden con las intersecciones entre curvas de utilidades. La unión de todos estos puntos se llama Curva de contrato y determinan la asignación de recursos que optimiza las utilidades de ambos agentes. Es decir, en esos puntos no se puede aumentar la utilidad de uno de los agentes sin reducir la del otro, constituyendo óptimos de Pareto.

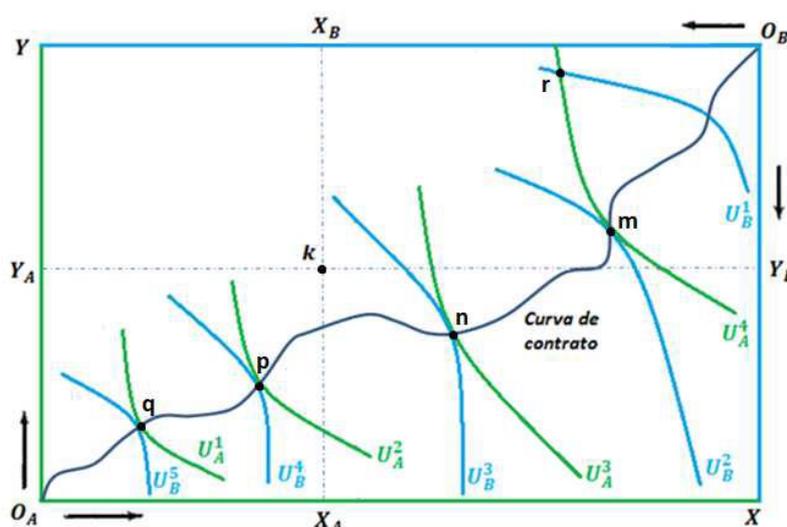


Gráfico 2. Caja de Edgeworth-Bowley. Fuente: Navarro, Reyes et al. 2016

De esta manera, en el siguiente gráfico se puede observar cómo obtener la mayor eficiencia económica en un mercado. En él se representan en cada eje la

producción de un bien (se puede considerar un bien en un eje y el resto de bienes en otro). El gráfico de la izquierda muestra las curvas rojas de indiferencia. Estas marcan las preferencias de un consumidor y cualquier punto de la recta maximizan igualmente su utilidad. En azul encontramos las líneas de transformación o fronteras de producción que delimitan el máximo que una economía puede producir. Los puntos P y Q son los de corte entre las curvas (tangentes) y marcan las cantidades de bienes que maximizan al mismo tiempo la producción y la utilidad del consumidor. En el gráfico de la derecha muestra diferentes curvas de transformación y de indiferencia, marcando los puntos que maximizan los conceptos anteriores y alcanzando así la eficiencia económica del mercado.

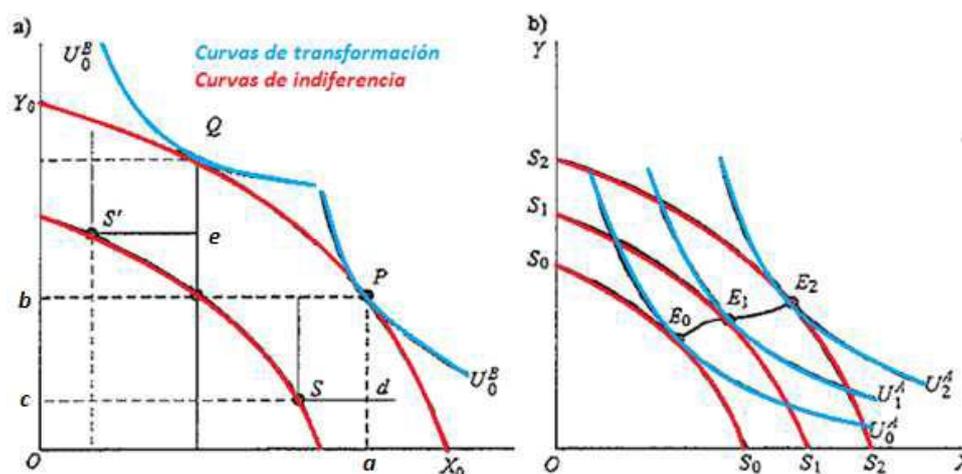


Gráfico 3. Representación del óptimo de Pareto. Fuente: Navarro, Reyes et al. 2016

Finalmente se obtiene la eficiencia económica cuando la producción de los bienes sea eficiente u óptima y además el consumo de estos por los individuos alcance un óptimo de Pareto. El objetivo de acometer proyectos de infraestructura busca así optimizar la utilidad de los agentes económicos de un mercado y pretende encontrar los puntos de eficiencia económica de Pareto. Pese a lo sencillo de la formulación, este hecho es virtualmente imposible de conseguir ya que hay infinidad de agentes que se pueden ver afectados de manera negativa, evitando que sea Pareto eficiente.

2.3.7 Criterio de Kaldor-Hicks

Como la eficiencia económica derivada del óptimo de Pareto es de muy difícil consecución, otros autores han propuesto alternativas más accesibles y que se podrían aplicar más extensamente en la vida real.

Los autores identifican como eficiente una mejora que posibilite una reasignación de Kaldor-Hicks. Esta es tal si aquellos que han visto incrementada su utilidad pueden hipotéticamente compensar a aquellos cuya utilidad ha disminuido, de manera que deriva en una mejora de Pareto (mejora de un recurso sin perjuicio de otros). La compensación en realidad no es necesario que ocurra y, por lo tanto, una mejora de Kaldor-Hicks puede de hecho dejar a algunas personas en peores condiciones.

En el gráfico bajo estas líneas se observa la zona verde que se identifica con las mejoras de Pareto. Se observa que partiendo del punto inicial que corresponde con la esquina inferior izquierda del triángulo verde, en esa zona solo ocurren aumentos de utilidad de ambos. Sin embargo la zona roja delimita la zona en la cual uno de los agentes ve mejorada sensiblemente su utilidad mientras que el otro la ve reducida. En esta área el aumento positivo sería de tal magnitud que compensaría las reducciones complementarias, determinando así una mejora de Kaldor-Hicks. Nótese que la zona verde de Pareto también pertenece a la zona de Kaldor-Hicks. Esto significa que cualquier mejora de Pareto es una mejora de Kaldor-Hicks, pero no a la inversa.

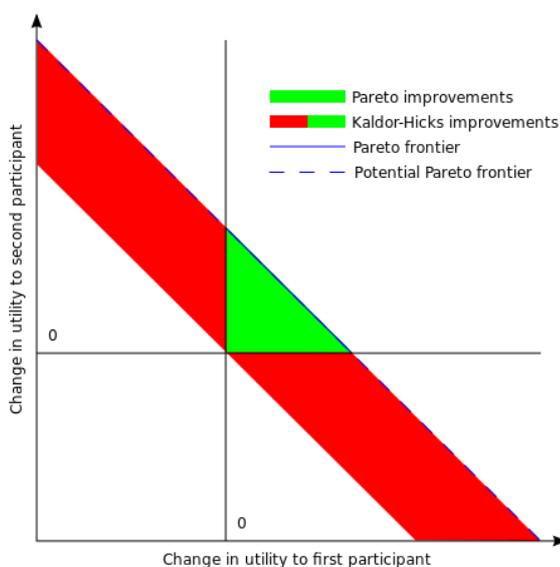


Gráfico 4. Mejoras de Kaldor-Hicks y de Pareto. Fuente. Wikipedia

2.4 PRINCIPIOS GENERALES DEL ACB

2.4.1 Período de análisis

La selección de un período de análisis apropiado es una consideración fundamental en cualquier ACB. Los megaproyectos implican grandes gastos de capital iniciales, mientras que los beneficios resultantes se prolongan durante muchos años. Para reflejar esta dinámica, el período de análisis seleccionado debe abarcar todo el período de construcción, incluidas todas las fases de un proyecto o programa de varias fases, y un período operacional posterior durante el cual se realizan los beneficios del servicio en curso y los costes recurrentes de operación y mantenimiento. Normalmente, este período operacional corresponde a la vida útil esperada de la infraestructura u otros activos que componen un proyecto. Este periodo depende notablemente del sector y de cada tipo de infraestructura acometida, siendo valores muy dispares entre unos y otros.

Se proporciona una tabla comparativa con los distintos periodos contemplados para cada sector:

| Sector | HeatherJones et al. 2014 | European Commission, 2014 |
|------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| ENERGÍA | 25 | 15-25 |
| TRATAMIENTO DE AGUAS | 30 | 30 |
| FERROCARRILES | 30 | 30 |
| CARRETERAS | 25 | 25-30 |
| PUERTOS Y AEROPUERTOS | 25 | 25 |
| TELECOMUNICACIONES | 15 | 15-20 |
| INDUSTRIA | 10 | 10 |
| OTROS | 15 | 10-15 |

Tabla 2. Horizonte temporal en diferentes sectores. Fuente: Elaboración propia

2.4.2 Línea de base y alternativas

Cada análisis debe incluir una línea de base bien definida para medir los beneficios y costes de un proyecto propuesto. A veces se hace referencia a una línea de base como la "alternativa sin construcción", aunque tal vez se caracterice con mayor precisión como un escenario de "mantener las condiciones actuales". De igual manera, la línea de base debería considerar factores que incluyan los cambios futuros que afectarán al resultado del proyecto, pero que no son provocados por el proyecto mismo y que ocurrirían incluso en su ausencia. Ejemplos serían, el crecimiento económico proyectado, el aumento del volumen de tráfico, el crecimiento de la población y el flujo proyectado de tráfico de pasajeros y de transporte de mercancías que se produciría independientemente de si el proyecto propuesto se implementara o no.

En numerosas ocasiones el ACB solo considera la alternativa de no acción como la línea de base y el proyecto propuesto. Idealmente, para realizar un ACB completo el proyecto debe presentar y considerar varias alternativas razonables. Las buenas alternativas candidatas serían proyectos que se dirigen al mismo objetivo que el proyecto propuesto, pero logran el resultado de una manera diferente.

2.4.3 Análisis de sensibilidad y riesgo

La mayoría de los ACB incluyen cierto nivel de incertidumbre atribuible al uso de estimaciones de costes preliminares, la dificultad de modelar los niveles de tráfico futuro o el uso de otros datos imperfectos y parámetros que no son perfectamente identificables. Al describir las suposiciones empleadas, los análisis deben identificar aquellos que están sujetos a una incertidumbre especialmente grande y enfatizar cuál de estos tiene la mayor influencia potencial en el resultado del proyecto.

Si los datos clave utilizados en el estudio son inciertos, el ACB debe incluir un análisis de sensibilidad que ilustre cómo cambiarían sus resultados si utilizara valores alternativos para esos elementos. Un simple análisis de sensibilidad tomará una variable y asumirá múltiples valores similares de esa variable. Por ejemplo, si los beneficios de un proyecto en particular dependen de un aumento del tráfico, se debe realizar un análisis de sensibilidad para estimar los beneficios bajo diferentes supuestos de cantidad de tráfico mostrando cómo cambian los beneficios (y los resultados netos correspondientes) bajo supuestos de mayor y menor tráfico. Si varias variables son

inciertas, se pueden incluir una gama más amplia de análisis de sensibilidad o una simulación de Monte Carlo, que estima los beneficios netos al variar varias entradas clave al mismo tiempo. Una simulación de Monte Carlo supone una distribución de probabilidad para cada variable clave incierta, y luego muestras repetidamente de cada distribución, a menudo repitiendo este proceso de muestreo miles de veces para construir un rango de posibles beneficios netos.

El análisis de riesgos lleva el análisis de sensibilidad un paso más allá. Para proyectos de gran envergadura, evalúa la probabilidad (unida a los factores clave identificados en el análisis de sensibilidad) de que la Tasa Interna de Retorno Económico (TIRE) caiga en la tasa de corte, o que el Valor Actual Neto (VAN) sea cero. Este es un proceso que requiere mucho cálculo y es técnicamente complejo, pero se requiere para proyectos grandes. Sin embargo, existen numerosos softwares disponibles para el análisis de riesgos. En general, se recomienda realizar un análisis cuantitativo de riesgos para proyectos importantes y complejos, debido al tiempo y el costo involucrados.

Los análisis de riesgo y sensibilidad se usan de forma flexible junto con el modelado de escenarios. Por un lado, la demanda generalmente depende del crecimiento económico; por lo tanto, a menudo se proyecta la demanda, basada en escenarios de crecimiento económico alto, medio y bajo. Por otro lado, los costes del proyecto normalmente solo están sujetos a análisis de sensibilidad y riesgo. Si bien es posible analizar cada combinación de escenario y prueba de sensibilidad, generalmente es suficiente analizar solo un número selectivo de opciones.

2.4.4 Valor residual

El valor residual (VR) es un componente importante del ACB y representa el valor de la infraestructura al final de su vida útil proyectada. También se puede interpretar como el valor generado por el activo a lo largo del tiempo a partir del final de la proyección. En numerosas ocasiones, el valor residual se pasa por alto durante el estudio, lo que reduce artificialmente los resultados del proyecto y los métodos actuales para calcular el VR generan controversia sobre si reflejan adecuadamente el verdadero valor que genera el activo.

El método de contabilización más extendido propone que el valor residual de la inversión del proyecto sea contabilizado como un elemento de ingresos en el último año del análisis y refleja el valor restante de la inversión (deuda permanente y activos permanentes como edificios o máquinas). Se puede calcular como el valor de mercado residual del capital fijo como si se vendieran al final del horizonte temporal o más simplemente como el valor residual de todos los activos y pasivos. Se debe incluir el valor descontado de cada recibo futuro neto después del horizonte temporal, por lo que es igual al valor de liquidación.

En teoría, el VR debe calcularse como todos los flujos pronosticados en el futuro desde el comienzo del proyecto hasta el infinito, descontados al valor presente. Sin embargo, a menudo se calcula de manera diferente en la práctica, más comúnmente como el valor promedio de la vida física del stock de capital fijo, como edificios,

maquinaria y equipo de acuerdo a Florio y Vignetti, 2003. También se calcula como el valor presente de los flujos de efectivo netos esperados durante los años de la vida económica fuera del período de referencia si la vida económica excede el período de vida del proyecto. Otro método lo calcula como el monto estimado que una entidad obtendría actualmente por la disposición del activo, después de deducir los costes estimados de disposición, si el activo ya tenía la edad y el estado esperado al final de su vida útil.

En la práctica el valor residual a menudo se ignora en los análisis coste-beneficio de transporte. Sin embargo, se sugiere incluir el valor residual en determinados tipos de proyectos como los proyectos portuarios y, en particular, cuando se trata de una asociación público-privada (PPP).

Cuando sí se incluye en el análisis, el valor residual a menudo se calcula utilizando diferentes métodos. Un enfoque es que debido a que hay diferentes activos (carreteras, edificios, etc.), es difícil llegar a un valor preciso para toda la infraestructura en su conjunto. Para simplificar los cálculos, se puede utilizar la depreciación lineal y se puede ajustar para el año de adquisición para activos como el material rodante, significando básicamente que el residuo es igual al monto no depreciado del activo. Para esto, el período de duración del proyecto debe ser más corto que el período de depreciación del activo. Este método es sin duda el más extendido y, aunque no es el mejor método ni el más completo, se puede calcularse rápida y fácilmente.

En cualquier caso, es de vital importancia que el componente residual del proyecto sea claro y transparente para que los responsables de la toma de decisiones puedan comprenderlo e interpretarlo. Al final, el valor residual puede ser el punto de inflexión en un ACB que puede cambiar el signo del valor actual neto.

2.5 DEBILIDADES DEL MODELO

El ACB ha sido criticado desde muchos frentes. En su estudio sobre la metodología del ACB, (Transport infrastructure project evaluation using cost-benefit analysis, Heather et al., 2014) los autores analizan en el estudio la debilidades del ACB: su proceso de toma de decisiones, el hecho de que monetiza bienes no de mercado, la apertura de la interpretación de sus resultados, su necesidad de integridad y corrección, su falta de comprensión y su descuento de las consecuencias ambientales a largo plazo, entre otros.

Finalmente, el análisis es tan bueno como las suposiciones o estimaciones tomadas en él. Layard y Glaister indican que la decisión correcta solo se obtiene si los precios utilizados por los tomadores de decisiones reflejan correctamente los valores sociales de los insumos y productos en el nivel óptimo social o precios sombra. Los precios de mercado rara vez lo hacen, por lo que es importante llegar a valoraciones adecuadas y consistentes donde los precios de mercado fracasan de alguna manera. El ACB es extremadamente sensible a los valores utilizados para las diferentes suposiciones y tan solo un error importante en cualquiera de estos puede causar un sesgo en los resultados o incluso cambiar el resultado de negativo a positivo o viceversa.

Se ha señalado en repetidas ocasiones que asignar un valor a los impactos no tasados es difícil y probablemente no resulte en un precio exacto. Se han realizado algunos avances en las principales debilidades del ACB, pero se necesitan mejoras adicionales para algunos puntos débiles, como pronósticos de tráfico, estimaciones de costes, tasa de descuento y valor del tiempo, mientras que otros necesitan avances considerables, como la inclusión de la interacción entre el uso del terreno y el transporte y los impactos regionales y los efectos de red. Algunos necesitan mejoras innovadoras, como la inclusión y monetización de los impactos en la energía del ciclo de vida y el impacto ambiental, la inclusión de capital y la monetización y la nueva estimación del valor residual para reflejar el valor que el activo genera a lo largo del tiempo.

| Factor | Debilidades |
|--------------------------------|---|
| Pronóstico de tráfico | Comúnmente desviado en un 20% -60% (generalmente sobreestimado) |
| Estimación de costes | Los excesos de 50% -100% no son infrecuentes (generalmente subestimados) |
| Tasa de descuento | Imposible predecir a largo plazo. Las tasas más altas favorecen menores inversiones o beneficios a corto plazo |
| Valor del ciclo de vida | Difícil de determinar, no hay acuerdo sobre el método o el valor |
| La seguridad | Amplio acuerdo sobre el método y el valor. Los países en desarrollo tienen algunas dificultades para estimarlo |
| Valor del tiempo | Procedimiento complejo, sin consenso sobre qué variables son relevantes y relaciones entre valores |
| Impactos Regionales | No tiene en cuenta los efectos de red o de exclusión |
| Impactos locales | No tiene en cuenta la aglomeración y la interacción del uso del terreno |
| Equidad | No incluido en ACB. La monetización no es universalmente aceptada. |
| Impactos ambientales | Difícil monetizar con grandes rangos de incertidumbre. No se realiza análisis de ciclo de vida por lo que no se tienen en cuenta los impactos en construcción y mantenimiento |
| Valor residual | A menudo pasado por alto. Sin acuerdo sobre metodología. |

Tabla 3. Debilidades del ACB. Fuente: Heather et al. 2014

2.6 ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO EN PROYECTOS DE TRANSPORTE

Aunque sea una herramienta generalmente útil para todo tipo de proyectos, el ACB es más aplicable para evaluar proyectos propuestos de transporte que cumplan con los siguientes criterios:

1. El gasto potencial del proyecto es lo suficientemente significativo como para justificar el gasto de recursos en la previsión, medición y evaluación de los beneficios e impactos esperados.
2. La motivación del proyecto es mejorar la eficiencia del sistema de transporte para atender las necesidades relacionadas con el viaje y el acceso, en lugar de cumplir con algún requisito legal u objetivo social.

3. Los impactos ambientales o sociales que están fuera de la medición de la eficiencia del sistema de transporte son: (a) insignificantes en magnitud, (b) mensurables de manera que puedan usarse dentro del marco de costo-beneficio, o (c) sean considerados mediante alguna otra forma de evaluación de proyectos fuera del análisis costo-beneficio.

Por el contrario, el ACB no es necesario ni deseable para justificar todos los proyectos de transporte, como en los siguientes casos:

1. Proyectos motivados por la necesidad de cumplir con requisitos legales, como estándares de seguridad, estándares de acceso para discapacitados o estándares de impacto ambiental. Los cambios en el crecimiento de la población, el desarrollo urbano, los patrones de viaje o las regulaciones legales pueden requerir nuevos proyectos para mejorar las instalaciones y servicios de transporte existentes, construir nuevas instalaciones o proporcionar nuevos servicios para cumplir con los estándares actuales exigidos por ley.
2. Proyectos motivados principalmente por la necesidad de abordar problemas de equidad distributiva, es decir, deseos legales, políticos o morales de equidad. Esto incluye la provisión de un nivel mínimo de acceso básico (por carretera, tránsito, aire o mar) para regiones, comunidades o barrios aislados o mal atendidos. También puede incluir algunos proyectos motivados por el desarrollo económico, es decir, permitir la atracción y creación de nuevos empleos, particularmente en áreas económicamente deprimidas. Finalmente, algunas decisiones se basan en el deseo (y en algunos casos, la necesidad legal) de evitar la selección de proyectos y diseños de proyectos que enfocan el impacto negativo excesivo en grupos socialmente vulnerables (como los de bajos ingresos, ancianos o grupos minoritarios).
3. Proyectos que simplemente están manteniendo, renovando o rehabilitando instalaciones de transporte ya construidas, que son necesarias para evitar perder los beneficios ya demostrados de esas instalaciones existentes (a menos que haya alternativas viables presentes).

2.7 METODOLOGÍA

No existe una metodología exclusiva del ACB. Hay una serie de requisitos básicos como es el análisis económico y la identificación del proyecto que son comunes a todos los análisis. Existe una multiplicidad de guías, recomendaciones y sugerencias que aportan cada una un enfoque diferente respetando los principios que se han comentado anteriormente. Al cubrir todo tipo de proyectos e intervenciones, el ACB se suele presentar de acuerdo a una adaptación a su sector.

El enfoque tomado en cuenta para este trabajo está basado en la metodología seguida por la Comisión Europea, según la cual el ACB estándar está estructurado en siete pasos que se detallarán en profundidad.

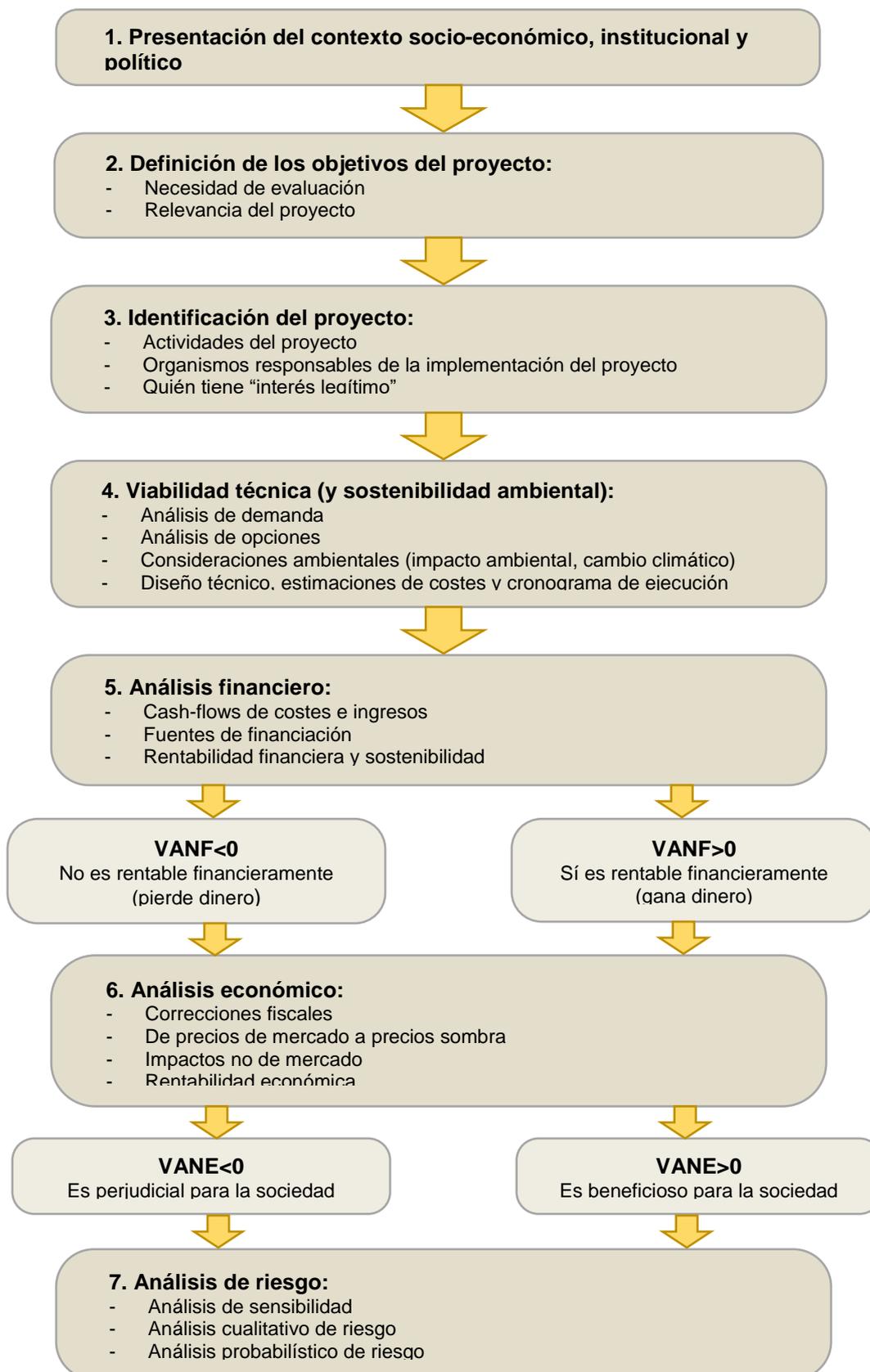


Ilustración 2. Esquema de metodología de ACB. Fuente: elaboración propia con datos de la Comisión Europea, 2014

2.7.1 Descripción del contexto

La presentación del contexto es esencial para predecir las tendencias futuras, especialmente para el análisis de la demanda. De hecho, la posibilidad de lograr previsiones sensatas sobre los usuarios, los beneficios y los costes a menudo se basa en la precisión de la evaluación de las condiciones macroeconómicas y sociales de la región. En este sentido, una recomendación obvia es verificar que los supuestos realizados, por ejemplo, sobre el PIB o el crecimiento demográfico, sean coherentes con los datos proporcionados. Además, este ejercicio tiene como objetivo verificar que el proyecto sea apropiado para el contexto en el que tiene lugar.

El primer paso de la evaluación del proyecto tiene como objetivo describir el contexto social, económico, político e institucional en el que se implementará el proyecto. Las características clave que se describirán se relacionan con:

- Las condiciones socioeconómicas del país / región que son relevantes para el proyecto, incluyendo, la dinámica demográfica, crecimiento esperado del PIB, condiciones del mercado laboral, tendencia del desempleo, etc.;
- Los aspectos normativos e institucionales, incluidas las políticas económicas existentes y los planes de desarrollo, la organización y la gestión de los servicios que proporcionará / desarrollará el proyecto, así como la capacidad y la calidad de las instituciones involucradas;
- La dotación actual de infraestructura y la prestación de servicios, incluidos los indicadores / datos sobre la cobertura y la calidad de los servicios prestados, los costes operativos actuales y las tarifas / tarifas / cargos pagados por los usuarios, si corresponde;
- Otra información y estadísticos que sean relevantes para contextualizar mejor el proyecto, por ejemplo, la existencia de problemas ambientales, las autoridades ambientales que estén involucradas, etc.;

2.7.2 Definición de los objetivos

En la medida de lo posible, los objetivos deberían cuantificarse mediante indicadores y objetivos, de conformidad con el principio de orientación de resultados de la política de cohesión. Pueden relacionarse, por ejemplo, con la mejora de la calidad, con un mejor acceso al servicio, con el aumento de la capacidad existente, etc. Una clara definición de los objetivos del proyecto es necesaria para:

- Identificar los efectos del proyecto para ser evaluados en el ACB. La identificación de los efectos debe estar vinculada a los objetivos del proyecto para medir el impacto en el bienestar. Cuanto más clara es la definición de los objetivos, más fácil es la identificación del proyecto y sus efectos;
- Verificar la relevancia del proyecto. Se debe proporcionar evidencia de que la lógica del proyecto responde a una prioridad para el territorio. Esto se logra al verificar que el proyecto contribuya a alcanzar los objetivos de política del país y los planes nacionales / regionales de desarrollo. La referencia a estos planes

estratégicos debe demostrar que los problemas son reconocidos y que existe un plan para resolverlos.

2.7.3 Identificación del proyecto

Se proponen las siguientes recomendaciones para una buena identificación del proyecto:

1. Los elementos físicos y las actividades que se implementarán para proporcionar un bien o servicio determinado han de corresponderse con un análisis autosuficiente. En este sentido, el aspecto clave es que la evaluación debe enfocarse en todo el proyecto como una unidad de análisis autosuficiente, lo que quiere decir que ninguna característica o componente esencial queda fuera del alcance de la evaluación. Por ejemplo, si no hay caminos de conexión para verter los desechos, un nuevo vertedero no estará operativo. En ese caso, tanto el relleno sanitario como los caminos de conexión se deben considerar como un proyecto único.
2. Se ha de identificar al organismo responsable de la implementación (a menudo denominado "promotor del proyecto") y se analizan sus capacidades técnicas, financieras e institucionales. La capacidad técnica se refiere a los recursos y la experiencia del personal disponible dentro de la organización, la capacidad financiera se refiere a la situación financiera del organismo que debe demostrar que puede garantizar una financiación adecuada durante la construcción y las operaciones, y finalmente la capacidad institucional se refiere a todos los arreglos institucionales necesarios para implementar y operar el proyecto (un ejemplo común es la creación de una Unidad de Implementación de Proyecto) incluyendo los asuntos legales y contractuales para la concesión de licencias de proyectos.
3. El área de impacto, los beneficiarios finales y todas las partes interesadas relevantes se identificarán debidamente. El área de impacto puede ser de interés local, regional o nacional, dependiendo del tamaño y el alcance de la inversión. Una buena descripción del área de impacto requiere la identificación de los beneficiarios finales del proyecto, es decir, la población que se beneficia directamente del proyecto. Además, todos los organismos, públicos y privados, que se ven afectados por el proyecto deben ser descritos. La inversión en grandes infraestructuras no suele afectar únicamente al productor y a los consumidores directos del servicio, sino que puede generar impactos mayores en socios, proveedores, competidores, administraciones públicas, comunidades locales, etc.

2.7.4 Viabilidad técnica y sostenibilidad ambiental

Aunque ambos análisis no son formalmente parte del ACB, sus resultados deben ser utilizados como una fuente principal de datos. Se debe proporcionar información detallada sobre:

- Análisis de demanda actual (basada en estadísticas proporcionadas por entes competentes para los distintos tipos de usuarios) y demanda futura (basada en modelos fiables de previsión de la demanda que tengan en cuenta pronósticos macroeconómicos y socioeconómicos, fuentes de suministro alternativas, elasticidad de la demanda a precios e ingresos relevantes, etc.) en los dos escenarios con y sin proyecto;
- Análisis de opciones que incluya una lista de estrategias alternativas para lograr los objetivos previstos;
- Consideraciones sobre el medio ambiente y el cambio climático. Cuando corresponda, se debe llevar a cabo una Evaluación de impacto ambiental para identificar, describir y evaluar los efectos directos e indirectos del proyecto en los seres humanos y el medio ambiente. Si bien la Evaluación de impacto ambiental es un procedimiento formalmente distinto y autónomo, sus resultados deben integrarse en el ACB y contribuir a la elección del proyecto final.
- Diseño técnico, estimaciones de costes y calendario de implementación y demás aportes técnicos que sean relevantes para la caracterización del proyecto y para les estimaciones precisas de costes.

2.7.5 Análisis financiero

Debe incluirse un análisis financiero en el análisis coste / beneficio para calcular los indicadores de rendimiento financiero del proyecto. El análisis financiero se lleva a cabo para:

- Evaluar la rentabilidad consolidada del proyecto;
- Evaluar la rentabilidad del proyecto para el propietario del proyecto y algunas actores clave;
- Verificar la sostenibilidad financiera del proyecto, una condición de factibilidad clave para cualquier tipología de proyecto;
- Describir los flujos de efectivo que sustentan el cálculo de los costes y beneficios socioeconómicos.

Las entradas y salidas de efectivo a considerar se describen en detalle a continuación. Los métodos para reducir los gastos elegibles de la operación y calcular la asistencia de la Unión (teniendo en cuenta el potencial de generar ingresos netos) no se tratan en esta Guía. Por favor refiérase al Art. 61 (operaciones que generan ingresos netos después de la finalización) del Reglamento (UE) 1303/2013 y el artículo 15 (Método para calcular los ingresos netos descontados) del Reglamento Delegado (UE) no 480/2014 de la Comisión.

Principios generales

La metodología de análisis financiero utilizada en esta guía es el método del Flujo de efectivo descontado (DCF).

- En el análisis solo se consideran las entradas y salidas de efectivo, es decir, la depreciación, las reservas, el precio y las contingencias técnicas y otras partidas contables que no corresponden a los flujos reales no se tienen en cuenta.

- El análisis financiero debe, como regla general, llevarse a cabo desde el punto de vista del propietario de la infraestructura. Si en la prestación de un servicio de interés general, el propietario y el operador no son la misma entidad, se debe llevar a cabo un análisis financiero consolidado, que excluya los flujos de efectivo entre el propietario y el operador, para evaluar la rentabilidad real de la inversión independientemente de los pagos internos.
- Se adopta una tasa de descuento financiero (TDF) apropiada para calcular el valor actual de los flujos de efectivo futuros. La tasa de descuento financiero refleja el coste de oportunidad del capital.
- El número de años para los cuales se proporcionan pronósticos debe corresponderse con el horizonte temporal del proyecto (o el período de referencia). Como ya hemos mencionado anteriormente, en la práctica es útil referirse a un estándar de referencia diferenciado por sector y basado en la práctica internacionalmente aceptada.
- El análisis financiero generalmente debe llevarse a cabo a precios constantes (reales), es decir, con precios fijados en un año base. El uso de los precios actuales (nominales) ajustados por el índice de precios al consumidor (IPC) implicarían una previsión del IPC que no parece siempre necesaria.
- El análisis debe llevarse a cabo sin incluir el IVA, tanto en los costes como en los ingresos, si el promotor del proyecto puede recuperarlo. Por el contrario, cuando el IVA no es recuperable, debe incluirse.
- Los impuestos directos (sobre capital, ingresos u otros) se consideran solo para la verificación de sostenibilidad financiera y no para el cálculo de la rentabilidad financiera, que se calcula antes de dichas deducciones fiscales. La razón fundamental es evitar la complejidad y la variabilidad de las normas del impuesto sobre la renta del capital a lo largo del tiempo y los países.

Costes de capital

- Inversión inicial: incluye los costes de capital de todos los activos fijos (por ejemplo, terrenos, edificios de construcción, planta y maquinaria, equipos, etc.) y activos no fijos (por ejemplo, costes iniciales y técnicos, como diseño / planificación, gestión de proyectos).
- Costes de reemplazo: incluye los costes que se producen durante el período de referencia para reemplazar la maquinaria y / o el equipo de vida corta, como plantas de ingeniería, filtros e instrumentos, vehículos, muebles, equipos de oficina e informática, etc.
- Se debe incluir un valor residual de las inversiones fijas dentro de la cuenta de costes de inversión para el año final. El valor residual refleja la capacidad del potencial de servicio restante de los activos fijos cuya vida económica aún no está completamente agotada.

Costes e ingresos de operación

- Los costes operativos incluyen todos los costes de operación y mantenimiento (O & M) de la nueva provisión de servicios. Los pronósticos de costes pueden basarse en los costes unitarios históricos, cuando los patrones de gastos en operaciones y mantenimiento aseguran estándares de calidad adecuados. Estos costes generalmente se distinguen entre fijos (para una capacidad dada, no varían con el volumen del bien / servicio proporcionado) y variables (dependen del volumen).
- Los ingresos del proyecto se definen como los flujos de efectivo pagados directamente por los usuarios a cambio de los bienes o servicios proporcionados por la operación, tales como los pago directos de los usuarios por el uso de infraestructura, venta o alquiler de terrenos o edificios o pagos por servicios. Estos ingresos estarán determinados por las cantidades pronosticadas de bienes / servicios provistos y por sus precios y su incremento puede provenir de aumentos en las cantidades vendidas, del nivel de precios o de ambos.

Es importante notar que las transferencias o subsidios (por ejemplo, transferencias de presupuestos estatales o regionales o seguros nacionales de salud), así como otros ingresos financieros (por ejemplo, intereses de depósitos bancarios) no se incluirán dentro de los ingresos operativos para los cálculos de rentabilidad financiera porque no son directamente atribuibles a las operaciones del proyecto. Por el contrario, se computarán para la verificación de sostenibilidad financiera.

Por otro lado, las tarifas correspondientes se fijarán de conformidad con los principios de quien contamina paga y los principios de recuperación de costes totales. Finalmente, las salidas de efectivo de los costes operativos deducidos de los flujos de efectivo de los ingresos determinan los ingresos netos del proyecto.

Fuentes de financiación

El siguiente paso es la identificación de las diferentes fuentes de financiación que cubren los costes de inversión. En el marco de los proyectos internacionales, las principales fuentes pueden ser:

- Contribución pública nacional;
- Contribución del promotor del proyecto (préstamos o patrimonio);
- Contribución de organismos internacionales (préstamos, donaciones, seguridades, etc.);
- Contribución privada en virtud de un PPP, (capital y préstamos).

Resultados financieros

La determinación de los costes de inversión, los costes de operación, los ingresos y las fuentes de financiación permite la evaluación de la rentabilidad del proyecto, que se mide con los siguientes indicadores clave:

1. El valor actual neto financiero VANF de la inversión se define como la suma que resulta cuando la inversión esperada y los costes operativos del proyecto (descontados) se deducen del valor descontado de los ingresos previstos. El resultado se expresa en términos monetarios. Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$VANF = \sum_{t=0}^n a_t S_t = \frac{S_0}{(1+i)^0} + \frac{S_1}{(1+i)^1} + \dots + \frac{S_n}{(1+i)^n}$$

2. La tasa de rendimiento financiero TIRF de la inversión se define como la tasa de descuento que produce un FNPV cero. Si la TIRF es menor que la tasa de descuento utilizada, el proyecto no sería rentable financieramente, y si fuera mayor significaría que el proyecto daría beneficios positivos. Cuanto más grande sea la TIRF con respecto a la tasa de descuento, mayor será el beneficio del proyecto. La TIRF viene dada por la solución de la siguiente ecuación:

$$0 = \sum \frac{S_t}{(1 + TIRF)^t}$$

Sin embargo estos indicadores requieren un análisis más detallado ya que se pueden aplicar desde el punto de vista de la inversión o desde el capital nacional (en proyectos públicos).

Rendimiento de la inversión. La perspectiva de la inversión busca saber si el proyecto generará suficientes ingresos como para cubrir todos los costes que incurrirá el proyecto a lo largo de su vida económica. De esta manera el valor actual neto financiero de la inversión VANF(I) y la tasa de rendimiento financiera de la inversión TIRF(I) comparan los costes de inversión con los ingresos netos y miden hasta qué punto los ingresos netos del proyecto pueden amortizar la inversión, independientemente de las fuentes o métodos de financiación. Esta última parte es muy importante ya que se trata de observar simplemente entradas y salidas del proyecto y no de cómo se han obtenido.

En términos básicos, se utiliza la TIRF(I) para juzgar el rendimiento futuro de la inversión en comparación con otros proyectos, o con un *benchmark* de referencia. Cuando la TIRF(I) es menor que la tasa de descuento aplicada (o la VANF(I) es negativa), los ingresos generados no cubrirán los costes y el proyecto hará perder dinero a sus inversores. Este es a menudo el caso de las infraestructuras públicas.

Como resumen, se apunta que el rendimiento de la inversión se calcula en base a los costes de inversión y de operación como salidas del proyecto, y los ingresos y el valor residual (en su caso) como las entradas. Por lo tanto, el coste de financiación no se incluye en el cálculo del rendimiento de la inversión VANF(I). Además, el capital, los ingresos u otros impuestos directos se incluyen solo en la tabla de sostenibilidad financiera (siguiente apartado) y no se consideran para el cálculo de la rentabilidad financiera, que se calcula antes de las deducciones.

Rendimiento del capital nacional. El objetivo del cálculo del rendimiento del capital nacional es examinar el rendimiento del proyecto desde la perspectiva de las

entidades públicas y posiblemente privadas (en su caso). El rendimiento del capital nacional se calcula considerando como salidas los costes de operación, las contribuciones de capital nacionales (públicas y privadas) al proyecto, los recursos financieros de los préstamos en el momento en que se reembolsan y el interés relacionado con los préstamos. Por otro lado, las entradas son solo los ingresos de operación y el valor residual. Nótese que los subsidios otorgados para cubrir los costes operativos se excluirán porque son transferencias de una fuente nacional a otra.

Al calcular el VANF(C) y la TIRF(C) se tienen en cuenta todas las fuentes de financiación. Estas fuentes se toman como salidas (son entradas en la cuenta de sostenibilidad financiera), en lugar de costes de inversión (ya que forman parte del cálculo del rendimiento financiero de la inversión). Mientras que la TIRF(I) se espera que sea muy baja, o incluso negativa para las inversiones públicas de gran envergadura, la TIRF(C) será normalmente más alta.

Hay que notar que, para la infraestructura pública, un VANF(C) no significa que el proyecto no sea deseable desde la perspectiva del operador o del público y deba ser cancelado. Simplemente significa que no proporciona un rendimiento financiero adecuado del capital nacional empleado, con base en el índice de referencia aplicado. Este es en realidad un resultado relativamente común, incluso para proyectos generadores de ingresos. En tales casos, es particularmente importante garantizar la sostenibilidad financiera del proyecto.

Sostenibilidad financiera

El proyecto es financieramente sostenible cuando se espera que el riesgo de quedarse sin efectivo en el futuro, tanto durante la inversión como en las etapas operacionales, sea nulo. Los promotores de proyectos deben mostrar cómo las fuentes de financiación disponibles (tanto internas como externas) coincidirán consistentemente con los desembolsos año tras año.

La sostenibilidad ocurre si el flujo de efectivo acumulado generado es positivo para todos los años considerados. Las entradas incluyen las fuentes de financiación, los ingresos operacionales de la provisión de bienes y servicios y las transferencias, subsidios y otras ganancias financieras que no se derivan de los cargos pagados por los usuarios por el uso de la infraestructura. Por su lado las salidas serían la inversión inicial, los costes de operación, el reembolso de préstamos y pagos de intereses y los impuestos sobre el capital o los ingresos y otros impuestos directos.

2.7.6 Análisis económico

Los impactos económicos que un proyecto tiene sobre la sociedad se pueden dividir en tres categorías diferente: el excedente del consumidor, el excedente del productor y las externalidades. Estas categorías se explicarán con más detalle bajo estas líneas.

Sin embargo, el concepto clave en este análisis es el uso de precios sombra que ya se han comentado en su correspondiente apartado. Estos se utilizan para reflejar el

coste de oportunidad social de los bienes y servicios, en lugar de los precios observados en el mercado que pueden estar distorsionados.

El procedimiento estándar sugerido por la práctica internacional consiste en pasar del análisis financiero al económico. A partir del cálculo de la rentabilidad de la inversión, se deberían aplicar correcciones fiscales, ajustes de conversión de precios de mercado a precios sombra y la inclusión de impactos no de mercado y corrección de externalidades, para posteriormente descontar los costes e ingresos que ocurren en momentos diferentes.

La tasa de descuento en el análisis económico de los proyectos de inversión, la Tasa de descuento social (SDR), refleja la visión social sobre cómo se deben valorar los beneficios y costes futuros con respecto a los actuales.

Conversión de precios de mercado a precios sombra

Como ya se ha mencionado antes, cuando los precios de mercado no reflejan el coste de oportunidad de los insumos y productos, el enfoque habitual es convertirlos en precios sombra.

La transformación de los precios de mercado de los insumos en precios sombra se completa, en la práctica, mediante la aplicación de factores de conversión. Estos se definen como la relación entre los precios sombra y los precios de mercado. Representan el factor al que se deben multiplicar los precios de mercado para obtener entradas valoradas a precio sombra.

$$\text{Precios sombra} = SCF * \text{Precios de mercado}$$

Donde SCF es el factor de conversión estándar mencionado anteriormente. Los SCF suelen estar disponibles en las agencias multilaterales para su uso en la evaluación económica. En algunos casos, el valor de SCF podría ser otorgado por funcionarios del gobierno para ser utilizado en proyectos de infraestructura en un país o región, como una cuestión de política. En tal caso, el valor de SCF se considera como un factor de conversión general que se aplicará al costo de inversión financiera total.

Como guía, en algunos países, la eliminación de impuestos y el uso de factores de conversión a menudo resulta en el coste económico total de un proyecto de infraestructura que promedia el 85% de su coste financiero (doméstico) y varía principalmente entre 70% y 90% dependiendo de la estructura de costes / tipo de proyecto.

El excedente del consumidor

El excedente del consumidor se define como el exceso de la disposición a pagar de los usuarios sobre el coste generalizado de transporte para un viaje específico. El coste generalizado de transporte expresa el inconveniente general para el usuario de viajar entre un origen y un destino utilizando un modo de transporte específico que no solo incluye el precio que paga por el viaje sino que además implica una inversión del tiempo, desplazamiento hasta terminales, etc. En la práctica, generalmente se calcula como la suma de los costes monetarios (por ejemplo, tarifa, peaje, combustible, etc.)

más el valor del tiempo de viaje (incluye tiempos de viaje equivalentes como el las escalas) calculado en unidades monetarias equivalentes. Cualquier reducción del coste generalizado del transporte para el movimiento de bienes y personas determina un aumento en el excedente del consumidor aunque los principales generadores de excedente del consumidor son las tarifas de transporte (billetes, precios por flete), la reducción del tiempo de viaje y la reducción de los costes operativos de vehículos para los usuarios. Este último punto ha de aclararse puesto que ha de tener una perspectiva de usuario y no de productor, es decir, la reducción de costes de usuario se toman en cuenta cuando el viaje transporta individuos de manera personal y no se corresponden con una empresa.

El excedente del productor

El excedente del productor se define como los ingresos acumulados por el productor (es decir, propietario y operadores juntos) menos los costes soportados gracias al nuevo proyecto. El cambio en el excedente del productor se calcula como la diferencia entre el cambio en los ingresos del productor (por ejemplo, aumento del ingresos por tickets de pasajeros) menos el cambio en los costes del productor (por ejemplo, los costes operativos del tren aumentan).

Evaluación de impactos no de mercado y corrección de externalidades

Los impactos generados en los usuarios que son relevantes para la sociedad debido al uso de un bien o servicio nuevo o mejorado pero para los cuales no se dispone de un valor de mercado se suelen llamar externalidades. Debido a su naturaleza, estas externalidades no se captan con la evaluación de los beneficios directos del proyecto y deben evaluarse por separado e incluirse como beneficios directos del proyecto en el análisis económico de la evaluación del proyecto.

Valorar las externalidades a veces puede ser complicado por su propia naturaleza, aunque puedan identificarse fácilmente. Sin embargo, para algunos efectos específicos, los estudios disponibles en la literatura proporcionan valores de referencia para usar en contextos determinados. Con estos datos, la evaluación de externalidades se vuelve relativamente sencilla: simplemente requiere una estimación del volumen de externalidad (por ejemplo, aumento en decibelios de ruido para la población expuesta) que se multiplicará por el precio unitario apropiado (por ejemplo, dólar por decibelio por persona).

Se han logrado avances significativos en los últimos años en el perfeccionamiento de las estimaciones de los valores unitarios de los impactos no de mercado y la mejora de los métodos para integrar dichos valores en el análisis económico. Sin embargo, todavía se necesitan desarrollos en este campo, tanto empíricos como teóricos, para ampliar el rango de externalidades consideradas.

En proyectos de gran envergadura como los que analiza el ACB los impactos del cambio climático ocupan un lugar especial en la evaluación de externalidades ya que el cambio climático es un problema mundial, por lo que el impacto de las emisiones no depende de la ubicación, las emisiones presentes contribuyen a los impactos en un

futuro lejano y los impactos a largo plazo son potencialmente catastróficos. El enfoque propuesto para integrar las externalidades del cambio climático en la evaluación económica consiste en los siguientes pasos:

1. Cuantificación del volumen de emisiones emitidas o evitadas en la atmósfera debido al proyecto.
2. Cálculo de las emisiones totales de CO2 equivalente (CO2e) utilizando el índice GWP (Global Warming Potential). Los gases de efecto invernadero distintos del CO2 se convierten en CO2e al multiplicar la cantidad de emisiones del GEI específico por un factor equivalente al GWP.
3. Evaluación de la externalidad usando un coste unitario de CO2 equivalente y multiplicándolo por las toneladas totales de emisiones de CO2e.

Efectos indirectos en mercados secundarios

El precio sombra de los insumos y productos del proyecto, y la monetización de las externalidades, ya tienen en cuenta los principales impactos relevantes de un proyecto sobre el bienestar. En consecuencia, los efectos indirectos que ocurren en los mercados secundarios (por ejemplo, impactos en la industria del turismo) no deberían incluirse en la evaluación de los costes y beneficios del proyecto. La razón principal para no incluir efectos indirectos es porque, si los mercados secundarios fueran eficientes, estos efectos serían irrelevantes en un entorno de equilibrio general, ya que ya están capturados por la sombra precios. Agregar estos efectos a los costes y beneficios que ya se midieron en los mercados primarios generalmente produce una doble contabilidad.

Resultados económicos

Una vez todos los costes e ingresos han sido estimados se puede proceder a calcular los indicadores de desempeño económico del proyecto. Estos son los mismos que los analizados en el análisis financiero, con la salvedad de que los valores están en precios económicos: Valor Actual Neto Económico (VANE), Tasa Interna de Retorno Económica (TIRE) y el ratio beneficio-coste.

- El ratio Beneficio-Coste (presentado equivocadamente en numerosas ocasiones como el ratio Coste-Beneficio) se define como la relación entre los ingresos totales descontados y los costes totales descontados. Siendo mayor que uno indica que los ingresos exceden los costes y por tanto el proyecto será rentable y viceversa.

$$\text{Ratio } B/C = \frac{\sum \text{Ingresos descontados}}{\sum \text{Costes descontados}}$$

Desde una perspectiva económica, el análisis económico y financiero se consideran como lados diferentes de la misma moneda o el análisis de la misma situación desde diferentes puntos de vista. Por un lado el análisis financiero se fija en la visión del propietario del proyecto y se centra en la rentabilidad de la inversión, mientras que el análisis económico pretende adoptar la visión del conjunto de la sociedad, haciendo hincapié en los beneficios y costes globales para el conjunto de las personas..

2.7.7 Evaluación de riesgos

Varios análisis se proponen para la caracterización del riesgo del proyecto:

1. El análisis de sensibilidad permite la identificación de las variables "críticas" del proyecto. Tales variables son aquellas cuyas variaciones, ya sean positivas o negativas, tienen el mayor impacto en el desempeño financiero y / o económico del proyecto. El análisis se lleva a cabo variando una variable tras otra y determinando el efecto de ese cambio en el VAN. Como criterio orientador, la recomendación es considerar "críticas" aquellas variables para las cuales una variación de $\pm 1\%$ del valor adoptado en el caso base da lugar a una variación de más del 1% en el valor del VAN. Un componente particularmente relevante del análisis de sensibilidad es el cálculo de los valores de conmutación. Este es el valor que la variable analizada debería tomar para que el VAN del proyecto se vuelva cero o, en términos más generales, para que el resultado del proyecto caiga por debajo del nivel mínimo de aceptabilidad.
2. Un análisis cualitativo de riesgos que incluya una lista de
 - eventos adversos a los cuales está expuesto el proyecto;
 - una matriz de riesgos para cada evento adverso que indique las posibles causas de ocurrencia, los efectos negativos generados en el proyecto, los niveles (clasificados) de probabilidad de ocurrencia y de la gravedad del impacto, y el nivel de riesgo;
 - una interpretación de la matriz de riesgos que incluye la evaluación de niveles aceptables de riesgo;
 - una descripción de las medidas de mitigación y / o prevención para los principales riesgos, indicando quién es responsable de las medidas aplicables para reducir la exposición al riesgo, cuando se consideran necesarias.
3. Un análisis de riesgo probabilístico. Este tipo de análisis asigna una distribución de probabilidad a cada una de las variables críticas del análisis de sensibilidad, definido en un rango preciso de valores alrededor de la mejor estimación, utilizado como caso base, para volver a calcular los valores esperados de los indicadores de rendimiento financiero y económico. Una vez establecidas las distribuciones de probabilidad para las variables críticas, es posible proceder con el cálculo de la distribución de probabilidad de la TIRF o el VAN del proyecto. Para este propósito, se sugiere el uso del método de Monte Carlo, que requiere un software de computación simple.
4. Un análisis de prevención y mitigación de riesgos. La evaluación del riesgo debe ser la base de la gestión del riesgo, que es la identificación de estrategias para reducir los riesgos, incluida la forma de asignarlos a las partes involucradas y los riesgos de transferirlos a instituciones profesionales de gestión de riesgos, como las compañías de seguros. La gestión del riesgo es una función compleja que requiere una variedad de competencias y recursos, y puede considerarse un rol para los profesionales, bajo la responsabilidad de la autoridad de gestión y el beneficiario.

3 CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROYECTO

3.1 INTRODUCCIÓN DE LA REGIÓN

3.1.1 La microrregión del cuerno de África

El proyecto se encaja dentro del continente africano, más precisamente en la zona conocida como el Cuerno de África. Esta se compone actualmente de cuatro naciones independientes: Etiopía (capital Addis Abeba), Eritrea (capital Asmara), Somalia (capital Mogadiscio) y Yibuti (capital Yibuti). Estos comparten patrimonios étnicos afroasiáticos similares aunque existen varias etnias.



Ilustración 3. Mapa político de la región y sus conexiones. Fuente: www.mapsland.com

Geográficamente, el Cuerno de África se encuentra en la parte más oriental de África, sobresaliendo en el Mar Arábigo, cerrando el Mar Rojo y formando en el lado sur del Golfo de Adén. La mayor parte del terreno está cubierto de montañas, siendo también el hogar del Gran Valle del Rift. Más cerca del ecuador, la tierra es generalmente plana con algunas mesetas que se elevan por encima de las tierras bajas. Esta área recibe muy poca lluvia y puede alcanzar temperaturas extremadamente altas en algunas épocas. Esta región es hogar de varias especies de animales y tiene el mayor número de reptiles endémicos de cualquier otra área en el continente africano.

Los humanos han habitado el Cuerno de África desde tiempos remotos, algunas pruebas datan de hace 125 000 años. Ya en la historia antigua, el Cuerno de África fue referido como Punt por los egipcios y posteriormente, en el siglo I d. C., el Reino Aksumite (o Imperio) llegó al poder, desarrollando su propia moneda y manteniendo relaciones comerciales con el Imperio Romano y la India. Fue considerado como uno de los cuatro grandes poderes globales de su época, junto con China, Persia y Roma. Aunque el Reino de Aksumite fue el primer reino cristiano, el comercio con las naciones musulmanas cercanas trajo el Islam a la región poco después de su creación.

Su economía se considera una economía en desarrollo, con algunos empleos industriales y de manufactura, pero que dependen principalmente de prácticas tradicionales, como la agricultura. En 2010, su producto interno bruto (PIB) fue de unos 35 000 mil millones de dólares con un PIB per cápita de 358 \$. La economía formal de esta región depende de las exportaciones agrícolas. Por ejemplo, Etiopía es un importante exportador de café (80% de sus exportaciones totales) y Somalia es un importante exportador de bananas y ganado (aproximadamente la mitad de sus exportaciones totales). Por el contrario, la mayoría de la economía es informal lo que significa que un número significativo de transacciones queda sin documentar.

Los grupos étnicos más numerosos son el Oromo, alrededor de 30 millones de personas; el Amhara, alrededor de 25 millones; y el somalí, de entre 16 y 20 millones de personas. Algunos de los principales idiomas hablados en estos países y entre estos grupos étnicos incluyen el oromo, amárico, somalí y tigrinya.

La religión ha sido uno de los principales factores influyentes en su historia. Las tres principales religiones practicadas hoy incluyen el cristianismo, el islam y en menor medida el judaísmo. El cristianismo ha existido aquí desde el siglo IV aunque siglos después, los seguidores de Mahoma huyeron de la península arábica hacia el cuerno de África donde fueron aceptados y protegidos, lo que llevó al crecimiento del Islam. Además, algunos habitantes continúan practicando religiones tradicionales.

3.1.2 Noreste de África

Sin embargo aunque el proyecto se encaje íntegramente en esta región y solo atañe fundamentalmente a Etiopía y Yibuti, el impacto socioeconómico se puede extender a los países aledaños. Las mercancías que entran por el puerto de Yibuti tienen muchos mercados que abastecer si se reducen los costes de transporte hasta los países sin salida al mar de las zonas interiores. De la misma manera, las exportaciones

potenciales de estos países se podrían hacer a través de Yibuti para abastecer a los mercados asiáticos, europeos y norteamericanos.

Gracias a sus posición privilegiada en la entrada del Mar Rojo, Yibuti con su puerto se puede convertir en un centro portuario a escala continental que beneficie no solo a sus vecinos terrestres sino también a Yemen, localizado al otro lado del Estrecho de Bab el-Mandeb.

| País | Población (millones) | PIB (miles de millones USD) | PIB per cápita ppp (USD) |
|-----------------------------|---------------------------------|--|-------------------------------------|
| <i>Etiopía</i> | 102,4 | 72,3 | 1735 |
| <i>Congo, República del</i> | 78,7 | 35,0 | 801 |
| <i>Kenia</i> | 48,5 | 70,5 | 3156 |
| <i>Uganda</i> | 41,5 | 25,5 | 1849 |
| <i>Yemen</i> | 27,6 | 27,3 | 2508 |
| <i>Somalia</i> | 14,3 | 6,2 | - |
| <i>Sudan del Sur</i> | 12,2 | 9 | 1925 |
| <i>Eritrea (2011)</i> | 4,5 | 2,6 | 1510 |
| <i>Yibuti</i> | 0,9 | 1,7 | 3342 |

Tabla 4. Población y producción de países de la región. Fuente: World Bank, 2016

Es de notar que la región africana no goza de una gran integración entre países vecinos en multitud de casos y por numerosas razones que pueden ser étnicas, religiosas, políticas y geográficas. Múltiples autores han evidenciado la capacidad de desarrollo que tiene el comercio y para potenciar este último es necesario tender puentes entre comunidades próximas. Por esta razón existen las llamadas las Comunidades Económicas Regionales (REC), reconocidas por la Unión Africana en su dedicación por la integración regional del continente.

De las ocho comunidades regionales actuales, tres afectan a nuestro proyecto directamente y una indirectamente:

- El Mercado Común de África Oriental y Austral (COMESA por sus siglas en inglés) que representa una unión aduanera de 19 países desde el Mediterráneo hasta Zimbabwe creando el bloque regional más grande de África. Etiopía y Yibuti forman parte de él.
- La Comunidad de Estados del Sahel y del Sáhara (CEN-SAD) es una agrupación de países circundantes al Sáhara con un impacto menor. Yibuti formar parte.
- La Autoridad Intergubernamental sobre el Desarrollo (IGAD) de África Oriental (IGAD) que agrupa a los países del cuerno de África y a cuatro de sus vecinos. Nació como una iniciativa para luchar contra la sequía y fue evolucionando hasta adquirir competencias de cooperación e integración regional.
- La Comunidad Africana Oriental (CAO) la forman los países del este de África alrededor del Lago Victoria y Sudán del Sur. Han conseguido un nivel de integración elevado desde sus inicios y actualmente representan una unión aduanera. También se han planteado el objetivo de crear una moneda única. Es importante para el proyecto porque las mercancías que entren por Yibuti podrían

acceder a estos mercados si se consigue una mayor integración con Sudán del Sur.

Varias de las REC se superponen en membresía: por ejemplo, en África Oriental, Kenia y Uganda son miembros de la CAO y COMESA, mientras que Tanzania, también miembro de la CAO, dejó COMESA y se unió a la Comunidad de Estados de África Austral. Esta múltiple y confusa membresía crea una duplicación y, a veces, competencia en las actividades, al tiempo que impone cargas adicionales al personal ya sobrecargado de asuntos exteriores para asistir a todas las diversas cumbres y otras reuniones.

También es destacable la participación de Yibuti en varios de los asuntos del mundo árabe siendo parte de la Liga Árabe. Su mayor influencia cultural y étnica con los somalíes, aunque mantiene estrechas relaciones con Yemen. También pertenece a la francofonía y mantiene relaciones diplomáticas activas con Francia, Estados Unidos (existe una base militar estadounidense en su territorio) y más recientemente con China.

3.1.3 Reseña de Etiopía

Etiopía es un país sin salida al mar ubicado en el este de África que limita con Sudán, Eritrea, Yibuti, Somalia y Kenia con una superficie de aproximadamente 1,13 millones de km² y una población de aproximadamente 100 millones en 2016, de los cuales solo alrededor del 16% vive en áreas urbanas. Tiene un clima monzónico tropical con amplias variaciones inducidas por la topografía. El país tiene amplias características topográficas que varían entre una altitud de 4620 m sobre el nivel medio del mar (Ras Dejen) a unos 120 m por debajo del nivel medio del mar (Depresión de Denakil) con un terreno muy difícil (tierras altas cruzadas por numerosos valles y el Gran Valle del Rift) lo que ha hecho que la provisión de instalaciones de transporte sea muy costosa.

Etiopía es uno de los países más pobres y menos desarrollados del mundo. De acuerdo con el Índice de Competitividad de Crecimiento del Foro Económico Mundial, Etiopía ocupa el lugar 119 entre 133 países encuestados (Informe de Competitividad Global, 2011). Su economía se basa en la agricultura, representa el 45% del PIB, el 80% de las exportaciones y el 80% del empleo total. Las principales fuentes de comercio exterior son el café, las flores, las semillas oleaginosas, los cereales y el cuero.

El principal objetivo de desarrollo del Gobierno de Etiopía es la erradicación de la pobreza mediante un desarrollo acelerado y sostenible. En unos 20 años, la visión de Etiopía es alcanzar el nivel de los países de medianos ingresos. El largo camino hacia la transformación socioeconómica ya comenzó con la implementación de políticas y estrategias económicas efectivas. La economía de Etiopía creció en torno al 10% en la última década y el PIB per cápita se estima en USD 860 en 2017. Sin embargo, a pesar de las altas tasas de crecimiento, la mayoría de los etíopes viven en la pobreza. Sequías periódicas, la degradación del suelo, alta densidad de población, la infraestructura deficiente y el desequilibrio de pagos en el comercio exterior del país son los principales obstáculos para el crecimiento económico sostenible, citando a Cilliers y Nagel, 1994.

Además, como economía agrícola, la promoción del mercado agrícola se encuentra entre las estrategias clave de Etiopía. La pérdida posterior a la cosecha, que se estima oscila entre el 15% y el 70%, se atribuye principalmente a una gestión y control deficientes, incluidos el envasado, el manejo y procesamiento del valor agregado y el transporte. Estas pérdidas reducen y comprometen el potencial de exportación del país y el sustento de los agricultores, lo que requiere la introducción de un sistema moderno de gestión de la cadena de suministro.

El crecimiento económico y el comercio dependen del transporte. Prácticamente no puede producirse producción a menos que se transfieran insumos tales como materias primas, mano de obra y combustible a los centros de producción. Sin infraestructura de transporte, los productos manufacturados no pueden entregarse a los consumidores, ni se puede llevar a cabo una amplia variedad de servicios. La infraestructura vial en Etiopía y los vehículos de transporte de mercancías en términos de tamaño, edad y capacidad no son suficientes para apoyar el crecimiento de las actividades económicas.

Como parte integral del sistema nacional de producción y distribución, se necesita una red de transporte adecuada para proporcionar un medio de servicio a los mercados nacionales e internacionales. Como país sin salida al mar, Etiopía depende de los puertos marítimos de otros países para su exportación e importación. Aunque, debido a las circunstancias existentes, el país depende principalmente del puerto de Yibuti, las posibilidades futuras de utilizar Port Sudan, Berbera, Assab, Massawa y Mombasa pueden investigarse con respecto a la infraestructura de transporte disponible y las proximidades geográficas.

3.1.4 Reseña de Yibuti

Etiopía es un país sin salida al mar ubicado en el este de África que limita con Sudán, Eritrea, Yibuti, Somalia y Kenia con una superficie de aproximadamente 1,13 millones de km² y una población de aproximadamente 82,8 millones en 2009, de los cuales solo alrededor del 16% vive en áreas urbanas. Tiene un clima monzónico tropical con amplias variaciones inducidas por la topografía. El país tiene amplias características topográficas que varían entre una altitud de 4620 m sobre el nivel medio del mar (Ras Dejen) a unos 120 m por debajo del nivel medio del mar (Depresión de Denakil) con un terreno muy difícil (tierras altas cruzadas por numerosos valles y el Gran Valle del Rift) lo que ha hecho que la provisión de instalaciones de transporte sea muy costosa.

Yibuti es pequeño país de apenas 23 000 km² de superficie situado estratégicamente en la costa noreste del Cuerno de África, en el estrecho de Bab el Mandeb, que separa el Mar Rojo del Golfo de Adén. Limita con Eritrea al norte, con Etiopía al oeste y al sur y con Somalia al sureste (región de Somaliland). Tiene una población de 865 000 habitantes principalmente viviendo en zonas urbanas, más del 75% de la población vive en ciudades y pueblos (predominantemente en la capital, Yibuti).

El paisaje de Yibuti es variado y extremo, desde montañas escarpadas en el norte hasta una serie de planicies bajas desérticas separadas por mesetas paralelas en

el oeste y el sur. Su pico más alto es el Monte Moussa a 2028 metros. El punto más bajo, que también es el más bajo en África, es el salino Lago Assal, a 155 m bajo el nivel del mar.

Yibuti es un país pobre que se caracteriza por altos índices de analfabetismo, desempleo y desnutrición infantil. La población rural subsiste principalmente en el pastoreo nómada. Propenso a las sequías y las inundaciones, el país tiene pocos recursos naturales y debe importar más del 80% de sus alimentos de los países vecinos o de Europa.

Su economía se basa en actividades de servicios relacionadas con la ubicación estratégica del país como puerto de aguas profundas en el Mar Rojo. Yibuti ofrece servicios tanto como un puerto de tránsito para la región como un centro internacional de transbordo y repostaje. Las importaciones, exportaciones y reexportaciones representan el 70% de la actividad portuaria en la terminal de contenedores de Yibuti. Las reexportaciones consisten principalmente en café del vecino Etiopía sin salida al mar. Yibuti tiene pocos recursos naturales y poca industria. Por lo tanto, la nación depende en gran medida de la asistencia extranjera para respaldar su balanza de pagos y financiar proyectos de desarrollo. Una tasa oficial de desempleo de casi el 50%, con un desempleo juvenil cercano al 80%, sigue siendo un problema importante. La inflación fue un modesto 3% en 2014-2016, debido a los bajos precios internacionales de los alimentos y la disminución de las tarifas eléctricas.

La dependencia de Yibuti de la electricidad generada por el diésel y de los alimentos y el agua importados deja a los consumidores promedio vulnerables a los shocks mundiales de precios, aunque a mediados de 2015 Yibuti aprobó una nueva legislación para liberalizar el sector de la energía. El gobierno ha enfatizado el desarrollo de infraestructura para el transporte y la energía, y Yibuti, con la ayuda de socios extranjeros, particularmente China, ha comenzado a aumentar y modernizar su capacidad portuaria.

3.1.5 Inestabilidad en la región

El cuerno de África es una de las regiones más complejas y conflictivas del mundo. Cada uno de los países sufre de prolongadas luchas políticas, que surgen de protestas locales y nacionales, políticas de identidad y rivalidades regionales entre los estados. Durante 150 años, esta zona también ha sido escenario de luchas estratégicas de poder: la exigencia del Imperio Británico de controlar el Mar Rojo, el intento de Egipto de controlar las Aguas del Nilo, el enfrentamiento de la Guerra Fría en el que cada uno de los principales países del cuerno cambió de bando en coyunturas cruciales, y más recientemente en la "Guerra Global contra el Terror" de la Administración de los Estados Unidos.

El ascenso de la Unión de Tribunales Islámicos en Somalia, la invasión etíope para instalar al presidente Abdullahi Yousif en el poder y los bombardeos estadounidenses dirigidos contra presuntos miembros de Al Qaeda han vuelto a poner de relieve la turbulencia de la zona. El resurgimiento del conflicto en Somalia se produce en el marco de un ejercicio exitoso de reconstrucción local en Somalilandia (estado no

reconocido en el noroeste de Somalia), una guerra no resuelta entre Etiopía y Eritrea, crisis políticas internas en ambos países y una gran cantidad de activos, latentes y conflictos inminentes en Sudán. Mientras tanto, las instituciones africanas - especialmente la Unión Africana, con sede en Addis Abeba, luchan por establecer nuevos principios y una arquitectura para la paz y la seguridad regionales.

A toda esta conflictividad política y social habría que añadir el escaso desarrollo humano en la región y la propensión a los desastres humanitarios como las sequías y hambrunas que han asolado parte de la región.

3.2 TRANSPORTE EN LA REGIÓN

Tal y como se ha descrito en el punto anterior, la región no disfruta de una gran integración lo que se evidencia en la falta de conectividad entre países. Existen pocas infraestructuras que conecten puntos a ambos lados de las fronteras y la mayoría de los existentes se utilizan para transportar mercancías y no para tráfico de pasajeros. El transporte aéreo no tiene un gran desarrollo en términos internacionales pero sí está ampliamente extendido en comparación con el nivel de desarrollo de los países analizados. Asimismo, el sector de la aviación tiene unas proyecciones de futuro formidables para las cuales está muy bien posicionada Ethiopian Airlines, la compañía aérea nacional de Etiopía.

Los sistemas de transporte se diseñan por lo tanto de manera primordialmente nacional y buscando la conectividad internacional de exportaciones e importaciones. Se analizarán los sistemas de transporte de los dos países por los que discurre el ferrocarril Addis Abeba – Yibuti.

3.2.1 Transporte en Etiopía

En el contexto de la topografía y el patrón de asentamiento de Etiopía, así como su dependencia del puerto marítimo de otros países para la importación y exportación, el transporte desempeña un papel crucial para facilitar el desarrollo socioeconómico del país.

Historia del transporte en Etiopía

Este apartado está pretende contextualizar la evolución del transporte en el país y dar una idea de cómo el crecimiento y desarrollo del transporte en Etiopía nos han conducido a la situación actual. Para mayor comprensión, el tratamiento se basa en los períodos históricos antiguos, medievales y del siglo XIX de Etiopía.

Durante el período Axumite, Etiopía fue un estado poderoso y próspero en el noreste de África. Una red de rutas comerciales de caravanas utilizadas para conectar su interior con sus puertos de Adulis, Mitsiwa y Zula. Sus flotas dominaban el Mar Rojo.

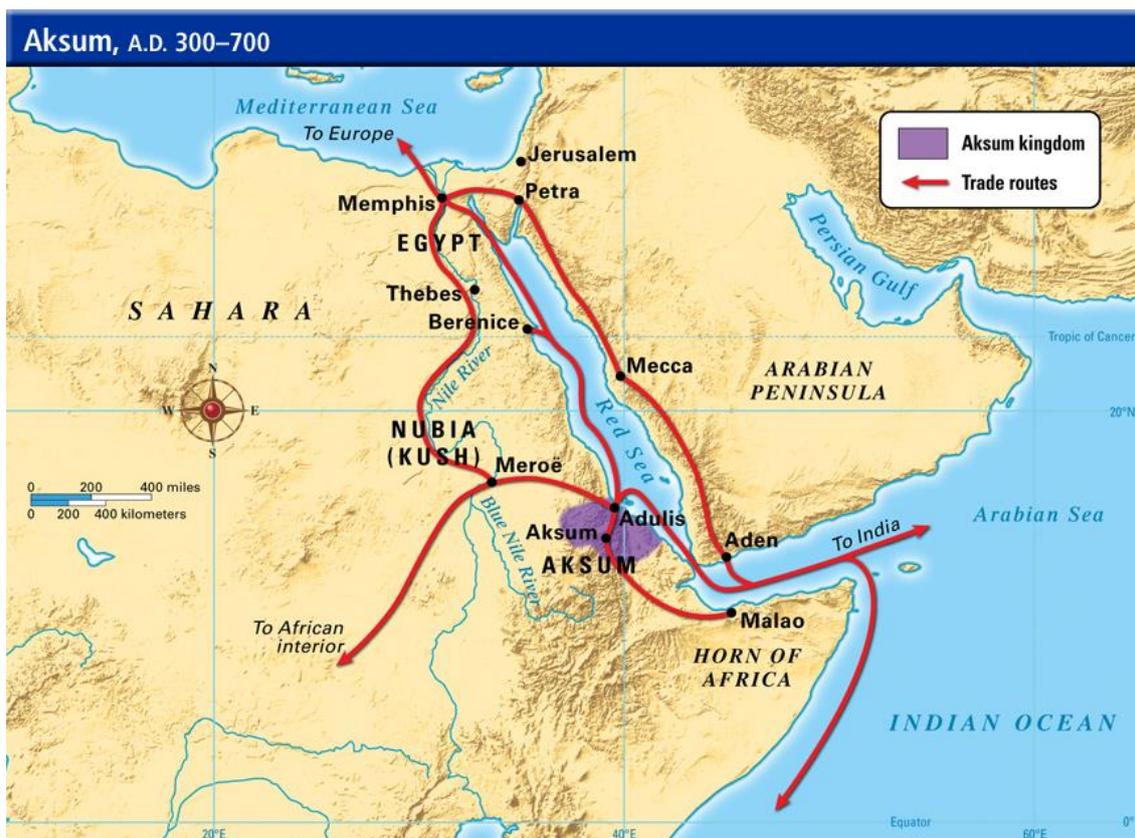


Ilustración 4. Rutas de comercio del Imperio Aksum. Fuente: Mystown.com

Sin embargo, Etiopía cayó bajo una invasión persistente que, en combinación con conflictos internos, provocó estancamiento o retroceso. Sus puertos y centro de comercio activos fueron ocupados y destruidos. Las rutas marítimas que alguna vez transportaron sus mercancías y guerreros a través del Mar Rojo se derrumbaron con el reino. Las condiciones de transporte interno también se deterioraron. Las rutas comerciales permanentes, anteriormente frecuentadas por los comerciantes que llevaban enormes caravanas desde el interior del reino hasta los puertos, volvieron a la tierra de arbustos y arbustos.

Aunque en la época medieval se presenció una recuperación de la prosperidad económica, las mismas causas, las luchas internas y las invasiones extranjeras, paralizaron el desarrollo de los vínculos interregionales entre el interior y la costa. Esta situación puede haber desalentado iniciativas para la construcción y expansión de una red de transporte en la época.

Los reyes de la época construyeron algunos caminos para comunicar los centros más relevantes en la región. Aun así, la tarea de la construcción de vías de conexión en ese momento no estaba en la consideración por su importancia económica, sino más bien por la importancia estratégica que podría haber servido para una eventual confrontación con pueblos colindantes al reino. En un período medieval más tardío los reyes y sus seguidores se comprometieron en la remoción de arbustos, matorrales y peñascos en las regiones que atravesaron, dando lugar a senderos que llegaron a conocerse como "caminos del Rey".

Aparte de los meros rastros en existencia, la construcción de caminos en el sentido moderno se inició durante el reinado del Rey de Reyes Theodros (1855-1868). En este esfuerzo por restaurar el estado de Etiopía y formar un gobierno central fuerte, Theodros finalmente se dio cuenta de la importancia de mejorar las conexiones por tierra para facilitar el movimiento y la movilización de sus fuerzas.

La expedición británica, bajo el liderazgo de Napier, en busca de Theodros, tuvo su participación en la construcción de carreteras. Al darse cuenta del terreno difícil y el problema de la movilidad, la fuerza británica construyó una carretera desde el puerto de Zula hasta Mekdela. Más tarde, el camino tuvo poco uso para los gobiernos posteriores. Sin embargo, después de la muerte de Theodros y la posterior actitud desfavorable del Rey de Reyes Yohannes IV hacia la construcción de caminos, quien creyó que eran de fácil acceso y que eso podría desempeñar un papel ventajoso para los invasores, hubo un breve período de recesión en el desarrollo de carreteras.

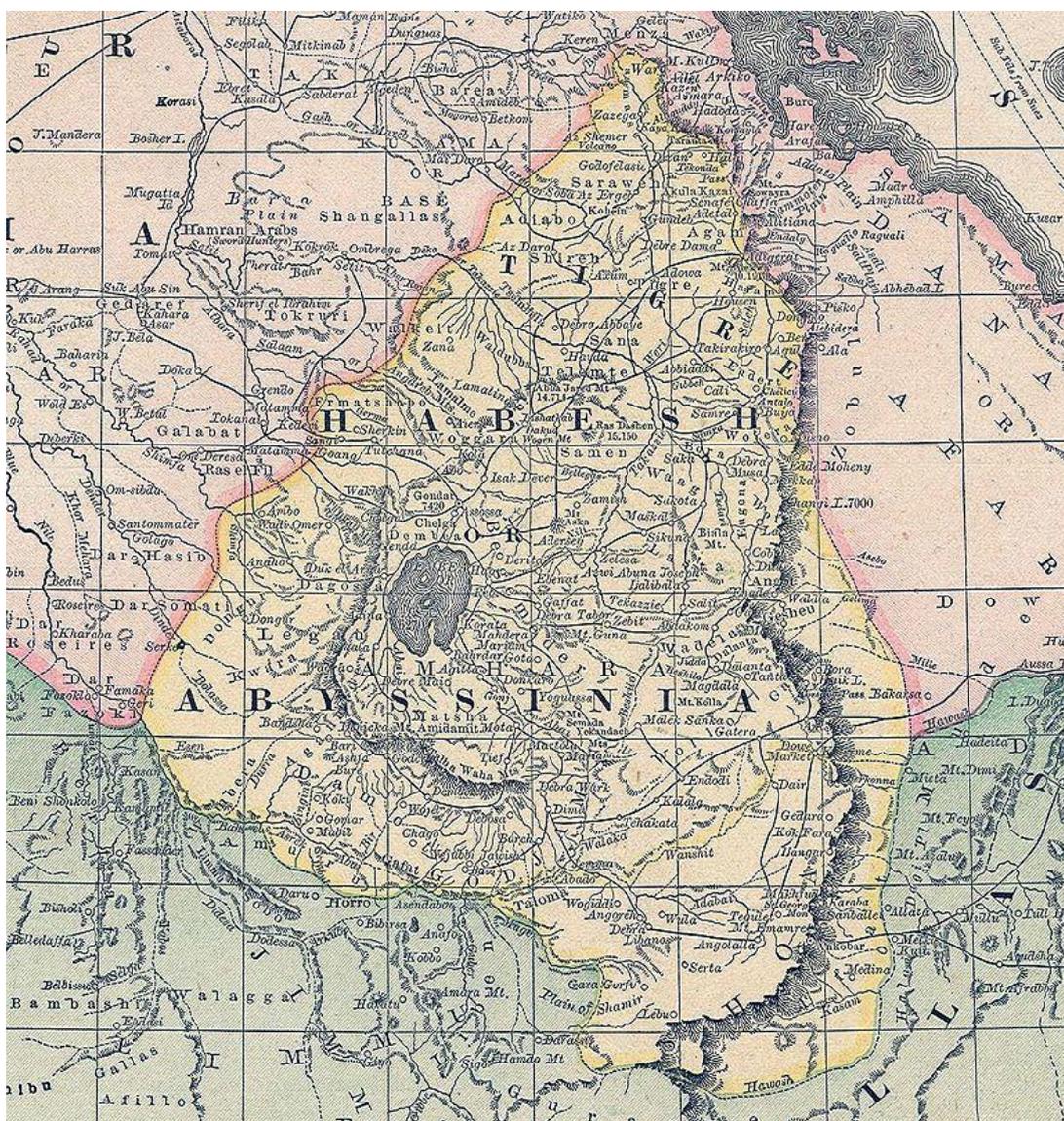


Ilustración 5. Reino de Abisinia al comienzo del siglo XIX. Fuente: www.wikipedia.com

Algunos años más tarde, prevalecieron nuevas y mejores condiciones para la construcción de carreteras durante el reinado del Rey de Reyes Menelik II, a finales del siglo XIX y principios del XX. La construcción de la línea ferroviaria Etiopía - Yibuti (anteriormente conocida como franco-etíope) junto con una intención profundamente decidida hacia la modernización, la creciente actividad comercial y el desarrollo urbano, requirió un compromiso a gran escala en la construcción de carreteras. Por lo tanto, se construyeron una serie de carreteras, aunque con condiciones muy pobres para los vehículos de motor. Estas carreteras unieron casi todas las regiones con la capital Addis Abeba (en aquel entonces floreciente y creciente aldea).

Al mismo tiempo, los italianos también estaban ocupados en la parte norte del país que arrebataron y ocuparon. Ya se estaban desarrollando redes viales bien construidas junto con los puertos de Mitsiwa y Asseb (un pueblo pequeño pero incipiente). Se construyeron varios campos aéreos, tanto en el territorio ocupado como en otras partes del país, particularmente durante y después de la Primera Guerra Mundial.

Pero el desarrollo de la construcción del transporte tomó forma solo después de la introducción de vehículos de motor, cuya presencia trajo esfuerzos acelerados para mejorar las carreteras motorizadas. La llegada de este nuevo elemento, que era desconocido anteriormente, necesitaba la creación de una actividad organizada en la construcción de carreteras. Por lo tanto, el Departamento de Obras Públicas comenzó a existir.

El período de cinco años de la ocupación italiana vio un tremendo crecimiento en las carreteras motorizadas. Obviamente, la principal intención era la provisión de movilidad fácil para las fuerzas de ocupación. Se mejoraron los caminos existentes y se construyeron nuevas carreteras.

Después de la liberación hubo un período de breve estancamiento que llegó a su fin con el establecimiento en 1951 de una nueva organización, la Autoridad de Carreteras Imperial. En los años siguientes, la Autoridad se comprometió en la tarea de superar los problemas de transporte. Muchas carreteras fueron rehabilitadas, hasta un total de 5 460 km. De estos, 1 270 km fueron asfaltados durante los primeros diez años. Para 1963 la red vial total en el país había alcanzado 22 759 km incluyendo las carreteras totalmente revestidas construidas por la Autoridad en sus programas regulares más otras carreteras, rutas y senderos antes en uso.

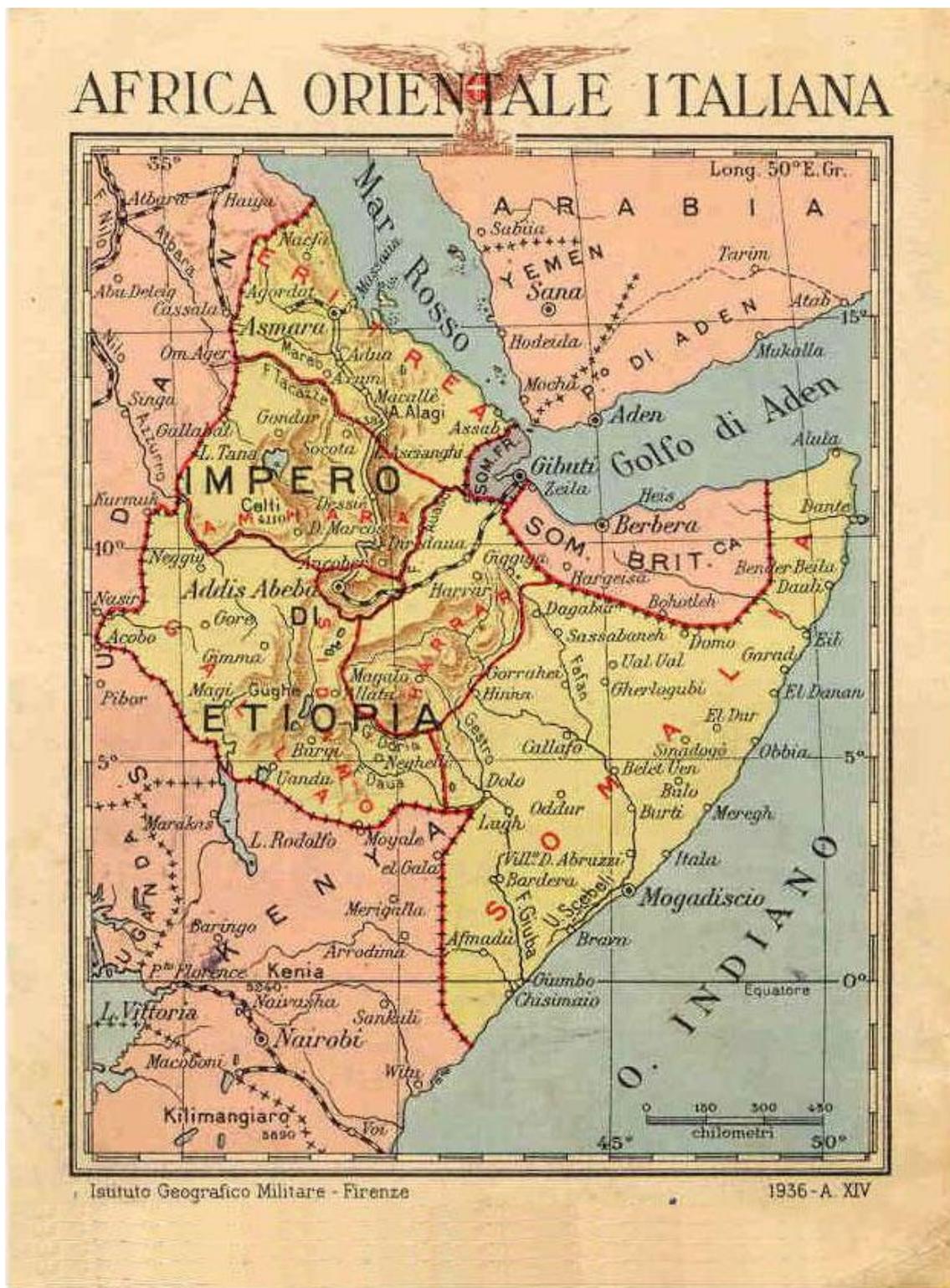


Ilustración 6. Zona de ocupación italiana y sus rutas terrestres. Año 1936. Fuente: Istituto Geográfico Militare

Sin embargo, en un país de gran tamaño y terreno accidentado, resultó muy costoso y llevó mucho tiempo llegar a todas las regiones por carretera. Para mantener el ritmo de la influencia de la modernización, fue necesario, por lo tanto, llenar la brecha de movilidad mediante la expansión del transporte aéreo, que es la única opción

disponible cuando la accesibilidad por vehículo es muy difícil y costosa. La historia de la aviación en Etiopía se remonta a 1929 cuando un avión francés, el Potez 25 volado por un piloto francés, André Milet, aterrizó en el lado occidental de Addis Abeba procedente de Yibuti.

El primer vuelo programado se llevó a cabo en 1946 a El Cairo a través de Asmara (entonces perteneciente a Etiopía) en un Douglas C-47 Skytrain. La aerolínea nacional se había establecido unos meses antes como Ethiopian Air Lines Inc., una empresa conjunta con la aerolínea estadounidense TWA (Trans World Airlines). En los años posteriores la demanda creció y se establecieron rutas nacionales e internacionales regulares. Más recientemente Ethiopian Airlines ha crecido notablemente y opera numerosos vuelos a múltiples continentes, siendo una de las aerolíneas africanas más extendidas.

Su imperatividad en áreas remotas y aisladas y su capacidad de cubrir largas distancias en un período de tiempo más corto ha mantenido al sector del transporte aéreo entre las principales prioridades de los objetivos de desarrollo del país en las últimas décadas.

Transporte por carretera en Etiopía

La red de carreteras de Etiopía ha mejorado cada año durante las últimas décadas. A mediados del año 2016, Etiopía contaba con 113 066 kilómetros de carreteras para todos los climas, aproximadamente el 30% de la red vial requerida en el país. Durante el año previo, el Gobierno de Etiopía (GdE) invirtió 47 500 millones de Birr (2,11 mil millones de dólares) en la construcción de carreteras. En los últimos quince años, el GdE ha participado activamente en la construcción de nuevas carreteras y en la expansión de la red vial existente a través de los Programas de Desarrollo del Sector Vial de Etiopía (RSDP).

En 2011, el Gobierno se embarcó en la Fase IV de la RSDP, el programa más grande emprendido en el sector. El RSDP-IV se considera un pilar estratégico del Plan de Crecimiento y Transformación del país, que planeaba aumentar la red de carreteras de 49,000 a 136,000 kilómetros a lo largo de un período de cinco años. A diferencia de las fases anteriores de la RSDP, la Fase IV pone un gran énfasis en el acceso mejorado, específicamente en la construcción de caminos terciarios / rutas de conexión y caminos de menor volumen. Según el informe de Desarrollo Humano del PNUD de 2014, Etiopía ha invertido 142 billones de Birr (7,1 miles de millones de dólares) en proyectos de construcción de carreteras en los últimos 16 años; de los cuales 5400 millones \$ (77%) fueron financiados por fuentes internas.

Durante el período del segundo Plan de Crecimiento y Transformación que cubre 2015/16 a 2019/20, el Gobierno anticipa una mayor expansión de la red de carreteras del país a 220 000 kilómetros. La mayoría de los proyectos abiertos para licitación competitiva internacional son financiados por el GOE o por importantes instituciones financieras internacionales, como la Asociación Internacional de Fomento (IDA) del Banco Mundial y el Banco Africano de Desarrollo (AFDB).

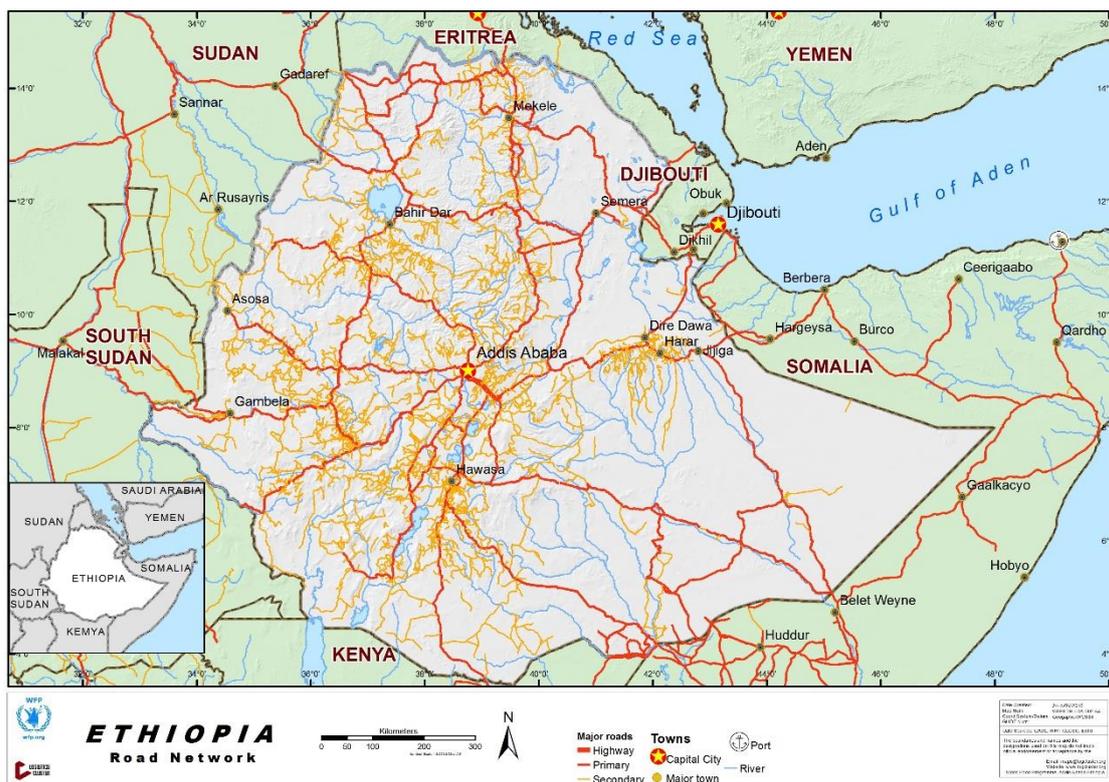


Ilustración 7. Red de carreteras de Etiopía. Fuente: Logistics Cluster

Transporte ferroviario en Etiopía

En el plano ferroviario Etiopía está trabajando intensamente en la construcción de una extensa red ferroviaria. Como país sin litoral, Etiopía utiliza principalmente el puerto de Yibuti como puerta de acceso para la gran mayoría de sus productos comercializados internacionalmente (90% a 95%), con la mayoría de los productos esencialmente transportados hacia y desde el puerto en camiones. Esta situación ha hecho que la logística comercial de Etiopía sea muy cara y poco competitiva.

El desarrollo ferroviario en Etiopía se centra ante todo en el desarrollo económico, pero también tendrá un impacto positivo en la construcción de una economía resiliente al clima y la integración regional. Como un medio de transporte muy rentable a largo plazo, se espera que los proyectos de desarrollo de infraestructura ferroviaria de Etiopía reduzcan significativamente los costes de transporte, aumenten la seguridad y la fiabilidad de los servicios de transporte, faciliten el comercio de importación y exportación del país, aumenten la afluencia extranjera inversión directa, fortalezcan la cohesión sociocultural, conocimiento técnico en el país y estimular el comercio y la paz en toda la región.

El desarrollo ferroviario ha recibido por lo tanto un fuerte impulso durante la última década y forma parte central del plan estratégico de transportes del Gobierno. En 2007, el Consejo de Ministros de Etiopía estableció la Corporación de Ferrocarriles de Etiopía (ERC) dependiente del Ministerio de Transporte con el mandato de desarrollar un sistema ferroviario integrado y de gran capacidad que brinde servicios de transporte

de pasajeros y carga competitivos y asequibles. El objetivo de la Red Nacional de Ferrocarriles de Etiopía es construir ocho nuevas líneas de ferrocarril para carga y pasajeros que cubran una distancia total de 5 000 kilómetros en todo el país en 2020, además de un innovador tren ligero de 32 kilómetros en la capital. Cuatro de estos ocho proyectos ya se encuentran en etapas de construcción temprana o avanzada, mientras que el ferrocarril ligero de Addis Abeba ya comenzó a operar en 2015 y la línea Addis Abeba – Yibuti se encuentra en exploración tras haber sido inaugurada en diciembre de 2016.

Se han utilizado indicadores o criterios socioeconómicos para llevar a cabo la Red Nacional de Ferrocarriles. El análisis se ha realizado en base a los datos recopilados de diferentes estudios a nivel woreda (distrito). La red nacional se seleccionó en función de la cantidad de personas a las que serviría, la producción agrícola existente y el potencial futuro de las woredas, el potencial ganadero existente para las woredas y su contribución para facilitar el desarrollo del comercio nacional e internacional. En consecuencia, se espera que las líneas ferroviarias desempeñen un papel indispensable para mejorar las cohesiones socioculturales entre las comunidades culturales tan diversas de Etiopía.

Otra gran consideración es que los sistemas de transporte podrían tener varios impactos en el medio ambiente. Sus emisiones contribuyen a la contaminación del aire y al cambio climático, su ruido causa molestias y riesgos para la salud, los sistemas también pueden tener un impacto serio en el paisaje y los ecosistemas de un área. En este sentido, el objetivo final de la ERC de trasladar la base del transporte de mercancías y pasajeros de la carretera al ferrocarril se centra en los principios de sostenibilidad ambiental, social y económica. Para lograr lo primero, y también contribuir a los esfuerzos para frenar el cambio climático global, los trenes funcionarán con un 100 por ciento de energía hidroeléctrica renovable que crea un ambiente propicio para las comunidades de Etiopía con alimentación agraria. En otras palabras, permite a las comunidades permanecer en sus aldeas manteniendo intactos sus valores culturales y sociales sin verse obligados a migrar porque no habrá emisiones de gases de efecto invernadero ni contaminación que provengan de la infraestructura y la operación.

La red ferroviaria de Addis Abeba - Modjo es la primera fase de un plan de desarrollo de redes ferroviarias maestras que tiene como objetivo conectar Etiopía con todos sus países vecinos (excepto Eritrea) y proporcionar acceso a tres puertos (Yibuti y Tadjoura en Yibuti y Mombasa en Kenia) en dos fases. El segundo tramo de esta red, el ferrocarril de Awash (una de las paradas en la línea de ferrocarril de Addis Abeba – Yibuti) a Mekelle está actualmente en construcción por una compañía turca, Yapi Merkezi, y un contratista chino, China Communications Construction Company (CCCC) con finalización prevista para 2018. La tercera etapa es la conexión entre Weldeya y Tadjoura; el contrato se adjudicó a dos contratistas, una empresa china, CCCC y una compañía india, Overseas Infrastructure Alliance (OIA). La financiación de este proyecto aún no se ha finalizado. El cuarto paso será conectar Addis Abeba con Konso a través de Hawassa y Arba Minch, para su extensión en la fase II a Mombasa, Kenia, a través de Moyale y Nairobi. La etapa final de la Fase I es el enlace de Addis Abeba a través de

Ambo, Ejaji y Jimma a Bedele (que se extenderá a Sudán del Sur en la segunda fase). En la fase II, la red se extenderá a Axum, Shire, Bahir Dar y Assosa y, además de los enlaces a Kenia y Sudán del Sur mencionados anteriormente, a Metema y Kurmuk en la frontera con Sudán del Norte. Se han establecido prioridades en función de la necesidad de trasladar materias primas como el potasio y el café fuera del país e importar capital y bienes de consumo.

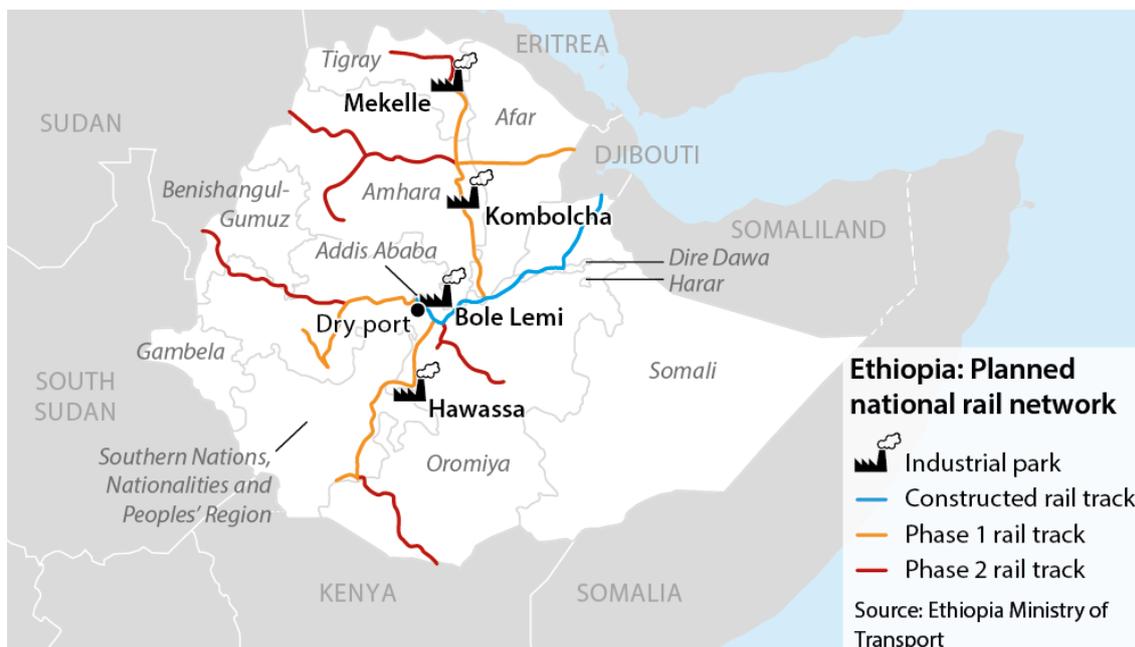


Ilustración 8. Sistema ferroviario planeado de Etiopía. Fuente: Oxford Analytica, 2017

En 2015, el Gobierno de Etiopía redactó una estrategia de Desarrollo Logístico Nacional (LND) de 2 mil millones de dólares, que se incorporó al Segundo Plan de Crecimiento y Transformación para aliviar los obstáculos logísticos comerciales. Bajo esta estrategia, Etiopía aspira a expandir su red ferroviaria, enfocándose en mejorar la competitividad de las exportaciones del país al reducir significativamente los costes de logística comercial. Como parte del plan de Desarrollo Logístico, el país ampliará aún más su red de ferrocarriles a aproximadamente 1 545 km que unen los siete principales puertos secos y ciudades del país.

Cabe destacar que como estos proyectos de infraestructura tienen recursos financieros limitados, los oferentes extranjeros con propuestas de financiación de proyectos obtienen preferencia.

Proyectos ferroviarios concebidos:

- Mekele – Weldiya: La construcción de la línea Mekele-Weldiya de 268 kilómetros comenzó en febrero de 2015. Está financiada por un préstamo de Exim Bank (1500 millones) y varios otros prestamistas (1700 millones). CCCC (China) y Yapı Merkezi (Turquía) están administrando el proyecto.
- Weldiya – Awash: Conectado a la línea Weldiya-Mekele, la línea Awash-Weldiya conectará finalmente a Mekele con la línea Addis Abeba-Yibuti. La línea de proyecto de 375 km está construida por un consorcio liderado por Yapı Merkezi

(Turquía). El paquete de financiación comprende un préstamo a siete años por USD450 millones de un consorcio de prestamistas de Europa, África, Medio Oriente y América del Norte, y un préstamo de USD415 millones a 13 años respaldado por la empresa sueca EKN y EKF y el seguro suizo de exportación de riesgo . El terreno es particularmente difícil para la construcción del ferrocarril ya que Awash, en el extremo sur de la línea, se encuentra a 986 metros sobre el nivel del mar, y la línea sube a Kombolcha a 1842 metros y finalmente llega a Hara Gebeya, cerca de Weldiya, a 2122 metros sobre el nivel del mar. Esta sección ferroviaria logró un hito importante en agosto de 2016 con la perforación de un túnel de 1530 metros después de un año de trabajo. Tres de los seis túneles en la línea se perforan actualmente.

- Weldiya – Tadjoura: Este proyecto de 280 kilómetros dará acceso al puerto de Tadjoura en Yibuti, conectando el interior de Etiopía con otra instalación portuaria, además del puerto de Yibuti. Podría ser particularmente útil para explotar el depósito de potasio en esta región de Etiopía.
- Addis Abeba – Bedele: La línea de 439 kilómetros conectará Addis Abeba con Jimma, Bedele y en el futuro con Sudán del Sur. Andrade Gutierrez Participações (Brasil) está a cargo de la construcción que comenzó después de que el primer ministro, el señor Hailemariam Desalegn, sentara las bases para el proyecto en mayo de 2015. Se espera que la línea del ferrocarril que finalmente conectará con su vecino Sudán del Sur jugará un papel importante mejorando las actividades sociales, políticas y económicas de las áreas que atraviesa, así como de la nación.

Más allá de la construcción de las diferentes líneas de ferrocarril en todo el país, Etiopía está invirtiendo en la creación de capacidad a largo plazo para continuar con la planificación, el mantenimiento y la construcción de su red ferroviaria. En abril de 2015, Etiopía presentó el plan para establecer la Academia de Ferrocarriles de Etiopía para profesionales calificados del ferrocarril, donde los profesionales de los ferrocarriles serían entrenados como gerentes, ingenieros, técnicos e investigadores. El objetivo es desarrollar las competencias a nivel nacional para poder gestionar toda la red ferroviaria con ingenieros y personal etíopes antes de 2020 incluyendo la fabricación de los ferrocarriles de manera nacional.

Transporte aéreo en Etiopía

La aviación en Etiopía es un sector de alto crecimiento ya que hay una mayor demanda de transporte aéreo, tanto de pasajeros como de carga, con un sector que crece a un promedio anual de 20 por ciento. Desde 2004, Ethiopian Airlines (EAL) ha crecido en más del 20% cada año. La compañía ha estado siguiendo un plan agresivo de 15 años, llamado visión 2025, con el objetivo de hacer de EAL el grupo de aviación más competitivo en África. Ethiopian tiene la mayor cantidad de aeronaves en África con un total de 82 aviones seguidos por Egypt Air y South African Airways operando 68 y 64 aeronaves de pasajeros, respectivamente. EAL aspira a mantener su posición líder en aerolíneas africanas tanto en carga de pasajeros como de carga.

Bajo Visión 2025, Ethiopian busca duplicar su flota, aumentar el número de destinos a 100, transportar más de 18 millones de pasajeros y 800 000 toneladas de carga, y mejorar sus actuales ingresos anuales de 2,5 \$ mil millones a 10 \$ mil millones para el 2025.

La Empresa de Aeropuertos de Etiopía (EAE) recientemente otorgó un contrato de 250 \$ millones que luego aumentó a 345 \$ millones a China Communications Construction Company (CCCC) para expandir el Aeropuerto Internacional Addis Abeba Bole. El objetivo es triplicar la capacidad del aeropuerto de siete millones de pasajeros por año a 21 millones. EAE también tiene planes futuros para construir una nueva mega ciudad-aeropuerto con una capacidad de 120 millones de pasajeros por año a un costo de 4 \$ mil millones. EAE contrató a un consultor francés, Aéroports de Paris International (ADPI) para llevar a cabo un estudio de factibilidad e identificar un sitio adecuado para el proyecto. ADPI escogió tres sitios potenciales, en las afueras de Addis Abeba: Abusera, Alem Tena y Tefki. En 2016, ADPI concluyó su estudio de factibilidad y presentó su informe final a EAE. EAE y el Ministerio de Transporte presentaron su propuesta al Consejo de Ministros para su aprobación final.

El Gobierno de Etiopía también se está concentrando en la construcción de otros aeropuertos en todo el país. La construcción del aeropuerto internacional de Hawassa se completó en 2016 y Ethiopian Airlines realizó su primer vuelo (cuatro veces por semana) a la ciudad en abril de 2016. El contratista local YOTEK Construction construyó el aeropuerto a un costo de casi 21 millones. Este aeropuerto fue construido para apoyar el nuevo parque industrial textil en la región. El Gobierno también planea construir otros aeropuertos en diferentes ciudades como Nekemte, con el objetivo de aumentar el número de aeropuertos totales en el país a 25 en 2020. EAE planea modernizar su infraestructura de tecnologías de la información y construir un gran desarrollo comercial en sus aeropuertos.

3.2.2 Transporte en Yibuti

El transporte en Yibuti estuvo intrínsecamente asociado al de Etiopía en épocas antiguas dado el carácter regional de las civilizaciones que ocuparon los territorios que corresponden actualmente a los dos países. Sin embargo, cabe hacer una distinción entre ambos países a partir de la colonización comenzada en el siglo XIX y por la cual Yibuti pasó a formar parte del Imperio Francés, siendo administrado desde París. Etiopía, por el contrario, se mantuvo mayoritariamente independiente y su transporte fue manejado de manera interna si bien siempre bajo la influencia de las potencias coloniales.

Carreteras en Yibuti

Yibuti es un país de pequeño tamaño y de extensión compacta, por lo que la red de carreteras es escasa. Esta se compone de carreteras clasificadas como carreteras urbanas, carreteras nacionales que se extienden a un total de 1193 km y carreteras de los distritos a un total de 700 km. 430 km son reportados por el Ministerio de Transporte como carreteras pavimentadas y 763 km son no pavimentadas. De estos 763 Km, 311

km son considerados por el ministerio como caminos prioritarios mientras que el resto (452 km) son caminos no prioritarios.

Si bien algunas carreteras principales de Yibuti están bien mantenidas, las carreteras a menudo son estrechas, mal iluminadas o deslavadas. Muchas carreteras secundarias están en malas condiciones o completamente deterioradas.

Puertos en Yibuti

El puerto de Yibuti es un puerto de clase mundial, de aguas profundas, en la vía marítima más transitada del mundo. En 2011, casi 17 800 barcos pasaron por el Canal de Suez (50 buques por día en promedio), transportando casi 700 millones de toneladas de carga. De estos barcos, aproximadamente 1500 – 2000 se detuvieron en el puerto de Yibuti. Otra ventaja económica principal de Yibuti es que está bien posicionado y bien equipado para servir como el principal puerto marítimo para los casi 90 millones de habitantes de Etiopía, una economía que actualmente crece a aproximadamente 8% por año y se espera que mantenga esa tasa en más de menos los próximos cinco años. El viejo puerto de Yibuti PAID (Puerto Autónomo Internacional de Yibuti) ha tenido una terminal de contenedores bien equipada desde 1985 y una docena de atracaderos para material a granel y carga general. La década de 2000 a 2010 supuso una inversión considerable en el puerto y una mejora sustancial de sus instalaciones. En Doraleh, a las afueras de la ciudad de Yibuti, comenzó a operar una nueva terminal petrolera con acceso en aguas profundas en 2006, y la terminal de contenedores completamente nueva DCT (Terminal de Contenedores Doraleh) comenzó a operar en 2009 (inversión de 397 millones de dólares). Paralelamente, en 2004, se lanzó una zona libre contigua al antiguo puerto, destinada a simplificar la inversión extranjera, incluso en el propio puerto. Durante este período, la carretera que cruzaba Yibuti hasta la frontera con Etiopía se mejoró, por lo que, por primera vez, toda la longitud fue asfaltada y diseñada según los estándares modernos.

El Emirato de Dubai jugó un papel importante en la financiación del desarrollo del puerto y ayudó a introducir las mejores prácticas internacionales en su gestión. La asociación público-privada con Dubai Port World (DPW), una de las compañías operadoras portuarias más importantes del mundo, fue fundamental para el desarrollo de las terminales de petróleo y contenedores de Doraleh, que son de vanguardia en cuanto al diseño y la eficiencia operativa. La relación especial con Dubai que Yibuti ha disfrutado desde 2000 puede haberse enfriado un poco desde julio de 2011, cuando el gobierno de Yibuti terminó contratos de gestión por 20 años con DPW para el antiguo puerto y el aeropuerto después de solo una década. Sin embargo, DPW sigue presente en Yibuti, en particular en DCT: esta terminal de contenedores se ha construido y ahora es operada por una *joint venture* controlada por el PAID (67%) y el DPW (33%) a través de un contrato de concesión de 30 años firmado en 2006.

El puerto de Yibuti contribuye sustancialmente a la economía nacional. Los ingresos directos generados por el puerto se estiman de 65 millones a 90 millones de dólares por año, lo que representa entre el 20% y el 25% de los ingresos del gobierno. Hoy en día hay aproximadamente 6500 empleos directos en transporte y logística en

Yibuti. Esto representa entre el 20% y el 25% del empleo formal total en el sector privado de alrededor de 30 000 empleos. Aplicando los factores multiplicadores estimados en algunos otros puertos principales, es razonable esperar que los bienes y servicios adquiridos por el puerto incrementen los empleos en un 50% -80%, y los gastos por parte de los propios empleados de transporte apoyan trabajos de otro 70% -100 %, para un impacto total de 2.5-3 veces el empleo directo. Por lo tanto, el transporte y la logística generan alrededor de 15 000 empleos directos e indirectos, que representan el 10% del empleo total formal e informal en Yibuti.

Aviación en Yibuti

En 2004, había aproximadamente 13 aeropuertos, de los cuales solo 3 tenían pistas pavimentadas. El aeropuerto internacional de Yibuti-Ambouli, que se encuentra a unos 6 km de la ciudad de Yibuti, es la terminal aérea internacional del país. También hay aeropuertos locales en Tadjoura y Obock. A partir de 1963, la empresa estatal Air Yibuti también proporcionó servicio doméstico a varios centros domésticos y voló a múltiples destinos en el extranjero. El transportista nacional suspendió sus operaciones en 2002. Daallo Airlines, una compañía privada de propiedad somalí, también ha ofrecido transporte aéreo desde su fundación en 1991. Con su centro en el Aeropuerto Internacional Yibuti-Ambouli, la aerolínea brinda vuelos a varios vuelos nacionales e internacionales.

Puede desarrollarse un nicho de mercado potencialmente importante para los servicios de aire-mar para Sudán del Sur y otros países sin litoral del África centro-oriental. El gobierno de Yibuti ha identificado esto como una posible justificación para una inversión sustancial en la mejora del aeropuerto de Yibuti, o incluso para reemplazarlo por uno nuevo en Chabelley, a 5 km hacia el interior. La realidad es que es probable que un corredor mar-aire sirva para un mercado muy pequeño, si es que lo hace. La geografía económica y la logística deben analizarse con cuidado. Los bienes a transportar deben tener una alta relación valor-peso, es decir, un valor promedio de más de 2000 a 3000 dólares por tonelada, y aun así ser capaces de tolerar el tiempo de viaje más largo implicado por la porción marítima del viaje. Si el valor es demasiado alto o las restricciones de tiempo son ajustadas (como las flores cortadas), sus compradores preferirán el flete aéreo para la distancia completa desde el origen hasta el destino. Ethiopian Airlines ya tiene una densa red de vuelos a destinos del Golfo y europeos, e incluso vuelos directos en aviones de gran capacidad hacia la costa este de los EE. UU., India y China. Debe tenerse en cuenta el poder adquisitivo del mercado de destino y la competencia potencial de otras fuentes.

El concepto de corredor mar-aire se inventó esencialmente en Dubai, que tenía estrechas relaciones de trabajo con el puerto y el aeropuerto de Yibuti. Las lecciones de la experiencia de Dubai deben analizarse. Pero también deben tenerse en cuenta las grandes diferencias entre los mercados a los que sirve en la Península Arábiga y los de los países sin litoral de África Oriental y Central.

3.3 LOGÍSTICA Y COMERCIO

En 2015, Etiopía redactó su primera Estrategia Nacional de Logística, que se espera mejore la conectividad marítima, aérea y terrestre de Etiopía, lo que a su vez mejorará en gran medida los sistemas operativos logísticos multimodales y unimodales, la Administración del Corredor de Etiopía y Yibuti, las aduanas, el transporte marítimo y el tránsito. Por su parte, el gobierno de Yibuti carece de una estrategia coherente para desarrollar servicios de transporte y logística aunque el tema se abordó ligeramente en el informe publicado por el Ministerio de Infraestructura y Transporte sobre la estrategia de transporte en 2008.

Yibuti es altamente dependiente de Etiopía, y se espera que siga siéndolo. Etiopía domina el tráfico de carga a través de Yibuti. Una gran parte del tráfico portuario de Yibuti se transita hacia y desde Etiopía, las estimaciones rondan alrededor del 85%. El comercio con Somalilandia y Eritrea, sus otros vecinos, es muy limitado. En gran parte se debe al desequilibrio entre los dos países. En población, Etiopía es el segundo país más grande de África tan solo por detrás de Nigeria, y tiene más población que Alemania. En contraste, Yibuti, con menos de un millón de habitantes, es uno de los países más pequeños de África, comparable en población a algunas islas pequeñas (Mauricio y Cabo Verde). En cuanto al PIB, entre los estados africanos solo Gambia y Guinea-Bissau son más pequeños que Yibuti mientras que el PIB de Etiopía en 2010 fue de 30 mil millones de dólares, es decir, unas 30 veces mayor que el de Yibuti.

Importación y exportación

La economía de Etiopía ha estado creciendo rápidamente y de manera constante, tanto en importaciones como en exportaciones. El tráfico que pasa por el puerto de Yibuti ha crecido rápidamente en los últimos años, aunque el tráfico de transbordo de contenedores ha oscilado ampliamente. El tráfico de importación, exportación y tránsito (es decir, excluyendo el tráfico de transbordo) ha crecido constantemente a tasas entre 5% y 10% por año hasta 2010. Esto también se ha reflejado en el crecimiento igualmente rápido del tráfico vial en el corredor de la carretera hacia el Frontera etíope en Galafi. Casi todas las exportaciones de Etiopía, especialmente café, legumbres, cueros y pieles, y semillas de sésamo, se mueven en contenedores. Pero las exportaciones representan solo alrededor del 5% del volumen comercial total.

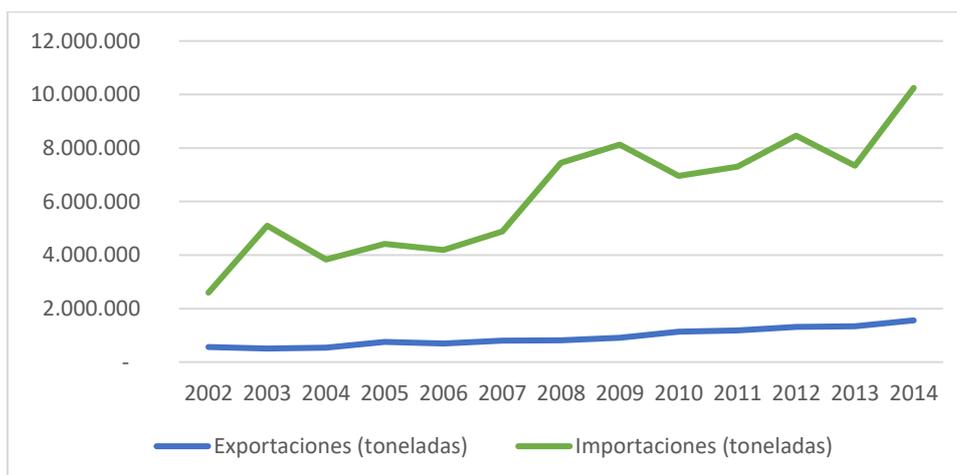


Gráfico 5. Evolución de las importaciones y exportaciones de Etiopía. Fuente: Ethiopian Revenues and Customs Authority ERCA

Las principales exportaciones de Etiopía incluyen productos vegetales como el café y granos como el

- Café, té, especias: US \$ 757,3 millones (28,9% de las exportaciones totales)
- Productos vegetales: \$ 527 millones (20.1%)
- Semillas oleaginosas: \$ 516.9 millones (19.8%)
- Árboles vivos, plantas, flores cortadas: \$ 216.2 millones (8.3%)
- Gemas, metales preciosos: \$ 117,6 millones (4,5%)
- Carne: \$ 93.6 millones (3.6%)
- Animales vivos: \$ 90.7 millones (3.5%)
- Pieles en bruto, pieles no pieles, cuero: \$ 67.6 millones (2.6%)
- Calzado: \$ 37.1 millones (1.4%)
- Ropa de punto o de ganchillo, accesorios: \$ 32 millones (1.2%)

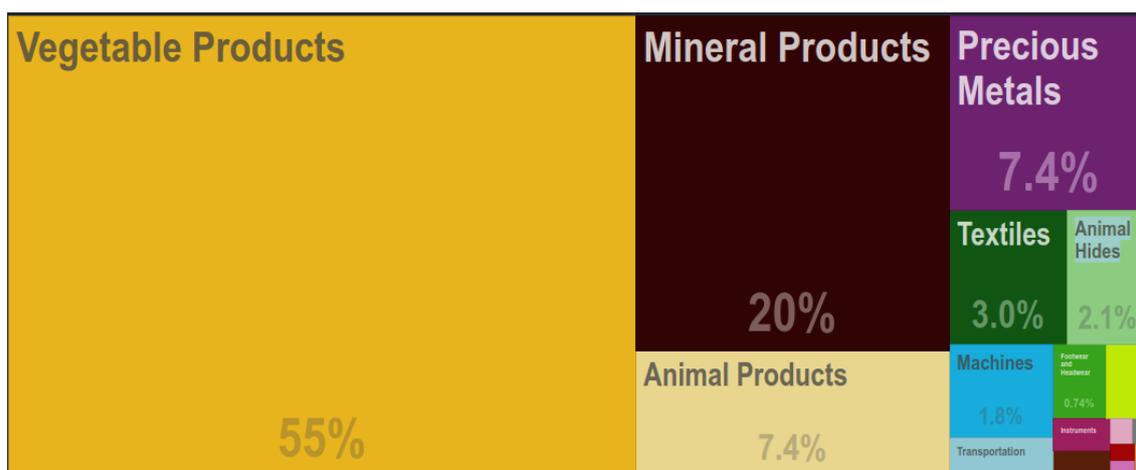


Ilustración 9. Productos de exportación de Etiopía. Fuente: MIT–Harvard Economic Complexity Observatory

Las importaciones de Etiopía incluyen gran parte de su suministro de gasolina, gasóleo y combustible de aviación. También incluye grandes cantidades de trigo a

granel (0,4 – 0,8 millones de toneladas por año) y otros alimentos entregados a Etiopía por el Programa Mundial de Alimentos (WFP).

Por causa de este desajuste entre las importaciones y exportaciones, Etiopía sufre un grave problema de falta de divisas. No genera suficiente cantidad de divisa internacional (en general dólares aunque también euros y yuanes en menor medida) para la cantidad que necesita para pagar sus importaciones. A efectos totales, la diferencia alcanza entre seis y ocho miles de millones de dólares anuales. Un caso especial es la cantidad de carburantes que importa, que se ha multiplicado por entre 15 y 20 veces en los últimos años.

| Year | Ethiopia's Overall Export (Values in USD) | Growth in (%) | Ethiopia's Overall Import (Values in USD) | Growth in (%) | Balance (EXPORT-IMPORT) | Export/Import in (%) |
|---------|---|---------------|---|---------------|-------------------------|----------------------|
| 2005 | 896,631,487.67 | - | 3,795,660,670.05 | - | -2,899,029,182.38 | 23.6 |
| 2006 | 999,387,458.24 | 11.46 | 4,520,692,512.18 | 19.10 | -3,521,305,053.94 | 22.1 |
| 2007 | 1,183,268,582.46 | 18.40 | 5,326,728,715.20 | 17.83 | -4,143,460,132.74 | 22.2 |
| 2008 | 1,542,860,713.62 | 30.39 | 8,202,224,589.51 | 53.98 | -6,659,363,875.89 | 18.8 |
| 2009 | 1,493,635,742.93 | -3.19 | 7,622,854,167.31 | -7.06 | -6,129,218,424.38 | 19.6 |
| 2010 | 2,147,314,404.94 | 43.76 | 8,327,332,579.68 | 9.24 | -6,180,018,174.74 | 25.8 |
| 2011 | 2,542,304,496.32 | 18.39 | 8,758,393,035.08 | 5.18 | -6,216,088,538.76 | 29.0 |
| 2012 | 2,741,297,675.80 | 7.83 | 11,659,257,527.68 | 33.12 | -8,917,959,851.88 | 23.5 |
| 2013 | 2,591,041,908.59 | -5.48 | 10,955,385,470.26 | -6.04 | -8,364,343,561.67 | 23.7 |
| Average | 1,793,082,496.73 | 15.20 | 7,685,392,140.77 | 15.67 | -5,892,309,644.04 | 23.1 |

Tabla 5. Valor del comercio exterior de Etiopía. Fuente: Ministerio de Comercio de Etiopía, 2014

| YEAR | Gasoil (Diesel oil) | | MGR (Motor Gasoline Regular) | | Jet Kerosene/fuel | |
|---------|---------------------|------------------|------------------------------|----------------|-------------------|----------------|
| | Quantity (In MT) | Value (In USD) | Quantity (In MT) | Value (In USD) | Quantity (In MT) | Value (In USD) |
| 1997/98 | 557,640.08 | 82,348,459.40 | 122 995.230 | 22 540 361.86 | 252 302.07 | 40 617 202.04 |
| 1998/99 | 542,936.36 | 62,333,035.10 | 135 469.490 | 19 707 422.42 | 238 835.61 | 32 900 282.17 |
| 1999/00 | 548,786.85 | 107,213,620.23 | 142 526.098 | 38 178 896.72 | 224 176.82 | 51 109 330.12 |
| 2000/01 | 610,834.62 | 148,077,003.22 | 129 964.403 | 39 361 905.00 | 225 431.23 | 59 840 896.27 |
| 2001/02 | 623,197.01 | 121,014,270.34 | 133 111.340 | 27 435 401.22 | 259 786.27 | 56 175 287.19 |
| 2002/03 | 679,281.45 | 156,621,192.93 | 148 555.240 | 38 708 836.08 | 259 630.19 | 64 990 080.43 |
| 2003/04 | 688,527.23 | 186,232,574.25 | 130 415.499 | 40 072 742.57 | 294 698.82 | 88 046 666.89 |
| 2004/05 | 773,256.14 | 315,556,720.43 | 146 093.952 | 58 719 743.75 | 334 637.79 | 154 533 198.76 |
| 2005/06 | 811,689.20 | 403,308,004.91 | 137 192.627 | 78 146 970.77 | 370 401.08 | 217 222 639.47 |
| 2006/07 | 905,477.77 | 519,146,278.84 | 143 742.952 | 84 245 805.13 | 402 311.32 | 246 366 769.15 |
| 2007/08 | 1,073,147.75 | 938,033,763.36 | 139 093.02 | 116 129 644.77 | 482 172.99 | 449 776 779.48 |
| 2008/09 | 1,203,566.76 | 750,960,862.34 | 150 098.794 | 85 926 963.03 | 506 497.34 | 357 984 568.61 |
| 2009/10 | 1,237,921.88 | 794,090,551.68 | 155 805.819 | 106 316 444.65 | 529 856.58 | 371 611 037.19 |
| 2010/11 | 1,213,751.30 | 697,542,180.26 | 141 397.217 | 88 941 949.25 | 558 461.65 | 303 903 157.23 |
| 2011/12 | 1,206,215.71 | 1,162,019,125.47 | 146 670.106 | 145 723 041.75 | 535304.32 | 552 702 487.69 |
| 2012/13 | 1,351,427.87 | 1,042,712,934.58 | 195 661.358 | 171 920 762.12 | 619 531.92 | 530 498 174.03 |
| 2013/14 | 1,558,355.48 | 1,475,554,535.64 | 211 597.943 | 211 765 477.18 | 701 425.01 | 703 591 737.60 |

Tabla 6. Carburantes importados por Etiopía. Fuente: Nathanael Challa con datos de EPSE

El destino y origen de estas mercancías no es único pero sí está muy concentrado. El 97,2% de las exportaciones se dirigen a tan solo 10 países. Etiopía tiene varios aliados comerciales de largo recorrido con los que lleva comerciando algunas décadas. Otros, son de más reciente colaboración. Como podemos ver en la tabla 7, el origen de las importaciones es predominantemente Asia y el Medio Oriente, mientras que las exportaciones se dirigen hacia Europa en un porcentaje elevado.

| Origen de importaciones | | Destino de exportaciones | |
|--------------------------------|---------------|---------------------------------|---------------|
| | % 2012 | | % 2012 |
| China | 16,6 | Suiza | 18,0 |
| Arabia Saudí | 14,0 | China | 10,4 |
| India | 8,4 | Alemania | 9,7 |
| Kuwait | 4,3 | Somalia | 8,0 |
| Japón | 4,3 | Holanda | 7,0 |

Tabla 7. Aliados comerciales de Etiopía. Fuente: Departamento de Estado de EEUU, 2013

Por su parte Yibuti exporta maquinaria y partes de automóviles en gran volumen. Su segundo sector de exportación es el ganadero

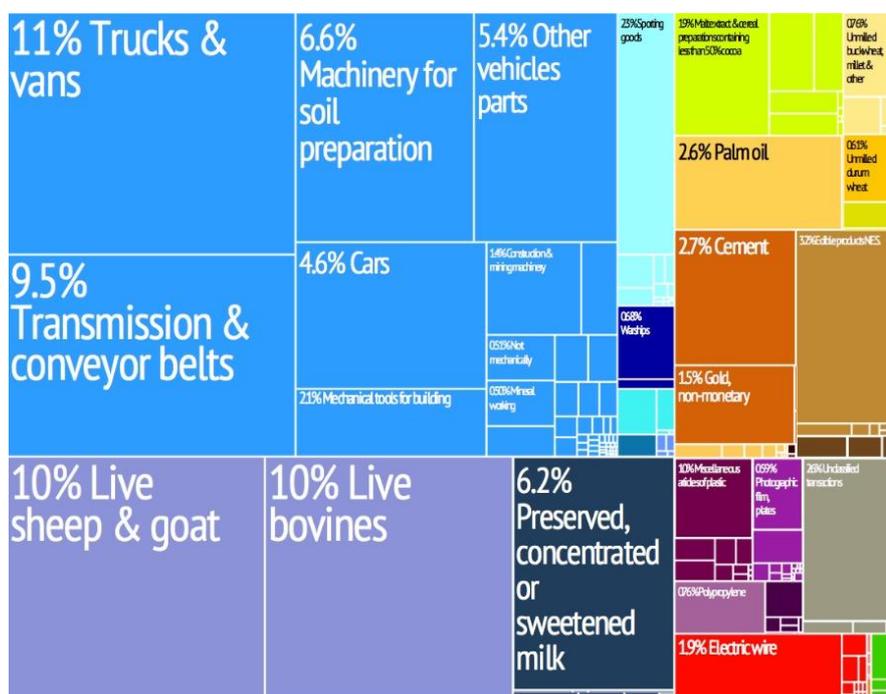


Ilustración 10. Exportaciones de Yibuti en 2009. Fuente: MIT Media Lab and the Center for International Development at Harvard University

Corredor Addis Abeba – Yibuti

Yibuti es actualmente el principal puerto de Etiopía sin litoral. Desde la guerra entre Etiopía y Eritrea en 1997-2000, Etiopía no ha utilizado ninguno de los puertos de Eritrea, a pesar de que Assab se encuentra a una distancia similar de Addis que la de Yibuti. Etiopía depende en gran medida de Yibuti, que hoy maneja alrededor del 93% de las importaciones y exportaciones de Etiopía, mientras que Berbera (en el noroeste de Somalia) maneja el 3% y Port Sudan (en Sudán) el 2%. Del mismo modo, Yibuti depende en gran medida de Etiopía: el 85% del tráfico portuario de Yibuti está en tránsito hacia o desde Etiopía.

| Concepto | 2002 | 2008 | 2009 | 2010 | % 2010 |
|------------------------------|-------------|-------------|--------------|-------------|---------------|
| <i>Importaciones Etiopía</i> | 2,72 | 6,20 | 8,32 | 4,89 | 81,5% |
| <i>Exportaciones Etiopía</i> | 0,38 | 0,61 | 0,51 | 0,21 | 3,5% |
| <i>Importaciones Yibuti</i> | 0,52 | 1,48 | 1,52 | 0,84 | 14% |
| <i>Exportaciones Yibuti</i> | 0 | 0,22 | 0,47 | 0,06 | 1% |
| Total | 3,62 | 8,54 | 10,83 | 6,00 | 100% |

Tabla 8. Reparto de la carga del puerto de Yibuti. Fuente: Ministerio de Finanzas de Yibuti

| Categoría | 2009 | 2010 | Crecimiento anual 2001-2010 |
|--|-------------|-------------|--|
| <i>Contenedores</i> | 45% | 44% | 13% |
| <i>Líquidos a granel (petróleo)</i> | 20% | 25% | 5% |
| <i>Cargas secas (grano, fertilizante)</i> | 17% | 19% | 9% |
| <i>Carga diversa y otras cargas secas (Clinker, cemento, carbón)</i> | 19% | 13% | 5% |
| Total | 100% | 100% | 9% |

Tabla 9. Categoría de cargas del puerto de Yibuti. Fuente: Banco Mundial, 2012

La reciente mejora del puerto y la carretera ha hecho que el corredor de Yibuti sea el más atractivo para los comerciantes de Etiopía, en comparación con los que atienden a Berbera y Port Sudan. En 2011, el tráfico diario típico de camiones desde el puerto de Yibuti a Etiopía fue de aproximadamente 1200 camiones cargados que se estima ha crecido hasta los 1500 actuales. De estos, alrededor de 200 transportaron petróleo, otro 20-30% transportaron contenedores y automóviles, mientras que el resto transportó mercancías importadas a granel (como carbón) o mercancías despojadas de contenedores en una zona de almacenamiento fuera del puerto de Yibuti (conocida como PK12). La modernización de los procedimientos aduaneros en ambos países, junto con elevadas tarifas de almacenamiento en el puerto o cerca de él, está causando que cada vez más importadores etíopes transporten contenedores hasta Addis o un puerto seco en Mojo, a 60 km de Addis, donde las importaciones pasar por el despacho de aduana. Los aranceles cobrados por las flotas de camiones estatales de Etiopía se encuentran ahora entre 48 y 55 \$ por tonelada para las importaciones en 2010. Se cobran aranceles de aproximadamente 3 céntimos de dólar por tonelada-km, lo cual es excepcionalmente bajo para los estándares internacionales, a pesar de que casi todos los camiones tienen que regresar vacíos debido al fuerte desequilibrio entre las importaciones y las exportaciones (las importaciones tienen que soportar el costo total del viaje de ida y vuelta). La flota es relativamente joven y está en buenas condiciones puesto que el gobierno etíope compró recientemente 3000 camiones semirremolque de Sinotruk a China.

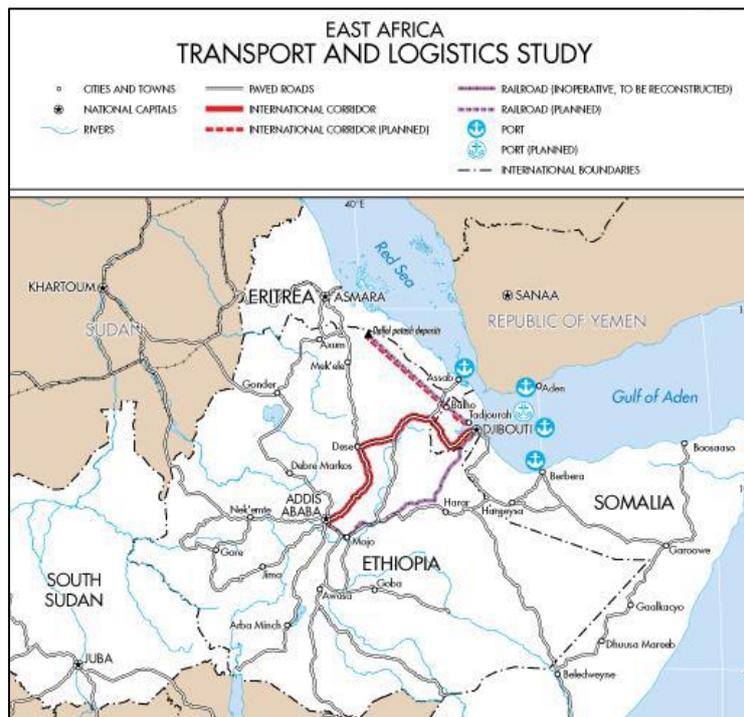


Ilustración 11. Carretera que une Yibuti con Addis. Fuente: Transport and logistics in Djibouti, The World Bank, 2013

Sin embargo, la comunidad de comercio exterior expresa su descontento con la gestión del comercio de Yibuti. A pesar de las iniciativas para mejorar el entorno empresarial y modernizar la infraestructura de transporte en el corredor de Yibuti – Addis Abeba, los expertos en comercio internacional han calificado a Yibuti mal tanto en el Logistics Performance Index (LPI) del Banco Mundial como en Doing Business de la Corporación Financiera Internacional (CFI). El LPI 2010 ubicó a Yibuti en el lugar 126 de 155 países, mientras que Doing Business de 2013 lo ubicó en el puesto 171 de 185 países. El único indicador en el que salía bien parado fue el comercio transfronterizo en el que aparecía en el puesto 41.

Hegemonía de Etiopía en el corredor

Las empresas camioneras de Etiopía dominan totalmente el mercado de camiones para el transporte de mercancías en el corredor Yibuti-Addis. En el caso de Yibuti, con mucho, el mayor mercado de transporte de mercancías es el tráfico de tránsito desde el puerto de Yibuti a Etiopía. Sin embargo, los propietarios y conductores de camiones de Yibuti tienen solo una participación muy pequeña (menos del 10%) de este mercado. Tan solo de 200 a 250 camiones de Yibuti logran competir con entre 6000 y 8000 camiones etíopes. Los bajos aranceles se combinan con varios factores de manera que excluyen a las empresas de Yibuti del mercado de camiones en el corredor:

- Los salarios de los conductores de Yibuti son casi el doble que los de los conductores etíopes. Es desconocido si los niveles salariales de Yibuti (60,000-100,000 francos de Yibuti o 300-500 \$ por mes) son artificialmente altos o los salarios etíopes son artificialmente bajos. Como el transporte por camión en

Yibuti es un mercado abierto y los empleos son escasos, no parece haber ninguna razón para que los conductores de Yibuti tengan un precio excesivo. Sin embargo, otras partes del mercado laboral de Yibuti también muestran un alto salario de reserva: una preferencia para seguir dependiendo de una familia extensa que incluye a algunos que son empleados del gobierno. En contraste, la mayoría de los conductores etíopes están trabajando para grandes flotas estatales, que tienen el poder de fijar salarios bajos, siempre que también controlen los salarios en los mercados laborales a los que los conductores podrían emigrar en busca de mejores salarios.

- Los conductores y mecánicos de reparación etíopes están más preparados.
- La moneda de Etiopía (birr) no es convertible, por lo que las empresas de transporte de Yibuti tienen dificultades para transferir los pagos a sus hogares.
- Las frecuentes devaluaciones del birr hacen que el transporte de Yibuti sea más caro de un día para otro. El Fondo Monetario Internacional está alentando a Etiopía a devaluar, a promover las exportaciones. El gobierno de Yibuti, por el contrario, ha vinculado el franco de Yibuti al dólar estadounidense durante la última década, como un incentivo para los posibles inversores extranjeros.
- Los camioneros de Yibuti no pueden encontrar mercancía de regreso desde Etiopía puesto que las exportaciones de Etiopía están de facto reservadas para los camioneros etíopes. La elección de los comerciantes etíopes puede ser consecuencia de la lealtad nacional, la calidad del servicio o el precio. Los tres pueden contar, pero especialmente el precio.
- Una empresa de transporte de Yibuti no puede presentar una factura por escrito a un cliente final en Etiopía, porque necesita, pero carece de un número de identificación fiscal.
- Hasta hace poco, el combustible diésel era mucho más barato en Etiopía que en Yibuti.
- Los yibutianos compran sus camiones en dólares estadounidenses, sin asistencia del gobierno. En contraste, se dice que el gobierno etíope apoya a sus empresas de transporte por carretera, lo que obliga a los bancos nacionales a prestar a tasas de interés preferenciales para la compra de grandes flotas de camiones.
- Las tarifas de camiones de Etiopía parecen estar subsidiadas en el sector estatal.

Todo esto coloca a los camioneros de Yibuti en un círculo vicioso: a medida que trabajan cada vez menos en el corredor internacional, se ven relegados cada vez más al mercado local, lo que a su vez reduce los precios y los márgenes en Yibuti, poniendo a la industria en problemas. Siempre que la mayoría de los nueve impedimentos enumerados anteriormente persistan, es poco probable que los camioneros de Yibuti puedan obtener una parte significativa del tráfico en tránsito hacia Etiopía.

3.4 ACTORES INTERNACIONALES

Organizaciones internacionales

El sector del transporte es reconocido por las Instituciones Financieras Internacionales (IFI) como un facilitador clave del crecimiento económico y las IFI participan en el desarrollo de la infraestructura de transporte en África por tales motivos. Su mandato institucional les otorga el estatus adecuado para ofrecer opciones de financiación para el desarrollo ferroviario a precios atractivos en países donde dicha financiación no está disponible a costes razonables. Mientras que el transporte por carretera se ha beneficiado de la financiación de la mayoría de las IFI en el transporte hasta ahora, los ferrocarriles africanos han atraído más atención de los bancos multilaterales de desarrollo en las últimas décadas. El Banco Mundial y el Banco Africano de Desarrollo son los más involucrados en los ferrocarriles africanos y el reciente desarrollo de los ferrocarriles locales se ha visto muy influenciado por su visión del sector, especialmente a través del proceso de avanzar hacia las concesiones. Su contribución no solo se basa en préstamos y otros productos financieros, sino también en ayudar al Gobierno a establecer un entorno adecuado para la sostenibilidad del ferrocarril. También se han comprometido a monitorear los resultados de su acción y difundir las conclusiones de su trabajo y mejores prácticas.

A pesar de su menor contribución, las agencias bilaterales también pueden desempeñar un papel clave en el desarrollo ferroviario de los países emergentes.

BRICS

Gran parte de la inversión del proyecto de ampliación de la red ferroviaria nacional etíope proviene del bloque de potencias económicas emergentes conocidas como BRICS: Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica. En 2013 se estimó que toda la expansión ferroviaria costaría alrededor de 6 mil millones de dólares (ahora ya se ha comprobado que será mucho más), más de la mitad de cual ya ha sido firmada por inversores de China, India y Brasil. La inversión de Rusia no se ha visto y las empresas sudafricanas han estado supervisando la construcción de algunas de las líneas. Los proyectos en Etiopía son necesarios para desarrollar una cooperación más estrecha entre los miembros del bloque. Además, el potencial geográfico y económico de Etiopía podría permitir a los países obtener considerables ganancias a largo plazo de la inversión ferroviaria, notablemente con el vecino Sudán del Sur.

El proyecto destaca especialmente el papel cada vez más importante de China en la infraestructura comercial de África oriental. El país, que también está ayudando a desarrollar el Puerto de Yibuti, está financiando la línea Addis – Yibuti. Otra firma china se asoció con una compañía de Turquía, un país que también se ha vuelto cada vez más activo en África e interesado en el ferrocarril de Etiopía, para construir una línea que se dirige al norte de Addis Abeba.

La India también ha mostrado gran interés en Etiopía, como lo demuestra el préstamo de 300 millones de dólares que el Export-Import Bank of India pretendía ofrecer para la construcción de la línea a Yibuti. Finalmente, la financiación corrió a

cargo de China. India es la segunda fuente más grande de inversiones extranjeras directas de Etiopía con inversiones que ascienden a 5 mil millones de dólares en 2011.

En mayo de 2013, el Banco de Desarrollo de Brasil anunció que financiará la construcción de una línea que conectará Etiopía y Sudán del Sur. Sin embargo este proyecto nunca se llegó a materializar por las dificultades técnicas e institucionales de la región y por la inestabilidad tanto de Brasil como de Sudán del Sur.

China

El caso de China merece un apartado dedicado por la magnitud y el calado de las relaciones entre los países y su trascendencia para el futuro del país. En 1970, cuatro años antes del final del imperio de Etiopía, la República Popular de China estableció relaciones diplomáticas formales con el gobierno imperial de Haile Selassie. Aunque China y Etiopía tienen antecedentes imperiales, solo se conocieron bien después de que ambos se convirtieron en repúblicas. En los primeros años, esta relación creció modestamente y solo comenzó a aumentar a mediados de la década de 1990 cuando el gobierno del primer ministro Meles Zenawi fomentó lazos más estrechos con China para aprovechar sus recursos financieros y equilibrar sus estrechos vínculos con los países occidentales, particularmente Estados Unidos. A día de hoy, China es indudablemente el socio económico bilateral más importante de Etiopía.

| Year | Ethiopia's Export to China (Values in USD) | Growth in (%) | China's Share in Overall Ethiopia's Export (%) | Ethiopia's Import from China (Values in USD) | Growth in (%) | China's Share in Overall Ethiopia's Import (%) | Total Trade Turnover with China (Values in USD) | Trade Balance (Export-Import) |
|-------------|--|---------------|--|--|---------------|--|---|-------------------------------|
| 2005 | 78,930,604.60 | - | 8.80 | 551,084,760.65 | - | 14.52 | 630,015,365.25 | -472,154,156.05 |
| 2006 | 71,687,707.25 | -9.18 | 7.17 | 663,569,904.96 | 20.41 | 14.68 | 735,257,612.21 | -591,882,197.71 |
| 2007 | 67,639,544.65 | -5.65 | 5.72 | 1,019,905,728.03 | 53.70 | 19.15 | 1,087,545,272.68 | -952,266,183.38 |
| 2008 | 80,619,516.78 | 19.19 | 5.23 | 1,688,877,778.90 | 65.59 | 20.59 | 1,769,497,295.68 | -1,608,258,262.11 |
| 2009 | 211,120,847.34 | 161.87 | 14.13 | 1,847,107,585.35 | 9.37 | 24.23 | 2,058,228,432.68 | -1,635,986,738.01 |
| 2010 | 228,213,528.45 | 8.10 | 10.63 | 2,021,717,658.02 | 9.45 | 24.28 | 2,249,931,186.47 | -1,793,504,129.56 |
| 2011 | 280,195,080.83 | 22.78 | 11.02 | 1,673,884,491.95 | -17.20 | 19.11 | 1,954,079,572.78 | -1,393,689,411.13 |
| 2012 | 315,862,677.55 | 12.73 | 11.52 | 2,432,872,032.09 | 45.34 | 20.87 | 2,748,734,709.64 | -2,117,009,354.54 |
| 2013 | 308,326,184.98 | -2.39 | 11.90 | 2,952,993,491.46 | 21.38 | 26.95 | 3,261,319,676.44 | -2,644,667,306.49 |
| Average (%) | | 15.2 | 9.57 | | 26.01 | 20.48 | | |

Tabla 10. Comercio China Etiopía. Fuente: Ministerio de Comercio de Etiopía, 2014

Mientras que Etiopía exporta pocos recursos naturales de interés estratégico para China, es importante por otras razones. Con una población de alrededor de 100 millones de personas, Etiopía es el segundo país más poblado de África después de Nigeria. Un dato político importante es que sirve como la sede de la Unión Africana. China proporcionó 200 millones de dólares en asistencia de subvenciones y construyó el nuevo centro de conferencias de la Unión Africana, que se completó con un jardín tradicional de estilo chino. La Nueva Alianza para el Desarrollo de África, que China apoya, se ha mudado a Addis Abeba y la Comisión Económica de las Naciones Unidas para África tiene su sede allí. Etiopía tiene uno de los ejércitos más poderosos de África y, aunque no tiene salida al mar, sirve como centro regional para el Cuerno de África.

Aunque la fuerza de la relación entre Etiopía y China está en el área económica, los lazos políticos también están floreciendo. En 2006, por ejemplo, el Parlamento de Etiopía aprobó una resolución en apoyo de la Ley Antisecesión de China. En 2007, Etiopía se unió a otros países africanos para evitar una resolución en la Comisión de

Derechos Humanos de la ONU que censure las prácticas de derechos humanos de China. En 2008, el primer ministro Meles dijo que el Tíbet es un asunto interno y los poderes externos no tienen derecho a interferir. El embajador de China en Etiopía elogió el apoyo de Addis Abeba a la posición de China sobre Taiwán y Tíbet. Por su parte, China nunca critica las políticas de derechos humanos de Etiopía ni comenta públicamente los conflictos internos.

Ya en 2005, la embajada de China en Addis Abeba recibió más visitas de alto nivel que cualquier misión occidental y las compañías chinas se convirtieron en una fuerza dominante construyendo carreteras, puentes, presas y centrales eléctricas, redes de telefonía móvil, escuelas y fábricas farmacéuticas. China se involucró en casi todos los aspectos de la economía de Etiopía. El Ministerio de Comercio de Etiopía reconoció que China se había convertido en su socio más confiable en la década de los 2000.

Las empresas chinas están presentes en prácticamente todos los sectores y además presentan cifras de inversión muy elevadas. Las empresas chinas están construyendo alrededor del 70% de las carreteras en Etiopía, incluida la altamente visible Addis Ababa Ring Road. Los préstamos bonificados chinos a menudo proporcionan por debajo del coste real y, a veces, sin proceso de licitación. El resultado es que las empresas chinas han desplazado en gran parte a las de Corea del Sur y Japón que anteriormente habían sido predominantes en el sector. Debido a que estos proyectos son vistos y utilizados por una cantidad elevada de etíopes, tienden a crear un fondo de comercio considerable.

Industrial zone in Ethiopia (as of February 2017) AFRICA BUSINESS PARTNERS

| No. | Name of Industrial zone | Location | Distance from Addis | Distance from Djibouti | Progress | Organizer | Constructor | Main industry | Size |
|-----|--|--------------------|---------------------|------------------------|---------------------|---|--------------------|---------------------------------------|--------------------------|
| 1 | Eastern Industry Zone | Oromia, Dukem | 80km | 860km | Completion in 2008 | China(江蘇其元集团) | | Chinese companies | 500ha |
| 2 | Bole Lemi Industrial Park 1 | Addis Ababa | – | 860km | Completion in 2014 | Government, WB funds | 23 Local companies | Garment | 157ha |
| 3 | Hawassa Industrial Park | SNNPR | 275km | 998km | Completion in 2016 | Government, WB and foreign government funds | CCECC | Garment | 400ha(100ha in phase I) |
| 4 | Mekelle Industrial Park | Tigray | 760km | 750km | Under constriction | Government, WB funds | CCECC | Garment | 1000ha(75ha in phase I) |
| 5 | Kombolcha Industrial park | Amhara | 363km | 480km | Under constriction | Government, Indian government funds | CCCC | Garment | 750ha(75ha in phase I) |
| 6 | Jimma Industrial Park | Oromia | 346km | 1200km | Decided constructor | Government | CCCC | Garment | 1000ha(75ha in phase I) |
| 7 | Bole Lemi Industrial Park 2 | Addis Ababa | – | 860km | Decided constructor | Government, WB funds | CCCC | Garment | 170ha |
| 8 | Kilinto Industrial Park | Akaki, Addis Ababa | – | 860km | Decided constructor | Government, WB and China funds | CTCE | Pharmaceuticals, medical equipment | 279ha |
| 9 | Dire Dawa Industrial Park | Dire Dawa | 445km | 380km | Decided constructor | Government | Chinese company | Assembling, Garment, Foods | 4000ha(150ha in phase I) |
| 10 | Adama Industrial Park | Oromia | 74km | 678km | Decided constructor | Government | Chinese company | Assembling, Garment, Foods | 2000ha(365ha in phase I) |
| 11 | Bahir Dar Industrial Park | Amhara | 578km | 985km | Under planning | Government | | Garment | 1000ha(75ha in phase I) |
| 12 | Arerti Industrial Park | Amhara | 105km | 860km | Under planning | Government | CCCC | Constriction products, Home appliance | |
| 13 | Aysha Industrial Park | Somali | 620km | 150km | Under planning | Government | | | |
| 14 | Debre Birhan Industrial Park | Amhara | 130km | 895km | Under planning | Government | | | |
| 15 | Huajian Group Industrial Park | Lebu, Addis Ababa | – | 863km | Under planning | China | | Shoes | 138ha |
| 16 | Mojo George Shoe Industrial Zone | Oromia, Mojo | 74km | 797km | Under planning | China | | Leather | 50ha |
| 17 | Airlines and Logistics Park | Addis Ababa | – | 863km | Under planning | Government | | Transportation | 200ha |
| 18 | Kingdom Linen Industry Zone | Dire Dawa | 515km | 400km | Signed MoU | China (Zhejiang Jinda Flax) | | Linen | |
| 19 | Bure Integrated Agro-Industrial Park | Amhara | | | Under planning | Government | | Agri products processing | 154.99ha |
| 20 | Bulbula Integrated Agro-Industrial Park | Oromia | | | Under planning | Government | | Agri products processing | 263ha |
| 21 | Yirgalem Integrated Agro-Industrial Park | SNNPR | | | Under construction | Government | | Agri products processing | 108.8a |
| 22 | Baeker Integrated Agro-Industrial Park | Tigray | | | Under construction | Government | | Agri products processing | 150.92ha |

Tabla 11. Parques industriales de Etiopía. Fuente: Africa Business Partners

También es destacable la inversión china en varias zonas industriales en Etiopía. Las empresas chinas están construyendo cinco zonas industriales en Etiopía y proyectan varias más mientras la nación africana se esfuerza por convertirse en el centro principal de fabricación del continente. Todavía en desarrollo, la Zona Industrial del Este en Dukem anticipa una inversión de 2 mil millones de dólares en su construcción. China es un importante comprador de cuero de Etiopía y está buscando expandir su inversión para la fabricación de zapatos y artículos de cuero en Etiopía. El presidente Mulatu Teshome inauguró en mayo de 2014 una planta de ensamblaje de Lifan Motors en la zona económica para la producción del automóvil Dukem 500.



Ilustración 12. Construcción del parque industrial Hawassa. Fuente: Xinhuanet.com

En consecuencia a todas estas inversiones, en los últimos años Etiopía ha experimentado consistentemente un déficit comercial importante, aunque en disminución, con China. En 2011, según las estadísticas del Fondo Monetario Internacional (FMI), Etiopía importó cerca de mil millones en bienes de China y exportó tan solo 265 millones. En 2006, China se convirtió en el mayor socio comercial de Etiopía, sobrepasando a Arabia Saudí, y ha mantenido ese rango desde entonces.

En el plano militar, China y Etiopía son socios estratégicos. China suministra artillería, vehículos blindados ligeros y vehículos de transporte de tropas al ejército de Etiopía. Cada año entrena a un pequeño número de oficiales etíopes. Hay visitas militares de intercambio de alto nivel de rutina. La embajada de China en Etiopía es una de las pocas capitales africanas que tiene un agregado militar residente.

Pese a las grandes inversiones de China en Etiopía, este interés se encaja en una estrategia mayor por la cual China pretende tener un rol principal en el continente.

Extensión del corredor a Sudán del Sur

La independencia de Sudán del Sur introduce a un nuevo jugador en la región del Cuerno de África, que bien puede considerar a Yibuti y Etiopía (a través de Addis) como un importante corredor comercial. Sudán del Sur está atrayendo mucho interés, principalmente debido a su gran reserva de petróleo. De hecho, se habla de un gasoducto para exportar petróleo crudo desde los campos petrolíferos de Sudán del Sur a Yibuti, que podría estar funcionando dentro de algunos años. La floreciente industria petrolera podría justificar un traslado "aire-mar" desde Yibuti a Juba, aunque por ahora el volumen de la demanda solo puede adivinarse.

Además del petróleo, es probable que el volumen comercial de Sudán del Sur sea pequeño en relación con el de Etiopía. El PIB de Etiopía es de 72 mil millones de dólares, mientras que el de Sudán del Sur se estimaba en 15 mil millones en 2010, de los cuales el petróleo representaba el 71%. Es decir, la economía no petrolera de Sudán del Sur era solo de unos 4 mil millones, una octava parte de la de Etiopía en aquel momento. En los últimos años su producción ha descendido notablemente a causa de la guerra civil que asola el país aunque no se tienen datos a partir de 2015. En cualquier caso, Etiopía se intentará posicionar como aliado estratégico en la logística del comercio internacional de Sudán del Sur, prestándole los servicios necesarios para sus exportaciones e importaciones.

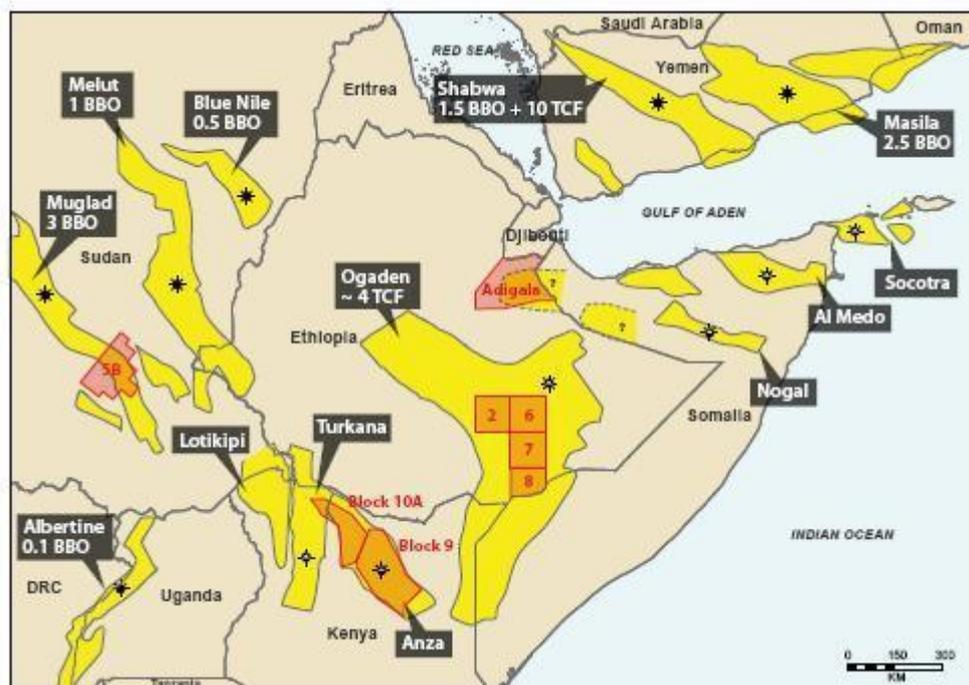


Tabla 12. Exploración de petróleo en la región. Fuente: energy-pedia.com

3.5 EL FERROCARRIL FRANCO-ETÍOPE EXISTENTE

El ferrocarril Franco-Etíope (*Chemin de Fer Djibouto-Éthiopien*) es una línea de ferrocarril de 784 km que va de Yibuti a Addis Abeba a través de Dire Dawa. La construcción de la línea comenzó en el año 1897 y se inauguró en 1917 y fue iniciativa

de los franceses, quienes gobernaban el territorio de la actual Yibuti en aquella época, a través de la Compañía Imperial de Ferrocarriles de Etiopía (Compagnie Impériale des Chemins de fer d'Éthiopie or Compagnie Impériale Éthiopienne).

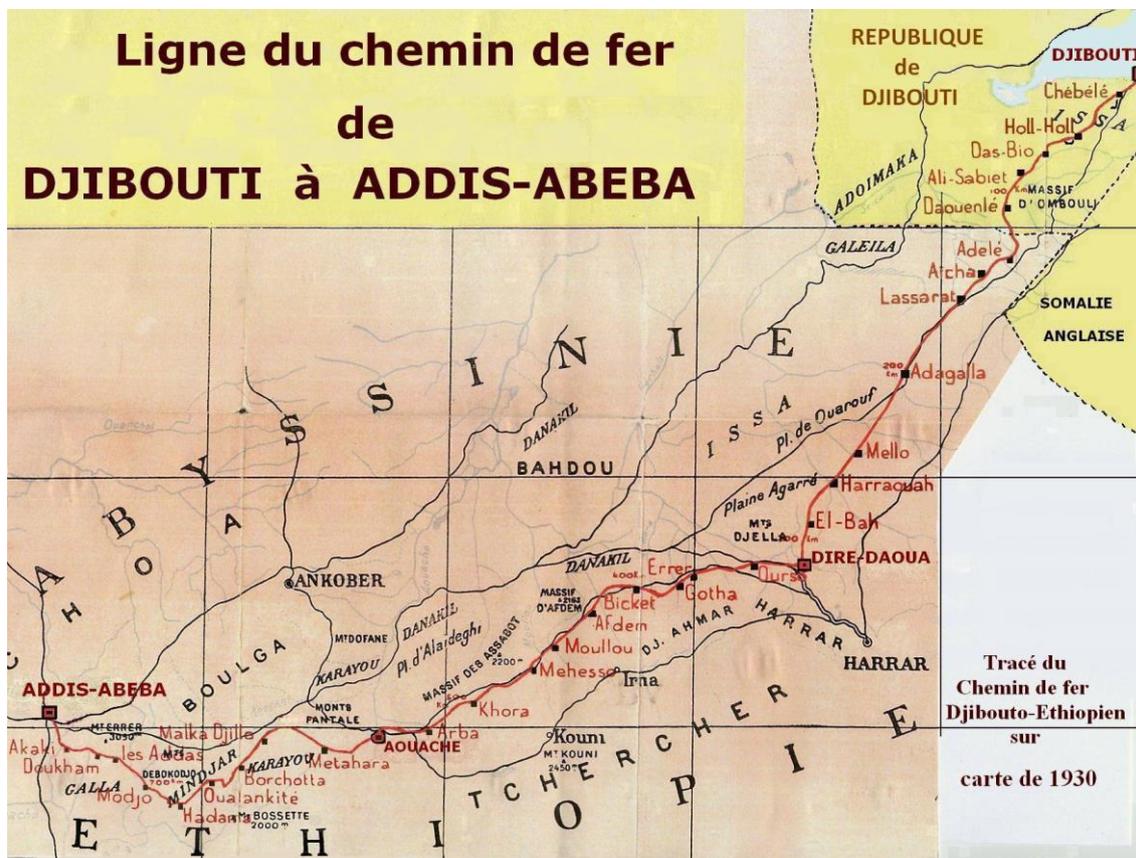


Ilustración 13. Mapa de 1930 con el trazado de la línea antigua. Fuente: www.train-franco-ethiopien.com

Durante años comerciales suizos y franceses pretendieron la construcción del proyecto que tuvo gran oposición en la sociedad etíope, incluidas grandes protestas. Fue el emperador Menelik II quien aceptó su ejecución aunque rechazó el involucramiento directo del gobierno de Francia. El levantamiento de fondos fue irregular, y tras serios problemas financieros un grupo de inversores británicos autodenominados la Nueva Compañía Africana tomó efectivamente el control de la empresa durante varios años. Proporcionaron una nueva fuente de capital, y en 1901 se habían unido a los inversores franceses para formar la *International Ethiopian Railway Trust and Construction Company*, una sociedad de cartera que esencialmente controlaba el ferrocarril y le proporcionaba más capital. No obstante, el primer servicio comercial comenzó en julio de 1901, desde Yibuti hasta Dire Dawa. Esta asociación quebró en 1906 y en 1908 se firmó un tratado entre Francia y Etiopía, transfiriendo los activos a la nueva *Compagnie du Chemin de Fer Franco-Éthiopien* que terminó la línea en 1917. Tras unos cambios de control previos a y durante la segunda guerra mundial, alrededor de 1982, el ferrocarril se reorganizó posteriormente como la Compagnie du Chemin de Fer Djibouto-Éthiopien (CDE), puesto que Yibuti ya era independiente de Francia.

Siendo un proyecto económica y estratégicamente viable durante largas décadas, posteriormente se convertiría en un proyecto mediocre debido a la falta de mantenimiento, manejo ineficiente y la explosión del tráfico por carretera entre Addis Abeba y el puerto de Yibuti para el comercio primario, a pesar de ser la única línea férrea que conecta directamente Etiopía y el Mar Rojo.

En 2010, el ferrocarril que funcionaba desde 1917 finalmente detuvo las operaciones de carga y pasajeros. En las últimas décadas había sufrido degradación severa debido a la falta de financiación del mantenimiento y la renovación, a que el transporte por carretera se hizo cada vez más barato y rápido, la demanda del ferrocarril se desplomó y los déficits financieros del ferrocarril se acumularon.



Ilustración 14. Antiguo ferrocarril atravesando Etiopía. Fuente: visualgeography.com.

En el pasado, el ferrocarril sirvió como un importante medio de transporte de pasajeros y mercancías en la parte oriental del país y contribuyó con su parte al establecimiento y expansión de los principales centros urbanos económicamente activos como Bishoftu, Adama, Dire Dawa y Mieso. Además, el ferrocarril tenía un lugar importante en la música, la cultura, los proverbios, la poesía y demás artes en Etiopía. Especialmente para la ciudad de Dire Dawa, el ferrocarril era el alma de su existencia. Los nombres de sus pueblos, calles y plazas se relacionan con el ferrocarril.

Esta línea de ancho métrico tiene 784 km de longitud, de los cuales 685 km se encuentran en Etiopía y aproximadamente 99 km en Yibuti. Esta línea cubre el 30% de la población, así como las tierras cultivadas de Etiopía y el 70% de la población de Yibuti. Además, los centros industriales de Etiopía ubicados en Dire Dawa, Awash, Metehara, Modjo, Debre Zeit, Akaki y Addis Abeba están conectados a esta línea. Esto está

previsto como una importante conexión de exportación e importación que vincula a Etiopía y el resto del mundo a través del puerto de Yibuti en las rutas marítimas internacionales del Mar Rojo y tiene el potencial de convertirse en un centro de transporte regional en el interior del este de África.

El servicio de transporte y las actividades relacionadas se consideran actividades principales en Yibuti. Existen aproximadamente 12,000 empleos en actividades relacionadas con el transporte en Yibuti. Los servicios portuarios y de tránsito, así como los enlaces de carreteras y ferrocarriles, son la fuente principal de ingresos y empleo para la economía de Yibuti. El 70% del PIB de Yibuti proviene del sector de servicios, que incluye los servicios de transporte y tránsito. Se supone que la conexión ferroviaria complementa las actividades portuarias en Yibuti.

Como se ha mencionado antes, el puerto de Yibuti se convirtió en un importante punto de entrada de carga para Etiopía, ya que dejó de utilizar otros puertos cercanos desde 1998. Mientras tanto, el tráfico de mercancías se cuadruplicó desde esa fecha hasta el 2015. Tanto los gobiernos de Etiopía como de Yibuti están tratando de mejorar la capacidad de transporte transfronterizo al máximo potencial, ya que ambos son copropietarios del ferrocarril desde 1981. En el último tramo de su vida el proyecto cayó en desuso, con el tráfico de trenes cerrado en 2008 entre Addis Abeba y Yibuti aunque el servicio estuvo disponible entre Dire Dawa y Yibuti hasta agosto de 2010. El servicio de Yibuti a Dire Dawa se reinició en agosto de 2013, pero solo por un corto período de tiempo, ya que la antigua línea ferroviaria pronto sería remplazada por el ferrocarril de ancho estándar.

3.5.1 Características técnicas

Se trata de una línea de ancho métrico (1000 mm). El ferrocarril opera al nivel del mar en Yibuti pero alcanza una elevación de 2.800 metros sobre el nivel del mar cerca de Addis Abeba en Etiopía. Así, las secciones etíopes del ferrocarril se colocan en pendientes pronunciadas y tienen curvaturas que se modifican para utilizar locomotoras mejoradas a plena capacidad. El terreno accidentado requirió la construcción de 187 puentes a lo largo de la línea y también existe un túnel en Gol du Harr, al noreste de Dire Dawa.

El ferrocarril estaba dividido en dos secciones. La primera sección comprende raíles desde 20 kg/m hasta 36 kg/m. La segunda sección comprende raíles de más de 25kg/m y puede transportar tráfico con una carga máxima de eje de 12 toneladas, en comparación con 14 toneladas para rieles de 30 kg/m y 17 toneladas para rieles de 36 kg/m. En comparación, los raíles actualmente utilizados suelen ser mínimo de 40 kg/m.

| <i>Rail Line</i> | <i>Type of Rail (Kg/m)</i> | <i>Track Length (Km)</i> |
|--------------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Line A: Djibouti-Dire Dawa | 20 | 94.6 |
| | 25 | 9.7 |
| | 30 | 175.6 |
| | 36 | 28.5 |
| <i>Total</i> | | 308.4 |
| Line B: Dire Dawa-Addis Ababa | 20 | 0 |
| | 25 | 404.1 |
| | 30 | 45.0 |
| | 36 | 23.2 |
| <i>Total</i> | | 472.3 |

Tabla 13. Tipo de raíl en la antigua línea Ethio-Yibuti. Fuente: *Financing Transport for Growth in Africa, 2007*

3.5.2 Esfuerzos por revitalizar la línea

Es evidente que el país tiene una larga historia de transporte ferroviario. Además, debido al impulso de crecimiento del país, existía la necesidad de un sistema ferroviario moderno y confiable que pudiese acomodar y facilitar el crecimiento económico y la relación entre personas.

A pesar de que se realizaron grandes mejoras en la expansión de la red de carreteras, el país aún sufre de conectividad limitada y costosos servicios de transporte con mala calidad. En particular, la evaluación del sector indica que el sistema de transporte existente no podría hacer frente de manera adecuada a la demanda de la economía de rápido crecimiento. Por lo tanto, el gobierno etíope decidió construir un sistema de transporte de larga duración y que derive en un ahorro de tiempo que le permita al país reducir el coste de importación y exportación y ser competitivo en los negocios internacionales.

Cuando se transfirió la propiedad a los gobiernos etíope y yibutiano, el proyecto se consideraba ambicioso y las expectativas eran altas. Se esperaba que la Compagnie du Chemin de Fer Djibouto-Éthiopien desempeñara un papel vital en el desarrollo socioeconómico de Etiopía y Yibuti, pero el proyecto perdió competitividad alrededor del año 2000 debido a la calidad inferior de las vías del tren y la falta de mantenimiento de la infraestructura. El ferrocarril fue ignorado a causa de una cantidad de problemas como trenes lentos, descarrilamientos frecuentes, tarifas altas (por ejemplo, un promedio de 55 \$/t en ferrocarril en comparación con un promedio de 30 \$/t por carretera en 2004) que disuadieron a los clientes sobre el transporte de mercancías por ferrocarril.

El proyecto realizó un importante trabajo de reparación en 1998. Sin embargo, en 2003, el transporte por carretera cubría la distancia en 3 días en comparación con 12 días por tren. Esto dio como resultado la reducción del flete ferroviario y la rotación financiera. La posición financiera era tan crítica que en 2002 la CDE se vio obligada a convencer a sus socios: la Agence Française de Développement (AFD) y la Comisión Europea (CE) para ampliar la ayuda al desarrollo. Sin embargo, ambos socios acordaron otorgar una concesión operativa, ya que tanto AFD como EC lo habían estado recomendando desde 1990. En este momento las regulaciones de las ayudas estatales al estado gobernante francés habían cambiado y la provisión de préstamos soberanos en condiciones de favor a los países subdesarrollados ya no era válida. Por lo tanto, la

única opción que le quedaba a la AFD para apoyar la iniciativa de la CDE era con un préstamo no soberano que requería la participación de un operador privado.

Finalmente, la Comisión Europea preparó una subvención de 40 millones de euros en 2003 y la elevó a 50 millones de euros en 2006. El 29 de noviembre de 2006 se firmó un acuerdo con el consorcio italiano Consta, y en 2007 se iniciaron los tramos de la línea que se deterioró por causa de la Guerra de Ogaden. En 2006, la empresa sudafricana Comazar fue elegida para recibir una concesión a 25 años. Sin embargo, este plan no se ejecutó y, a principios de 2008, se anunció que el ferrocarril estaba en negociaciones con la empresa kuwaití Fouad Alghanim y Sons Group. El proyecto financiado por la UE se estancó y solo se rehabilitaron 5 km de pistas en 2009 lo que supuso un abandono progresivo de la línea.



Ilustración 15. Cartel anunciando la rehabilitación de la línea. Fuente: wikipedia.org

Después del fracaso del proyecto de rehabilitación, los dos gobiernos decidieron un enfoque diferente para la modernización del ferrocarril. Esto condujo a la construcción del ferrocarril de Addis Abeba – Yibuti, de ancho estándar y electrificado construido según los estándares modernos.

Paralelamente, las reformas socioeconómicas apropiadas del gobierno, las políticas macroeconómicas sostenibles y las estrategias y programas sectoriales y regionales exitosos han desatado las posibilidades de un desarrollo acelerado. Por lo tanto, con la misión de desarrollar infraestructura ferroviaria y proporcionar servicios eficientes y efectivos de transporte de mercancías y pasajeros, la Corporación de Ferrocarriles de Etiopía (ERC) se estableció el 28 de noviembre de 2007 mediante el Reglamento 141/2007 del Consejo de Ministros. Esta nueva corporación sería

dependiente del Ministerio de Transporte, con el mandato de crear una red ferroviaria nacional moderna, en sustitución del ferrocarril franco-etíope que ya no está en servicio.

Con base en la recomendación del Grupo Asesor Técnico, al tomar en consideración y priorizar la importancia sociocultural de las redes ferroviarias para las comunidades locales, ERC justificó inequívocamente la introducción del sistema ferroviario en Etiopía como principal sistema nacional de transporte masivo.

Un estudio de prefactibilidad realizado en 2007 destacó la importancia de renovar la línea desde una perspectiva económica y financiera. La modernización implicó reemplazar la sección del medidor con una línea de calibre de 1,435 mm y la electrificación a 25 kV. Finalmente este sería el proyecto que se acometería. Diseñada para acomodar trenes que viajan a 120 km / h, la nueva línea sería construida de acuerdo con los estándares de ferrocarriles electrificados de China. El personal chino gestionará las operaciones en línea durante cinco años, durante los cuales los empleados locales recibirán capacitación especializada sobre las operaciones.

4 DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO

Como todo proyecto de transporte, sus objetivos se basan en la accesibilidad, en el tiempo de conexión entre los diferentes puntos a los que sirve el proyecto y en el coste que esto supone para los usuarios. Particularmente para este proyecto, los objetivos primordiales se basarían en el movimiento de bienes pues la línea discurre por un corredor internacional cuyo uso fundamental es ese.

El Plan de Crecimiento y Transformación de Etiopía ya indica varios objetivos de desarrollo del país y propone medios para alcanzar esos objetivos. Por la parte de Yibuti, no se ha encontrado ningún documento gubernamental oficial que presente unos objetivos a alcanzar de manera estratégica, sino que aparentemente adoptan la metodología de proyecto a proyecto.

En este trabajo se listan los objetivos a los que el proyecto se debe enfocar tomados desde una perspectiva pre-proyecto, es decir, en el momento de la decisión sobre llevar a cabo la inversión o no. Evidentemente, esta lista ha sido deducida por el autor de este trabajo y no responde a objetivos fijados oficialmente por los Gobiernos de Etiopía y Yibuti.

Los objetivos de primer nivel serían en este caso:

1. Reducir los costes logísticos para los proveedores de servicios, haciendo más atractivos los productos etíopes en el mercado internacional y reduciendo el coste de importación para los bienes importados;
2. Estrechar las relaciones comerciales internacionales entre los países involucrados (Etiopía, Yibuti y China).

Existen varios objetivos secundarios del proyecto que, aunque no sean primordiales en cuanto a la decisión sobre si acometer o no el proyecto, juegan un rol importante en la evaluación de impacto de la infraestructura.

1. Reducción del tiempo de viaje para pasajeros entre las dos ciudades capitales y el resto de poblaciones por las que discurre la línea;
2. Desviar el tráfico de la carretera al ferrocarril con beneficios para los viajeros, así como para la sociedad a través de una reducción de los costes externos y la atracción de nuevo tráfico al ferrocarril;
3. Mejorar la seguridad y reducir la mortalidad en los desplazamientos;
4. Extender las rutas comerciales hacia países vecinos brindando posibilidades de exportación e importación para sus bienes;
5. Reducir la dependencia del país del petróleo extranjero al utilizar energías renovables para alimentar el ferrocarril, con su correspondiente beneficio ambiental.

No se han considerado como objetivos de esta infraestructura el aumento del comercio internacional puesto que es un tema que depende de muchos factores, notablemente del sector de comercio exterior que no siempre tiene que ver con el transporte. Otro claro objetivo por parte de ambos países es incrementar su posición estratégica en la región en la que se enmarcan. Este objetivo no ha sido considerado

por su muy difícil medición y naturaleza abstracta que impide asignarle un indicador concreto de evaluación.

| Indicador | Inicio | Objetivo | Unidad |
|--|---------------|-----------------|---------------|
| Objetivos de primer nivel | | | |
| <i>Reducción de costes logísticos</i> | 58 | 38 | \$/t |
| <i>Firma de proyectos de construcción</i> | 0 | 3 | proyectos |
| Objetivos de segundo nivel | | | |
| <i>Reducción tiempo de viaje para pasajeros (Addis Abeba – Yibuti)</i> | 36 | 10 | horas |
| <i>Tráfico desviado de la carretera</i> | 0 | 90 | % |
| <i>Reducción de impacto por accidentes</i> | 0 | 0,4 | % |
| <i>Rutas comerciales abiertas</i> | 0 | 2 | rutas |
| <i>Reducción de importación de petróleo</i> | 0 | 200 000 | t |

Tabla 14. Tabla de objetivos del proyecto. Fuente: elaboración propia

Estos objetivos, no obstante, se podrían conseguir de diferentes formas. Ya se han descrito los múltiples esfuerzos nacionales e internacionales que ha habido en los últimos años con el objetivo de devolver la antigua estructura a la vida. De todos estos, la mayoría se enfocaban en la rehabilitación de la línea y no en la construcción de una nueva como al final ha ocurrido. Otras opciones hubiesen sido reforzar la conectividad por carretera a lo largo del corredor con nuevas inversiones y mejoras en la operatividad de la frontera entre los países.

La decisión final sobre este proyecto se basa en la estrategia fundamental de Etiopía de aumentar su capacidad de exportación e importación usándose del puerto de Yibuti para ello. Para alcanzar esta meta se precisa un aumento considerable de la capacidad de carga del corredor a largo plazo que no se hubiese conseguido con la mera rehabilitación de la antigua línea. Al realizar una nueva construcción, se puede decidir sobre la capacidad que tendrá a corto, mediano y largo plazo, mientras que con la modificación de infraestructuras antiguas hay que adaptarse a las situaciones precedentes.

El BAfD lo ilustra perfectamente en los gráficos que acompañan estas líneas. Las inversiones *greenfield* y *brownfield* son dos tipos diferentes de inversión extranjera con enfoques divergentes. Las inversiones *greenfield* (o de nueva construcción) ocurren cuando una empresa o el gobierno comienza un nuevo proyecto mediante la construcción de nuevas instalaciones desde cero, a la medida de sus intenciones. Por el contrario, las inversiones *brownfield* se corresponden con la situación en la que una entidad compra una instalación existente para comenzar una nueva producción a partir de dichas instalaciones. Estas pueden ser modificadas, rehabilitadas o remodeladas para adaptarse a la nueva función, pero siempre guardarán la base anterior.

Las inversiones *greenfield*, como es el caso de este proyecto, requieren de una inversión mucho mayor pues aparte de la construcción de la infraestructura, también habría que tener en cuenta el tiempo de finalización y el hecho de que requiere elevados costes de diseño y planificación. Por el lado positivo, se disfrutaría de una capacidad adaptada a las necesidades del cliente.

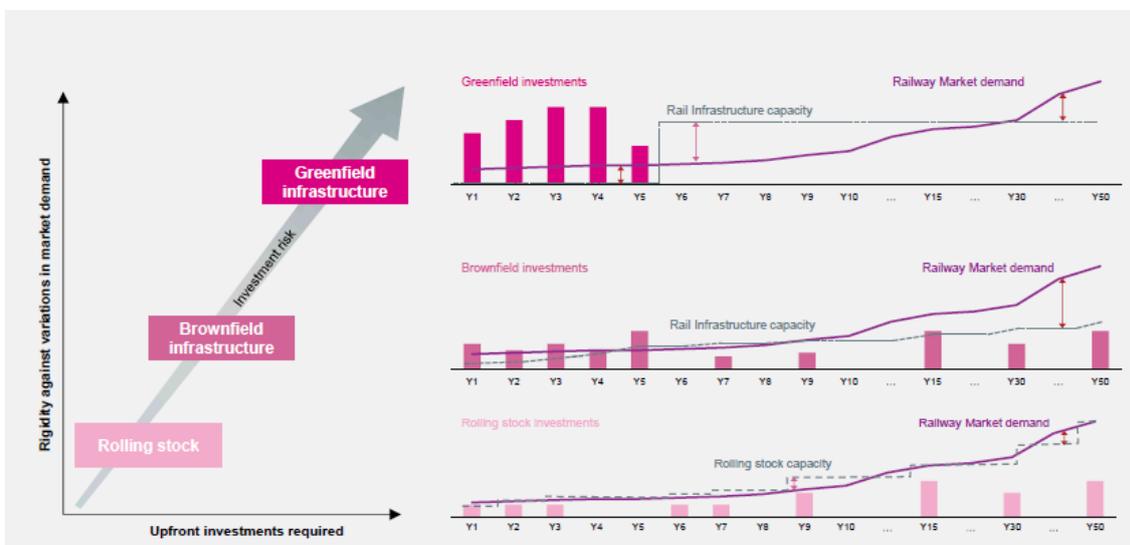


Gráfico 6. Comparativa de inversiones en ferrocarriles. Fuente: BAfD, 2015

En el caso del presente estudio, la estrategia claramente favorece la opción de un proyecto de nueva construcción puesto que la capacidad requerida a largo plazo no se podría igualar con la simple rehabilitación de la línea anterior. Otro punto a tener en cuenta es que muchos proyectos de nueva construcción, pese a ser más rentables que los proyectos de rehabilitación, no ven la luz por la falta de financiación muy elevada en los primeros años. China ha decidido invertir fuertemente en este proyecto y ha permitido que este ferrocarril vea la luz, sin la capacidad financiera del gigante asiático probablemente el proyecto no hubiese sido seleccionado y Etiopía se hubiese tenido que conformar con la rehabilitación de la línea centenaria.

5 EL PROYECTO DE FERROCARRIL ADDIS ABEBA - YIBUTI

El ferrocarril Addis Abeba – Yibuti se corresponde con el proyecto de creación de una nueva línea ferroviaria que une la capital de Etiopía, Addis Abeba, con el puerto de Yibuti. Ese ferrocarril busca reemplazar la línea de ancho métrico existente y que se encuentra en desuso por la falta de inversión, mantenimiento y la alta competitividad del sector de transporte por carretera. Además, el proyecto se circunscribe dentro de la lógica de crear una red ferroviaria moderna en todo el país que permita los intercambio y la integración regional.

5.1 LOCALIZACIÓN DEL FERROCARRIL

El nuevo ferrocarril de Addis Abeba-Yibuti discurre paralelo a la antigua línea de ancho métrico que ha sido abandonada en la mayor parte de su longitud. El nuevo ferrocarril de ancho estándar está construido sobre un nuevo trazado más recto que permite velocidades mucho más altas. Se han construido nuevas estaciones fuera de los centros de las ciudades, y las antiguas estaciones se han desmantelado.

Addis Abeba, capital de Etiopía, cuenta con dos estaciones ubicadas en las afueras de la ciudad, en Furi-Labu y en Akaki-Kaliti aunque la estación terminus se encuentra en Sebeta. La principal estación de Furi-Labu es la única estación de ferrocarril a lo largo de todo el ferrocarril que tiene dos plataformas en lugar de una sola. Se encuentra a 18 km al suroeste del centro de la ciudad. La estación de trenes se encuentra a unos 10 km al suroeste de la terminal sur del Addis Abeba Light Rail, que da acceso al centro de la ciudad.

En Awash, hay un cruce con el tren Awash-Hara Gebeya, que está en construcción a partir de 2017. Directamente después de la estación Awash, el ferrocarril cruza el cañón del río Awash con un puente de 155 metros de largo a 60 metros sobre el cañón. Es el puente más largo de todo el ferrocarril. El ferrocarril luego procede más hacia el noreste. Después de pasar Dire Dawa, el ferrocarril cambia de rumbo y se dirige directamente hacia Yibuti. Cruzando la frontera entre Dewele y Ali Sabieh, llega a la terminal de pasajeros de Yibuti en la estación de tren de Nagad, cerca del aeropuerto internacional de Yibuti – Ambouli. Los trenes de carga continúan hasta el Puerto de Doraleh con energía diesel.

Se presenta una imagen comparando los trazados de la línea antigua y la nueva, viendo que discurren de manera paralela durante todo el trayecto y con tan solo unos metros de distancia entre ambas en gran parte del recorrido. Las mayores desviaciones se producen en la ciudad de Adama, en el tramo entre Dire Dawa y la frontera con Yibuti y en determinados tramos en territorio yibutiano.

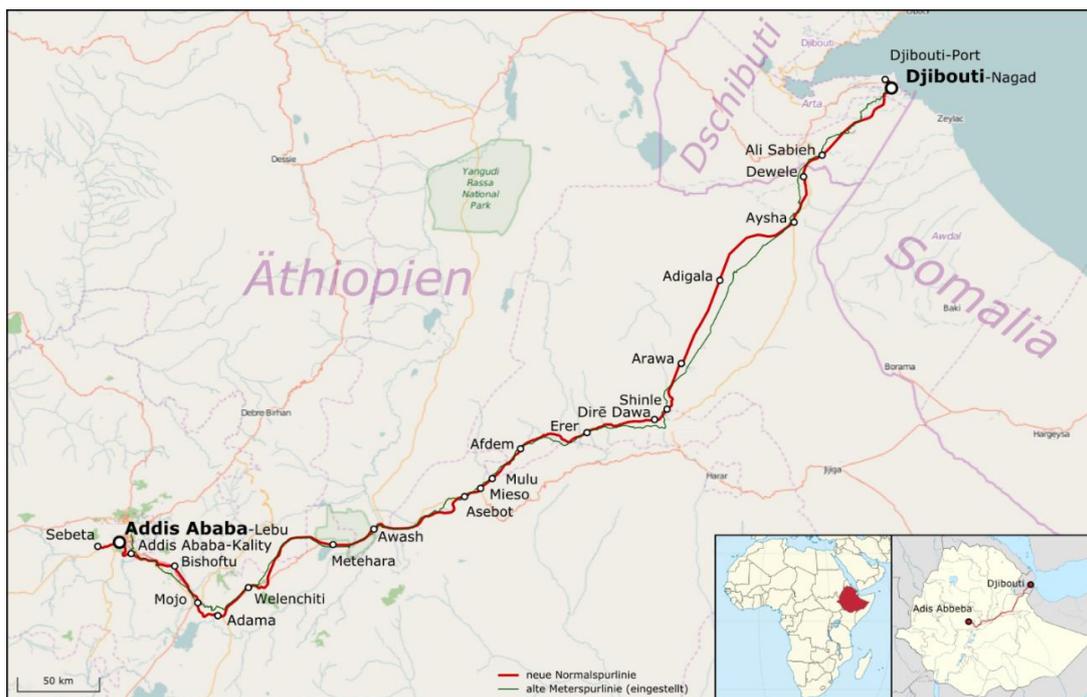


Ilustración 16. Trazados de la línea antigua (rojo) y la nueva (verde). Fuente: www.wikipedia.org, Autor: Pechristener

5.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Las características técnicas más notables se resumen a continuación:

- Longitud total: 756 km
- Ancho: ancho estándar (1435 mm)
- Acopladores: Janney AAR
- Frenos: aire
- Electrificación: catenaria superior 25 kV AC / 50 Hz
- Velocidad de diseño (pasajeros): 120 km / h (75 mph)
- Velocidad de diseño (flete): 80 km / h (50 mph)
- Carga máxima del tren (flete): 4,000 toneladas (3,900 toneladas largas, 4,400 toneladas cortas) brutas
- Capacidad de transporte diseñada: 20 millones de toneladas anuales
- Capacidad de transporte bruto: 24,9 millones de toneladas anuales (teniendo en cuenta las secciones de doble vía)
- Radio mínimo de la curva ferroviaria: 800 m (2.600 pies) (600 m ó 2.000 pies en lugares difíciles)
- Pendiente máxima: 1.85%
- Longitud de la ruta de llegada y salida en los circuitos de paso: 850 m (locomotora dual: 880 m) (máxima longitud del tren ~ 800 m)
- Altura máxima del medidor de carga del vehículo: 5300 mm
- Los trenes discurren en: izquierda
- Sistema de señalización ferroviaria y protección de trenes: ETCS-2 SIL4
- Paso a nivel: permitido (sin separación de grado completo)

5.2.1 Elevación

La geografía de Etiopía es escarpada, con un gran valle que atraviesa todo el país en dirección al Mar Rojo. Del centro al noroeste se extiende una meseta de alta elevación y paisajes montañosos mientras que en el noreste el país se extiende a una altura más baja y con paisajes más suavizados. La línea discurre entre las montañas en su comienzo en Sebeta y entre Addis Abeba y Adama. Posteriormente atraviesa el gran valle y continúa bordeando el sistema montañoso de Ahmar hasta llegar a Dire Dawa a una elevación media de unos 1200 metros. Sigue su camino en terreno etíope a una elevación media de unos 800 metros hasta llegar a la frontera. Una vez en este punto, desciende hasta llegar al nivel del mar en el puerto de Yibuti.

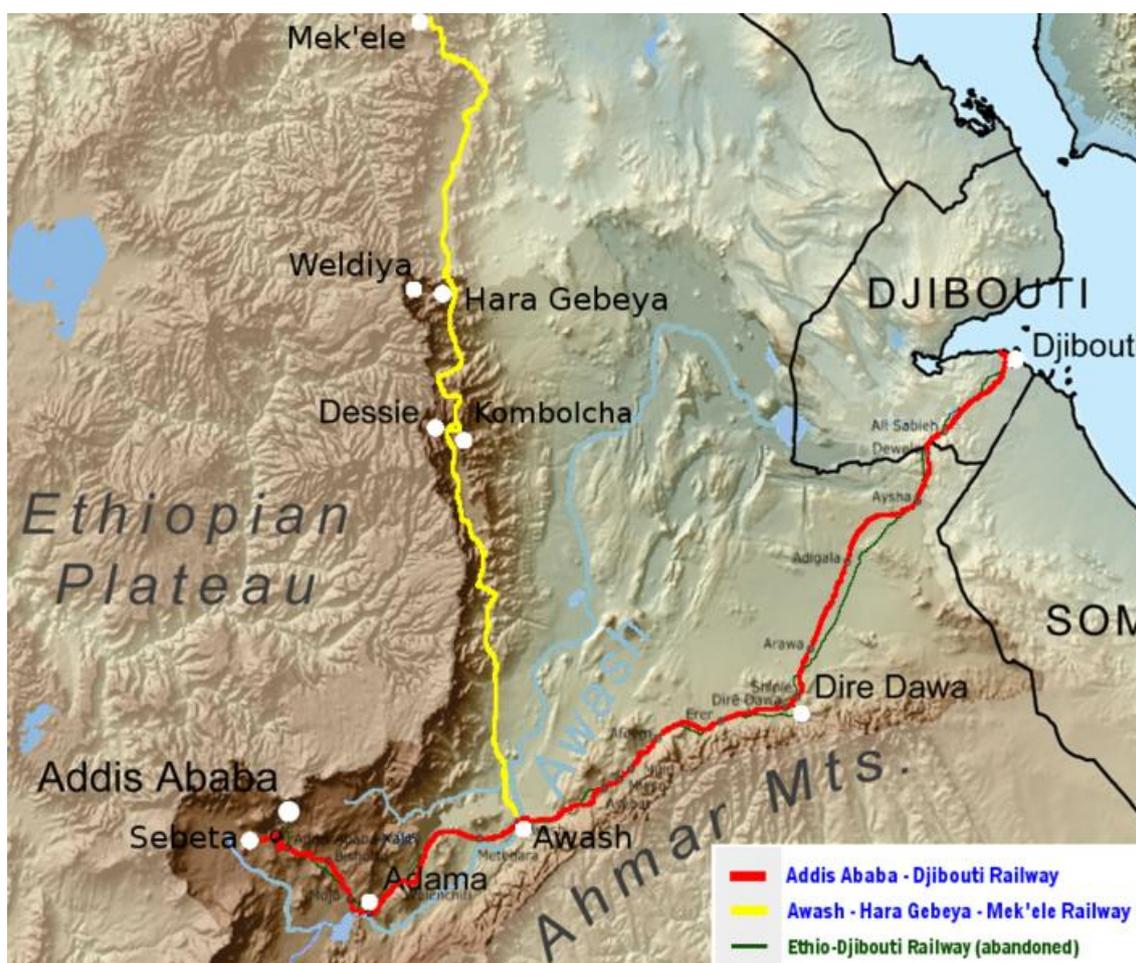


Ilustración 17. Mapa de elevaciones de la línea. Fuente: www.wikipedia.org

La pendiente natural promedio es de aproximadamente 11 ‰ con pendientes locales que pueden llegar a 20 ‰. Siguiendo el diseño tradicional, el uso general de tracción individual requeriría una gran cantidad de excavaciones profundas y el relleno de terraplenes y probablemente una gran cantidad de obras de puentes. Sin embargo, después de un análisis en profundidad por parte de las constructoras chinas, se recomienda adoptar la tecnología de doble tracción adoptada por el ferrocarril en la zona montañosa de China. La pendiente límite de la línea ferroviaria es de 18.5 ‰, que está bien adaptado al cambio de terreno y evita la excavación y el relleno. No solo se reduce

la inversión del proyecto, sino que también se reduce la dificultad de la organización de la construcción, se evita una gran alteración de la superficie y se reduce efectivamente el impacto del proyecto en el entorno ecológico local.

Las siguientes ilustraciones muestran las elevaciones por pk que corresponden a la línea antigua, pero que no distan de manera relevante de la nueva línea ya que discurren paralelamente la una a la otra.

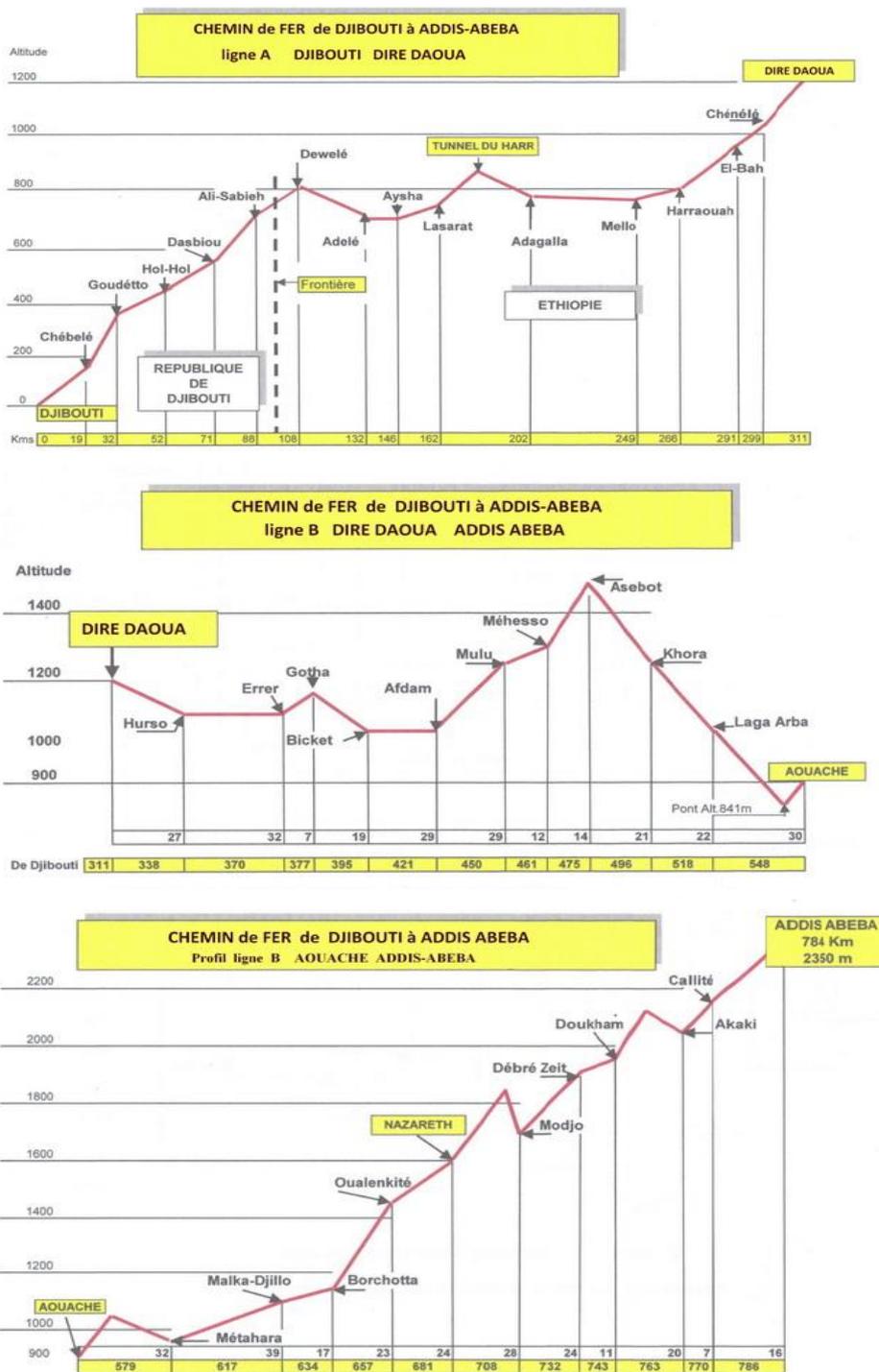


Ilustración 18. Elevación de la línea antigua. Fuente: www.train-franco-ethiopien.com

5.2.2 Raíles

La longitud total de la línea es de 756 km repartidos entre Etiopía y Yibuti sobre un ancho estándar internacional de 1435 mm. El ferrocarril es de doble vía durante los primeros 115 km de Sebeta sobre Addis Abeba a Adama. Sebeta se encuentra en las tierras altas de Etiopía, mientras que Adama se encuentra casi en el medio del Gran Valle del Rift de Etiopía. Eso se traduce en una diferencia de elevación de unos 650 metros entre las dos ciudades. En consecuencia, toda la sección de doble vía ve las pendientes más altas de todo el ferrocarril. Al este de Adama, el ferrocarril es de vía única con zonas de doble vía para paso uniformemente distribuidas. Estas zonas son de una longitud de al menos 1100 m y se localizan cada 30 km de media o en las estaciones y tienen una velocidad de diseño de 100km. El diseño contempla la posibilidad de que en el futuro la línea sea completamente ampliada a doble vía para aumentar la capacidad.

Los raíles serán los UIC de 54 o 60 kg dependiendo de las zonas, con tecnología CWR (raíles continuos soldados) y traviesas de hormigón cada 60cm. Estos raíles han sido diseñados para transportar entre 10 y 20 millones de toneladas de carga por año.

5.2.3 Electrificación

La línea ferroviaria está casi totalmente electrificada. La potencia se transmite a 230 kV y 130 kV a ocho subestaciones. La potencia de tracción se suministra a intervalos de 35,8 km, con 18 + 1 estaciones en Etiopía y tres en Yibuti.

La electrificación general termina tras la estación de pasajeros de Yibuti-Nagad en dirección al Puerto de Doraleh. Lo mismo ocurre para las líneas troncales a los puertos secos y para los propios puertos secos, así como para las terminales de carga Akaki-Kaliti. Esto último es necesario debido a la interferencia de la catenaria aérea con grúas de carga / descarga. Las locomotoras eléctricas en esas secciones serán reemplazadas por locomotoras de maniobras de potencia diésel.

La energía utilizada para la alimentación de la línea se obtendrá exclusivamente de fuentes renovables. Si bien el suministro eléctrico de Etiopía tan solo llegaba al 27% de la población en el año 2014, se han realizado grandes inversiones en aumentar la producción eléctrica del país. Destaca la construcción de la Gran Presa del Renacimiento, en la frontera con Sudán, que será la mayor presa de África tras su construcción con un estimado de 6500 MW. Mientras tanto el suministro eléctrico está rodeado de dudas por la capacidad de proveer electricidad de manera confiable durante todas las épocas del año y pese a las inclemencias del tiempo. De hecho, la primera prueba sobre la línea entre Yibuti y Mojo en mayo de 2017 falló, lo que se atribuyó a la escasez de suministro eléctrico entre las áreas urbanas y rurales a lo largo de la línea.

Por su parte, Yibuti no genera la suficiente cantidad de electricidad en su propio territorio y ha de importarla desde Etiopía. En mayo de 2017 representantes de ambos países intercambiaron impresiones sobre quién debería aportar la energía para el funcionamiento de la línea en el territorio de Yibuti.

5.2.4 Carga

Las locomotoras que operan en esta red ferroviaria tendrán una capacidad para transportar entre 3500 y 4000 toneladas de carga, y ERC anticipaba inicialmente entre 6 y 7 millones de toneladas de carga por año en su primer año de operación, cuando se esperaba que la línea comenzase a operar en 2016. El volumen de envío se ampliará a 10 millones de toneladas en el mediano plazo. Los trenes de mercancías operados en la línea van desde vagones planos hasta contenedores de transporte. Se prevé que el nuevo ferrocarril reduzca el tiempo de transporte de Yibuti a Modjo (un puerto seco a 70 km de Addis Abeba) de las 59 horas actuales a solo 10 horas.

Con esta nueva línea, la distancia de viaje se reduce de varios días a menos de 10 horas, con trenes de pasajeros que transitan a 120 km / h y trenes de mercancías a 80 km / h. La línea es el ferrocarril de vía estándar más importante del este de África y se espera que transporte 750 000 pasajeros entre las dos capitales y alrededor de 8,5 millones de toneladas de carga en el primer año de operación.

5.2.5 Obras de arte

El ferrocarril cuenta con 68 viaductos y puentes largos, que representan alrededor del 2% de la longitud total del ferrocarril. El diseño del proyecto se realizó para evitar obras subterráneas más costosas y por lo tanto la línea no presenta túneles.

Mención notable para el cruce en Awash con el tren Awash-Hara Gebeya, que entró en construcción en 2017. Directamente después de la estación de Awash, el ferrocarril cruza el cañón del río Awash con un puente de 155 metros de largo a 60 metros sobre el cañón siendo este el puente más largo de toda la línea.

No obstante un estudio de la Universidad de Addis Abeba señala que el tramo Sebeta – Mieso de 318 km presenta una longitud acumulada de puentes de 39,34 km y un túnel de 710 m con costes respectivos de USD 1.153.652.106 y USD 31.230.087, que comprenden el 23,48% y el 0,64% de los costes totales de construcción del proyecto. La sección de 439.20 km Mieso – Negad (puerto de Yibuti) consta de 6,47 km de puentes y alcantarillas totales. Esto muestra que la topografía es bastante montañosa en la sección Sebeta – Mieso, especialmente la sección Sebeta – Adama con 25 km de longitud de puentes, que es 23% de la longitud de la sección de 110km.

5.2.6 Estaciones de tren

Las estaciones de tren construidas para la línea extinta han sido remplazadas en su práctica totalidad. Muchas de ellas se encuentran en estado de abandono desde hace varios años y otras ya han sido derruidas para la construcción de otras más modernas y funcionales. La mayoría de las nuevas construcciones se realizaron en los años 2015 y 2016 aunque todavía quedan varias que siguen en construcción.

Las paradas de tren en tramos abiertos sin plataforma duplican en número a las paradas de tren con estaciones de ferrocarril, pero estas escalas en los tramos abiertos generalmente no están incluidas, cuando se cuentan las estaciones de tren. Hay 25 estaciones ferroviarias dedicadas a lo largo del ferrocarril, de las que 23 tienen una única

plataforma para que los pasajeros entren o salgan de los trenes. Estas plataformas permiten el acceso sin necesidad de utilizar escaleras. Solamente la estación de tren Furi-Labu (y la estación de tren Awash después de la expansión completa en 2018) tienen dos plataformas conectadas a través de una pasarela sobre el sistema de catenaria. Esta pasarela también tiene elevadores en ambos extremos para pasajeros con movilidad reducida. Las plataformas están techadas para proteger a los pasajeros del sol, el viento y la lluvia. Las estaciones de ferrocarril para trenes de pasajeros siempre tienen una estación de construcción directamente conectada a la parte posterior de la plataforma principal. En consecuencia, todas las estaciones de ferrocarril con una sola plataforma tienen espacio para una sola línea de plataforma y no permiten la presencia de más de un tren en la plataforma al mismo tiempo. Por el contrario, las estaciones de tren Furi-Labu y de Awash con sus dos plataformas tienen espacio para dos (Furi-Labu) o tres (Awash) líneas de plataforma. Todas las plataformas tienen alrededor de 330 metros de largo. La estación de tren de Awash tiene una importancia especial ya que se encuentra en el cruce de la línea de ferrocarril que conectará la ciudad con Mekelle.

Los edificios de las estaciones se usan para comprar tickets, contienen salas de espera e incluso salas para oraciones. También disfrutarán de medios disponibles como electricidad y agua corriente. La apariencia exterior de los edificios de la estación muestra algún tipo de eclecticismo arquitectónico que incluye elementos etíopes con algunas interpretaciones chinas y otros elementos menos identificativos.

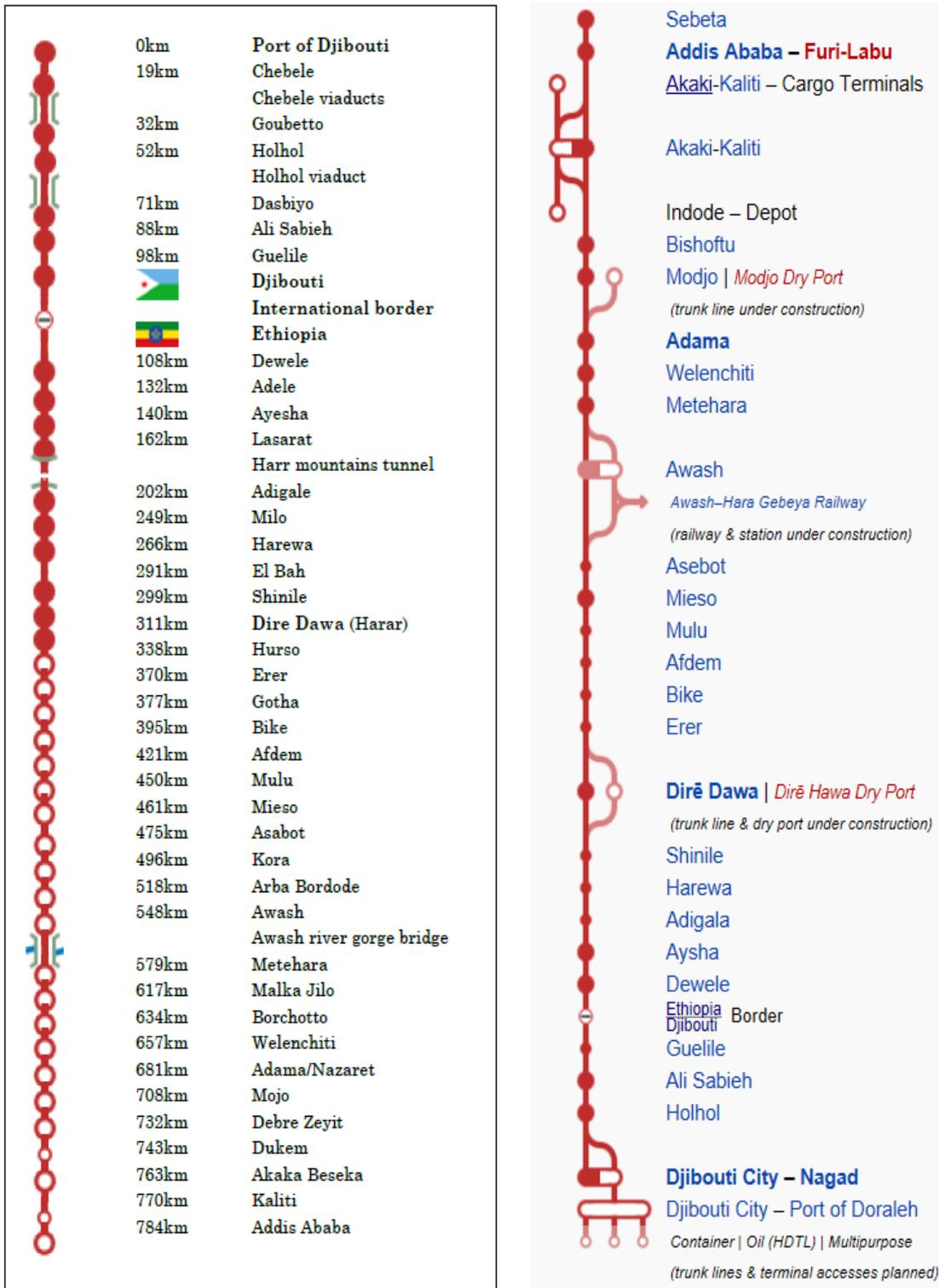


Ilustración 19. Estaciones en la líneas antigua y nueva. Fuente: www.wikipedia.org, Autor: Pechristener

5.2.7 Material rodante

La compañía china CRRC Corporation a través de su subsidiaria CSR Zhuzhou se adjudicó en junio de 2014 un contrato para proporcionar 35 locomotoras HXD1C para el nuevo ferrocarril, así como para el material rodante para pasajeros y mercancías. De estas, tres locomotoras eléctricas serán de pasajeros y 32 de carga para la línea Etiopía-Yibuti. El material rodante consiste en vagones de primera y segunda clase, vagones comedor y potencialmente vagones litera.



Ilustración 20. Locomotora HXD1C de CRRC Ltd. Fuente: CRRC Ltd

La locomotora eléctrica HXD1C de transmisión alterna es una locomotora principal producida bajo la tecnología de CSR Zhuzhou Electric Locomotive Co. Ltd. La locomotora es de disposición de eje Co-Co y de seis ejes. La potencia de tracción nominal en la llanta de la rueda y la potencia de frenado regenerativo no son inferiores a 7200kw; el esfuerzo de tracción inicial cuando la carga por eje es de 25 toneladas será de 570 kN; el esfuerzo de tracción inicial cuando la carga por eje es de 23 toneladas será de 520 kN; la velocidad máxima de prueba (nueva rueda) alcanza los 132 km/h y la velocidad máxima de operación alcanza los 120 km/h.

Los trenes pueden soportar las condiciones adversas de la región, incluida la diferencia de 2.000 m de altitud, las temperaturas diurnas de hasta 50 ° C y las noches frías. Con ventilación independiente, la locomotora está equipada con frenado automático, frenado independiente, frenado de emergencia y monitoreo del flujo de la tubería del tren.

Por su parte, CNR Dalian suministró locomotoras diésel para su uso durante la construcción, y también se han suministrado vagones y autocares desde China.



Ilustración 21. Interior de los vagones de pasajeros. Fuente: Be Fitsum Girma, RailwayGazette

Cabe destacar que todo el material rodante pertenece a ERC y a las empresas que construyen y/o gestionan el ferrocarril. Yibuti no compró ningún material rodante, incluso las operaciones de maniobras en el puerto de Doraleh de Yibuti serán realizadas por el material rodante del ERC y el personal de ERC. Yibuti se centró en pagar su parte en la construcción del ferrocarril en lugar de comprar vehículos.

5.3 ACTORES INVOLUCRADOS

5.3.1 Propietario del proyecto

Los propietarios del proyecto son los estados de Etiopía y Yibuti, cada uno propietario de la parte de la línea que recae en su territorio. Estos organizan su propiedad a través de las compañías nacionales ERC para el caso de Etiopía y la Djiboutian Railway Company para el caso de Yibuti. Además, China Earth Group posee una participación del 10% en el ferrocarril de Yibuti. Sin embargo parece que la gestión va a recaer en ERC en su práctica totalidad, dejando a Yibuti sin ninguna función operativa sobre la línea.

Cabe destacar que todo el material rodante pertenece a ERC y a las empresas que construyen y/o gestionan el ferrocarril. Yibuti no compró ninguna locomotora ni ningún vagón, incluso las operaciones de maniobras en el puerto de Doraleh de Yibuti serán realizadas por el material rodante del ERC y el personal de ERC. Yibuti se centró en pagar su parte en la construcción del ferrocarril en lugar de comprar vehículos.

De todas maneras las dos compañías chinas encargadas de la construcción emprenderán la operación y administración de la línea ferroviaria durante los próximos seis años para que los empleados locales se capaciten para tomar el control a su debido tiempo más dos años suplementarios de asistencia técnica.

5.3.2 Contratos de ingeniería

Este proyecto de expansión ferroviaria es propiedad conjunta de los gobiernos de Etiopía y Yibuti y fue construido por China Railway Group (CREC) a través de la China Railway Engineering Corporation (CREC) y China Civil Engineering Construction Corporation (CCECC) una subsidiaria de China Railway Construction Corporation Limited (CRCC), ambas con mayoría de capital público y dos de las empresas más grandes del mundo en su sector.

Los contratos fueron divididos en tres secciones:

- En octubre de 2011, la Corporación de Ingeniería Ferroviaria de China (CREC) recibió un contrato de ingeniería, adquisición y construcción (EPC) por un valor inicial de 1530 millones de dólares para construir la sección ferroviaria de 329 km entre Sebeta / Addis Abeba y Miesso.
- China Railway Eryuan Engineering Group (CREEC) fue contratada para diseñar la sección Sebeta-Adama-Miesso en febrero de 2012. El contrato EPC para una sección de 339 km, que se extiende desde Miesso hasta la frontera de Etiopía con Yibuti, fue otorgado a la Corporación de Construcción de Ingeniería Civil de China (CCECC).
- Finalmente, China Railway Construction Corporation (CRCC) recibió un contrato de 505 millones para construir la sección de Yibuti de 99 km de largo en febrero de 2012.

El representante del propietario en la supervisión del proyecto es un consorcio liderado por China International Engineering Consulting Corporation. Además de la construcción del ferrocarril, en agosto de 2015, China Railway Group y China Railway Construction formaron una empresa conjunta para participar en la licitación para la operación y gestión del ferrocarril y obtuvieron con éxito el derecho de operar el ferrocarril los primeros seis años. Este el modelo se basa en que CRCC y CREC operarán y mantendrán el ferrocarril durante los seis años posteriores al lanzamiento de la operación y proporcionarán dos años adicionales de asistencia técnica durante el traspaso gradual de las autoridades de gestión. Este el el primer proyecto para una compañía china en forma de EPC (Engineering, Procurement, Construction) + Operación. Los contratos de ferrocarriles internacionales suelen tener una experiencia similar basada en los contratos DBOT (Diseño, Construcción, Operación, Transferencia).

5.3.3 Financiación

Las cifras exactas de costes de construcción y de financiación no han sido publicadas y las que circulan no son oficiales. Es más, parece ser que las cifras han ido variando a lo largo del tiempo en base a comentarios o declaraciones de responsables relacionados con el proyecto. Parece haber un consenso en que el coste proyectado inicialmente corresponde a 3400 millones de dólares, aunque este coste no parece creíble a día de hoy. Muchas y diversas fuentes citan cifras similares aunque las más recientes elevan esa cifra considerablemente. Lo que parece más probable es que las

cifras exactas no sean reveladas hasta dentro de unos años o incluso que permanezcan difusas, sin precisión, indefinidamente.

Según las fuentes más repetidas que citan a responsables gubernamentales, en 2013, se obtuvieron préstamos del Banco Exim de China por un total de 3.000 millones de dólares, de los cuales 2.400 millones se destinaron a la sección de ferrocarril de Etiopía y el resto se destinaron a Yibuti. Se obtuvieron fondos adicionales del Banco de Desarrollo de China y del Banco Industrial y Comercial de China, si bien las cifras no están publicadas.

Otras fuentes que citan al Ministerio de Transporte señalan que el proyecto Etiopía – Yibuti se construyó con una inversión total de 4278 millones de dólares. El gobierno de Yibuti contribuyó con 878 millones de dólares para el proyecto. La sección etíope de la línea costó 3,4 miles de millones de \$, el 70% de los cuales fue proporcionado por China Exim Bank y el 30% por el gobierno etíope. Otras fuentes más recientes cifran este reparto en 85% para China Exim y 15% para Etiopía.

Los costes totales del ferrocarril que circularon tras la inauguración de la parte etíope en octubre de 2016 ascendieron a 1873 millones para la sección Sebeta-Mieso, 1120 millones para la sección Mieso-Dewele y 525 millones para la sección Dewele-Puerto de Doraleh. Esto sumaría un total de 3518 millones US\$.

Sin embargo, una encuesta y evaluación comparativa entre los gobiernos de África Oriental a principios de 2017 reveló que los costes reales del ferrocarril eran de alrededor de 5,2 millones de dólares por kilómetro de ferrocarril, alrededor de un 30% más de lo planificado, lo que arrojó un coste total de alrededor de 4,5 miles de millones. Estas estimaciones tendrían en cuenta los sobrecostes incurridos por haber retrasado la construcción dos años y el resto de costes de inversión. De ser así, China habría aportado más financiación hasta llegar al 85% mencionado anteriormente.

5.3.4 Servicios de consultoría

El 14 de enero de 2014, Italferr firmó en Addis Abeba, en la sede de la ERC, el contrato para los servicios de consultoría para el ejercicio de la organización y mantenimiento de la nueva línea de ferrocarril que une la capital etíope con el puerto de Yibuti y el nuevo tren ligero de la ciudad. Para ello contará con la colaboración de otras dos empresas italianas, la Metropolitana Milanese y Technital.

Con la adjudicación del contrato, Italferr sentó las bases para una política de expansión en el continente africano, donde los gobiernos locales, las instituciones financieras internacionales y las empresas privadas han planeado invertir capital sustancial para el desarrollo de la infraestructura de transporte.

Las actividades desarrolladas por Italferr abarcan varias áreas: el desarrollo de un plan maestro ferroviario; las pautas para el mantenimiento y la operación ferroviaria; la redacción de Manuales, Normas y Reglamentos; la contribución para el desarrollo institucional del Departamento de Operaciones y Servicios; el análisis del sistema organizacional actual; el diseño de un sistema organizacional adecuado para el contexto en el cual el cliente (ERC) opera y operará en el corto y mediano plazo; la elaboración

de especificaciones técnicas; la redacción de un marco regulatorio y de reglamentos ferroviarios; la creación de un sistema de gestión de operación y servicio; el desarrollo y la coordinación de la capacitación.

Se espera que las actividades finalicen en febrero de 2018.

5.4 CRONOGRAMA

La construcción de la línea comenzó a finales de 2011, tras la firma de contratos con las empresas chinas y se ha prolongado hasta la actualidad. Aunque la construcción formal de la línea terminó a finales de 2016, en ese momento aún quedaban muchos otros elementos de infraestructura y la necesidad de realizar pruebas de carga.

El tendido de la línea se completó en el segmento Mieso-Yibuti en junio de 2015. Más tarde, en noviembre de 2015, comenzaron los primeros servicios de carga en la línea. El primer tren con 1125t de asistencia alimentaria internacional partió de Yibuti hacia Etiopía en diciembre de 2015. La línea fue inaugurada formalmente para servicios de pasajeros en octubre de 2016 aunque solo un tramo en territorio etíope. Yibuti realizó la inauguración oficial de su tramo de línea el 10 de enero de 2017.

A pesar de haberse inaugurado en octubre de 2016 y enero de 2017, las autoridades de Yibuti todavía consideran que el ferrocarril está en construcción y esperan que entre en funcionamiento no antes de finales de 2017.

La ERC ya ha comenzado pruebas regulares en toda la ruta en los cuales se han empleado un total de 30 locomotoras, quince para pasajeros y carga. Las pruebas se llevarán a cabo en dos direcciones entre la capital, Addis Abeba y la ciudad oriental de Dire Dawa y luego de Dire Dawa a Yibuti.

El test de carga final se realizó el 9 de mayo de 2017 y desde entonces la línea se encuentra en observación. Se espera que la operación normal comience a principios de 2018. Posteriormente, las dos compañías chinas emprenderán la operación y administración de la línea ferroviaria durante los próximos seis años para que los empleados locales se capaciten para tomar el control a su debido tiempo operación y proporcionarán dos años adicionales de asistencia técnica durante el traspaso gradual de las autoridades de gestión.



Ilustración 22. Inauguración de la línea en Addis Abeba. Octubre 2016. Fuente: Tiksa Negeri, Reuters

5.5 ASPECTOS SOCIALES Y AMBIENTALES

El servicio ferroviario totalmente electrificado de 756 km que se extiende desde Addis Abeba-Yibuti creará más de cinco mil oportunidades de empleo. También beneficiaría a las comunidades locales principalmente donde se cruza la línea de ferrocarril. Recientemente, la ERC ha llevado a cabo un foro de discusión con comunidades locales, ancianos y partidos administrativos sobre cuestiones de seguridad y protección de la operación del transporte ferroviario en Dire Dawa, el centro históricamente importante de infraestructura y operación ferroviaria. En la ocasión, la Corporación prometió a las comunidades que estarían involucradas en la operación del transporte ferroviario.

Los beneficios socioculturales también se realizarán a través del acceso equitativo a bienes y servicios a medida que surjan centros comunitarios a lo largo de las rutas ferroviarias.

Desde el punto de vista religioso, el proyecto ferroviario de Addis Abeba-Yibuti tendrá mayor importancia tanto para los cristianos como para los musulmanes al brindarles servicios de transporte de trenes a los peregrinos durante las vacaciones, como la Umrah para los musulmanes y Kulibi Geberiel para los cristianos.

Un análisis más detallado de los impactos sociales y ambientales se observará en los posteriores análisis financieros y económicos.

6 ANÁLISIS FINANCIERO DEL PROYECTO

En este apartado se analizarán los costes e ingresos relacionados con el proyecto. Cabe resaltar que las fuentes de información de las que se han extraído gran parte de los datos proporcionan estimaciones y no costes reales auditados. Esto se debe a que el proyecto ha sido construido privadamente y todavía no ha sido concluido completamente por lo que los datos reales aún no han sido publicados (no es seguro que vayan a ser publicados eventualmente). Por lo tanto, este ejercicio consiste en identificar los datos relativos al proyecto con la mayor precisión posible, para posteriormente evaluar su racionalidad financiera y económica.

6.1 PARÁMETROS BÁSICOS

Como se ha indicado en el capítulo de Análisis Coste-Beneficio, los parámetros básicos a definir en el ACB son: el horizonte temporal, la tasa de descuento y el año de referencia.

1. El horizonte temporal será de 30 años a contar desde el fin de la construcción y por lo tanto inicio de la explotación tal y como recomiendan la práctica internacional del sector y que además es la utilizada en el informe de factibilidad de 2011 de CREC y CREEC.
2. El año de referencia tomado es el 2012, aunque se comenzó a construir el ferrocarril en el año 2011. El proyecto fue aprobado a finales de 2011 (primera sección) y la segunda sección se aprobó ya en 2012. Además, el grueso de los costes comenzaron en 2012 por lo que es más representativo de la realidad considerar que las obras comenzaron en 2012 que en 2011.
3. El Ministerio de Finanzas y Desarrollo Económico (MoFED) de Etiopía calcula la tasa de descuento para diferentes sectores del proyecto a fin de hacer una comparación uniforme de los proyectos. Por lo tanto, la tasa de descuento de la infraestructura vial / ferroviaria en Etiopía en 2015 es del 10%. Esta es la tasa más común para estudios de inversión en infraestructura en el país y ha sido utilizada ampliamente por instituciones como el Gobierno de Etiopía y el Banco Mundial. Sin embargo en numerosas ocasiones las organizaciones internacionales y estudios económicos utilizan el 12%. En este estudio se ha utilizado una tasa del 10%.

En este estudio no se ha considerado Valor Residual del proyecto, es decir, el valor de este es 0.

6.2 ANÁLISIS DE COSTES E INGRESOS FINANCIEROS

6.2.1 Costes de inversión

No existen datos oficiales publicados sobre los costes de construcción relativos a la nueva línea Addis Abeba – Yibuti en su totalidad. Como ya se ha comentado en epígrafes anteriores, se han podido encontrar múltiples estimaciones de diferentes fuentes que indican costes similares. Se analizan los siguientes supuestos:

Estudio de la universidad de Addis Abeba con datos de Debo Tunka, 2012

Una de las primeras estimaciones del coste total del proyecto fue a principios de 2012 cuando se estimó que el coste estimado por kilómetro para la construcción de un ferrocarril en Etiopía sería de tres millones de dólares. Estos datos han sido obtenidos en base a estimaciones de Debo Tunka, Director del Departamento de Ingeniería y Ejecución de Proyectos en la ERC. De esta manera el coste total de la construcción de la línea sería de:

$$\text{Coste de construcción} = 3.000.000 \frac{\$}{\text{km}} * 756 \text{ km} = 2.268.000.000 \$$$

Probablemente esta cifra fue una estimación temprana basada en proyectos internacionales similares y no incluiría la inversión en material rodante y su pondría limitada inversión en infraestructuras de suplementarias (estaciones, puertos secos, etc.). Tras los años de construcción, parece haber un consenso de que esta cifra no responde realmente al coste del proyecto.

Estudio de la universidad de Addis Abeba con estimaciones de Dawit Fekadu, 2014

En base a sus informaciones sobre las obras de arte construidas, los costes de construcción de la línea entera de 756 km, incluyendo vías, puentes, alcantarillas, terminales y otros se estimaron en USD 7.638.550.201.

El autor cita datos de acuerdo al informe de viabilidad de 2011 realizado por CREG y CREEC aunque yo no he podido tener acceso a él para contrastar los datos. A partir de esos datos y en base a las estimaciones de costes y precios de Baumgarter 2001, realiza una estimación pormenorizada de los costes de construcción del proyecto que se resumen en la siguiente tabla.

| Maintenance cost Computed base on Baumgattner, 2001 | | | | | In USD |
|--|--------------------------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------|
| Investment Cost | | 7,638,550,201 USD | | | |
| I Static Unit | | 92.61 314.995 km | | 92.61 463.402 km | |
| | | Addis-Mieso | 4,912,448,400 | Mieso-Negad | 2,726,101,801 |
| No | Item | Investment | Maintenance Cost | Investment | Maintenance |
| 0 | Demolition and Land Accussation | 26,527,221 | - | 14,720,950 | - |
| 1 | Subgrade | 727,533,608 | 3,637,668 | 979,815,509 | 4,899,078 |
| 2 | Bridge and Culverts | 1,153,442,884 | 11,534,429 | 80,910,701 | 809,107 |
| 3 | Tunnels and Open Cut Tunnels | 30,457,180 | 152,286 | - | - |
| 4 | Track | 545,773,017 | 9,539,850 | 302,869,910 | 13,902,060 |
| 5 | Comminucation & Signal | 230,393,830 | 4,607,877 | 127,854,174 | 2,557,083 |
| 6 | Electricity and Electric Traction | 350,748,816 | 7,014,976 | 194,643,669 | 3,892,873 |
| 7 | Buildings | 149,338,431 | 1,493,384 | 82,873,495 | 828,735 |
| 8 | Water Supply & Drainage | - | - | - | - |
| 9 | Over Pass Highway Bridges | - | - | - | - |
| 10 | Temporary Works | 384,153,465 | - | 213,181,161 | - |
| 11 | Miscellaneous work | 951,050,010 | - | 527,773,309 | - |
| | | 64,869,406 USD | 37,980,470 | 83,337 USD/km | 26,888,936 |
| II Dynamic Units 7.39% of Project Cost | | | | | |
| 1 | Passenger Locomotive | | | | |
| 2 | Freight Locomotive | | | | |
| 3 | Passenger Rolling Stock | | | | |
| 4 | Freight Rolling stock | | | | |
| 5 | Locomotive Signals& Other Equipments | | | | |
| <i>The ERC is expected to Budget 100,000 USD/km rail line &rolling maintenance</i> | | | | <i>78,100,000 USD/year</i> | |
| | | | | <i>1,952,500,000 ETB</i> | |

Ilustración 23. Estimaciones de costes de construcción de la línea. Fuente: Dawit Fekadu, 2014

Estimación del Banco Africano de Desarrollo, 2015

El BAfD ha estimado el coste de construcción según los datos tomados de su estudio del 2015 sobre la infraestructura ferroviaria en el continente (Rail Infrastructure in Africa, BAfD 2015) en el que estiman 3.53 millones de dólares por kilómetro construido para la sección Mieso – Yibuti. Extendiendo esta hipótesis al resto de línea obtendríamos unos costes totales de construcción de 2 771 050 000 dólares. Esta información ha sido tomada a partir de datos de ALG and Railistics.

$$\text{Coste de construcción} = 3.530.000 \frac{\$}{\text{km}} * 756 \text{ km} = 2.668.680.000 \$$$

| Railways | Date | Project | Cost per km | Length | Comments |
|---|----------|-----------|-------------|--------|---|
| China: Yichang-Wenzhou | 2011 | Main line | \$ 9.1 m | 377 km | 278 km in structures |
| UK: Glasgow to Edinburgh | 2011 | Main line | \$ 6.6 m | 75 km | |
| France: TGV Rhine-- Rhone | 2011 | HSR line | \$ 45.4 m | 140 km | high speed electrified, environmental protection, biodiversity measures |
| Zambia-Angola: Chingola-Benguela railway line | On-going | Main line | \$ 1.98 m | 554 km | |
| Ethiopia: Mieso-Djibouti border railway line | On-going | Main line | \$ 3.53 m | 339 km | Electrified line |

Ilustración 24. Comparación de costes de construcción de ferrocarriles. Fuente: BAfD, 2015

Como se ha señalado antes, la sección Mieso – Yibuti es de características técnicas más sencillas y con menor pendiente, aparte de ser de línea simple en toda la sección. Es por esto que podríamos considerar que la otra sección debería tener un coste por kilómetro más alto que esta y elevar el precio total de la línea.

Estimación de SAIS, 2016

A partir de su artículo en CNN, la autora presenta las estimaciones de costes de construcción de los ferrocarriles construidos por China en los últimos años en África y cuánto le deben en concepto de préstamo. Estos datos se han obtenido de SAIS China Africa Research Initiative del Johns Hopkins School of Advanced International Studies (SAIS-CARI).

| Line | Total cost | Loan |
|--|------------|----------|
| Djibouti, Addis Djibouti Railway (Djibouti share) | \$550m | \$492m |
| Ethiopia, Addis Djibouti Railway (Ethiopian share) | \$2,96bn | \$2,49bn |
| Kenya, Mombasa to Nairobi | \$4bn | \$3,6bn |
| Nigeria, Abuja / Idu to Kaduna | \$874m | \$500m |
| Sudan, Port Sudan - Khartoum Railway | \$1,53bn | \$1,1bn |

Ilustración 25. Costes y préstamos de proyectos ferroviarios en África. Fuente: SAIS

Dr. Dipti Ranjan Mohapatra para European Academic Research, 2016

El coste total del proyecto se estima en 4278 millones de dólares. De este total, la parte etíope del proyecto costaría alrededor de 3400 millones de dólares y el desarrollo de la parte correspondiente en territorio de Yibuti costaría alrededor de 878 millones de dólares. Cita como fuente al Ministerio de Transporte de Etiopía y al Ministro de Transporte de Yibuti en julio de 2015.

$$\text{Coste de construcción} = 5.659.000 \frac{\$}{\text{km}} * 756 \text{ km} = 4.278.000.000 \$$$

Costes de capital tomados para el estudio

Finalmente se han tomado los datos del Dr. Dipti Ranjan Mohapatra, estimados en 4278 millones de dólares a precios de mercado de 2015. Sin embargo, sabemos que la construcción se ha extendido hasta el presente y por lo tanto, el periodo de construcción es del 2012 al 2017 con inicio de operaciones en 2018. El coste de construcción se ha supuesto constante a lo largo de los seis años de construcción de la infraestructura.

Se han tomado estos datos al ser los más sólidos que se han podido hallar en la revisión de la literatura. Las estimaciones más recientes a través de una encuesta y evaluación comparativa entre los gobiernos de África Oriental a principios de 2017 reveló que los costes reales del ferrocarril eran de alrededor de 5,2 millones por kilómetro de ferrocarril, alrededor de un 30% más de lo planificado, lo que arrojó un costo total de alrededor de 4500 mil millones, en línea con las estimaciones de Dr. Mohapatra. Además estas últimas cifras tomarían en cuenta el sobrecoste de extensión del periodo de construcción hasta finales de 2017. Según Flybjerg, en su documento de 2003 calculó que los costes reales de construcción de ferrocarriles eran de media 45% más altos que los estimados con una desviación estándar de 38%.

También se han tenido en cuenta las estimaciones de Debo Tunka, Director del Departamento de Ingeniería y Ejecución de Proyectos en la ERC, quien añade que el coste de construcción de una nueva inversión de línea ferroviaria en el país se puede dividir como costos implementados localmente, que representan aproximadamente el 45 por ciento del costo total, con un 30 por ciento para el trabajo civil y un 15 por ciento para el trabajo de terrenos. El otro 55 por ciento se divide entre costes implementados en el extranjero; con un 25 por ciento para obras de ferrocarril y vías, un 10 por ciento para electrificación, un 15 por ciento para señalización y comunicación, y el 5 por ciento restante para otros servicios.

| CONCEPTO | % | COSTE (millones USD) |
|-----------------------------|-------------|---------------------------------|
| COSTE LOCAL | 45% | 1925.1 |
| Trabajo Civil | 30% | 1283.4 |
| Trabajo de Terrenos | 15% | 641.7 |
| COSTE EXTRANJERO | 55% | 2352.9 |
| Obras Ferroviarias y Vías | 25% | 1069.5 |
| Electrificación | 10% | 427.8 |
| Señalización y Comunicación | 15% | 641.7 |
| Otros | 5% | 213.9 |
| COSTE TOTAL | 100% | 4.278 |

Tabla 15. Costes totales de construcción (millones de dólares). Fuente: elaboración propia

6.2.2 Estimación de tráfico de carga

Para este estudio se han considerado diversas fuentes y se ha procedido también a estimar el tráfico a partir de datos disponibles del país.

Proyecciones a partir de los datos del Gobierno de Etiopía

La Autoridad Etíope de Ingresos y Aduanas (ERCA) publica los datos de importación y exportación de Etiopía que se muestran en la siguiente tabla. Haciendo una simple regresión matemática podemos estimar el volumen de importaciones y exportaciones del país para los próximos años.



Gráfico 7. Regresión de las exportaciones de Etiopía. Fuente: ERCA

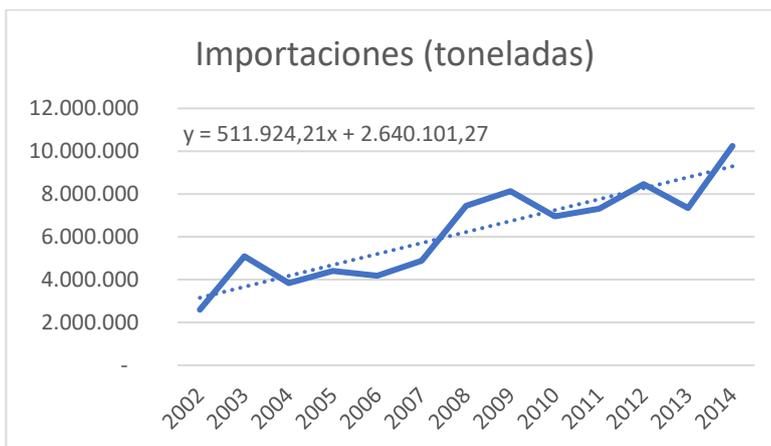


Gráfico 8. Regresión de las importaciones de Etiopía. Fuente: ERCA

Posteriormente se hará un ajuste para hallar el volumen que pasa por el puerto de Yibuti y una distribución modal para saber qué parte tomará el ferrocarril y no el transporte por carretera. Hay que tener en cuenta que el 90% de las importaciones y exportaciones se realizaban a través del puerto de Yibuti al comienzo de los años 2000 aunque es posible que haya descendido ligeramente por debajo de ese porcentaje en los últimos años gracias al empuje del puerto de Berbera. Se espera que tras la construcción de la línea se recupere ese porcentaje e incluso que se supere.

Los destinos/orígenes de las cargas y su porcentaje modal se han obtenido del estudio de Abiselom Mehari para la Universidad de Addis Abeba en 2016 y se distribuyen en la siguiente tabla.

| CIUDAD | REGIÓN | % CARGA |
|-------------|---------------------|---------|
| - | Etiopía Nororiental | 15% |
| Dire Dawa | Etiopía Oriental | 10% |
| Awash | Etiopía Central | 75% |
| Adama | Etiopía Central | 75% |
| Addis Abeba | Etiopía Central | 75% |

Tabla 16. Distribución geográfica de la carga del puerto de Yibuti. Fuente: Abiselom Mehari, 2016

También se presenta la distribución modal entre secciones, con la que se podría calcular los vkm. Para nuestro estudio se ha estimado una partición modal para el transporte de carga del 90% para simplificar los cálculos.

| MODOS | ADDIS – ADAMA | ADAMA – AWASH | AWASH - YIBUTI |
|-------------|---------------|---------------|----------------|
| Ferrocarril | 62,5% | 72,9% | 97,6% |
| Carretera | 37,5% | 27,1% | 2,4% |

Tabla 17. Distribución modal de carga. Fuente: Abiselom Mehari, 2016

Dr. Dipti Ranjan Mohapatra para European Academic Research, 2016

En su análisis, el autor toma como los siguientes datos proyectado de transporte de carga para obtener una estimación total de los costes de operación:

| AÑO | CÁLCULO YIBUTI - ADDIS | CÁLCULO YIBUTI – DIRE DAWA | ESTIMACIÓN DR. MOHAPATRA |
|------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| 2018 | 7,98 | 9,04 | 9,68 |
| 2019 | 8,34 | 9,45 | 11,37 |
| 2020 | 8,70 | 9,86 | 14,17 |
| 2021 | 9,06 | 10,27 | 17,66 |
| 2022 | 9,43 | 10,68 | 18,34 |
| 2023 | 9,79 | 11,10 | 19,05 |
| 2024 | 10,15 | 11,51 | 19,78 |
| 2025 | 10,52 | 11,92 | 20,55 |
| 2026 | 10,88 | 12,33 | 21,34 |
| 2027 | 11,24 | 12,74 | 22,80 |
| 2028 | 11,61 | 13,15 | 24,36 |
| 2029 | 11,97 | 13,56 | 26,02 |
| 2030 | 12,33 | 13,98 | 27,80 |
| 2031 | 12,69 | 14,39 | 29,70 |
| 2032 | 13,06 | 14,80 | 30,74 |
| 2033 | 13,42 | 15,21 | 31,82 |
| 2034 | 13,78 | 15,62 | 32,93 |
| 2035 | 14,15 | 16,03 | 34,08 |
| 2036 | 14,51 | 16,44 | 35,27 |
| 2037 | 14,87 | 16,85 | 36,33 |
| 2038 | 15,23 | 17,27 | 37,42 |
| 2039 | 15,60 | 17,68 | 38,55 |
| 2040 | 15,96 | 18,09 | 39,70 |
| 2041 | 16,32 | 18,50 | 40,79 |
| 2042 | 16,69 | 18,91 | 41,91 |
| 2043 | 17,05 | 19,32 | 43,02 |
| 2044 | 17,41 | 19,73 | 44,14 |
| 2045 | 17,78 | 20,15 | 45,25 |
| 2046 | 18,14 | 20,56 | 46,37 |
| 2047 | 18,50 | 20,97 | 47,48 |

Se analiza primero el tráfico. Según las estimaciones del análisis de factibilidad se ha obtenido el tráfico de mercancías en la línea.

6.2.3 Tráfico de pasajeros

El tráfico de pasajeros es más complicado de estimar ya que no hay muchos datos anteriores sobre la línea y además esta es más permeable que el ferrocarril.

Abiselom Mehari para la Universidad de Addis Abeba, 2016

El autor realizó una serie de entrevistas sobre los desplazamientos en coches, bus y minibus y aplicarles un factor de crecimiento en base al aumento de la población ya que la cantidad de desplazamientos es directamente proporcional a la población y al ingreso. Posteriormente aplicó una ecuación logit para averiguar el reparto modal y sus resultados se reflejan en la siguiente tabla:

| MODO | ADDIS ABEBA – ADAMA | ADAMA – DIRE DAWA | DIRE DAWA – YIBUTI |
|-------------|--------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| Tren | 53,7% | 90,5% | 92,1% |
| Autobús | 30,1% | 9,5% | 7,75% |
| Coche | 16,2% | 0,03% | 0,1% |

Tabla 18. Distribución modal de pasajeros. Fuente: Abiselmehari, 2016

Dr. Dipti Ranjan Mohapatra para European Academic Research, 2016

En su análisis, el autor toma como los siguientes datos proyectado de transporte de carga para obtener una estimación total de los costes de operación. El autor cita cálculos propios como fuente de datos. Se mostrarán más adelante.

Publicación de Millio Fikru, 2012

Otras estimaciones sitúan la demanda de pasajeros en torno a los 5 millones de pasajeros. La siguiente tabla muestra las estimaciones publicadas por Million Fikru en 2012. Vemos que todas las estimaciones apuntan a unas cifras similares de pasajeros.

| AÑO | 2007 | 2010 | 2015 | 2018 | 2020 | 2025 | 2030 |
|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <i>Demanda de pasajeros</i> | 4,35 | 4,61 | 5,10 | 5,42 | 5,64 | 6,24 | 6,89 |

Tabla 19. Estimación de pasajeros. Fuente: Million Fikru, 2012

Con una simple regresión podemos estimar los valores intermedios y extrapolar para obtener valores futuros



Tabla 20. Regresión del volumen de pasajeros en la línea. Fuente: elaboración propia

Resumen de proyección de pasajeros

| AÑO | TRÁFICO ADDIS - ADAMA | TRÁFICO ADAMA - DIRE DAWA | TRÁFICO DIRE DAWA - YIBUTI | ESTIMACIÓN DR. MOHAPATRA | MILLION FIKRU |
|------|-----------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|------------------|
| 2018 | 5,76 | 0,74 | 0,52 | 5,20 | 5,43 |
| 2019 | 5,91 | 0,76 | 0,54 | 5,31 | 5,55 |
| 2020 | 6,11 | 0,79 | 0,56 | 5,42 | 5,67 |
| 2021 | 6,20 | 0,80 | 0,57 | 5,53 | 5,79 |
| 2022 | 6,34 | 0,82 | 0,59 | 6,20 | 5,91 |
| 2023 | 6,49 | 0,84 | 0,61 | 5,75 | 6,03 |
| 2024 | 6,63 | 0,86 | 0,62 | 5,87 | 6,15 |
| 2025 | 6,81 | 0,88 | 0,64 | 5,99 | 6,27 |
| 2026 | 6,92 | 0,90 | 0,66 | 6,11 | 6,39 |
| 2027 | 7,06 | 0,92 | 0,67 | 6,86 | 6,50 |
| 2028 | 7,21 | 0,94 | 0,69 | 6,37 | 6,62 |
| 2029 | 7,35 | 0,96 | 0,71 | 6,50 | 6,74 |
| 2030 | 7,52 | 0,88 | 0,72 | 6,63 | 6,86 |
| 2031 | 7,64 | 1,00 | 0,74 | 6,76 | 6,98 |
| 2032 | 7,79 | 1,02 | 0,76 | 7,58 | 7,10 |
| 2033 | 7,93 | 1,04 | 0,78 | 7,03 | 7,22 |
| 2034 | 8,08 | 1,05 | 0,79 | 7,17 | 7,34 |
| 2035 | 8,21 | 0,97 | 0,81 | 7,32 | 7,46 |
| 2036 | 8,37 | 1,09 | 0,83 | 7,47 | 7,58 |
| 2037 | 8,49 | 1,01 | 0,85 | 8,38 | 7,70 |
| 2038 | 8,66 | 1,13 | 0,86 | 7,78 | 7,82 |
| 2039 | 8,80 | 1,15 | 0,88 | 7,93 | 7,94 |
| 2040 | 8,95 | 1,17 | 0,90 | 8,09 | 8,06 |
| 2041 | 9,09 | 1,19 | 0,91 | 8,26 | 8,18 |
| 2042 | 9,24 | 1,21 | 0,93 | 8,43 | 8,30 |
| 2043 | 9,38 | 1,23 | 0,95 | 8,60 | 8,42 |
| 2044 | 9,53 | 1,25 | 0,97 | 8,77 | 8,54 |
| 2045 | 9,67 | 1,27 | 0,98 | 8,93 | 8,66 |
| 2046 | 9,82 | 1,29 | 1,00 | 9,10 | 8,78 |
| 2047 | 9,96 | 1,31 | 1,02 | 9,27 | 8,90 |

Tabla 21. Proyección de pasajeros en la línea. Fuente: elaboración propia

6.2.4 Costes de mantenimiento y operación

De manera similar a los datos de construcción, tampoco existen datos oficiales publicados sobre los costes de mantenimiento y operación. Se analizan las múltiples estimaciones de diferentes fuentes:

Operación: Dr. Dipti Ranjan Mohapatra para European Academic Research, 2016

En su análisis de costes de operación el autor toma como base el coste de operación por tonelada de carga que se ha calculado teniendo en cuenta el Escenario 3 de los estudios de viabilidad de Hifab International como base y modificándolo a los

precios de mercado de 2015. Seguidamente, utiliza esas estimaciones conjuntamente con datos proyectado de transporte de carga para obtener una estimación total de los costes de operación. El costo de operación por tonelada de carga.

Mantenimiento: Estudio de la universidad de Addis Abeba con estimaciones de Dawit Fekadu, 2014

La estimación del coste de mantenimiento del autor calculado en base al estudio de Baumgartner de 2001, el coste detallado de mantenimiento del ferrocarril se estima en 83 337 USD / km y si sumamos el coste de mantenimiento del material rodante y las obras de arte, se estima que el coste anual de mantenimiento del ferrocarril es de 100.000 USD / km. Por lo tanto el coste anual de mantenimiento para una distancia de 756km calculado es de 75.600.000 USD cada año

$$\text{Coste de operación} = 100.000 \frac{\$}{\text{km} * \text{año}} * 756 \text{ km} = 75.600.000 \text{ \$/año}$$

| TIPO DE MANTENIMIENTO | COSTE ANUAL MEDIO (%) | RANGO COSTE ANUAL (%) |
|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Terraplenes y desmontes | 0,5 | 0,0-1,0 |
| Estructuras de drenaje | 2 | 1,0-3,0 |
| Muros | 0,5 | 0,1-1,5 |
| Puentes de acero | 1,5 | 1,0-2,0 |
| Puentes de hormigón | 1,0 | 0,1-2,0 |
| Túneles | 0,5 | 0,1-2,0 |
| Edificios, plataformas | 1,0 | 0,5-2,0 |
| Carreteras, parkings | 0,3 | 0,1-0,5 |
| Señalización | 0,05 | 0,01-0,1 |
| Telecomunicaciones | 0,08 | 0,05-0,1 |
| Equipo eléctrico | 0,5 | 0,2-1,0 |
| Maquinaria | 0,5 | 0,2-1,0 |

Tabla 22. Costes de mantenimiento anuales en proyectos ferroviarios. Fuente: Baumgartner, 2001

Mantenimiento: Institute of Transport Studies con datos de la UIC

El Institute of Transport Studies hizo un informe con datos de la Asociación Internacional de Ferrocarriles (UIC) en el que comparaba los costes de mantenimiento y renovación de las empresas nacionales de varios países europeos. En este informe se llegaba a la conclusión de que los costes de mantenimiento del ferrocarril entre los años 1996 y 2006 rondaba los 70 millones de euros por km y por año. Esta cifra se asemeja a la obtenida anteriormente del estudio de la Universidad etíope.

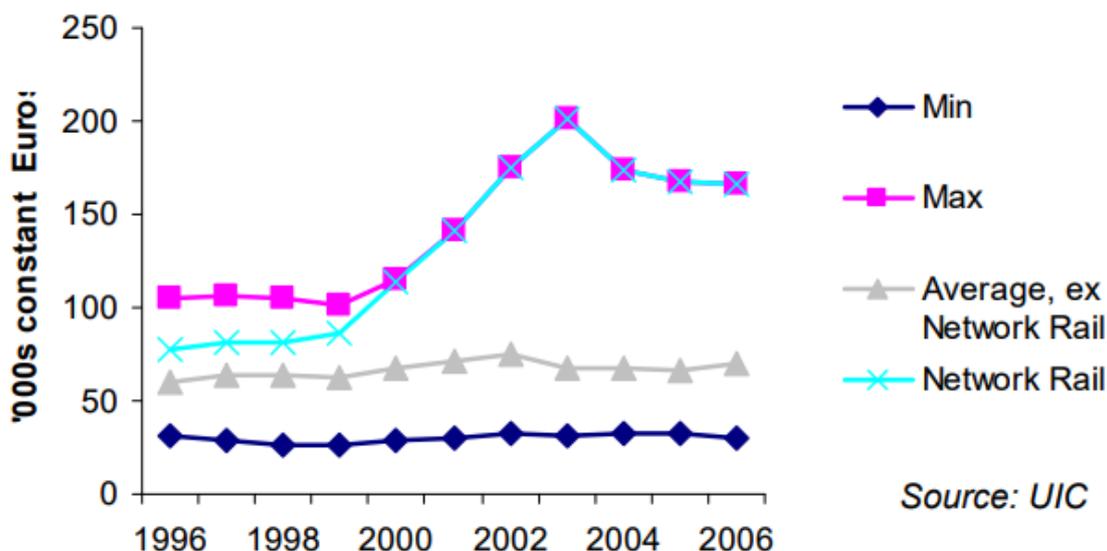


Gráfico 9. Coste medio de operación y renovación de la infraestructura ferroviaria. Fuente: ITS, 2008

Costes de energía de de la universidad de Addis Abeba con estimaciones de Abdi Alemayehu, 2014

Como simple dato para darnos un orden de magnitud de los costes, se ha calculado el coste anual eléctrico para hacer funcionar los trenes. Para ello se han utilizado las estimaciones de costes por kilómetro y por tonelada estimadas por Abdi Alemayehu en su estudio de 2014.

| Tipo de tren | Velocidad Máx. (km/h) | Gradiente (mm/m) | Consumo (W/tkm) | Coste medio (\$/kw) |
|--------------|-----------------------|------------------|-----------------|---------------------|
| Pasajeros | 120 | 0-5 | 25 (20-30) | 0,1 (0,06-0,16) |
| Carga | 80 | 0-5 | 15 (10-20) | 0,1 (0,06-0,16) |

Tabla 23. Estimación de consumo eléctrico por tren. Fuente: Abdi Alemayehu, 2014

A partir de estos datos, se procede a calcular el precio de la electricidad anual utilizada en la línea a causa de los trenes de carga para el año 2018.

$$\begin{aligned}
 \text{Coste de electricidad (carga)} &= 7.980.000 \text{ t} * \frac{0,015kW}{\text{t} * \text{km}} * 756 \text{ km} * \frac{0,1\$}{kW} \\
 &= 9.050.000 \$/\text{año}
 \end{aligned}$$

Los trenes de pasajeros exigen más complejidad y el hecho de que la diferencia entre tramos sea tan grande hace que el estudio haya de ser dividido entre secciones. Para la sección entre Addis Abeba y Adama la cantidad de pasajeros es muy grande y hay mucha demanda. Teniendo en cuenta que el vagón utilizado para pasajeros, el YZ25G, tiene una capacidad de 120 pasajeros se considera un total de 100 pasajeros por cada viaje. Estos vagones tienen un peso aproximado de 50 toneladas que se considerará como el peso también con pasajeros. Hay que añadir las locomotoras de 390 toneladas por cada 12 vagones.

$$\begin{aligned} \text{Cantidad de locomotoras (pasajeros)} &= 5.760.000 \text{ pax} * \frac{1 \text{ vagón}}{100 \text{ pax}} * \frac{1 \text{ locomotora}}{12 \text{ vagones}} \\ &= 4.800 \text{ locomotoras} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Peso de trenes (pasajeros)} &= 57.600 \text{ vagones} * \frac{50 \text{ t}}{\text{vagón}} + 4800 \text{ loc} * \frac{390 \text{ t}}{\text{vagón}} \\ &= 4.750.000 \text{ t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Coste de electricidad (pasajeros)} &= 4.750.000 \text{ t} * \frac{0,025 \text{ kW}}{\text{t} * \text{ km}} * 115 \text{ km} * \frac{0,1 \$}{\text{kW}} \\ &= 1.365.000 \$/\text{año} \end{aligned}$$

Haciendo el mismo proceso para las otras secciones obtenemos que el precio anual de pasajeros ronda los 2 millones de dólares para el año 2018 y sumados al los precios de carga, el precio de la electricidad suma aproximadamente 11 millones de dólares en 2018.

Costes de operación y mantenimiento tomados para el estudio

Finalmente se han tomado los datos de costes operativos por tonelada del Dr. Dipti Ranjan mostrados en la tabla anterior pero multiplicados por la nueva estimación de volumen de carga. Como se ha explicado antes, la razón de tomar la estimación diferente del tráfico es la capacidad de la línea. Sin embargo se ha optado por su enfoque del coste de operación por la mayor fiabilidad de sus datos frente a los costes estimados por otros autores y los estimados por un servidor. Como el horizonte temporal del estudio es de 30 años tras la construcción y en su modelo tan solo ha estimado 25 tras la construcción, se ha realizado un simple cálculo de estimación a través de la media de los datos de los últimos 10 años proyectados por el autor del precio por flete. Esto resulta en un precio de 16,75 \$/tn de carga.

Sin embargo los datos de proyección de tráfico se tomarán los calculados a partir de los datos del Gobierno de Etiopía. La razón fundamental es que los datos del Dr. Mohapatra podrían estar ligeramente exagerados al considerar que al cabo de la vida de la infraestructura se estarían transportando un total de 47 millones de toneladas cuando el puerto de Yibuti a medio-largo plazo solo podrá manejar 29 millones. Se ha creído conveniente tomar por lo tanto las estimaciones de tráfico calculadas en el epígrafe anterior con los datos de flete del Dr. Mohapatra.

A este coste operativo habría que sumar los costes anuales de mantenimiento de la línea. Estos costes han sido similares en las dos fuentes consultadas por lo que habrá una cierta seguridad en los datos que se toman. Se ha optado por tomar los datos del ITS con datos de la UIC por la fiabilidad de sus datos. Esto significa que el coste de mantenimiento se fija en 70 millones de dólares anuales durante todo el periodo de vida económica.

Adicionalmente se han añadido gastos de renovación de la línea y otros elementos de infraestructura hacia la mitad del tiempo de vida económica. Estos gastos corresponderían a la renovación de elementos como la catenaria, los raíles, las traviesas

e incluso el material rodante. En total se ha estimado el precio en el 20% del coste total de la infraestructura repartidos equitativamente en los años 14, 15 y 16 de vida.

| Año | Renovación de activos | Coste de Mantenimiento | Coste de Operación | Transporte de carga (millones t) | Precio Carga (\$/t) |
|------------|------------------------------|-------------------------------|---------------------------|---|----------------------------|
| 2018 | - | 70,00 | 167,22 | 9,04 | 18,50 |
| 2019 | - | 70,00 | 174,83 | 9,45 | 18,50 |
| 2020 | - | 70,00 | 182,44 | 9,86 | 18,50 |
| 2021 | - | 70,00 | 157,18 | 10,27 | 15,30 |
| 2022 | - | 70,00 | 163,47 | 10,68 | 15,30 |
| 2023 | - | 70,00 | 169,77 | 11,10 | 15,30 |
| 2024 | - | 70,00 | 176,06 | 11,51 | 15,30 |
| 2025 | - | 70,00 | 182,35 | 11,92 | 15,30 |
| 2026 | - | 70,00 | 194,81 | 12,33 | 15,80 |
| 2027 | - | 70,00 | 201,31 | 12,74 | 15,80 |
| 2028 | - | 70,00 | 207,81 | 13,15 | 15,80 |
| 2029 | - | 70,00 | 214,31 | 13,56 | 15,80 |
| 2030 | - | 70,00 | 220,81 | 13,98 | 15,80 |
| 2031 | 285,20 | 70,00 | 243,14 | 14,39 | 16,90 |
| 2032 | 285,20 | 70,00 | 250,09 | 14,80 | 16,90 |
| 2033 | 285,20 | 70,00 | 257,04 | 15,21 | 16,90 |
| 2034 | - | 70,00 | 263,99 | 15,62 | 16,90 |
| 2035 | - | 70,00 | 270,94 | 16,03 | 16,90 |
| 2036 | - | 70,00 | 269,67 | 16,44 | 16,40 |
| 2037 | - | 70,00 | 276,42 | 16,85 | 16,40 |
| 2038 | - | 70,00 | 283,16 | 17,27 | 16,40 |
| 2039 | - | 70,00 | 289,91 | 17,68 | 16,40 |
| 2040 | - | 70,00 | 296,66 | 18,09 | 16,40 |
| 2041 | - | 70,00 | 308,95 | 18,50 | 16,70 |
| 2042 | - | 70,00 | 315,82 | 18,91 | 16,70 |
| 2043 | - | 70,00 | 322,69 | 19,32 | 16,70 |
| 2044 | - | 70,00 | 329,56 | 19,73 | 16,70 |
| 2045 | - | 70,00 | 336,43 | 20,15 | 16,70 |
| 2046 | - | 70,00 | 343,30 | 20,56 | 16,70 |
| 2047 | - | 70,00 | 350,17 | 20,97 | 16,70 |

Tabla 24. Costes de operación y mantenimiento del proyecto (millones USD). Fuente: elaboración propia

6.2.5 Análisis de ingresos operativos

Como ya hemos comentado al inicio de este estudio, en este apartado solo se computarán aquellos ingresos correspondientes a flujos de efectivo pagados directamente por los usuarios a cambio de los bienes o servicios proporcionados por la operación, tales como los pagos directos de los usuarios por el uso de infraestructura, venta o alquiler de terrenos o edificios o pagos por servicios.

En este caso estos ingresos financieros estarán formados por las tarifas cobradas a los usuarios de la infraestructura, tanto a los pasajeros como a los operadores de carga por concepto de flete y billete.

Dr. Dipti Ranjan Mohapatra para European Academic Research, 2016

En su análisis de ingresos financieros de operación el autor considera los ingresos por concepto de flete y las tarifas de pasajeros. No obstante, la principal consideración es el tráfico de mercancías.

La tasa de flete en el corredor la ha calculado tomando como base el coste del transporte por tonelada kilómetro en Etiopía y luego calibrándolo al precio de mercado de 2015 siendo este de 1.74 \$. Por lo tanto, los ingresos rondan los 38,4 dólares por tonelada para una distancia de 756 kilómetros entre Yibuti y Addis Abeba, pero para el corredor entero ha considerado 35 \$ por tonelada para 2016-2020, luego un aumento posterior en la tarifa de ingresos en un 10% cada quinto año.

En cuanto a las tarifas de pasajeros, hay que considerar más complejidad en el cálculo. Existen tres categorías de servicios de pasajeros en esta línea, como 1ª clase, 2ª clase y 3ª clase, con diferentes tarifas en Etiopía y Yibuti si bien las tarifas son un poco más altas en Yibuti que en Etiopía. La tasa de boleto de ida de Dire Dawa a Yibuti en marzo de 2014 fue de 8,2 dólares (155 Birr etíopes ETB) en 2da clase, mientras que en Yibuti fue de 22 dólares (3600 francos de Yibuti DJF). Por lo tanto, el autor ha tomado un promedio ponderado de las tres clases teniendo en cuenta el cálculo etíope y de Yibuti de la estructura tarifaria de Addis Abeba a Dire Dawa y Dire Dawa al Puerto de Yibuti y ha tomado una tarifa ponderada de 510 ETB equivalente a 24,34 dólares en 2016. Similar a la situación de carga, la tasa aumenta un 10% cada cinco años.

Estudio de Abdi Alemayehu para la Universidad de Addis Abeba, 2014

El autor en su estudio hace unos cálculos estimativos para saber el ingreso por tonelada-kilómetro en la línea. Llega a la conclusión que en el comienzo de la operación (estimado para 2016 en aquel momento) se generaría un ingreso de 1,4 ETB por t-km. A través de un simple cálculo podemos estimar el ingreso en ese año, teniendo en cuenta la tasa de cambio ETB/USD y el tráfico proyectado.

$$Ingresos\ 2016 = 1.4 \frac{ETB}{t * km} * 756\ km * 7.000.000\ ton * \frac{0.05\$}{ETB} = 370.000.000\ \$$$



Gráfico 10. Evolución de la tasa de cambio USD/ETB. Fuente: www.xe.com.

Debido a la imprecisión de los datos no tomaremos en cuenta este resultado aunque sí lo consideramos una estimación del orden de magnitud de los resultados buscados.

Ingresos de operación tomados para el estudio

Similar al enfoque empleado para los costes operativos, se han tomado los datos por tonelada y pasajero del Dr. Mohapatra. Como el horizonte temporal del estudio es de 30 años tras la construcción y en su modelo tan solo ha estimado 25 tras la construcción, se ha realizado un simple cálculo de estimación a través de la extrapolación de los datos de los últimos 10 años proyectados por el autor del precio por flete.

Sin embargo los datos de proyección de tráfico se tomarán los calculados a partir de los datos del Gobierno de Etiopía. La razón es la misma esgrimida en el punto anterior.

| Año | Precio por Pasajero (\$) | Tráfico Pasajeros (millones) | Ingreso Pasajeros (millones \$) | Precio por Carga (\$) | Tráfico Carga (mill.) | Ingreso Carga (mill. \$) |
|------------|---------------------------------|-------------------------------------|--|------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| 2018 | 25,50 | 5,76 | 146,91 | 35,00 | 9,04 | 316,37 |
| 2019 | 25,50 | 5,91 | 150,60 | 35,00 | 9,45 | 330,77 |
| 2020 | 25,50 | 6,11 | 155,71 | 35,00 | 9,86 | 345,16 |
| 2021 | 28,05 | 6,20 | 173,79 | 38,50 | 10,27 | 395,52 |
| 2022 | 28,05 | 6,34 | 177,85 | 38,50 | 10,68 | 411,35 |
| 2023 | 28,05 | 6,49 | 181,91 | 38,50 | 11,10 | 427,19 |
| 2024 | 28,05 | 6,63 | 185,98 | 38,50 | 11,51 | 443,03 |
| 2025 | 28,05 | 6,81 | 191,12 | 38,50 | 11,92 | 458,87 |
| 2026 | 30,86 | 6,92 | 213,54 | 42,40 | 12,33 | 522,79 |
| 2027 | 30,86 | 7,06 | 218,01 | 42,40 | 12,74 | 540,23 |
| 2028 | 30,86 | 7,21 | 222,48 | 42,40 | 13,15 | 557,67 |
| 2029 | 30,86 | 7,35 | 226,95 | 42,40 | 13,56 | 575,11 |

| | | | | | | |
|------|-------|------|--------|-------|-------|---------|
| 2030 | 30,86 | 7,52 | 231,92 | 42,40 | 13,98 | 592,55 |
| 2031 | 33,94 | 7,64 | 259,43 | 46,60 | 14,39 | 670,42 |
| 2032 | 33,94 | 7,79 | 264,35 | 46,60 | 14,80 | 689,59 |
| 2033 | 33,94 | 7,93 | 269,26 | 46,60 | 15,21 | 708,76 |
| 2034 | 33,94 | 8,08 | 274,19 | 46,60 | 15,62 | 727,93 |
| 2035 | 33,94 | 8,21 | 278,62 | 46,60 | 16,03 | 747,10 |
| 2036 | 37,33 | 8,37 | 312,36 | 51,20 | 16,44 | 841,90 |
| 2037 | 37,33 | 8,49 | 316,82 | 51,20 | 16,85 | 862,97 |
| 2038 | 37,33 | 8,66 | 323,18 | 51,20 | 17,27 | 884,03 |
| 2039 | 37,33 | 8,80 | 328,59 | 51,20 | 17,68 | 905,09 |
| 2040 | 37,33 | 8,95 | 333,99 | 51,20 | 18,09 | 926,15 |
| 2041 | 41,21 | 9,09 | 374,69 | 55,80 | 18,50 | 1032,31 |
| 2042 | 41,21 | 9,24 | 380,64 | 55,80 | 18,91 | 1055,26 |
| 2043 | 41,21 | 9,38 | 386,62 | 55,80 | 19,32 | 1078,22 |
| 2044 | 41,21 | 9,53 | 392,57 | 55,80 | 19,73 | 1101,17 |
| 2045 | 41,21 | 9,67 | 398,56 | 55,80 | 20,15 | 1124,12 |
| 2046 | 45,39 | 9,82 | 445,55 | 60,20 | 20,56 | 1237,53 |
| 2047 | 45,39 | 9,96 | 452,12 | 60,20 | 20,97 | 1262,29 |

Tabla 25. Ingresos de operación. Fuente: elaboración propia

6.3 RESULTADOS FINANCIEROS

6.3.1 Rendimiento de la inversión

La siguiente tabla resume los costes e ingresos financieros acumulados del proyecto sin descuento, a precios de 2015 y en millones de dólares.

| Costes de Inversión | Costes de Renovación | Costes de Mantenimiento | Costes de Operación | Ingresos Pasajeros | Ingresos Carga |
|----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------|
| 4.278,00 | 855,60 | 2.100,00 | 7.420,35 | 8.268,32 | 21.771,45 |

Tabla 26. Resumen de costes e ingresos (millones USD). Fuente: elaboración propia

Una vez descontados los costes e ingresos del proyecto en base a la tasa del 10% establecida para el país, se procede a calcular el VANF de la inversión y la TIRF de la inversión.

$$VANF(I) = \sum_{t=0}^n a_t S_t = \frac{S_0}{(1+i)^0} + \frac{S_1}{(1+i)^1} + \dots + \frac{S_n}{(1+i)^n} = -730,19 \text{ MUSD}$$

$$0 = \sum \frac{S_t}{(1+TIRF)^t}; TIRF(I) = 8,18\%$$

Al ser una VANF (I) negativa significa que el proyecto no recuperará los costes acometidos a través de los ingresos operativos (teniendo en cuenta el descuento). Esto no significa que el proyecto no deba llevarse a cabo ya que hay muchos beneficios indirectos que no se han tenido en cuenta en este tipo de análisis. Tan solo significa que

el dueño del proyecto estaría dejando de ganar dinero al acometer la infraestructura si se presupone una tasa de descuento del 10%. La TIRF(I) es inferior a la tasa de descuento presupuesta, por lo que los inversores preferirán invertir su dinero en activos más rentables o con menos riesgo.

De todas maneras, desde el punto de vista del promotor del proyecto (el Gobierno de Etiopía) no significa que no cumpla sus objetivos y haya que seleccionar otra opción más rentable. Se deberán hacer más análisis para evaluar la viabilidad del proyecto.

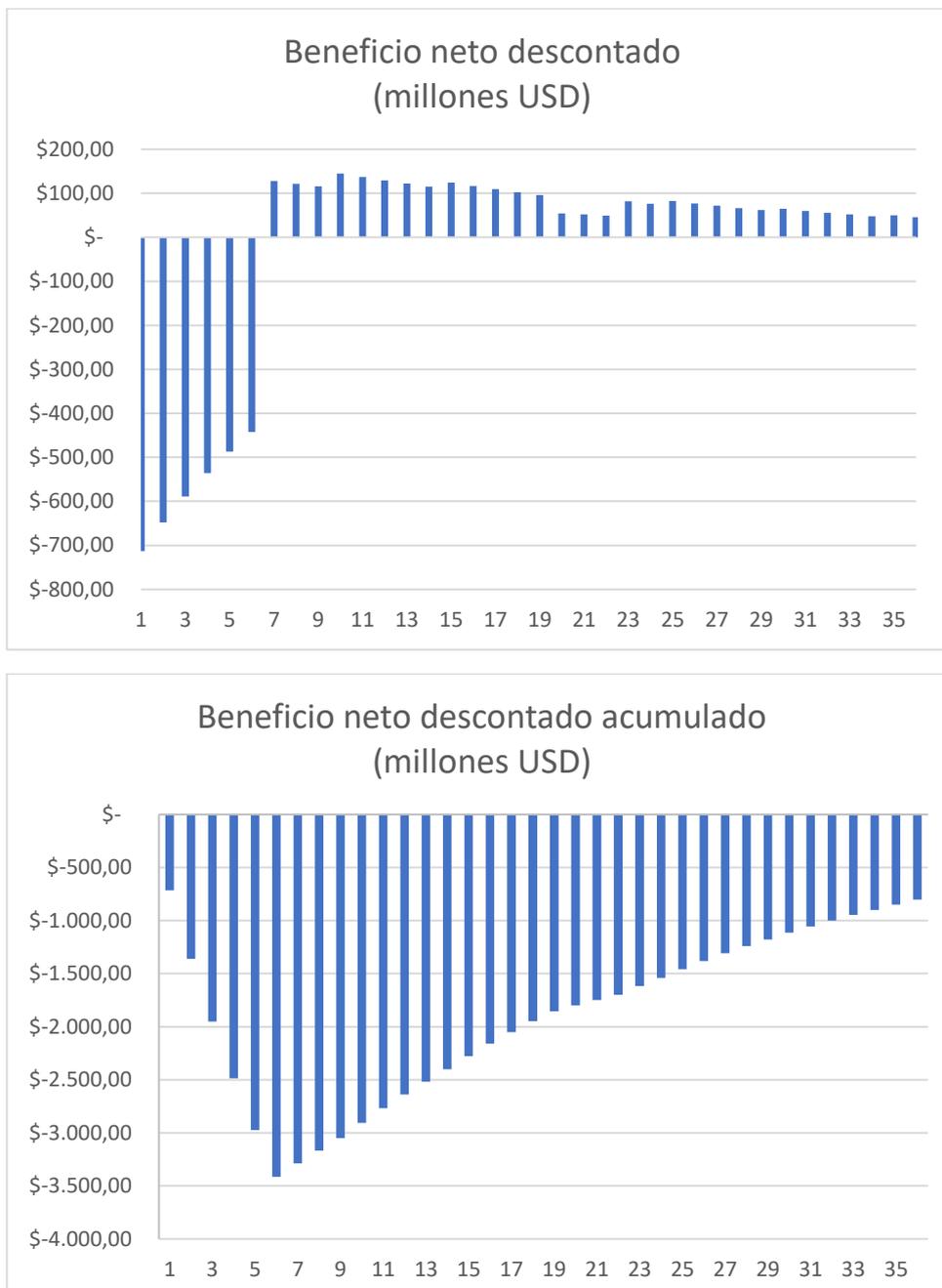


Gráfico 11. Beneficios netos y beneficios netos acumulados del proyecto. Fuente: elaboración propia.

6.3.2 Rendimiento del capital nacional

Para el análisis del retorno del capital nacional se toman como entradas los costes de operación, las contribuciones de capital nacionales (públicas y privadas) al proyecto, los recursos financieros de los préstamos en el momento en que se reembolsan y el interés relacionado con los préstamos.

Debido al problema de que los datos reales están clasificados y por lo tanto no hay cifras oficiales, se han utilizado las estimaciones siguientes obtenidas de diversas fuentes. Según china.aiddata En 2013, Yibuti, Etiopía y China firmaron un acuerdo de préstamo por casi 3.300 millones de dólares para la construcción del proyecto ferroviario Addis Abeba – Yibuti, de 756 km. El Banco Industrial y Comercial de China, el Banco de Desarrollo de China y el Banco Exim de China están proporcionando fondos para el proyecto. De los 3.3 mil millones de dólares, casi 500 millones de dólares, que es proporcionado por China Exim Bank, fueron a Yibuti. 2,85 mil millones de dólares se destinaron a Etiopía (captados por este proyecto) y está financiado conjuntamente por China Exim Bank (2,4 mil millones) y China Development Bank y Industrial & Commercial Bank of China. En 2013, China otorgó un préstamo de 498 millones de dólares a Yibuti para la construcción del ferrocarril sobre su territorio. La SAIS de Johns Hopkins etiqueta este préstamo como la participación de Yibuti, lo que implica que se trata de un préstamo por separado al préstamo de Etiopía, a pesar de ser para el mismo ferrocarril.

Sin embargo este préstamo está ligado a otro préstamo para la construcción de la línea de tranvía de Addis Abeba. El 30 de marzo de 2011, se informó que tanto India como China ayudarán a Etiopía a construir la línea de tren ligero en Addis Abeba. La India prometió 300 millones de dólares para la construcción aunque finalmente el Exim Bank de China firmó un acuerdo de préstamo con Etiopía el 22 de junio de 2011. En un informe presupuestario etíope de 2012, se firmó un préstamo entre el gobierno y el EXIM Bank de China para un proyecto ferroviario cuya fecha de firma sugiere que es el proyecto mencionado anteriormente. El préstamo tiene un valor de 403 millones de USD a la tasa de Libor de 6 meses (0.507%) más 2.6% con un período de gracia de 3 años y vencimiento de 23 años.

En este caso tomaremos los mismos datos para nuestro proyecto.

| Concepto | Cantidad | Unidad |
|------------------------------------|-----------------|---------------|
| <i>Préstamo de China a Etiopía</i> | 2847 (2014) | MUSD |
| <i>Préstamo de China a Yibuti</i> | 498 (2014) | MUSD |
| <i>Contribución Etiopía</i> | 553 | MUSD |
| <i>Contribución Yibuti</i> | 380 | MUSD |
| <i>Ratio de endeudamiento</i> | 73:27 | - |
| <i>Periodo de reembolso deuda</i> | 23 | años |
| <i>Tipo de interés</i> | 3,107 | % |

Tabla 27. Datos de financiación del proyecto. Fuente: China Aiddata

Se estima que tanto la deuda como la contribución pública se realizan de manera distribuida a lo largo de los 6 años de construcción para la simplificación del cálculo. Se ha generado entonces un modelo de reparación de la deuda. En el se ha tomado como planteamiento base el pago constante de la deuda a lo largo de los 23 años a partir del inicio de la operación. Sin embargo se ha tenido que reajustar la contribución de los primeros tres años de operación al ser los beneficios operacionales inferiores al pago del principal de la deuda deseado. Se comentará más adelante en el apartado de sostenibilidad financiera.

| Año | Saldo Inicial | Préstamo | Préstamo Acumulado | Intereses | Pago de la Deuda | Saldo Final |
|------------|----------------------|-----------------|---------------------------|------------------|-------------------------|--------------------|
| 2012 | 0,00 | 557,50 | 557,50 | 17,32 | 0,00 | 574,82 |
| 2013 | 574,82 | 557,50 | 1115,00 | 34,64 | 0,00 | 1166,96 |
| 2014 | 1166,96 | 557,50 | 1672,50 | 51,96 | 0,00 | 1776,43 |
| 2015 | 1776,43 | 557,50 | 2230,00 | 69,29 | 0,00 | 2403,22 |
| 2016 | 2403,22 | 557,50 | 2787,50 | 86,61 | 0,00 | 3047,32 |
| 2017 | 3047,32 | 557,50 | 3345,00 | 103,93 | 0,00 | 3708,75 |
| 2018 | 3708,75 | 0,00 | 3345,00 | 103,93 | 226,06 | 3586,62 |
| 2019 | 3586,62 | 0,00 | 3222,87 | 100,13 | 236,54 | 3450,22 |
| 2020 | 3450,22 | 0,00 | 3086,46 | 95,90 | 248,43 | 3297,68 |
| 2021 | 3297,68 | 0,00 | 2933,93 | 91,16 | 282,91 | 3105,93 |
| 2022 | 3105,93 | 0,00 | 2742,18 | 85,20 | 282,91 | 2908,22 |
| 2023 | 2908,22 | 0,00 | 2544,47 | 79,06 | 282,91 | 2704,37 |
| 2024 | 2704,37 | 0,00 | 2340,62 | 72,72 | 282,91 | 2494,18 |
| 2025 | 2494,18 | 0,00 | 2130,43 | 66,19 | 282,91 | 2277,47 |
| 2026 | 2277,47 | 0,00 | 1913,71 | 59,46 | 282,91 | 2054,02 |
| 2027 | 2054,02 | 0,00 | 1690,26 | 52,52 | 282,91 | 1823,62 |
| 2028 | 1823,62 | 0,00 | 1459,87 | 45,36 | 282,91 | 1586,07 |
| 2029 | 1586,07 | 0,00 | 1222,32 | 37,98 | 282,91 | 1341,14 |
| 2030 | 1341,14 | 0,00 | 977,39 | 30,37 | 282,91 | 1088,60 |
| 2031 | 1088,60 | 0,00 | 724,85 | 22,52 | 282,91 | 828,21 |
| 2032 | 828,21 | 0,00 | 464,46 | 14,43 | 282,91 | 559,73 |
| 2033 | 559,73 | 0,00 | 195,98 | 6,09 | 282,91 | 282,91 |
| 2034 | 282,91 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 282,91 | 0,00 |

Tabla 28. Modelo de reparación de deuda del proyecto. Fuente: elaboración propia

Una vez tenemos ya todos los datos necesarios incluyendo los de repago de deuda, se procede a realizar el análisis del rendimiento del capital nacional. En la siguiente tabla se resumen los costes e ingresos acumulados del proyecto sin descuento, a precios de 2015 y en millones de dólares.

| Contribución Nacional | Pago de la Deuda | Costes O&M | Ingresos Totales |
|------------------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|
| 933,00 | 4.671,76 | 10.375,95 | 30.039,76 |

Tabla 29. Resumen de costes e ingresos (millones USD). Fuente: elaboración propia

Una vez descontados los costes e ingresos del proyecto en base a la tasa del 10% establecida para el país, se procede a calcular el VANF del capital nacional y la TIRF del capital nacional.

$$VANF(C) = \sum_{t=0}^n a_t S_t = \frac{S_0}{(1+i)^0} + \frac{S_1}{(1+i)^1} + \dots + \frac{S_n}{(1+i)^n} = 482,30 \text{ MUSD}$$

$$0 = \sum \frac{S_t}{(1+TIRF)^t}; \quad TIRF(C) = 12,89\%$$

En este caso, la VANF (C) es positiva lo que significa que desde el punto de vista del gobierno de Etiopía como gestor de fondos públicos sí le interesa llevar a cabo este proyecto. La diferencia fundamental con la VANF (I) es que en el rendimiento del capital nacional se tiene en cuenta que en verdad la mayoría del dinero que se está utilizando no es etíope sino chino. De esta forma el pago de la deuda se extiende a lo largo de muchos años, convirtiéndose en un proyecto rentable para el sector público. Un factor que contribuye mucho a este aumento del VAN es la diferencia entre el interés de los préstamos chinos (estimados a 3,107%) y la tasa de descuento. Esto genera que el gobierno de Etiopía y el de Yibuti estén tomando dinero relativamente barato para un proyecto que les va a reportar beneficios en el futuro. Al ser el ratio de la deuda tan elevado, la diferencia de VANF (I) y VANF (C) es muy notable.

La TIRF(C) es superior a la tasa de descuento inicial, por lo que los gobiernos de Etiopía y Yibuti estarán interesados en invertir en este proyecto.

En el siguiente gráfico que analiza los costes e ingresos descontados a lo largo de la vida económica del proyecto, se puede apreciar que la inversión inicial es muy elevada y que los beneficios no comienzan hasta el año 10. También hay que notar una bajada de los beneficios operacionales muy importante en mitad de periodo de la vida económica por causa de la rehabilitación de la línea. A partir del año 24 cuando ya la deuda ya sido completamente saldada, los beneficios de operación incrementan notablemente.



Gráfico 12. Beneficios netos descontados de la inversión en capital nacional. Fuente: elaboración propia

Finalmente en la imagen que se observa a continuación se ve que el momento de recuperación de beneficios del proyecto recae en el año 27. Significa que los beneficios de operación de los últimos 10 años son beneficios reales para el capital nacional.

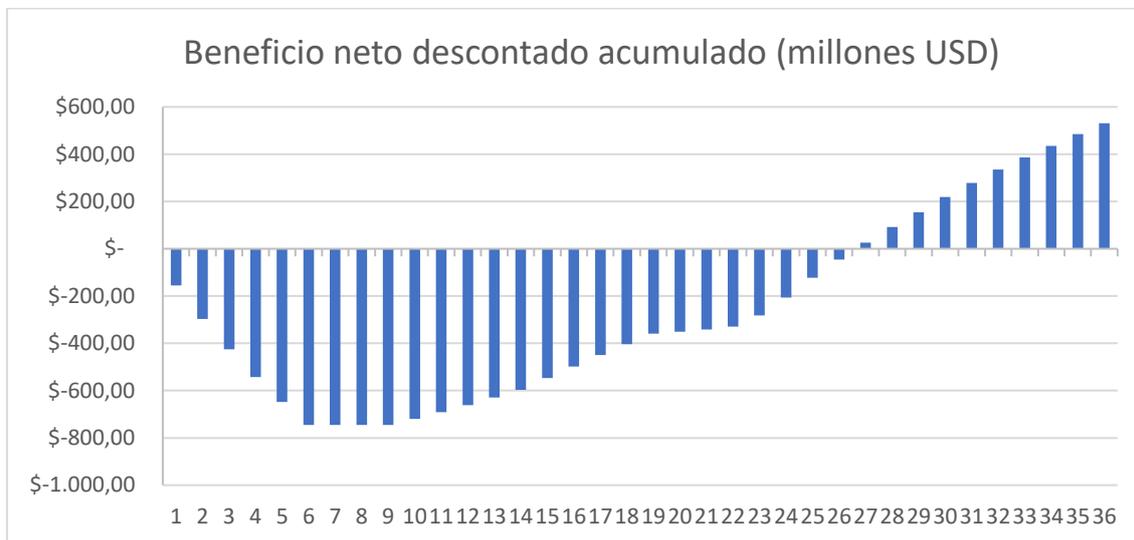


Gráfico 13. Beneficios netos actualizados acumulados para el capital nacional. Fuente: elaboración propia

6.3.3 Sostenibilidad financiera

La sostenibilidad financiera pretende evaluar que no haya que solicitar partidas nuevas para el proyecto a causa de un flujo de caja negativo en algún momento del proyecto.

| Año | Beneficio Neto | Año | Beneficio Neto |
|------------|-----------------------|------------|-----------------------|
| 2018 | 0,00 | 2033 | 82,87 |
| 2019 | 0,00 | 2034 | 385,21 |
| 2020 | 0,00 | 2035 | 684,77 |
| 2021 | 59,22 | 2036 | 814,60 |
| 2022 | 72,82 | 2037 | 833,37 |
| 2023 | 86,43 | 2038 | 854,04 |
| 2024 | 100,04 | 2039 | 873,77 |
| 2025 | 114,72 | 2040 | 893,48 |
| 2026 | 188,61 | 2041 | 1028,05 |
| 2027 | 204,02 | 2042 | 1050,09 |
| 2028 | 219,44 | 2043 | 1072,14 |
| 2029 | 234,84 | 2044 | 1094,18 |
| 2030 | 250,76 | 2045 | 1116,25 |
| 2031 | 48,61 | 2046 | 1269,77 |
| 2032 | 65,74 | 2047 | 1294,24 |

Tabla 30. Beneficios netos de operación. Fuente: elaboración propia

Este proyecto en un principio no era sostenible financieramente. El principio de repago constante de la deuda para optimizar la devolución del principal no se pudo

cumplir ya que los tres primeros años de operación no generaban suficientes beneficios como para cubrir su parte proporcional de la deuda. Por esta razón se ha decidido reducir el pago de la deuda durante esos años para que el flujo de caja no sea negativo y no haya que solicitar partidas adicionales de un presupuesto que ya es tremendamente ajustado.

Incluso ahora, el proyecto no es muy sostenible financieramente puesto que cualquier imprevisto, sobrecoste o reducción de los ingresos en los tres primeros años produciría un flujo de caja negativo que supondría un problema para los gobiernos afectados.

7 ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO

Los beneficios económicos del proyecto ferroviario Etiopía – Yibuti se realizan gracias a los cambios que ha introducido en el sector del transporte de la economía. Varios son los beneficios derivados. Entre otros, los más importantes son:

- Una gran proporción del tráfico de mercancías se desvía desde el transporte por carretera hacia el transporte ferroviario debido a la introducción de este ferrocarril.
- La reducción en el número de camiones en la carretera reduce el mantenimiento anual de la carretera.
- El tiempo de viaje a lo largo de la línea se verá reducido drásticamente y permitirá importar productos que hasta el momento no eran importables.
- La contaminación vehicular se reduce con este proyecto ya que la línea se usará con electricidad y hay menos uso de gasolina y diésel.
- Por lo tanto, también habrá una gran cantidad de ahorro de combustible y ahorro en divisas.
- Los beneficios también vendrán en términos de generación de empleo para mano de obra no calificada durante el período de construcción de LRT (2011 - 2015), así como a los profesionales calificados y no calificados durante la fase de operación.

Los beneficios acumulados para la economía local debido a la operación de estos proyectos ferroviarios son muchos. Sin embargo, ciertos beneficios económicos son fáciles de cuantificar y algunos otros son de naturaleza compleja para calcular debido a la escasez de datos. Los beneficios de este proyecto ferroviario serán tanto directos como indirectos.

Hay que notar que los parámetros básicos no se modifican con respecto al análisis económico y por tanto el horizonte temporal, la tasa de descuento y el año de referencia permanecen constantes.

7.1 COSTES ECONÓMICOS

Siguiendo las indicaciones de la guía de la Comisión Europea y los dictados de la práctica internacional, todos los costes financieros se han convertido en costes económicos aplicando un Factor de Conversión Estándar (SCF).

El MoFED proporciona múltiples valores del SCF para proyectos internacionales de inversión en infraestructura que pueden ser consultados en la siguiente tabla:

| item | Conversion Factor World price (USD base) | Conversion factor domestic Price (Birr base) |
|----------------------------------|--|--|
| Road/railway Construction cost | 0.74 | 0.823 |
| Road/railway maintenance cost | 0.74 | 0.820 |
| Construction plant and equipment | 0.92 | 1.019 |
| Local material | 0.69 | 0.760 |
| Import material | 0.70 | 0.950 |
| Labor - Expatriate | 1.05 | - |
| Labor - Skilled | 0.76 | 0.840 |
| Labor - unskilled | 0.33 | 0.350 |
| Gasoline(benzene) fuel | 0.68 | 1.050 |
| Diesel Fuel | 0.94 | 1.050 |
| Lubrication | 0.60 | - |

Tabla 31. Factores de conversión de precios financieros a económicos. Fuente: Ministerio de Finanzas y Desarrollo Económico de Etiopía, 2015

Sin embargo, el cálculo estimado del SCF se realiza mediante la fórmula presentada anteriormente. Disponiendo de datos oficiales del Banco Nacional de Etiopía en su informe anual del año 2015 estimaremos el SCF para el año 2015:

$$SCF = \frac{X + M}{(X - t_x) + (M + t_m)} = \frac{3019.3 + 16500}{(3019.3 - 0) + (16500 + 2673.66)} = 0.88$$

Donde X es el valor total de las exportaciones, M es el valor total de las importaciones, t_x es la tasa total a las exportaciones (cero porque el Gobierno de Etiopía las suprimió) y t_m es la tasa total a las importaciones.

Este resultado de 0.88 es muy similar al de 0,85 sugerido por el Ministerio de Finanzas y Desarrollo Económico de Etiopía y utilizado generalmente por la BAfD y el Banco Mundial en sus evaluaciones económicas de proyectos de transporte en África y es el factor utilizado para los costes de construcción y los costes de operación y mantenimiento de este estudio.

7.2 EXCEDENTE DEL PRODUCTOR

El excedente del productor se define como los ingresos acumulados por el productor (es decir, propietario y operadores juntos) menos los costes soportados gracias al nuevo proyecto. El cambio en el excedente del productor se calcula como la diferencia entre el cambio en los ingresos del productor (por ejemplo, aumento del ingresos por tickets de pasajeros) menos el cambio en los costes del productor (por ejemplo, los costes operativos del tren aumentan).

En este proyecto se ha tomado como excedente del productor la diferencia de costes operativos y de mantenimiento y rehabilitación entre la situación sin proyecto y la situación con proyecto. Esto implica que los ingresos del productor se estiman iguales

para ambas situaciones, es decir, la suma de ingresos de los operadores privados y públicos antes del proyecto es equivalente a la suma de ingresos que recibirán tras la construcción del ferrocarril. Se ha considerado de esta manera puesto no hay datos de confianza sobre los ingresos privados y serían de muy difícil estimación. En cualquier caso, esta hipótesis tiene fundamento en que aunque los precios bajen existe un cierto tráfico inducido por el ferrocarril (que no se ha tenido en cuenta en este análisis) y la inclusión de economía anteriormente informal que equilibra esta bajada de precios.

Para ello se ha de calcular el coste operativo y de mantenimiento actual del corredor y la situación que se daría tras la introducción del nuevo proyecto para poder comparar ambos escenarios. La situación actual exige conocer el coste de operación de la flota de camiones que transitan el corredor de una longitud de 910 km y el coste de mantenimiento de la infraestructura vial.

7.2.1 Reducción del coste de mantenimiento.

El coste actual de mantenimiento de la carretera que une Addis Abeba y Yibuti se extrae de las estimaciones de la BAfD sobre el coste medio en el continente.

| Type of Road Infrastructure Investment | Regraveling/ Periodic Maintenance of Unpaved Roads | Periodic Maintenance of Paved Roads | Rehabilitation of Paved Roads | Construction and Upgrading of Paved Roads |
|--|--|-------------------------------------|-------------------------------|---|
| < 100 lane km | | | | |
| Quartile 3 | 10,500 | N/A | 290,000 | 425,400 |
| Median | 9,600 | N/A | 180,300 | 227,800 |
| Quartile 1 | 8,100 | N/A | 109,800 | 166,300 |
| ≥ 100 lane km | | | | |
| Quartile 3 | 12,800 | 72,200 | 130,500 | 162,000 |
| Median | 11,300 | 64,600 | 84,400 | 147,100 |
| Quartile 1 | 9,600 | 56,900 | 47,400 | 115,900 |

Tabla 32. Estadísticas de costes de mantenimiento de carreteras en África (USD / carril-km). Fuente: BAfD

Se ha tomado la hipótesis de que actualmente la carretera pertenece al cuartil 3 señalado por la BAfD y tras la introducción del ferrocarril el tráfico disminuirá drásticamente, lo que hará que la carretera porte mucha menos carga. Esta reducción de carga se estima en que pase del cuartil 3 mencionado en la tabla al cuartil 1, es decir, una reducción de 15 300 dólares anuales por carril-km. Por el contrario, hay que sumar el coste de mantenimiento que supone el ferrocarril y que se calcularon en el apartado anterior.

7.2.2 Reducción del coste de operación

La reducción de los costes de operación se desprende de la diferencia entre los costes de transporte de carga a través de la carretera utilizando camiones y de los costes de transporte ligados al ferrocarril. Se asume que el tráfico de carga es independiente de la construcción del ferrocarril o no y por lo tanto todo el tráfico de carga que se ha estimado para la nueva línea se trasladaría por carretera si el proyecto no se

llevarse a cabo. Para evaluar los costes de operación de los camiones que transitan el corredor se han utilizado los datos publicados por el Banco Mundial sobre los precios y costes de transporte en África.

| Corridor | Route gateway/ destination | Variable cost (US\$/km) | Fixed cost (US\$/day) | Yearly ratio FC/VC (%) | Average truck fleet age (years) |
|--|--|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|---------------------------------------|
| West Africa (Burkina Faso and Ghana) | Tema/Accra– Ouagadougou (Burkina Faso) | 1.51 (0.59) | 30 (16) | 10–89 | 13 |
| | Tema/Accra–Bamako (Mali) | 1.67 (0.23) | 36 (23) | 10–89 | 9 |
| Central Africa (Cameroon and Chad) | Douala–N'Djaména (Chad) | 1.31 (0.34) | 49 (30) | 17–82 | 11 |
| | Douala–Bangui (the Central African Republic) | 1.22 (0.34) | 73 (43) | 25–74 | 9 |
| | Ngaoundéré– N'Djaména (Chad) | 1.83 (0.27) | 22 (8) | 7–92 | 15 |
| | Ngaoundéré– Moundou (Chad) | 2.49 (0.64) | 21 (6) | 5–94 | 19 |
| East Africa (Uganda and Kenya) | Mombasa–Kampala (Uganda) | 0.98 (0.46) | 61 (30) | 68–31 | 7 |
| | Kampala–Kigali (Rwanda) | 1.47 (0.84) | 40 (30) | 56–43 | 10 |
| Southern Africa (Zambia) | Lusaka–Johannesburg (South Africa) | 1.54 (0.41) | 55 (39) | 61–38 | 9 |
| | Lusaka–Dar-es-Salaam (Tanzania) | 1.34 (0.52) | 71 (54) | 75–24 | 10 |

Tabla 33. Costes operativos de camiones en corredores de África. Fuente: Banco Mundial

Se ha utilizado el corredor de características más similares que es el de Mombasa – Kampala en África Oriental. Por características geográficas, físicas y logísticas es el de mayor similitud y sus datos pueden ser extrapolados al presente análisis. Pasados estos datos a dólares por cada vehículo y por cada kilómetro obtenemos los resultados siguientes:

| Costs | West Africa | | | Central Africa | | | East Africa | | | |
|----------------|-------------|------|-------------|----------------|------|-------------|-------------|------|------|-------------|
| | TS | HDM | Diff. | TS | HDM | Diff. | TS | HDM | Oyer | Diff. |
| Variable costs | 1.77 | 1.02 | 173% | 1.30 | 0.99 | 131% | 0.98 | 1.08 | 0.95 | 91% |
| Fixed costs | 1.02 | 0.14 | 749% | 0.57 | 0.24 | 236% | 0.35 | 0.17 | 0.15 | 201% |
| Total costs | 2.79 | 1.16 | 241% | 1.87 | 1.23 | 152% | 1.33 | 1.25 | 1.10 | 106% |

Tabla 34. Costes operativos de camiones en corredores de África (\$/km). Fuente: Banco Mundial

Según varias estimaciones, en el año 2011 había unos 7000 camiones haciendo la ruta y se estimaba en siete millones la carga transportada. Estos datos sugieren que cada camión transporta una media de 1000 toneladas anuales. Si tomamos la hipótesis de que un camión porta una carga media de 25 toneladas obtenemos el dato de que cada camión hace 40 viajes al año. Esta cantidad se multiplica por un coeficiente de 1,2 que se desprende de la cantidad de viajes en vacío que realizan los camiones de Addis

Abeba a Yibuti al exceder notablemente las importaciones a las exportaciones. Sin embargo los viajes en vacío no generan los mismos costes operacionales, por lo que se ha determinado el coeficiente en 1,2. Ya con todos estos datos y el tráfico pronosticado en la carretera podemos operar para saber cuál es el coste de operación de la carga a través de la flota de camiones.

$$\begin{aligned} \text{Coste de operación (camiones 2008)} \\ &= 9.039 \text{ camiones} * \frac{40 \text{ viajes}}{\text{camion}} * 910 \text{ km} * 1,2 * (0,98 + 0,35) \\ &= 525.120.000 \$ \end{aligned}$$

A esta cantidad se habría de restar los costes de operación derivados del ferrocarril que no ocurrirían de no haber acometido el proyecto.

7.2.3 Resumen de excedente del productor

La siguiente tabla resume los costes (financieros, todavía no han sido pasado a valores económicos) tenidos en cuenta para el excedente del productor. Nótese que las reducciones de costes operativos y de mantenimiento de la carretera se toman como positivos al desaparecer tras el proyecto y los costes de mantenimiento y operación relacionados con el ferrocarril se toman con valores negativos.

| Reducción Mantenimiento Carretera | Costes de Renovación Ferrocarril | Costes de Mantenimiento Ferrocarril | Reducción Operación Carretera | Costes de Operación Ferrocarril |
|--|---|--|--|--|
| +835,38 | -855,60 | -2.100,00 | +26.148,95 | -7.420,35 |

Tabla 35. Resumen del excedente del productor (millones de USD). Fuente: elaboración propia

Finalmente se multiplican todos los costes por el factor de conversión 0,85 para convertir estos costes financieros en costes económicos.

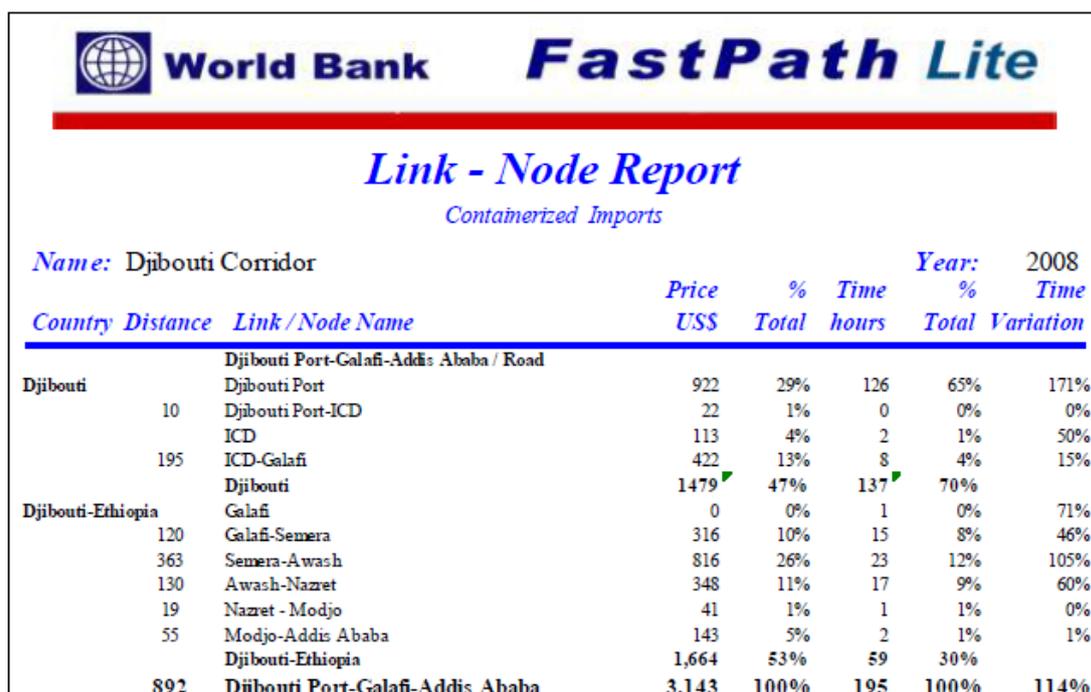
7.3 EXCEDENTE DEL CONSUMIDOR

El excedente del consumidor se define como el exceso de la disposición a pagar de los usuarios sobre el coste generalizado de transporte para un viaje específico. El coste generalizado de transporte expresa el inconveniente general para el usuario de viajar entre un origen y un destino utilizando un modo de transporte específico que no solo incluye el precio que paga por el viaje sino que además implica una inversión del tiempo, desplazamiento hasta terminales, etc. En la práctica, generalmente se calcula como la suma de los costes monetarios (por ejemplo, tarifa, peaje, combustible, etc.) más el valor del tiempo de viaje (incluye tiempos de viaje equivalentes como el las escalas) calculado en unidades monetarias equivalentes. Cualquier reducción del coste generalizado del transporte para el movimiento de bienes y personas determina un aumento en el excedente del consumidor. En nuestro análisis se ha considerado la reducción de costes pagados por los usuarios (transportistas de la carga) y la reducción del tiempo de viaje tanto para la carga como para los pasajeros. Se ha de precisar que no se ha tomado en cuenta la reducción de costes pagados por los pasajeros al no haber

una gran disponibilidad de datos de confianza sobre el tráfico y el precio anterior a la introducción del ferrocarril.

7.3.1 Reducción de costes para usuarios de carga

Según el documento sobre la logística de corredores de África Oriental y África Austral publicado en el 2013, el coste de transporte por tonelada en el corredor de Yibuti se elevaba a los 58 dólares en el 2011. Este coste solo se corresponde con la parte puramente de transporte de carretera y no tiene en cuenta los costes de gestión en el puerto ni de atravesar las aduanas. En la siguiente imagen podemos ver los costes categorizados y separados por sección para un contenedor.



World Bank **FastPath Lite**

Link - Node Report
Containerized Imports

Name: Djibouti Corridor *Year:* 2008

| <i>Country</i> | <i>Distance</i> | <i>Link / Node Name</i> | <i>Price US\$</i> | <i>% Total</i> | <i>Time hours</i> | <i>% Total</i> | <i>Time Variation</i> |
|--|-----------------|---|-----------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|---------------------------|
| Djibouti Port-Galafi-Addis Ababa / Road | | | | | | | |
| Djibouti | | Djibouti Port | 922 | 29% | 126 | 65% | 171% |
| | 10 | Djibouti Port-ICD | 22 | 1% | 0 | 0% | 0% |
| | | ICD | 113 | 4% | 2 | 1% | 50% |
| | 195 | ICD-Galafi | 422 | 13% | 8 | 4% | 15% |
| | | Djibouti | 1479 | 47% | 137 | 70% | |
| Djibouti-Ethiopia | | Galafi | 0 | 0% | 1 | 0% | 71% |
| | 120 | Galafi-Semera | 316 | 10% | 15 | 8% | 46% |
| | 363 | Semera-Awash | 816 | 26% | 23 | 12% | 105% |
| | 130 | Awash-Nazret | 348 | 11% | 17 | 9% | 60% |
| | 19 | Nazret - Modjo | 41 | 1% | 1 | 1% | 0% |
| | 55 | Modjo-Addis Ababa | 143 | 5% | 2 | 1% | 1% |
| | | Djibouti-Ethiopia | 1,664 | 53% | 59 | 30% | |
| | 892 | Djibouti Port-Galafi-Addis Ababa | 3,143 | 100% | 195 | 100% | 114% |

Ilustración 26. Coste de importación en el corredor de Yibuti. Fuente: World Bank, 2013

En la imagen se ve que el coste de traslado de un contenedor es elevado, de 3143 dólares, y también se aprecia que más de la mitad de este coste se genera en el transporte por carretera. En la serie de gráficos que acompañan estas líneas se ve claramente que el coste de carretera es notablemente más elevado que el tiempo que emplea en toda la cadena logística.

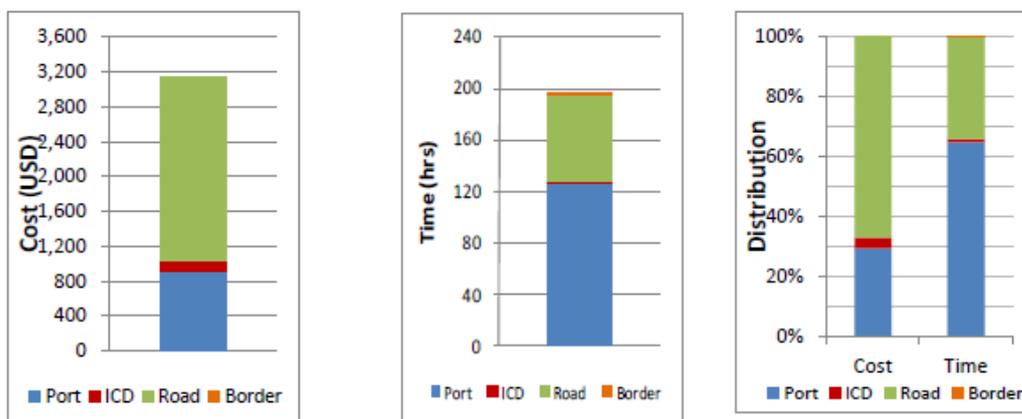


Gráfico 14. Coste y tiempo en el corredor de Yibuti y sus distribuciones. Fuente: World Bank, 2013.

Una vez conocidos los costes de transporte por tonelada antes del proyecto, simplemente se multiplica la carga que se desvía al ferrocarril para obtener los costes totales anuales. Una hipótesis se estableció en cuanto al precio de la carga, se estima que crecería a un ritmo del 1% anual a partir del año 2011 cuando se tomaron los datos.

Posteriormente se sustraen los costes de operación del ferrocarril calculados anteriormente y obtendríamos los datos totales de reducción de costes para el consumidor de carga.

7.3.2 Disminución tiempo de viaje

El valor monetario de la disminución del tiempo de viaje se ha calculado separadamente para pasajeros y para las mercancías. La literatura es clara en este aspecto y diferencia entre ambos a causa de sus principios y de los métodos de cálculo. El desarrollo de ambos es dispar, siendo el cálculo de coste del tiempo de pasajeros mucho más detallado y estudiado, en especial en países europeos.

Pasajeros

En la realización de ACB, existen diferentes métodos posibles para valorar el tiempo de los pasajeros, mientras que generalmente se hace una distinción entre la estimación del tiempo de viaje de trabajo y no de trabajo (incluidos los desplazamientos diarios/*commuting*).

El primer método es realizar investigaciones y/o encuestas empíricas específicas en ese país para estimar el tiempo de viaje laboral y no laboral. El enfoque consiste en entrevistar a las personas que usan el método de preferencias declaradas o realizar encuestas de hogares/negocios de propósitos múltiples utilizando el método de preferencias reveladas y luego estimar un modelo de elección discreta sobre estos datos.

Como segunda opción, se puede estimar el valor del tiempo adoptando el enfoque de ahorro de costes. La lógica subyacente es que el tiempo dedicado a viajes relacionados con el trabajo es un coste para el empleador, que podría haber utilizado al empleado de una manera productiva durante ese tiempo.

Para este estudio se ha utilizado la primera opción consistente en averiguar el valor del tiempo en el país. Una vez más se ha hecho uso de los datos de la región para estimar el valor de ambos países. En el estudio de Joseph Cook et al. de 2015, el autor confirma la regla general para países de bajo ingreso de estimar el valor del tiempo de viaje en un 50% del salario del trabajo no cualificado que otros autores han calculado y corroborado anteriormente. Tomando los datos anteriormente expuestos sobre los trabajadores no cualificados en Etiopía el valor del tiempo de viaje sería 0,28 \$/h.

$$\text{Valor del tiempo de viaje} = 4,46 \text{ \$/día} * \frac{1 \text{ día}}{8 \text{ h}} * 0,50 = 0,28 \text{ \$/h}$$

Estos datos son similares a los calculados por el Victorian Transport Policy Institute que estima el valor del tiempo de viaje en 0,18 \$/h por hora para Tanzania y Ghana.

Este resultado contrasta con los 3-25 €/h que se utilizan en Europa occidental, e incluso valores mayores en capitales y centros densamente poblados. Esta diferencia en el margen corresponde al motivo del viaje, siendo muy bajo para viajes de placer o vacaciones, medio para viajes privados o de *commuting* y elevados para traslados por trabajo. También se debe destacar que en los análisis africanos no se estima el aumento del confort, simplemente la reducción del tiempo en este caso. También se ha de señalar que el valor del tiempo del estudio en Kenia es para conectividad rural, lo que hace que los precios sean muy inferiores a los de los estudios europeos.

El tiempo de viaje actual para pasajeros es de tres días de viaje para unir las dos ciudades. El tiempo esperado para unir las dos ciudades se espera que se reduzca a 10 horas. En el apartado sobre el estudio de tráfico en la línea se ha identificado que la mayoría del tráfico no corresponde al desplazamiento entre las dos ciudades, por lo que en lugar de utilizar el tráfico total de la línea utilizaremos el tráfico que cruza la frontera. El cálculo del valor monetario de la reducción del tiempo total para el año 2018 que comienzan las operaciones sería:

$$\begin{aligned} &\text{Valor reducción del tiempo (pasajeros)} \\ &= 0,28 \frac{\$}{h} * 520.000 \text{ pasajeros} * (36 - 10) \text{ horas} = 3.785.000 \$ \end{aligned}$$

Ha de notarse que el valor del tiempo se asume constante en el tiempo, no así el tráfico de pasajeros.

Mercancías

Gran complicación de cálculo evidenciada por Jérôme Messiani en su publicación de 2003 “Benefits of Travel Time Savings for Freight Transportation: beyond the Costs”.

La mayoría de la literatura del valor del tiempo de viaje se enfoca en los viajes de pasajeros en lugar del transporte de carga. Se han hecho estimaciones de los costes laborales de los operadores de vehículos de carga (por ejemplo, conductores de camiones o ingenieros de locomotoras) y de los costes operativos de los vehículos de carga que se verían afectados por los cambios en el tiempo de viaje. Sin embargo, el

valor del tiempo para los expedidores (es decir, los propietarios de la carga que se transporta) no se puede estimar tan fácilmente.

Debido a que la carga en tránsito representa un capital improductivo que genera un coste de interés, parte del beneficio del tiempo ahorrado será proporcional al tiempo ahorrado, la tasa de interés y el valor del flete. El principal obstáculo para estimar este valor probablemente sea la heterogeneidad e incertidumbre de las categorías de carga afectadas por un ahorro de tiempo específico.

Cada corredor o modo requeriría, por lo tanto, una estimación específica de la composición de la carga transportada. El coste del tiempo de transporte de carga también estará influenciado por factores independientes del valor, como la velocidad en que los productos se vuelven obsoletos (por moda u obsolescencia tecnológica), si los productos se estropean con el tiempo (como lo hacen los productos agrícolas) y si algún proceso de producción depende de la entrega oportuna.

Varias razones, entonces, explican por qué los productos pueden ser "perecederos" en el sentido de que su valor disminuye apreciablemente mientras están en tránsito. El coste para los expedidores también puede depender de las prácticas comerciales, como la cantidad de inventario que se tiene entre manos, y la probabilidad de quedarse sin inventario debido a retrasos en el envío.

El valor del tiempo en el transporte de mercancías es considerablemente más complejo que en el caso del viaje de pasajeros. A diferencia del flujo y reflujo diario de viajeros, los horarios, las rutas y las descripciones de los envíos de mercancías afectados por cualquier acción gubernamental muestran poca regularidad y escasez de datos. Al investigar el valor del ahorro de tiempo de viaje de carga, uno debe reconocer la multiplicidad de las dimensiones de tiempo involucradas en el transporte de mercancías.

- El valor de reducir el tiempo necesario para el transporte del bien.
- El valor de la confiabilidad en horas de envío.
- El valor de la flexibilidad en la organización del envío a pedido de los expedidores.
- El valor de la frecuencia para los servicios de transporte de horario fijo.
- El valor de la continuidad de los servicios de transporte (contra las condiciones meteorológicas, las huelgas o cualquier evento que pueda afectar el servicio).
- El valor de la información sobre los atributos de tiempo de los servicios de transporte (información en tiempo real sobre el tiempo de llegada probable).

Para este estudio se han tomado los datos del informe Gerard de Gong et al de 2008 (Value of freight travel-time savings) en el que analiza el caso del valor de la reducción del tiempo de carga en Europa y Norteamérica con resultados relativamente convergentes aunque con bastante margen de diferencia entre unos y otros. Estos márgenes de costes son amplios y varían entre países aunque mantienen el mismo orden de magnitud. Se ha de notar que son datos para contextos mucho más

desarrollados que el analizado en el presente estudio y solo servirían de orden de magnitud.

Table 1
 Value of time in goods transport by road (in 2002 Euro per transport or tonne per hour)

| Publication | Country | Data | Method | VTTS |
|--|-----------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| | | | | Per transport per hour |
| McKinsey (1986) | Netherlands | Fuel costs, wage rates | Factor costs | 23 |
| Transek (1990) | Sweden | SP | Logit | 2 |
| NEA (1991) | Netherlands | Fuel costs, wage rates | Factor costs | 24 |
| de Jong et al. (1992) | Netherlands | SP | Logit | 35 |
| Transek (1992) | Sweden | | | 3 |
| Widlert and Bradley (1992) | Sweden | SP | Logit | 7 |
| Fridstrøm and Madslie (1994) | Norway | SP | Box-Cox Logit | 0–65 (mean: 7) |
| Fridstrøm and Madslie (1995) | Norway | SP | | 0–8 |
| de Jong et al. (1995) | Netherlands | SP | Logit | 38–40 |
| de Jong et al. (1995) | Germany | SP | Logit | 31 |
| de Jong et al. (1995) | France | SP | Logit | 32 |
| Fosgerau (1996) | Denmark | SP | Logit | 29–67 |
| Bergkvist and Johansson (1997) | Sweden | SP | Logit/WAD/ bootstrap | 3–7 |
| Accent and HCG (1999) | UK | SP | Logit | 34–45 |
| Fehmarn Belt Traffic Consortium (1999) | Germany-Denmark | SP + RP | Logit | 20 |
| Small et al. (1999) | USA | SP | Logit | 174–267 |
| Kawamura (2000) | USA | SP | Logit + OLS | 22–25 |
| Bergkvist and Westin (2000) | Sweden | SP | Logit + WML | 1 |
| Bergkvist (2001) | Sweden | SP | Logit + WML | 3–47 |
| de Jong et al. (2001) | France | SP + RP | Logit | 5–11 |
| Fowkes et al. (2001) | UK | SP | Logit | 40 |
| Inregia (2001) | Sweden | SP | Logit | 0–32 |
| Booz Allen Hamilton and ITS (2003) | UK | SP | Logit | 2–93 |
| de Jong et al. (2004) | Netherlands | SP | Logit | 36–49 |
| Hensher et al. (2007) | Australia | Interactive SP | Mixed Logit | 25–50 |
| | | | | Per tonne per hour |
| Fowkes et al. (1991) | UK | SP | Logit | 0.08–1.18 |
| Kurri et al. (2000) | Finland | SP | Logit | 1.53 |
| de Jong et al. (2004) | Netherlands | SP | Logit | 4.74 |

Tabla 36. Valor del tiempo de carga para transporte por carretera. Fuente: VALUE OF FREIGHT TRAVEL-TIME SAVINGS, Gerard de Gong, 2008

En este mismo estudio se analizan el valor de la reducción del tiempo de viaje para distintos modos en Holanda. Estos valores están en euros de 2002 y nos proporcionan un orden de magnitud. Para el caso del ferrocarril, el valor se estima en 0,96 euros por tonelada y por hora.

Table 4
 Freight VTTS for The Netherlands (in 2002 Euro)

| Segment | Value of time per transport per hour | Value of time per tonne per hour |
|--|--------------------------------------|----------------------------------|
| <i>Road transport</i> | | |
| Low value raw materials and semi-finished goods | | |
| High value raw materials and semi-finished goods | | |
| Final products, loss of value | 38 | |
| Final products, no loss of value | 36 | |
| Containers | 42 | |
| Total road transport | 38 | 4.74 |
| <i>Other modes</i> | | |
| Rail (train load) | 918 | 0.96 |
| Inland waterways (barge) | 74 | 0.046 |
| Sea transport (short + deep; ship) | 73 | 0.016 |
| Air transport (full freight carrier) | 7935 | 132.24 |

Tabla 37. Valor del tiempo de carga para transporte ferroviario. Fuente: VALUE OF FREIGHT TRAVEL-TIME SAVINGS, Gerard de Gong, 2008

Teniendo en cuenta que no existen estos valores adaptados al contexto africano, se ha optado por la estimación del valor del tiempo a partir de estos valores holandeses. Puesto que el valor del tiempo para pasajeros era notablemente menor en el caso Etíope (en realidad esos valores se correspondían con Kenia) que en el caso holandés, se ha decidido utilizar un valor 5 veces menor que el de Holanda. Por lo tanto el valor elegido para el ferrocarril es de 0,20 \$/t-h. Este valor se espera que sea conservador ya que no tiene en cuenta el acceso a los bienes perecederos obtenidos por la reducción del tiempo y por el hecho de que en bienes internacionales la diferencia no es tan elevada como la diferencia de tiempo de pasajeros vista anteriormente. De todas maneras se ha optado por esta opción al carecer de datos sólidos. El valor de la reducción del tiempo de 2018 sería consecuentemente alrededor de 5 millones de dólares. Igualmente que para el cálculo de pasajeros, el valor del tiempo se asume constante en el tiempo, no así el tráfico de carga.

$$\begin{aligned} \text{Valor reducción del tiempo (carga, 2018)} &= 0,20 \frac{\$}{t * h} * 9.040.000 t * (59 - 10) \text{ horas} \\ &= 88.592.000 \$ \end{aligned}$$

7.3.3 Resumen de excedente del consumidor

La siguiente tabla resume los costes (financieros, todavía no han sido pasado a valores económicos) tenidos en cuenta para el excedente del consumidor. Nótese que los costes de usuarios del ferrocarril son negativos mientras que los de la carretera son positivos (desaparecen).

| Coste Usuarios de Carga por Carretera | Coste Usuarios de Carga por Ferrocarril | Reducción Valor del Tiempo Carga | Reducción Valor del Tiempo Pasajeros |
|--|--|---|---|
| +33.116,21 | -21.771,45 | +4.411.09 | +167.87 |

Tabla 38. Resumen de excedente del consumidor (millones de USD). Fuente: elaboración propia

Finalmente se multiplican todos los costes por el factor de conversión 0,85 para convertir estos costes financieros en costes económicos.

7.4 IMPACTOS MEDIOAMBIENTALES DURANTE LA CONSTRUCCIÓN

Este proyecto se trata de la primera línea ferroviaria que se construye en África con metodología china al 100% incluyendo las medidas medioambientales. Aunque China no goza de gran reconocimiento internacional en materia de implementación de medidas medioambientales en sus proyectos, en los últimos años ha invertido fuertemente en la mejora de estos servicios. De esta manera, sus estándares ambientales han mejorado sustancialmente hasta equipararse de alguna forma con el *benchmark* internacional.

No se tiene constancia de las medidas medioambientales implementadas por las compañías de construcción chinas por lo que se realiza una estimación de estos impactos.

7.4.1 Emisiones de CO₂

El mercado del carbon pricing en Africa es prácticamente inexistente y no existen datos de cuantificación del impacto económico por cada país a causa de las emisiones que producen el cambio climático. Sin embargo, uno de los principios de la cuantificación del cambio climático es que no importa donde se produzcan las emisiones puesto que los efectos serán perjudiciales de manera global. Por lo tanto se ha recurrido a la cuantificación europea que estima unos precios por emisión de CO₂ para cada década del siglo XXI. Posteriormente se trasladan los valores a precios de 2015 y posteriormente a dólares, obtendremos una estimación del coste ambiental de la construcción.

| Año de emisión | € ₂₀₀₂ / tonelada CO ₂ |
|----------------|--|
| 2000-2009 | 22 |
| 2010-2019 | 26 |
| 2020-2029 | 32 |
| 2030-2039 | 40 |
| 2040-2049 | 55 |
| 2050 | 83 |

Tabla 39. Costes Unitarios de CO₂e. Fuente: Bickel, P. et al, 2006

Estos datos son similares a los sugeridos por la guía de ACB de la Comisión Europea. En su estudio de 2014 publican la siguiente tabla de costes por tonelada de CO₂e en euros de 2010:

| | Value 2010 (Euro/t-CO2e) | Annual adders 2011 to 2030 ⁶⁹ |
|---------|--------------------------|--|
| High | 40 | 2 |
| Central | 25 | 1 |
| Low | 10 | 0.5 |

Tabla 40. Costes unitarios de gases de efecto invernadero. Fuente: Comisión Europea, 2014

De acuerdo con el estudio “A Holistic Approach for Estimating Carbon Emissions of Road and Rail Transport Systems” de Vasiliki Dimoula et al., se generan unos 30-40 tCO2e por km y por cada año de vida. Suponiendo un valor de vida extendido de 60 años y tomaremos el valor medio de 35 por lo que tendremos un total de 1.587.000 tCO2e a lo largo de la construcción.

$$\text{Emisiones } tCO_2e = 35 \frac{tCO_2e}{km * \text{año}} * 756 km * 60 \text{ años} = 1.587.600 tCO_2e$$

También se ha utilizado la herramienta Bilan Carbone de ADEME, que recoge multitud de datos de emisiones de carbono equivalente en todo tipo de proyectos de infraestructura. La Agencia Francesa de Desarrollo utiliza esta herramienta de estimación para los cálculos ambientales de sus proyectos. Básicamente consiste en buscar en su biblioteca las emisiones unitarias y multiplicarlas por las cantidades relativas a cada proyecto.

| CONCEPTO | EMISIONES | UNIDAD |
|---|-----------|-----------|
| Raíl – energía, hormigón, acero | 4.363.000 | kgCO2e/km |
| Equipamientos | 1.225.000 | kgCO2e/km |
| Estaciones de Trenes | 194.000 | kgCO2e/km |
| Raíl - Construcción – sin uso de limas | 5.588.000 | kgCO2e/km |

Tabla 41. Emisiones en la construcción de una línea ferroviaria CO2e. Fuente: RFF, 2009

| CONCEPTO | EMISIONES | UNIDAD |
|---|-----------|------------|
| Tren - Construcción – Material Rodante | 8.121 | kgCO2e/ton |
| Tren - Construcción – Todo incluido – Material Rodante (por tren completo) | 3.167.000 | kgCO2e |
| Masa de un Tren Completo | 390 | tonnes |

Tabla 42. Emisiones en la construcción de un tren en CO2e. Fuente: RFF, 2009

Como se ha analizado en un epígrafe anterior, la empresa china CSR Zhuzhou obtuvo un contrato para facilitar 35 locomotoras eléctricas para la línea. Aunque el resto del material rodante se sabe que consiste en vagones de primera y segunda clase, vagones restaurante y vagones litera, no se sabe con certitud el número de cada. Por lo tanto solo se han tenido en cuenta las locomotoras.

$$\text{Emisiones } tCO_2e = 5.588 \frac{tCO_2e}{km} * 756 km = 4.224.528 tCO_2e$$

$$Emisiones\ tCO_2e = 3.167 \frac{tCO_2e}{unidad} * 35\ unidades = 110.845\ tCO_2e$$

Ahora lo pasamos a unidades monetarias teniendo en cuenta la tabla de Bickel et al. anterior y ajustando los precios de 2002 a 2015 a través de la inflación. Dado que la divisa del proyecto es en dólares, se pasan los resultados a esa divisa. Datos: inflación media del euro 2002-2015 fue de 1.7% y el cambio de euro a dólar en 2015 fue igual a 1.11 \$/€.

$$Coste\ Ambiental\ por\ tCO_2\ (2015) = \frac{26€}{tCO_2e} * 1.017^{13} = \frac{32.4€}{tCO_2e}$$

$$Coste\ Ambiental\ (2015) = \frac{32.4€}{tCO_2e} * \frac{1.11\$}{€} * 4.492.000 = 155.917.000\$$$

Distribuido a lo largo de los 6 años de construcción = 25.986.000 \$ por año

7.4.2 Contaminación del aire

La contaminación del aire durante la construcción de un ferrocarril proviene de muchas fuentes, siendo la más notable el consumo de combustible por parte de las máquinas en la obra. Este consumo produce gran cantidad de gases contaminantes de la atmósfera, nocivos para la salud humana y que contribuyen al cambio climático. Afortunadamente, nuevas tecnologías se están concentrando en la reducción de partículas emitidas y en el aumento de la eficiencia. No obstante, en la mayoría de los casos, este tipo de tecnología es usada en países desarrollados y no llega a países en vías de desarrollo.

La literatura técnica está bastante avanzada en Europa, Norteamérica y países desarrollados de Asia (Corea, Japón). No obstante, la cuantificación de la calidad del aire en África no está estudiada por completo y por lo tanto no existen informes precisos sobre el impacto económico en este respecto en Etiopía. Se podrían realizar aproximaciones a partir de datos europeos pero el margen de error sería tan grande que podría falsear los resultados. Aunque se trate de un tema en boga y con fuerte potencial de desarrollo en los años venideros gracias en parte a los Acuerdos de París y la Agenda global contra el clima, actualmente el continente africano, en su mayoría, no disfruta de estos datos. Dadas las complicaciones de medida, no se ha estimado.

7.4.3 Ruido

Debido a la eficacia de dichas medidas de mitigación del ruido, cuyos costes se consideran incluidos en los costes de construcción, no se contabilizará el impacto del ruido durante la construcción como coste, ya que serán mínimos.

Al igual que otros impactos ambientales, aunque en especial este, sufren de una infraconsideración en los países africanos. No existe literatura en este tema y por ahora no se ha encontrado ningún empuje ni institucional ni académico en el continente. En contra, los países occidentales, y en especial los europeos, han desarrollado metodologías considerablemente sólidas para hallar la traducción monetaria de estos impactos.

7.4.4 Impacto energético

La herramienta Bilan Carbone de la AFD dispone de datos de maquinaria, se pueden estimar las horas trabajadas por las máquinas y obtener una valoración de CO₂e que se podrá trasladar a unidades monetarias. No obstante, no se disponen de los datos de maquinaria empleados en la construcción de la línea.

De todas maneras, la estimación de emisiones de CO₂e derivadas de la construcción de la línea férrea ya incluía la energía empleada para tal efecto. De ahí la gran diferencia entre estimaciones con el estudio de Vasiliki Dimoula et al.

7.5 IMPACTOS SOCIALES DERIVADOS DE LA CONSTRUCCIÓN

La construcción del ferrocarril provocará indudablemente impactos sociales en los alrededores de las obras como por ejemplo desviaciones de carreteras, desviaciones de rutas de transporte público en zonas urbanas, ralentización del flujo vehicular en zonas próximas a la construcción, etc. Los impactos son innumerables y de tipos e incidencia diferentes aunque generalmente de incidencia leve. No se dispone de datos a este respecto y aunque los hubiese serían de muy difícil cuantificación. Por esta razón no han sido incluidos en el análisis económico más que los considerados a continuación por su naturaleza y por el mejor conocimiento de la técnica para trasladarlos a valores monetarios.

7.5.1 Creación de patrimonio

Este es un impacto social de muy difícil estimación. Indudablemente, las estaciones de trenes son algunos de los edificios más emblemáticos de muchas ciudades en el mundo como puede ser la Gare du Nord de París, la estación central de Milán o la Chhatrapati Shivaji Maharaj de Bombay. Esta última incluso ha sido declarada patrimonio de la humanidad por la UNESCO.

Otra evidencia es la iniciativa de ADIF en 2014 en la que puso a la venta 423 apeaderos a lo largo y ancho de la península española. Estos apeaderos, a pesar de encontrarse en desuso, mantenían un cierto valor económico derivado del patrimonio cultural e histórico.

En el caso de Etiopía, la estación ferroviaria de Addis Abeba, La Gare, es un edificio histórico centenario que se inauguró en 1929. Durante años, entre sus muros se organizó la dirección general de la compañía de gestión de la línea, las instalaciones terminales, un hangar, comercios, talleres de reparación, un centro de formación e incluso un club deportivo y artístico reservado a los agentes de la compañía y sus familias. En 2008 tras el cierre de la anterior línea, un proyecto callejero amenazó con llevar a su aislamiento o demolición, pero el edificio sobrevivió y no fue demolido. Tras algunos años de incertidumbre se encontró una solución que incorporaba un proyecto de rehabilitación de todo el barrio circundante, manteniendo el edificio original de la estación. En este caso, el patrimonio generado es consideración muy abstracta y por lo tanto no se ha considerado para nuestro estudio.



Ilustración 27. Estación de tren La Gare en Addis Abeba. Fuente: selamta.net

7.5.2 Creación de empleos

Como lo definieron Murty y Goldar (2006) en el contexto de la India, la mano de obra empleada en la construcción y mantenimiento de proyectos ferroviarios se beneficiará en base a la tasa salarial del proyecto derivada de los empleos generados por el proyecto.

Para establecer la cantidad de beneficio económico que se deriva de la creación de empleo se utilizarán los datos de Dr. Mohapatra en su análisis económico mencionado anteriormente. En él hace una distinción de la mano de obra cualificada y no cualificada. Sin embargo, se ha realizado una modificación a sus estimaciones. El Dr. Mohapatra considera 3000 personas trabajando en labores que no necesitan cualificación y 2500 trabajadores cualificados mientras que multitud de fuentes elevan esta cifra a unos 25 000 trabajadores en total. Ciertamente llama la atención que en la estimación del autor haya casi tanto trabajadores cualificados como no cualificados trabajando en la construcción. Es por esta razón que se ha tomado la decisión de remplazar la cifra de trabajos no cualificados por un total de 20 000. Se presentan las hipótesis en la tabla siguiente:

MANO DE OBRA NO CUALIFICADA

| | |
|---------------------------------|---------------------|
| <i>Plantilla</i> | 20.000 trabajadores |
| <i>Días laborables anuales</i> | 300 días |
| <i>Tasa salarial diaria</i> | 4,46 \$ / 90 birr |
| <i>Aumento anual de la tasa</i> | 5% |
| <i>Factor de conversión</i> | 0,33 |
| MANO DE OBRA CUALIFICADA | |
| <i>Plantilla</i> | 2.500 trabajadores |
| <i>Días laborables anuales</i> | 300 días |
| <i>Tasa salarial diaria</i> | 11,37 \$ / 230 birr |
| <i>Aumento anual de la tasa</i> | 5% |
| <i>Factor de conversión</i> | 0,76 |

Tabla 43. Hipótesis de mano de obra durante la construcción. Fuente: Mohapatra, 2016

Opeando se obtienen los impactos monetarios en valores de dólares de 2015, a los que posteriormente se les aplicará el factor de conversión a precios económicos correspondiente. Siguiendo la tabla que se ha expuesto el apartado 7.1 se establecen un factor de conversión de 0,33 para empleos no cualificados y 0,76 para empleos cualificados. En los años siguientes al de inicio de construcción los salarios crecerán a un ritmo del 5% anual.

$$\text{Ingreso por empleo no cualificado (2012)} = 20.000 * 300 * 4,46 * 0.33 = 8.830.800 \$$$

$$\text{Ingreso por empleo cualificado (2012)} = 2.500 * 300 * 11,37 * 0.76 = 6.480.900 \$$$

7.6 BENEFICIOS SOCIALES

7.6.1 Generación de empleos

Siguiendo las consideraciones del epígrafe anterior se continúa con las siguientes hipótesis obtenidas a partir del estudio del Dr. Mohapatra para las labores de mantenimiento y operación:

MANO DE OBRA NO CUALIFICADA

| | |
|--------------------------------------|---------------------|
| <i>Plantilla</i> | 3.000 trabajadores |
| <i>Días laborables anuales</i> | 300 días |
| <i>Tasa salarial diaria</i> | 4,46 \$ / 90 birr |
| <i>Aumento anual de la tasa</i> | 5% |
| <i>Aumento anual de la plantilla</i> | 5% |
| <i>Factor de conversión</i> | 0,33 |
| MANO DE OBRA CUALIFICADA | |
| <i>Plantilla</i> | 2.500 trabajadores |
| <i>Días laborables anuales</i> | 300 días |
| <i>Tasa salarial diaria</i> | 11,37 \$ / 230 birr |
| <i>Aumento anual de la tasa</i> | 5% |
| <i>Aumento anual de la plantilla</i> | 5% |
| <i>Factor de conversión</i> | 0,76 |

Opearando de la misma manera se obtienen los impactos monetarios en valores de dólares de 2015, a los que posteriormente se les aplicará el factor de conversión a precios económicos correspondiente. En los años siguientes al de inicio de construcción los valores monetarios crecerán a un ritmo del 10,25% anual tomando en cuenta el aumento de la tasa y de la plantilla.

$$\begin{aligned} \text{Ingreso por empleo no cualificado (2018)} &= 3.000 * 300 * 4,46 * 1,05^6 * 0.33 \\ &= 1.775.000 \$ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ingreso por empleo cualificado (2018)} &= 2.500 * 300 * 11,37 * 1,05^6 * 0.76 \\ &= 8.685.000 \$ \end{aligned}$$

A estos ingresos habría que reducir la cantidad de conductores de camiones que perderían su empleo a causa de la construcción del ferrocarril. Según el estudio del Banco Mundial del año 2013 sobre la logística de Yibuti, se estima que los salarios de Etiopía son un 50% más bajos que los de sus compañeros de Yibuti. Esto es 400 \$ al mes para los conductores de Yibuti y en torno a 200 \$ para los etíopes. También se estiman un total de 6000-8000 camiones etíopes y entre 200-250 por parte de Yibuti. Para estos se tomará una tasa salarial del 25% de su ingreso. Se tomará la estimación de 7000 camiones con un total de 2 trabajadores por camión, siendo un 90% de estos los que pierden el trabajo. Finalmente se le aplicará el factor de conversión para trabajo no cualificado. Para homogeneizar los cálculos con el cálculo anterior, se estimará que los transportistas de camiones crecerían a un ritmo del 10,25%, cifra similar al crecimiento del comercio exterior y también de la motorización.

$$\begin{aligned} \text{Pérdida por conductores de camión (2018)} &= 7.000 * 2 * 90\% * 200 * 12 * 25\% * 0.33 \\ &= 2.495.000 \$ \end{aligned}$$

7.6.2 Reducción accidentes transporte

De acuerdo a datos del estudio de Davies Adeloye et al. para la Organización Mundial de la Salud, Etiopía registró la tasa de accidentes mortales más alta de África en 2011 con 81.6 muertes por 100.000 habitantes. Más adelante, en 2015, Etiopía presentaba en el estudio de la OMS unos datos mucho más bajos, con una tasa de tan solo 25,6 muertes por cada 100.000 habitantes sumando un total de 23 837 fallecidos en las carreteras. En el mismo estudio también se compara la cantidad de fallecidos por número de vehículos siendo esta de 4984 por 100 000 vehículos, la quinta más elevada del mundo por detrás de otras cuatro naciones africanas. Para dar un orden de magnitud a esta tragedia, España presente tasas de 3,7 y 5,3 por 100 000 habitantes y vehículos respectivamente (top 10 más bajo mundial en ambas categorías).

Por esta razón se han de tomar medidas drásticas en el país y este proyecto podrá ayudar a reducir esta mortalidad atroz. Indudablemente la construcción del ferrocarril hará que gran parte de los camiones que transitan la línea no lo hagan más al perder la mercancía en favor de la línea férrea. En este estudio se ha estimado ese descenso en el 90%.

Citando nuevamente fuentes de la OMS se calcula que entre 6000 y 8000 camiones transitan el corredor analizado, de los cuales 1500 atraviesan la frontera diariamente. En comparación tan solo entre 200 y 250 transportistas son de nacionalidad yibutiana. Es por esta razón que solo se analizan datos de Etiopía. Tampoco se analizan datos de vehículos que transporten pasajeros al ser una minoría y de muy difícil estimación.

Siguiendo con la misma fuente se estima un total de 500 000 vehículos en el país para el año 2015, coincidente con las estimaciones de Deloitte, lo que significa que tan solo un 1,4% del total de los vehículos transitan la línea diariamente. También se ha hecho una condensación de los accidentes mortales y que producen lesionados en el conjunto de África y se muestra que casi la mitad de estos corresponden a viandantes y vehículos de dos ruedas. Esto significa que al menos la mitad de los accidentes ocurren en entorno urbano y no en autovías, si bien la gravedad de estos últimos serían de mayor consideración. También habría que tener en cuenta que los transportistas son conductores profesionales a los que se les supone buen manejo del volante y menor riesgo de accidente que a un conductor estándar. No habría que ignorar, sin embargo, que estos conductores pasan muchas más horas al volante que el conductor medio y eso aumenta la probabilidad de accidente.

| Afectados | <i>Porcentaje de heridos</i> | <i>Porcentaje de muertes</i> |
|-----------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Viandantes | 17% | 32% |
| Vehículos de cuatro ruedas | 57% | 56% |
| Vehículos de 2 y 3 ruedas | 25% | 12% |

Tabla 44. Porcentaje de heridos y fallecidos por vehículo. Fuente: OMS, 2015

Todas estas son las razones para considerar que los vehículos que transitan la línea producen un total de 0,5% de las muertes en carretera. Asumiendo que el porcentaje de fallecidos es directamente proporcional al de accidentes, se estima que

estos vehículos causan también el 0,5% de los accidentes de la nación. Esta hipótesis es de carácter conservador dados los puntos anteriores. Por lo tanto una reducción del 90% de tráfico reduciría los accidentes en el país en un 0,4%.

La asociación sudafricana SAIA cifra en 2,2% de su PIB el coste promedio de los accidentes de tráfico en países comparables de bajos y medianos ingresos. Esta estimación es comparable a otras que se han hallado en publicaciones similares. En términos monetarios a Etiopía le estaría costando un total de 1418 millones de dólares para el año 2015. Finalmente, la reducción por accidentes de tráfico se estimaría en un

$$\text{Coste de accidentes de tráfico (2015)} = 64.460 \text{ MUSD} * 2,2\% = 1.418 \text{ MUSD}$$

$$\text{Reducción del coste de accidentes (2015)} = 1.418 \text{ MUSD} * 0,4\% = 5.672.000 \text{ USD}$$

En el estudio de Deloitte de 2015 “Deloitte AfricaAutomotive Insights” se proyecta un crecimiento del parque automotor a la misma velocidad que el crecimiento del PIB, en torno a un 8-9% anual. Sin embargo hay que tener en cuenta los grandes esfuerzos por reducir la mortalidad en las carreteras del país. En consideración, se toma un crecimiento anual de los costes de tráfico de un 4%.

7.6.3 Aumento del valor del terreno y regeneración urbana

Los modelos de captura del incremento del valor del terreno son complejos e inexactos. En general, para estudio de este tipo se utiliza la valoración del incremento del precio en los terrenos circundantes afectados y también la consideración de la atracción de nuevas construcciones de viviendas y equipamiento en el área de influencia.

No se ha podido encontrar ninguna información referente a este aspecto en la literatura existente ni en los archivos nacionales de Etiopía. Consecuentemente, se ha decidido no considerar estos beneficios en el análisis.

7.7 BENEFICIOS MEDIOAMBIENTALES EN FASE DE OPERACIÓN

Se han estimado las emisiones contaminantes a partir de las estimaciones de tráfico calculadas anteriormente y multiplicándolas por la emisividad unitaria de un camión en el contexto africano. Se da por supuesto que toda la carga que transportará el ferrocarril se hubiera transportado mediante camiones si no se hubiera construido y se asume que el tráfico de mercancías hubiese sido el mismo. Esto quiere decir que el transporte de carga inducido sería igual a cero. Esta hipótesis no es completamente fiel a la realidad puesto que cualquier mejora de este calibre induce más tráfico, pero se ha considerado de esta manera para simplificar los cálculos y, sobre todo, por la falta de datos al respecto. También se ha considerado que las emisiones producidas por el ferrocarril durante su operación son inexistentes. Como se ha apuntado anteriormente, los trenes funcionarán con energía eléctrica derivada de la generación hidráulica del propio país. Existen dudas sobre la capacidad de Etiopía de generar tal cantidad de energía con la seguridad necesaria para que los trenes discurran con normalidad durante todas las épocas del año.

Dependiendo de las fuentes, el mix eléctrico de Etiopía oscila entre el 90% y el 100% de energías renovables, siendo la hidroeléctrica la de mayor importancia aunque con un porcentaje significativo de energía térmica que obtiene a partir de una de las mayores plantas del sector en el mundo. También destaca su reciente y determinada apuesta por la energía eólica, pionera en el continente.

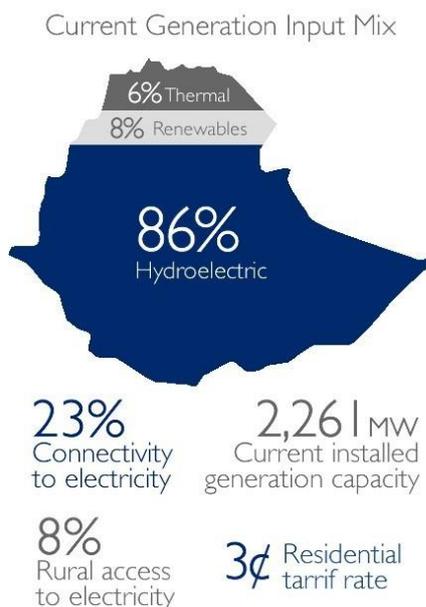


Ilustración 28. Mix de generación eléctrica de Etiopía. Fuente: USAID, 2017

A partir de las hipótesis señaladas anteriormente, se procede a calcular las emisiones que produciría el transporte de carga por carretera con los datos de tráfico estimados para el ferrocarril. Se han tomado datos de la herramienta Bilan Carbone de ADEME que identifica las emisiones de CO2 equivalente relativas al ciclo de vida de un camión destinado al transporte de bienes.

| CONCEPTO | EMISIONES | UNIDAD |
|--|--------------|--------------------|
| Construcción del vehículo | 0,021 | kgCO2e/t-km |
| Intensidad de energía | 2.300 | MJ/t-km |
| Gasolina/diésel (todo incluido, en kWh) | 0,295 | kgCO2e/kWh |
| Conversión de MJ a kWh | 3.600 | MJ/kWh |
| Combustión | 0,189 | kgCO2e/t-km |
| Camión – media (en toneladas – km) - África | 0,210 | kgCO2e/t-km |

Tabla 45. Emisiones por camión. Fuente: ADEME y IEA, 2009

A partir de este cálculo se toman los mismos precios de emisiones que ya se tomaron para las emisiones durante el periodo de construcción. Sin embargo, en aquel cálculo todas las emisiones ocurrían durante la misma década y el precio por unidad de contaminante no variaba. En este caso las emisiones se extiende durante 30 años de

operación y se ha decidido hacer una regresión para tomar valores intermedios y así reflejar de una manera más precisa los costes incurridos.

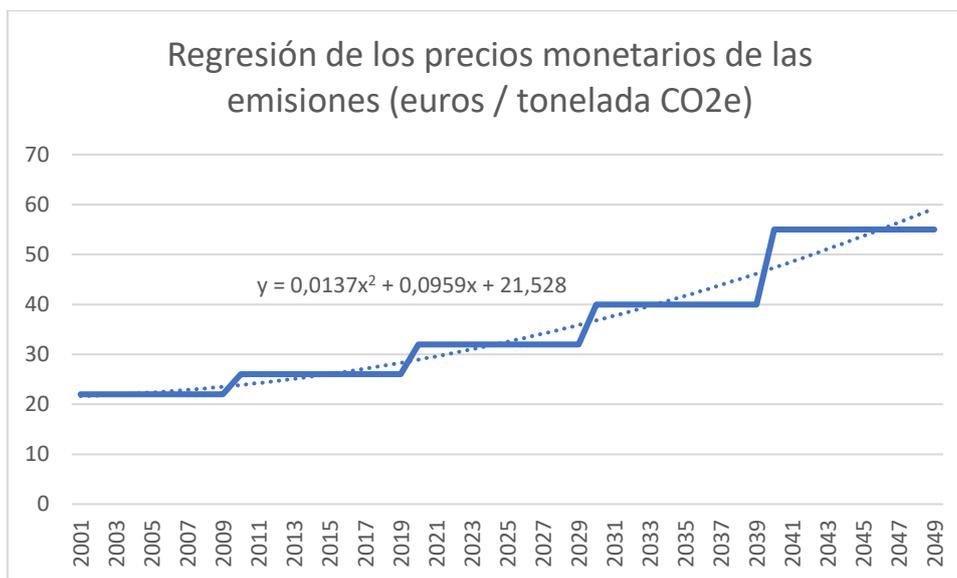


Gráfico 15. Regresión de los costes unitarios de CO2e. Fuente: elaboración propia

Estos datos están en los órdenes de magnitud internacionales más recientes. La guía de ACB de la Comisión Europea estima en 0,026 €/t-km para transporte por camión. Los datos tomados por Bickel, P. et al. en 2006 para emisiones en la década de 2020-2029 nos dan valores de 0,008 €/t-km a precios de 2015, más cercanos de los valores que la Comisión Europea estima para los ferrocarriles. De todas maneras se mantiene la utilización de las estimaciones de Brickell et al, puesto que no se pretende sobredimensionar el valor ambiental con las estimaciones más altas del contexto europeo.

$$\begin{aligned} \text{Valor monetario de la emisiones (€}_{2015}) &= 0,00021 \frac{tCO_2e}{t * km} * \frac{32€_{2002}}{tCO_2e} * (1,017)^{13} \\ &= 0,008 \frac{€}{t * km} \end{aligned}$$

| Passengers (pax-km) | | |
|---------------------|-------------|-------|
| Road cost | EUR/pax-km | 0.015 |
| Rail Cost | EUR/pax- km | 0.007 |
| Freight (ton-km) | | |
| Road cost | EUR/ton-km | 0.026 |
| Rail Cost | EUR/ton-km | 0.006 |

Tabla 46. Valor monetario de la emisiones por transporte de carga. Fuente: Comisión Europea, 2016

Asumiendo las hipótesis de inflación media del euro que se deja fija en 1.7% (media de la última década) y el cambio del euro contra el dólar que se mantiene fijo en EUR/USD = 1,17 (media estable del año 2015). La inflación se utiliza para trasladar los euros de 2002 estimados por el autor a euros de 2015 y el cambio de divisa se utiliza

para pasar de euros de 2015 a dólares de 2015, de manera que se pueda comparar con el resto de datos calculados en este estudio.

Finalmente, teniendo las emisiones por cada tonelada transportada en camión en el contexto africano y el valor monetario a precios de 2015 de dichas emisiones, tan solo falta operarlo con la cantidad de carga trasladada en la línea y que se evita de ser trasladada por camiones. Se tomarán entonces los datos de carga transportada calculados anteriormente entre Addis Abeba y Yibuti. Se desprecia por lo tanto la parte que solo hace el trayecto Dire Dawa – Yibuti al ser esta de mucha menor magnitud que la que une las dos capitales.

| Año | Precio €2002 | Est. Precio €2002 | Est. Precio \$2015 | Tráfico Carga (Millones Ton) | Reducción emisiones (Mill \$2015) |
|------------|-------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|---|--|
| 2018 | 26 | 27,69 | 40,34 | 7,98 | 51,08 |
| 2019 | 26 | 28,30 | 41,22 | 8,34 | 54,57 |
| 2020 | 32 | 28,93 | 42,14 | 8,70 | 58,21 |
| 2021 | 32 | 29,58 | 43,09 | 9,06 | 62,02 |
| 2022 | 32 | 30,27 | 44,09 | 9,43 | 65,99 |
| 2023 | 32 | 30,98 | 45,13 | 9,79 | 70,15 |
| 2024 | 32 | 31,72 | 46,21 | 10,15 | 74,48 |
| 2025 | 32 | 32,49 | 47,32 | 10,52 | 79,01 |
| 2026 | 32 | 33,28 | 48,48 | 10,88 | 83,74 |
| 2027 | 32 | 34,10 | 49,68 | 11,24 | 88,67 |
| 2028 | 32 | 34,95 | 50,92 | 11,61 | 93,81 |
| 2029 | 32 | 35,83 | 52,19 | 11,97 | 99,17 |
| 2030 | 40 | 36,74 | 53,51 | 12,33 | 104,76 |
| 2031 | 40 | 37,67 | 54,87 | 12,69 | 110,58 |
| 2032 | 40 | 38,63 | 56,26 | 13,06 | 116,63 |
| 2033 | 40 | 39,61 | 57,70 | 13,42 | 122,94 |
| 2034 | 40 | 40,63 | 59,18 | 13,78 | 129,49 |
| 2035 | 40 | 41,67 | 60,69 | 14,15 | 136,31 |
| 2036 | 40 | 42,74 | 62,25 | 14,51 | 143,39 |
| 2037 | 40 | 43,83 | 63,85 | 14,87 | 150,75 |
| 2038 | 40 | 44,96 | 65,48 | 15,23 | 158,39 |
| 2039 | 40 | 46,11 | 67,16 | 15,60 | 166,31 |
| 2040 | 55 | 47,28 | 68,88 | 15,96 | 174,53 |
| 2041 | 55 | 48,49 | 70,63 | 16,32 | 183,05 |
| 2042 | 55 | 49,72 | 72,43 | 16,69 | 191,88 |
| 2043 | 55 | 50,98 | 74,26 | 17,05 | 201,02 |
| 2044 | 55 | 52,27 | 76,14 | 17,41 | 210,49 |
| 2045 | 55 | 53,59 | 78,06 | 17,78 | 220,28 |
| 2046 | 55 | 54,93 | 80,01 | 18,14 | 230,41 |
| 2047 | 55 | 56,30 | 82,01 | 18,50 | 240,88 |

Tabla 47. Estimación del precio de la emisiones anuales. Fuente: elaboración propia

Es de destacar que estos valores coinciden en orden de magnitud con publicaciones que comparan el ahorro operacional de distintos modos de transporte. La siguiente imagen indica que se conseguiría hasta un 86,9% de reducción de costes externos si el transporte de carga migrara a ferrocarriles eléctricos desde transporte vial.

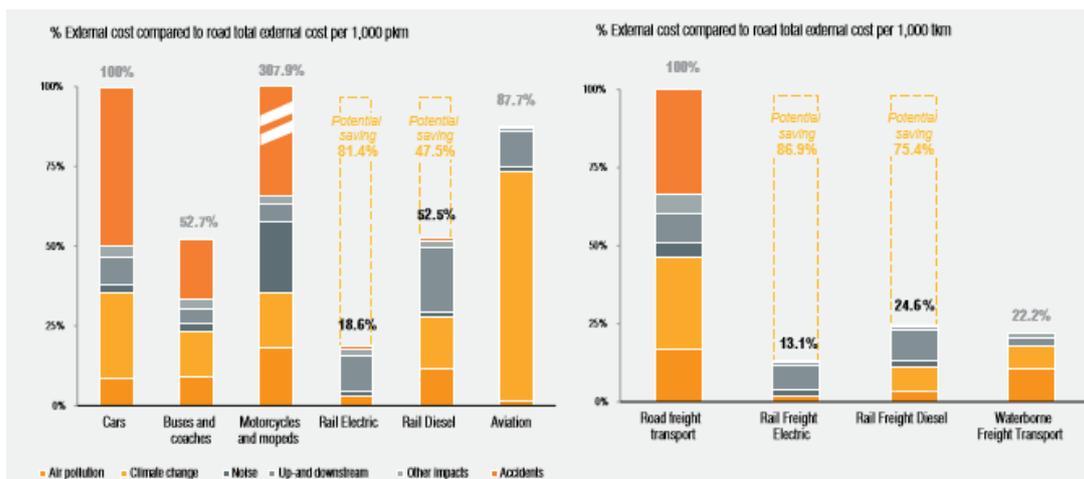


Gráfico 16. Reducción de costes externos según modo de transporte. Fuente: ALG

7.8 RESULTADOS ECONÓMICOS

La siguiente tabla resume los costes e ingresos económicos acumulados del proyecto sin descuento, a precios de 2015 y en millones de dólares.

| Concepto | Valor (millones USD) |
|---|-----------------------------|
| COSTES DE INVERSIÓN | -3.630,30 |
| EXCEDENTE DEL PRODUCTOR | +14.117,13 |
| Reducción de Costes de Operación | +15.919,32 |
| Reducción de Costes de Mantenimiento | -1.802,19 |
| EXCEDENTE DEL CONSUMIDOR | +14.222,01 |
| Reducción de Tarifa de Usuarios | +9.643,05 |
| Reducción en Costes de Tiempo | +4.578,96 |
| EXTERNALIDADES | +5.513,81 |
| Impactos Ambientales en la Construcción | -155,94 |
| Impactos Sociales en Obras | +104,14 |
| Impactos Ambientales en Operación | +3.872,95 |
| Impactos Sociales en Operación | +1.374,66 |
| Impactos por Reducción de Accidentes | +318,00 |

Tabla 48. Resumen de costes económicos del proyecto. Fuente: elaboración propia

Una vez descontados los costes e ingresos del proyecto en base a la tasa del 10% establecida para el país, se procede a calcular el VANE, la TIRE y el ratio beneficio-coste del proyecto.

$$VANE = \sum_{t=0}^n a_t S_t = \frac{S_0}{(1+i)^0} + \frac{S_1}{(1+i)^1} + \dots + \frac{S_n}{(1+i)^n} = 2.156,99 \text{ MUSD}$$

$$0 = \sum \frac{S_t}{(1+TIRE)^t}; TIRE = 15,29\%$$

$$\text{Ratio B/C} = \frac{\sum \text{Ingresos descontados}}{\sum \text{Costes descontados}} = 1,81$$

El análisis de estos indicadores, añadiéndolos a los ya calculados anteriormente, nos proporcionan la suficiente información para caracterizar la inversión.

El VANE nos indica que, a lo largo de los 30 años de vida económica de la infraestructura, los beneficios económicos para la sociedad descontados a la tasa de 10% superan a los costes económicos para la sociedad. En resumen, el proyecto generará un beneficio para el conjunto de la sociedad y por lo tanto se debe acometer basándose en este criterio.

La TIRE nos transmite que todavía hay margen de tasa de descuento para que, con los datos de costes e ingresos estimados para el proyecto, la inversión siga siendo rentable para los inversores.

Finalmente, el ratio beneficio-coste nos anuncia que los ingresos descontados superan notablemente (casi duplican) a los costes descontados. Este indicador anuncia que el proyecto será rentable para la sociedad, de manera similar a la VANE.

Estos datos contrastan con la VANF(I) calculada anteriormente y la razón fundamental es que los proyectos de transporte conllevan muchos costes e ingresos indirectos que no se reflejan directamente en los precios. Estos beneficios indirectos se esconden en múltiples ocasiones en impactos ambientales y sociales, que no son medidos desde la posición del inversor que busca la mayor rentabilidad monetaria a su dinero.

El siguiente gráfico ilustra los beneficios económicos netos descontados para el proyecto. Como en los anteriores gráficos se aprecia que el coste de inversión en los primeros seis años es muy elevado pero en este caso los beneficios se recogen desde el primer año. También es destacable que los beneficios disminuyen a lo largo del tiempo y no aumentan como sucedía en los análisis financieros. Esto se debe en gran medida a que los beneficios se derivan de una comparación entre la situación existente en la que las cargas se transportan mayoritariamente a través de la carretera y la situación con ferrocarril. Los beneficios del cambio se recogen desde el primer instante en que se pone en funcionamiento la nueva línea y no crecen de manera exponencial sino que son de carácter relativamente estable. La tasa de retorno elevada sería la culpable de que estos beneficios sean decrecientes.

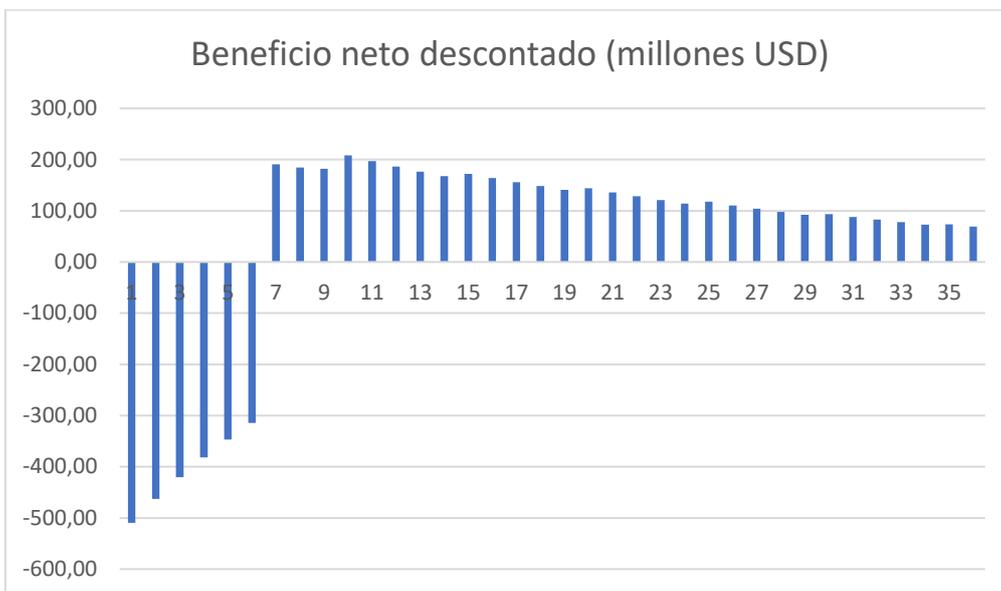


Gráfico 17. Beneficios económicos netos descontados del proyecto. Fuente: elaboración propia

En el gráfico final se observa que el proyecto ya sería rentable socioeconómicamente a partir del año 17, tan solo 11 años tras la apertura de la nueva línea de ferrocarril.

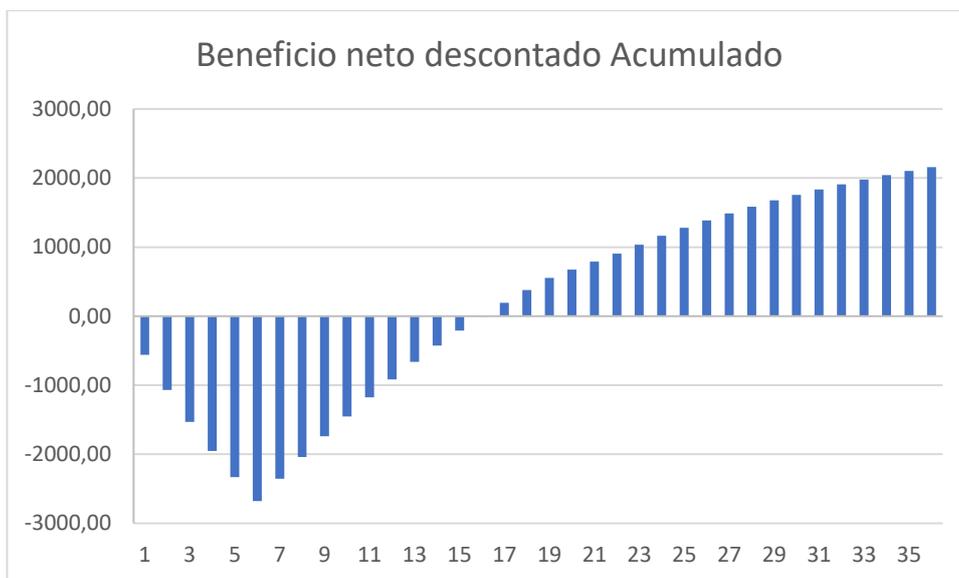


Gráfico 18. Beneficios económicos netos acumulados descontados del proyecto. Fuente: elaboración propia

8 EVALUACIÓN DE RIESGOS

Como análisis final de este estudio, se ha realizado una evaluación de riesgos que incluye un análisis de sensibilidad, un análisis de escenarios y un análisis de riesgo de Montecarlo. El objetivo de esta evaluación es comprobar la robustez de los datos presentados anteriormente y evaluar la posibilidad de incurrir en pérdidas por situaciones imprevistas o no consideradas al comienzo del proyecto.

8.1 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Para conocer qué datos son los más sensibles a una variación marginal potencial, se han modificado diferentes parámetros en un 1% y se ha anotado su impacto porcentual en el VANE. Las variables que presenten modificaciones del VANE más altas serán las variables críticas y deberán de conllevar un seguimiento especial durante todo el proyecto (si aplica) para no incurrir en impactos que eviten la rentabilidad del proyecto.

Se ha optado por seleccionar variables no finales (es decir las presentadas en los resultados económicos) pues era ya evidente el peso que tendrían estas en el cálculo del VANE. Obviamente, las tarifas de usuarios y la diferencia de costes de operación son los que más impacto tienen en el van pues suponen una parte más relevante de los costes e ingresos totales. Por esta razón se han elegido variables intermedias como las que se presentan en la tabla siguiente.

| <i>Variable</i> | <i>Variación del VANE</i> |
|---|---------------------------|
| <i>Construcción</i> | -1,27% |
| <i>Tasa descuento</i> | -3,09% |
| <i>Factor de conversión estándar</i> | 0,40% |
| <i>Tráfico de carga</i> | 2,36% |
| <i>Tráfico de pasajeros</i> | 0,01% |
| <i>Costes de mantenimiento del ferrocarril</i> | -0,15% |
| <i>Costes de operación del ferrocarril</i> | -0,43% |
| <i>Costes de renovación del ferrocarril</i> | -0,05% |
| <i>Precios de CO2e</i> | 0,22% |
| <i>Tasa de interés</i> | -0,01% |
| <i>Costes de operación de camiones</i> | 1,51% |
| <i>Diferencia de mantenimiento de carretera</i> | 0,06% |

Tabla 49. Análisis de sensibilidad económica del proyecto. Fuente: elaboración propia

A partir de la tabla anterior se ha podido comprobar que pocos elementos del proyecto tienen un gran impacto sobre los resultados. El proyecto es, por lo tanto, estable económicamente. Al estar tan diversificados los costes e ingresos del proyecto, al modificar uno solo de esos elementos *ceteris paribus* el resto de los elementos amortiguan esos impactos. Mención especial para la construcción que al ocurrir al comienzo de la vida económica tiene más impacto porque el descuento no le afecta tanto. También destaca el tráfico de carga que confirma que el transporte de bienes en el corredor es el corazón del proyecto.

Es necesario analizar el signo de cada variable para comprobar que un aumento del 1% de cada una de las variables presentadas puede generar un impacto beneficioso (si el signo es positivo) o adverso (si el signo es negativo). El aumento de la construcción evidentemente genera impactos negativos aunque es interesante evaluar que el aumento del factor de conversión estándar conduce a resultados positivos. También se ha de destacar que para las variables que ya estaban en porcentaje, como la tasa de interés de los préstamos de China, se han modificado proporcionalmente y no sumado un 1%. Es decir, del 3,107% considerado inicialmente se ha pasado a 3,138%.

Dejando a un lado los signos, las variables que más impacto tienen se muestran en el siguiente gráfico. En él comprobamos que hay dos variables que generan impactos muy importantes (tasa de descuento y tráfico de carga) y dos variables que provocan impactos intermedios (costes de construcción y costes de operación). El resto de variables tienen un impacto marginal de muy reducidas dimensiones comparativamente a las que acabamos de mencionar.

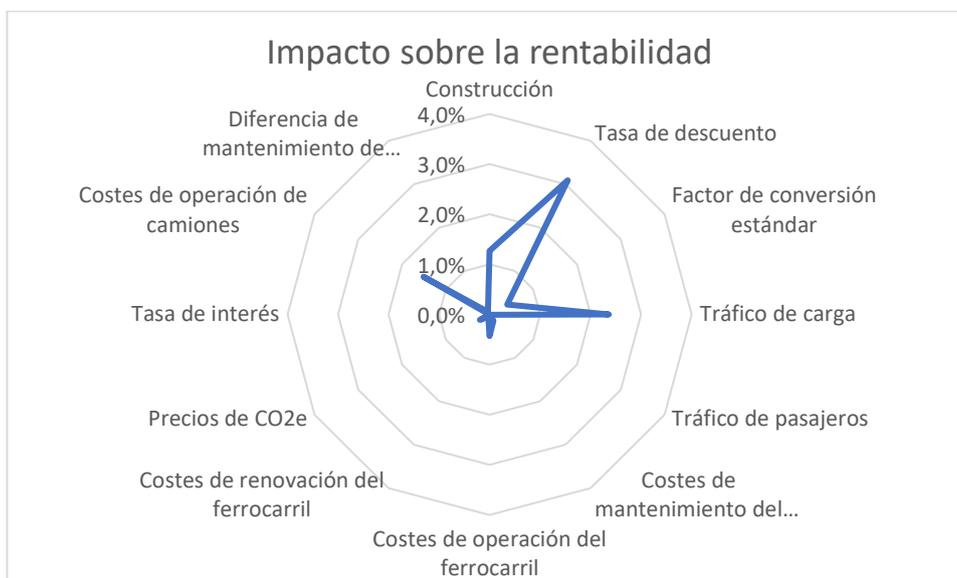


Gráfico 19. Gráfico radar sobre los impactos sobre el rendimiento de variables seleccionadas.
 Fuente: elaboración propia

Por último, se destaca el hecho de que estos impactos no son lineales y dependen del volumen de modificación. Esto quiere decir que si una variación de los costes de construcción reducirán el VANE en un 3,09%, una modificación del 2% provocaría una reducción menor del doble y así sucesivamente. Sin embargo, si se evalúan impactos marginales tan pequeños como el 1% se podría estimar un impacto lineal. Ocurriría de esta manera para todas las variables analizadas. También es digno de mencionar que una reducción del 1% en cada variable generaría impactos similares pero de signo contrario en el VANE.

8.2 ANÁLISIS DE ESCENARIOS

El análisis de escenarios presupone modificaciones a las consideraciones iniciales del proyecto en base a puntos de vista que aumenten los costes o que

aumenten los ingresos de forma deliberada para ponerse en situaciones pesimistas u optimistas con el objetivo de evaluar los distintos resultados dependiendo de las circunstancias. Para este análisis se ha considerado un escenario pesimista y otro optimista, siendo el escenario base el ya analizado anteriormente.

Escenario pesimista

Para determinar los resultados del escenario pesimista se han modificado los siguientes valores con respecto al escenario base:

- 1) Tasa de descuento aumentada al 12% como ocurre en varios análisis internacionales en el país.
- 2) Costes de inversión aumentados en un 10%, como han apuntado algunas fuentes anteriormente comentadas.
- 3) Diferencia de operación entre supuesto sin proyecto y con proyecto reducida en un 10%.
- 4) Beneficios de reducción del tiempo disminuidos en un 12%.
- 5) Beneficios por empleo durante la operación acortados en un 5%.
- 6) Beneficios ambientales en operación rebajados en un 8%.

Escenario optimista

Para determinar los resultados del escenario optimista se han modificado los siguientes valores con respecto al escenario base:

- 1) Factor de conversión estándar elevado a 0,88 (obtenido según los cálculos presentados anteriormente).
- 2) Diferencia de operación entre supuesto sin proyecto y con proyecto aumentada en un 12%.
- 3) Reducción de coste de usuario aumentado en un 5%.
- 4) Beneficios de reducción del tiempo incrementados en un 8%.
- 5) Beneficios ambientales en operación elevados en un 10%.
- 6) Beneficios por reducción de accidentes incrementados en un 5%.

Resultados

Los resultados se resumen en la siguiente tabla. Como vemos el impacto de un escenario pesimista sobre el VANF es notoriamente mayor que el del escenario optimista. Mientras que en el positivo aumentaríamos el VANF en 500 millones de dólares, el escenario negativo lo reduciría en más de 1500. En cualquier caso, el proyecto es muy robusto económicamente pues incluso en el escenario pesimista el rendimiento es positivo.

| Escenario | VANF (millones USD) | TIRF (%) |
|------------------|----------------------------|-----------------|
| <i>Pesimista</i> | 538,85 | 13,61 |
| <i>Base</i> | 2.156,99 | 15,29 |
| <i>Optimista</i> | 2,657.64 | 16.13 |

Tabla 50. Resultados de los posibles escenarios seleccionados. Fuente: elaboración propia

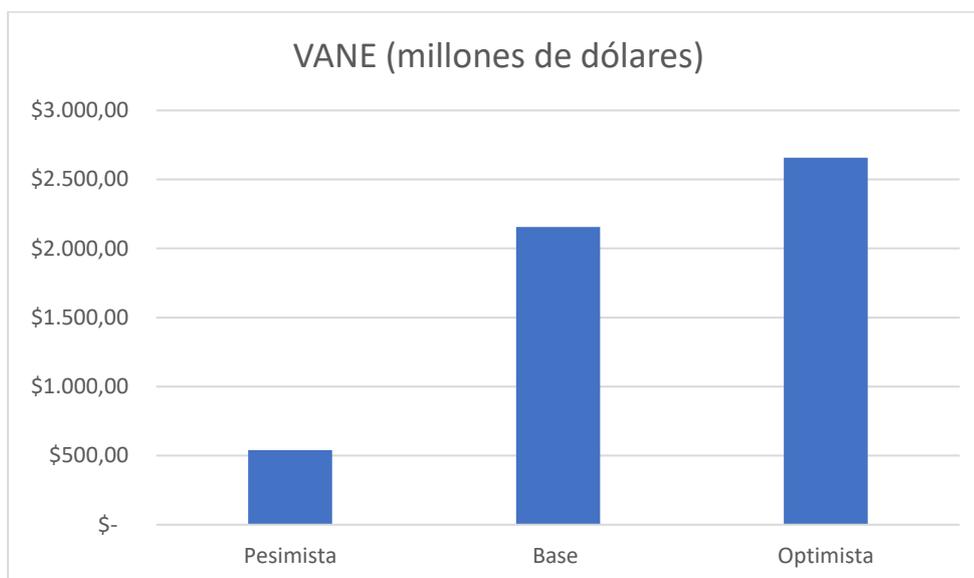


Gráfico 20. Comparativa del rendimiento de escenarios. Fuente: elaboración propia

8.3 ANÁLISIS DE RIESGO

Un análisis de riesgo evalúa la distribución de posibilidades que el proyecto consiga una rentabilidad determinada medida por el VANE. Para ello, se asigna una distribución de probabilidad a cada una de las variables del análisis de sensibilidad, definido en un rango preciso de valores alrededor de la mejor estimación, utilizado como caso base, para volver a calcular los valores esperados de los indicadores de rendimiento. Una vez establecidas las distribuciones de probabilidad para las variables, es posible proceder con el cálculo de la distribución de probabilidad del VANE del proyecto.

En la práctica se establece una distribución aleatoria sobre un rango definidos para las variables que se analizaron anteriormente y se dan valores aleatorios un número elevado de veces para tener una distribución de los posibles VANE. Este es el método conocido como MonteCarlo.

Distribución uniforme

En el primer escenario de análisis de riesgo se ha utilizado una distribución uniforme que presupone una misma probabilidad para todos los valores comprendidos en un rango. A continuación se presentan los rangos establecidos para las variables del proyecto como porcentaje del valor base calculado previamente.

| Concepto | Valor inferior | Valor superior |
|---|-----------------------|-----------------------|
| COSTES DE INVERSIÓN | 95% | 120% |
| EXCEDENTE DEL PRODUCTOR | | |
| Reducción de Costes de Operación | 80% | 120% |
| Reducción de Costes de Mantenimiento | 85% | 125% |
| EXCEDENTE DEL CONSUMIDOR | | |
| Reducción de Tarifa de Usuarios | 80% | 110% |
| Reducción en Costes de Tiempo | 85% | 115% |
| EXTERNALIDADES | | |
| Impactos Ambientales en la Construcción | 90% | 110% |
| Impactos Sociales en Obras | 85% | 110% |
| Impactos por Reducción de Accidentes | 90% | 120% |
| TASA DE DESCUENTO | 95% | 95% |

Tabla 51. Rango de valores para el análisis de riesgo con distribución uniforme. Fuente: elaboración propia

El resultado se plasma en un histograma que nos proporciona visualmente las probabilidades de obtener un VANE igual o superior a uno de los datos. Como vemos la distribución se concentra en el medio de la gráfica, lo cual significa que en la mayoría de los casos tendremos valores del VANE similares a los obtenidos en el escenario base. Es destacable el hecho de que con las hipótesis descritas anteriormente, el VANE siempre supera los mill millones de dólares, por lo que no existe ningún riesgo de incurrir en pérdidas.

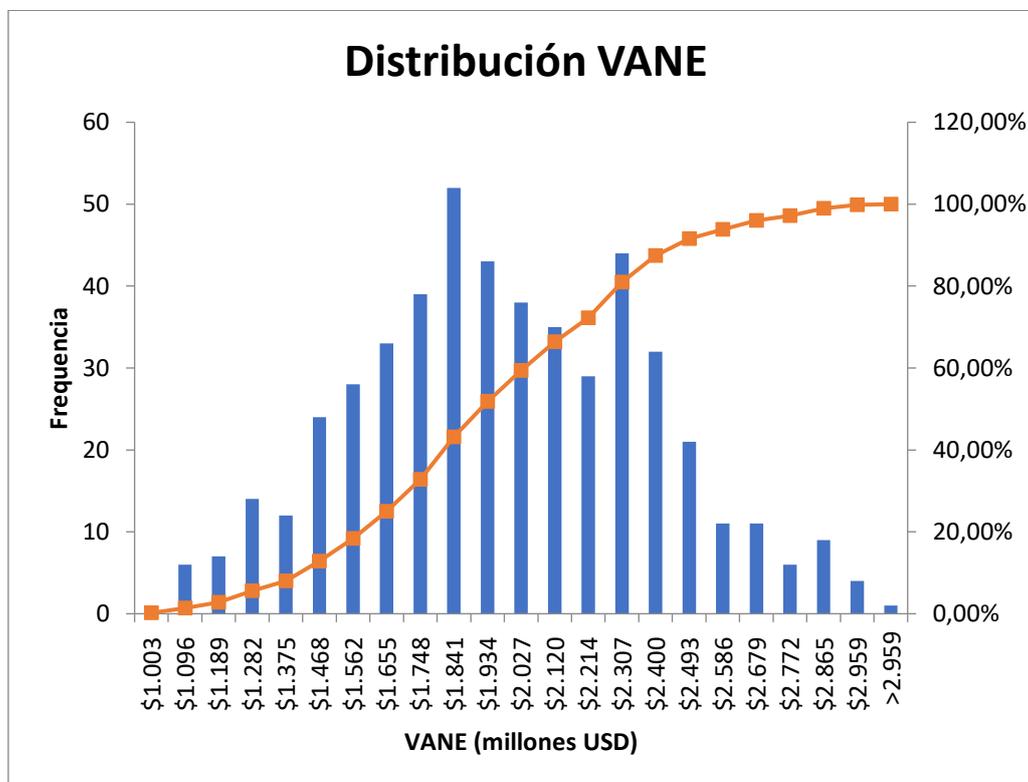


Gráfico 21. Distribución de probabilidades de VANE con distribución uniforme. Fuente: elaboración propia

Distribución Triangular

En el segundo escenario de análisis de riesgo se ha utilizado una distribución triangular que requiere de tres datos esenciales: valor mínimo, valor máximo y moda. Según esta distribución los valores se concentran alrededor de la moda y son más infrecuentes a medida que nos acercamos a los extremos. Sin embargo se ha decidido tomar una variable discreta para la tasa de descuento. Como se ha mencionado ya anteriormente, esta suele tomar valores del 10% o del 12% según las fuentes. Por lo tanto se ha tomado una probabilidad del 70% de que la tasa sea 10% y en el 30% de los casos esta tomará el valor de 12%. A continuación se presentan los valores establecidos para las variables del proyecto como porcentaje del valor base calculado previamente.

| Concepto | Valor inferior | Moda | Valor superior |
|--|-----------------------|-------------|-----------------------|
| COSTES DE INVERSIÓN | 95% | 115% | 120% |
| EXCEDENTE DEL PRODUCTOR | | | |
| <i>Reducción de Costes de Operación</i> | 80% | 104% | 120% |
| <i>Reducción de Costes de Mantenimiento</i> | 85% | 112% | 125% |
| EXCEDENTE DEL CONSUMIDOR | | | |
| <i>Reducción de Tarifa de Usuarios</i> | 80% | 98% | 110% |
| <i>Reducción en Costes de Tiempo</i> | 85% | 107% | 115% |
| EXTERNALIDADES | | | |
| <i>Impactos Ambientales en la Construcción</i> | 90% | 96% | 110% |
| <i>Impactos Sociales en Obras</i> | 85% | 95% | 110% |
| <i>Impactos por Reducción de Accidentes</i> | 90% | 112% | 120% |
| TASA DE DESCUENTO | 10% | - | 12% |

Tabla 52. Rango de valores para el análisis de riesgo con distribución uniforme. Fuente: elaboración propia

Como vemos, esta vez no se han modificado los valores superiores e inferiores sino que simplemente se ha ajustado la moda en base al caso que se considera más probable. El valor de moda para la tasa de descuento sería el valor inferior de 10% aunque no aplica debido a que se ha elegido una distribución discreta.

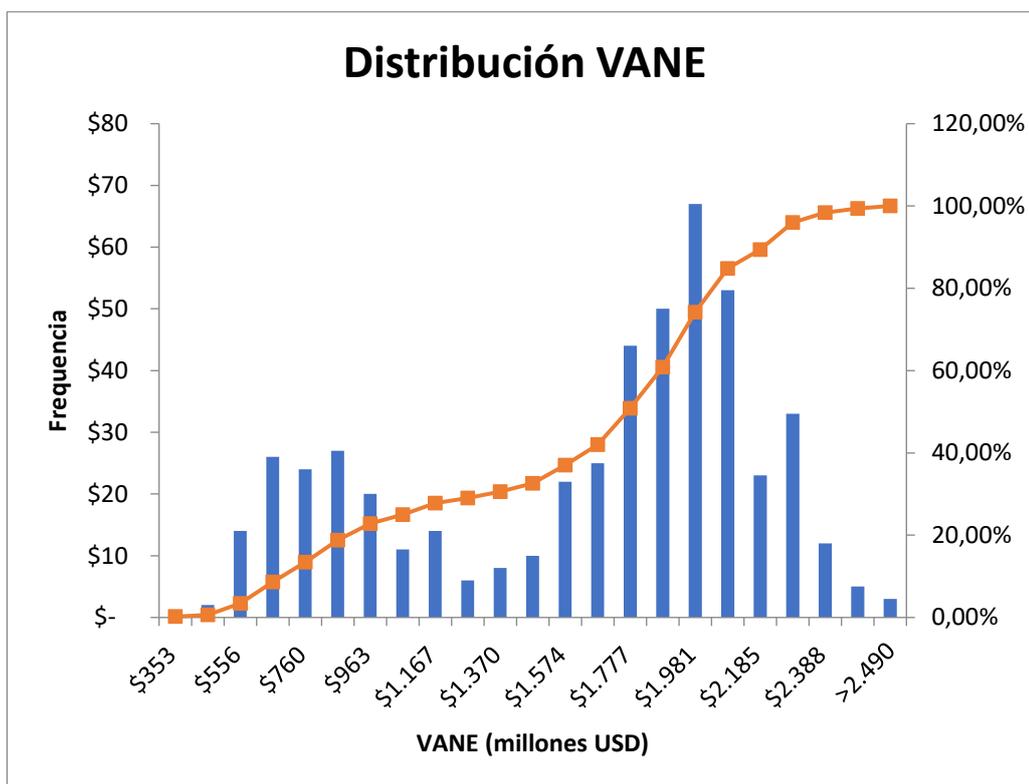


Gráfico 22. Distribución de probabilidades de VANE con distribución triangular. Fuente: elaboración propia

Como vemos en el gráfico, la distribución se divide ahora en dos colinas separadas. Esto se debe a la gran influencia que tiene el valor de la tasa de descuento en el VANE final. En cualquier caso se puede constatar que en ningún caso los resultados serán negativos.

Finalmente se han comparado las dos distribuciones y se puede observar que la distribución normal ofrece valores centrados alrededor del valor base. El segundo escenario modifica ligeramente el análisis al introducir la variable discreta que divide el gráfico en dos campanas (una con más probabilidad que la otra dependiendo de la tasa de descuento). Comprobamos también que la distribución uniforme proporciona valores más cercanos al valor base y por tanto sus gráficas son más esbeltas. En términos más técnicos se considera que genera kurtosis más elevadas.

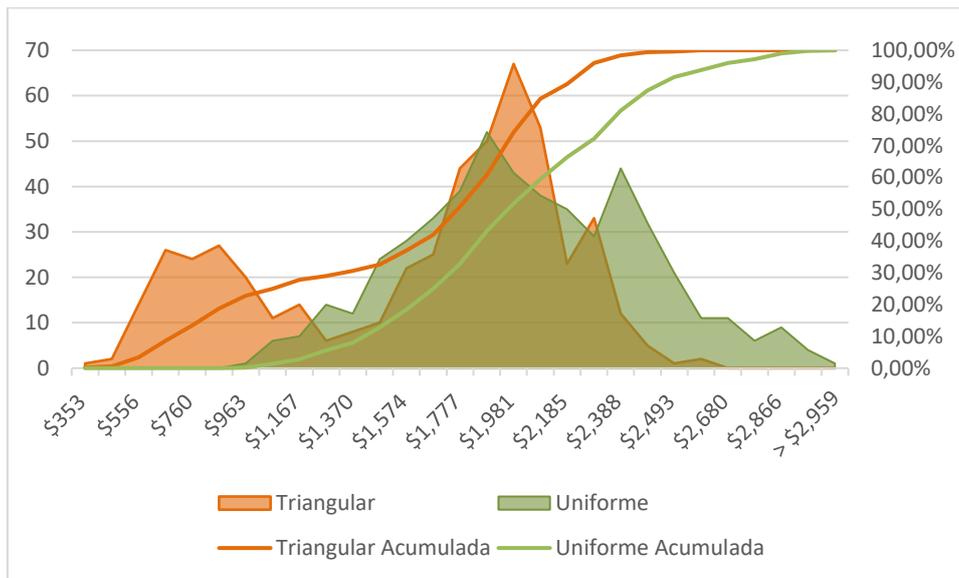


Gráfico 23. Comparación de las distribuciones del VANE. Fuente: elaboración propia

9 CONCLUSIONES

En la introducción de este estudio se presentaron los objetivos principales como la evaluación del análisis coste beneficio y su aplicación al proyecto de ferrocarril Addis Abeba – Yibuti. El primero se tradujo en un análisis pormenorizado de los aspectos más importantes de la metodología y el segundo se concretó en la utilización de esta metodología para retratar todos los aspectos del proyecto.

Los objetivos secundarios también se han atendido, proporcionando un detallado análisis del contexto que ha profundizado el conocimiento de la región y los antecedentes al proyecto proporcionando un marco adecuado para la comprensión de la situación durante toda la vida del proyecto. Se concluye que es un contexto político difícil, con cierta conflictividad regional y se enmarca en una nueva apuesta del Gobierno de Etiopía por el crecimiento apoyándose en China para este objetivo. Se espera que el proyecto habilite una nueva dimensión estratégica del país en la región.

De la descripción del proyecto se deriva que es una infraestructura de alto nivel tecnológico y coste elevado. Se presenta a China como un actor indispensable con un protagonismo absoluto al financiar, construir y operar durante cierto tiempo. Este apartado ha proveído los datos necesarios para posteriormente hacer un estudio de los costes e ingresos.

Como último objetivo secundario, los análisis financieros y económicos han proporcionado cifras concretas para caracterizar el rendimiento del proyecto. Aunque la perspectiva del proyecto arroje un VANF(I) negativo de –730,19 millones de dólares y una TIRF(I) de 8,19%, el hecho de que la mayor parte de la financiación provenga de un crédito con interés bajo, deriva en una inversión rentable desde la perspectiva de la inversión nacional. El punto de vista del Gobierno de Etiopía ofrece una VANF(C) de 482,30 millones de dólares y una TIF(C) de 12,89%, ampliamente por encima del umbral de la rentabilidad. Por su parte, el análisis económico concluye que la inversión repercutirá de manera muy positiva en la sociedad con un VANE de 2156,99 millones de dólares y una TIRE de 15,29%. Finalmente, los análisis de sensibilidad y riesgo confirmaron que con total seguridad el rendimiento económico de la línea será positivo al final de su vida económica.

Como conclusión final, el análisis coste-beneficio resulta una herramienta de esencial para estudiar el rendimiento de un proyecto en términos monetarios, especialmente desde la perspectiva del inversor y del capital nacional para proyectos de iniciativa pública. Proporciona claros indicadores que permiten la comparación entre alternativas y facilitan la decisión sobre cuál tomar. Por otro lado, el análisis económico resulta útil para monetizar todas las externalidades y traducir los impactos sociales y ambientales. Este análisis, por el contrario, no es del todo preciso y exige un cuidadoso manejo para no incurrir en sobre o subestimaciones.

En concreto para proyectos de transporte, el análisis coste beneficio se adapta bien gracias a la multitud de investigaciones sobre el tema. Muchos de los impactos que hace tan solo unos años eran de muy difícil estimación hoy están disponibles al público.

Si bien todos los tipos de análisis se basan en la calidad de las estimaciones y de los datos utilizados en él. Para el presente estudio se han tomado numerosas estimaciones e hipótesis que, aún justificadas, presentan un amplio margen de error. Más cuando el proyecto se encaja en un contexto falto de datos de confianza y cuando por la naturaleza del acuerdo comercial entre los actores involucrados, las cifras oficiales no son de dominio público.

Como última reflexión, el análisis coste beneficio no ha de ser considerado como única fuente de información a la hora de acometer un proyecto altamente estratégico. Si bien las externalidades del proyecto se caracterizan cada vez mejor, todavía existe un cierto *goodwill* o fondo de comercio que no se puede evaluar mediante esta metodología. Aspectos como la posicionalidad geopolítica en la región o la apertura de posibles nuevas líneas de transporte con aliados comerciales se mencionan en el análisis pero no son considerados como primordiales. Para este tipo de proyectos, que en numerosas ocasiones coinciden con los grandes proyectos de infraestructura, se recomienda complementar el análisis con un estudio que detalle estos impactos.

10 BIBLIOGRAFÍA

- (<http://www.hydrant.co.uk>), S. (2017). *A surge in Ethiopia-bound trade from Djibouti increases traffic and prompts reforms*. [online] Oxford Business Group. Available at: <https://oxfordbusinessgroup.com/analysis/good-neighbours-jump-ethiopia-bound-trade-increases-traffic-and-prompts-reforms> [Accessed 4 Dec. 2017].
- bca.transportationeconomics.org. (2017). *Transportation Benefit-Cost Analysis*. [online] Available at: <http://bca.transportationeconomics.org/> [Accessed 9 Dec. 2017].
- [Cia.gov](http://www.cia.gov). (2017). *Welcome to the CIA Web Site — Central Intelligence Agency*. [online] Available at: <http://www.cia.gov> [Accessed 5 Dec. 2017].
- [Crrcgc.cc](http://www.crrcgc.cc). (2017). *HXD1C high power AC transmission electric locomotive_Products Center_Locomotive_CRRC QISHUYAN CO.,LTD.* [online] Available at: <http://www.crrcgc.cc/g3794/s7393/t224098.aspx> [Accessed 20 Dec. 2017].
- [Ecaa.gov.et](http://www.ecaa.gov.et). (2017). *ECAA Home*. [online] Available at: <http://www.ecaa.gov.et/> [Accessed 3 Dec. 2017].
- [Ethiopianairlines.com](http://www.ethiopianairlines.com). (2017). *Home*. [online] Available at: <http://www.ethiopianairlines.com> [Accessed 4 Dec. 2017].
- [Export.gov](http://www.export.gov). (2017). *Cite a Website - Cite This For Me*. [online] Available at: <http://www.export.gov> [Accessed 9 Dec. 2017].
- [M.yicai.com](http://m.yicai.com). (2017). *一子做“活”非洲东海岸 中国血统的亚吉铁路今投运_宏观_第一财经*. [online] Available at: <http://m.yicai.com/news/5129772.html> [Accessed 5 Dec. 2017].
- [Nairobi Wire](http://www.nairobewire.com). (2017). *Analysis: Ethiopia Unveils 750 Kilometre Electric SGR.. But is it Better Than Kenya's?*. [online] Available at: <http://nairobewire.com/2016/10/analysis-ethiopia-unveils-750-kilometre-electric-sgr-but-is-it-better-than-kenyas.html> [Accessed 2 Dec. 2017].
- Shinn, D., Shinn, D., Carlini, J., Avnery, U., Carlini, J., Southall, R. and Williams, D. (2017). *Ethiopia and China: When Two Former Empires Connected*. [online] International Policy Digest. Available at: <https://intpolicydigest.org/2014/06/11/ethiopia-and-china-when-two-former-empires-connected/> [Accessed 3 Dec. 2017].
- Sophie Morlin-Yron, C. (2017). *China funds railways to link across East Africa*. [online] CNN. Available at: <http://www.cnn.com/2016/11/21/africa/chinese-funded-railways-in-africa/index.html> [Accessed 4 Dec. 2017].
- Sun, Y. (2017). *China and the East Africa railways: Beyond full industry chain export*. [online] Brookings. Available at: <https://www.brookings.edu/blog/africa-in-focus/2017/07/06/china-and-the-east-africa-railways-beyond-full-industry-chain-export/> [Accessed 7 Dec. 2017].
- Sun, Y. (2017). *China and the East Africa railways: Beyond full industry chain export*. [online] Brookings. Available at: <https://www.brookings.edu/blog/africa-in-focus/2017/07/06/china-and-the-east-africa-railways-beyond-full-industry-chain-export/> [Accessed 6 Dec. 2017].

- Train-franco-ethiopien.com. (2017). *Le Chemin de Fer Franco Ethiopien et Djibouto Ethiopien - Djibouti Addis-Abeba*. [online] Available at: <http://www.train-franco-ethiopien.com> [Accessed 2 Dec. 2017].
- UK, D. (2017). *railwaygazette.com*. [online] Railway Gazette. Available at: <http://www.Railwaygazette.com> [Accessed 11 Dec. 2017].
- Workman, D. (2017). *Ethiopia's Top 10 Exports*. [online] World's Top Exports. Available at: <http://www.worldstopexports.com/ethiopias-top-10-exports/> [Accessed 8 Dec. 2017].
- World Health Organization. (2017). *Data*. [online] Available at: http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2015/GSRRS2015_data/en/ [Accessed 4 Dec. 2017].
- Worldview.stratfor.com. (2017). *Foreign Interests in Ethiopian Rail Development*. [online] Available at: <https://worldview.stratfor.com/article/foreign-interests-ethiopian-rail-development> [Accessed 2 Dec. 2017].
- (<http://www.hydrant.co.uk>), S. (2017). *A surge in Ethiopia-bound trade from Djibouti increases traffic and prompts reforms*. [online] Oxford Business Group. Available at: <https://oxfordbusinessgroup.com/analysis/good-neighbours-jump-ethiopia-bound-trade-increases-traffic-and-prompts-reforms> [Accessed 6 Dec. 2017].
- allAfrica.com. (2017). *Ethiopia: The Rebirth of Addis - Djibouti Railway Transport*. [online] Available at: <http://allafrica.com/stories/201608091127.html> [Accessed 2 Dec. 2017].
- Anon, (2017). [online] Available at: <http://www.visualgeography.com/categories/ethiopia/transportation.html> [Accessed 2 Dec. 2017].
- Bca.transportationeconomics.org. (2017). *Transportation Benefit-Cost Analysis*. [online] Available at: <http://bca.transportationeconomics.org/home> [Accessed 8 Dec. 2017].
- Embassy of Ethiopia. (2017). *Railway development in Ethiopia*. [online] Available at: <http://ethiopianembassy.be/en/2017/01/06/railway-development-in-ethiopia/> [Accessed 10 Dec. 2017].
- Ethiopiaeconomy.com. (2017). *Ethiopia's Economy in Brief | Ethiopia Economy*. [online] Available at: <http://ethiopiaeconomy.com/ethiopia%E2%80%99s-economy-in-brief/> [Accessed 8 Dec. 2017].
- Ethiopiaeconomy.com. (2017). *Historical development of transport | Ethiopia Economy*. [online] Available at: <http://ethiopiaeconomy.com/historical-development-of-transport/> [Accessed 9 Dec. 2017].
- Export.gov. (2017). *Ethiopia - Road and Railways | export.gov*. [online] Available at: <https://www.export.gov/article?id=Ethiopia-Road-and-Railways> [Accessed 4 Dec. 2017].
- Mapsland.com. (2017). *Mapsland | Detailed Political, Geographical, Physical, Elevation, Relief, Tourist, Road and other maps of the World | Space maps | Maps of all regions, countries and territories of the World*. [online] Available at: <http://www.mapsland.com/> [Accessed 6 Dec. 2017].

- Railway Technology. (2017). *Ethiopia-Djibouti Railway Line Modernisation - Railway Technology*. [online] Available at: <http://www.railway-technology.com/projects/ethiopia-djibouti-railway-line-modernisation/> [Accessed 2 Dec. 2017].
- Shinn, D., Shinn, D., Carlini, J., Avnery, U., Carlini, J., Southall, R. and Williams, D. (2017). *Ethiopia and China: When Two Former Empires Connected*. [online] International Policy Digest. Available at: <https://intpolicydigest.org/2014/06/11/ethiopia-and-china-when-two-former-empires-connected/> [Accessed 6 Dec. 2017].
- Sophie Morlin-Yron, C. (2017). *China funds railways to link across East Africa*. [online] CNN. Available at: <http://www.cnn.com/2016/11/21/africa/chinese-funded-railways-in-africa/index.html> [Accessed 7 Dec. 2017].
- U.S. (2017). *UPDATE 1-RLPC-Ethiopian government signs \$865 mln railway financing*. [online] Available at: <https://www.reuters.com/article/ethiopia-loans/update-1-rlpc-ethiopian-government-signs-865-mln-railway-financing-idUSL5N0SM4SM20141027> [Accessed 8 Dec. 2017].
- Web.stanford.edu. (2017). *7. Determining Economic Values*. [online] Available at: <https://web.stanford.edu/group/FRI/indonesia/documents/gittinger/Output/chap7.html> [Accessed 7 Dec. 2017].
- Wiki2.org. (2017). *Cite a Website - Cite This For Me*. [online] Available at: https://wiki2.org/en/Addis_Ababa%E2%80%93Djibouti_Railway [Accessed 11 Dec. 2017].
- Worldview.stratfor.com. (2017). *Foreign Interests in Ethiopian Rail Development*. [online] Available at: <https://worldview.stratfor.com/article/foreign-interests-ethiopian-rail-development> [Accessed 7 Dec. 2017].
- Baumgartner, J. (2001). Navigating the African Automotive Sector.: *Navigating the African Automotive Sector.*
- Benefit-Cost Analysis Guidance for Rail Projects. (2016). *Federal Railroad Administration U.S. Department of Transportation*.
- COST-BENEFIT ANALYSIS FOR DEVELOPMENT. (2013). *Asian Development Bank*.
- Cost-Benefit Analysis in World Bank Projects. (2010). *The World Bank*.
- Deyuu Alemi, T. (2017). Investment and Financing Decisions Criteria in Ethiopia: Under Condition of Uncertainty. *Department of Accounting and Finance, Faculty of Business and Economics, Madda Walabu University, Oromia, Ethiopia*.
- Dimoula, V., Kehagia, F. and Tsakalidis, A. (2017). A Holistic Approach for Estimating Carbon Emissions of Road and Rail Transport Systems. *Aerosol and Air Quality Research*, 16(1), pp.61-68.
- Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects. (2014). *EUROPEAN COMMISSION*.
- GUIDELINES FOR THE ECONOMIC ANALYSIS OF PROJECTS. (1997). *Economics and Development Resource Center*.

- International benchmarking of Network Rail’s maintenance and renewals costs. (2008). *ITS*.
- Jones, H., Moura, F. and Domingos, T. (2014). Transport Infrastructure Project Evaluation Using Cost-benefit Analysis. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 111, pp.400-409.
- M. Debela, F. (2013). Logistics Practices in Ethiopia.
- Mohapatra, D. (2017). *An Economic Analysis of Djibouti Ethiopia Railway Project*. [online] Academia.edu. Available at: http://www.academia.edu/27911752/An_Economic_Analysis_of_Djibouti_Ethiopia_Railway_Project [Accessed 2 Dec. 2017].
- Navigating the African Automotive Sector:. (2016). *Deloitte*.
- Oecd.org. (2017). *OECD.org - OECD*. [online] Available at: <http://www.oecd.org/> [Accessed 5 Dec. 2017].
- Profitability and Competitiveness of Indigenous Horo Cattle Production in Ethiopia. (n.d.). .
- Rail infrastructure in Africa. (2015). *AfDB*.
- Toolkit for Public-Private Partnerships in Roads & Highways. (n.d.). *PPIAF*.
- Transport and logistics in Djibouti: contribution to job creation and economic diversification. (2017). *The World Bank*.
- Alemayehu, A. (2014). Dynamic Strategic Planning for Rail Project Design. *ADDIS ABABA INSTITUTE OF TECHNOLOGY*.
- AMARE, A. (2016). ADOPTING FREIGHT DEMAND FORECASTING MODEL FOR ADDIS ABABA-DJIBOUTI RAILWAY. *ADDIS ABABA INSTITUTE OF TECHNOLOGY*.
- Benefits of Travel Time Savings for Freight Transportation: beyond the Costs. (2003). *European Regional Science Association*.
- CHALLA, N. (2015). ASSESSMENT OF FREIGHT TRANSPORT AND TRANSPORTATION INFRASTRUCTURES ALONG INTERNATIONAL TRADE ROUTE The Case of China – Djibouti – Ethiopia. *ADDIS ABABA UNIVERSITY*.
- Cook, J., Kimuyu, P., Blum, A. and Gatua, J. (2016). A Simple Stated Preference Tool for Estimating the Value of Travel Time in Rural Africa. *Journal of Benefit-Cost Analysis*, 7(02), pp.221-247.
- DE JONG, G. (2008). VALUE OF FREIGHT TRAVEL-TIME SAVINGS. *RAND Europe and Institute for Transport Studies, University of Leeds*.
- Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment. (2006). *HEATCO*.
- FEKADU, D. (2014). A STUDY ON RAILWAY TRANSPORT DEMAND MODEL IN ETHIOPIA. *ADDIS ABABA UNIVERSITY*.
- Hailu, K. (2017). ETHIOPIAN RAILWAY CORPORATION AS A MULTIMODAL OPERATOR. *ADDIS ABABA UNIVERSITY*.

- Handbook on estimation of external costs in the transport sector. (2008). *CE Delft*.
- Mehari, A. (2016). Modelling and Analysis of the Life Cycle cost of Addis Ababa-Djibouti Railway Track.
- The Value of Travel Time Savings: Departmental Guidance for Conducting Economic Evaluations. (2011). *US Department of Transportation*.
- Transportation Cost and Benefit Analysis II – Travel Time Costs. (n.d.). *Victoria Transport Policy Institute (www.vtpi.org)*.
- Dreher, A., Fuchs, A., Parks, B., Strange, A. and Tierney, M. (2017). Aid, China, and Growth: Evidence from a New Global Development Finance Dataset. *SSRN Electronic Journal*.
- Paniagua Soto, F., Valle, V. and Navarro Pascual, R. (2016). *Hacienda Pública*. Madrid: UNED.

11 ANEXO 1: TABLAS DE CÁLCULOS

| CONCEPTO | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 | 2038 | 2039 | 2040 | 2041 | 2042 | 2043 | 2044 | 2045 | 2046 | 2047 | |
|----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----|
| Costes de capital | -713 | -713 | -713 | -713 | -713 | -713 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Renovación de activos | | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -285 | -285 | -285 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Mantenimiento | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 |
| Operacion | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -167 | -175 | -182 | -157 | -163 | -170 | -176 | -182 | -195 | -201 | -208 | -214 | -221 | -243 | -250 | -257 | -264 | -271 | -270 | -276 | -283 | -290 | -297 | -309 | -316 | -323 | -330 | -336 | -343 | -350 | |
| Ing. Pasajeros | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 147 | 151 | 156 | 174 | 178 | 182 | 186 | 191 | 214 | 218 | 222 | 227 | 232 | 259 | 264 | 269 | 274 | 279 | 312 | 317 | 323 | 329 | 334 | 375 | 381 | 387 | 393 | 399 | 446 | 452 | |
| Ing. Carga | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 316 | 331 | 345 | 396 | 411 | 427 | 443 | 459 | 523 | 540 | 558 | 575 | 593 | 670 | 690 | 709 | 728 | 747 | 842 | 863 | 884 | 905 | 926 | 1032 | 1055 | 1078 | 1101 | 1124 | 1238 | 1262 | |
| Beneficio neto | -713 | -713 | -713 | -713 | -713 | -713 | 226 | 237 | 248 | 342 | 356 | 369 | 383 | 398 | 472 | 487 | 502 | 518 | 534 | 332 | 349 | 366 | 668 | 685 | 815 | 833 | 854 | 874 | 893 | 1028 | 1050 | 1072 | 1094 | 1116 | 1270 | 1294 | |
| Beneficio neto descontado | -713 | -648 | -589 | -536 | -487 | -443 | 128 | 121 | 116 | 145 | 137 | 129 | 122 | 115 | 124 | 117 | 109 | 102 | 96 | 54 | 52 | 49 | 82 | 76 | 83 | 77 | 72 | 67 | 62 | 65 | 60 | 56 | 52 | 48 | 50 | 46 | |

Tabla 53. Resumen de costes e ingresos financieros. Rendimiento de la inversión. Fuente: elaboración propia

| CONCEPTO | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 | 2038 | 2039 | 2040 | 2041 | 2042 | 2043 | 2044 | 2045 | 2046 | 2047 | | |
|----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----|---|
| Aportación nacional | -156 | -156 | -156 | -156 | -156 | -156 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Pago de la deuda | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -226 | -237 | -248 | -279 | -279 | -279 | -279 | -279 | -279 | -279 | -279 | -279 | -279 | -279 | -279 | -279 | -279 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Renovación de activos | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -285 | -285 | -285 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Mantenimiento | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | |
| Operacion | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -167 | -175 | -182 | -157 | -163 | -170 | -176 | -182 | -195 | -201 | -208 | -214 | -221 | -243 | -250 | -257 | -264 | -271 | -270 | -276 | -283 | -290 | -297 | -309 | -316 | -323 | -330 | -336 | -343 | -350 | | |
| Ing. Pasajeros | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 147 | 151 | 156 | 174 | 178 | 182 | 186 | 191 | 214 | 218 | 222 | 227 | 232 | 259 | 264 | 269 | 274 | 279 | 312 | 317 | 323 | 329 | 334 | 375 | 381 | 387 | 393 | 399 | 446 | 452 | | |
| Ing. Carga | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 316 | 331 | 345 | 396 | 411 | 427 | 443 | 459 | 523 | 540 | 558 | 575 | 593 | 670 | 690 | 709 | 728 | 747 | 842 | 863 | 884 | 905 | 926 | 1032 | 1055 | 1078 | 1101 | 1124 | 1238 | 1262 | | |
| Beneficio neto | -156 | -156 | -156 | -156 | -156 | -156 | 0 | 0 | 0 | 63 | 76 | 90 | 103 | 118 | 192 | 207 | 223 | 238 | 254 | 52 | 69 | 86 | 389 | 685 | 815 | 833 | 854 | 874 | 893 | 1028 | 1050 | 1072 | 1094 | 1116 | 1270 | 1294 | | |
| Beneficio neto descontado | -156 | -141 | -129 | -117 | -106 | -97 | 0 | 0 | 0 | 27 | 29 | 31 | 33 | 34 | 51 | 50 | 49 | 47 | 46 | 9 | 10 | 12 | 48 | 76 | 83 | 77 | 72 | 67 | 62 | 65 | 60 | 56 | 52 | 48 | 50 | 46 | | |

Tabla 54. Resumen de costes e ingresos financieros. Rendimiento del capital nacional. Fuente: elaboración propia

| CONCEPTO | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 | 2038 | 2039 | 2040 | 2041 | 2042 | 2043 | 2044 | 2045 | 2046 | 2047 | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| COSTES DE INVERSIÓN | -606 | -606 | -606 | -606 | -606 | -606 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| EXCEDENTE DEL PRODUCTOR | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 268 | 282 | 296 | 338 | 353 | 368 | 383 | 398 | 407 | 422 | 437 | 452 | 467 | 226 | 240 | 254 | 511 | 526 | 547 | 562 | 576 | 591 | 605 | 615 | 630 | 644 | 659 | 673 | 687 | 702 | |
| <i>Reducción Operación</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 304 | 318 | 332 | 374 | 389 | 404 | 419 | 434 | 443 | 458 | 473 | 488 | 502 | 504 | 518 | 533 | 547 | 561 | 583 | 597 | 612 | 626 | 641 | 651 | 665 | 680 | 694 | 709 | 723 | 738 | |
| <i>Reducción Mantenimiento</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -36 | -36 | -36 | -36 | -36 | -36 | -36 | -36 | -36 | -36 | -36 | -36 | -36 | -278 | -278 | -278 | -36 | -36 | -36 | -36 | -36 | -36 | -36 | -36 | -36 | -36 | -36 | -36 | -36 | -36 | -36 |
| EXCEDENTE DEL CONSUMIDOR | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 301 | 320 | 339 | 328 | 347 | 366 | 386 | 407 | 387 | 407 | 428 | 449 | 471 | 442 | 463 | 486 | 508 | 532 | 491 | 514 | 538 | 562 | 587 | 540 | 564 | 590 | 615 | 642 | 593 | 619 | |
| <i>Reducción Tarifa</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 209 | 223 | 238 | 223 | 238 | 253 | 269 | 285 | 261 | 277 | 294 | 311 | 329 | 296 | 313 | 331 | 349 | 369 | 324 | 343 | 362 | 382 | 403 | 352 | 372 | 393 | 415 | 438 | 384 | 406 | |
| <i>Reducción Tiempo</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 92 | 97 | 101 | 105 | 109 | 113 | 117 | 121 | 126 | 130 | 134 | 138 | 142 | 146 | 151 | 155 | 159 | 163 | 167 | 171 | 175 | 180 | 184 | 188 | 192 | 196 | 200 | 205 | 209 | 213 | |
| EXTERNALIDADES | -11 | -10 | -9 | -8 | -7 | -6 | 65 | 69 | 74 | 79 | 84 | 90 | 96 | 102 | 109 | 116 | 123 | 131 | 140 | 148 | 158 | 168 | 178 | 189 | 201 | 214 | 227 | 241 | 256 | 272 | 289 | 308 | 327 | 348 | 370 | 394 | |
| <i>Impactos sociales en construcción</i> | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Impactos ambientales en construcción</i> | -26 | -26 | -26 | -26 | -26 | -26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Impactos sociales por empleo</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 16 | 17 | 19 | 21 | 23 | 26 | 28 | 31 | 34 | 38 | 42 | 46 | 51 | 56 | 62 | 68 | 75 | 83 | 91 | 101 | 111 | 122 | 135 | |
| <i>Impactos ambientales en operación</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 51 | 55 | 58 | 62 | 66 | 70 | 74 | 79 | 84 | 89 | 94 | 99 | 105 | 111 | 117 | 123 | 129 | 136 | 143 | 151 | 158 | 166 | 175 | 183 | 192 | 201 | 210 | 220 | 230 | 241 | |
| <i>Impactos por reducción accidentes</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 13 | 13 | 14 | 15 | 15 | 16 | 16 | 17 | 18 | |
| Beneficio neto | -617 | -616 | -615 | -614 | -613 | -613 | 634 | 671 | 709 | 745 | 784 | 824 | 865 | 907 | 903 | 945 | 988 | 1032 | 1077 | 816 | 861 | 907 | 1197 | 1246 | 1239 | 1289 | 1341 | 1394 | 1448 | 1427 | 1483 | 1541 | 1601 | 1663 | 1650 | 1715 | |
| Beneficio neto descontado | -510 | -463 | -420 | -381 | -346 | -314 | 296 | 285 | 273 | 261 | 250 | 239 | 228 | 217 | 197 | 187 | 178 | 169 | 160 | 110 | 106 | 101 | 122 | 115 | 104 | 98 | 93 | 88 | 83 | 74 | 70 | 66 | 63 | 59 | 53 | 50 | |

Tabla 55. Resumen de costes e ingresos económicos. Fuente: elaboración propia



École des Ponts

ParisTech

Ecole Nationale des Ponts et Chaussées

2017-2018

Projet de Fin d'Études

Département Ville, Environnement et Transport

Sergio GARCIA MONROY

Saúl TORRES ORTEGA, Rogelio OLAVARRI FERNÁNDEZ

Tuteur ENPC : M. Amakoé ADOLEHOUME

Double Diplôme ENPC – Université de Cantabrie

Analyse socio-économique du projet ferroviaire Addis Abeba
(Éthiopie) - Djibouti

Projet réalisé au sein de l'Université de Cantabrie

Janvier 2018

Table des matières

| | |
|--|-----------|
| Table des matières | 2 |
| Liste des tableaux et figures | 3 |
| Introduction | 4 |
| Analyse coût-avantage | 6 |
| Principes généraux | 6 |
| Coût d’opportunité | 6 |
| Prix fictifs | 6 |
| Externalités | 7 |
| Efficacité économique et critères de Pareto | 7 |
| Faiblesses du modèle | 7 |
| Méthodologie | 8 |
| Contextualisation du projet | 9 |
| Objectifs du projet | 12 |
| Caractéristiques techniques du projet | 13 |
| Matériel roulant | 14 |
| Financement | 14 |
| Construction | 14 |
| Analyse financière du projet | 16 |
| Analyse des coûts et revenus financiers | 16 |
| Retour sur investissement | 17 |
| Retour sur le capital national | 17 |
| Durabilité financière | 18 |
| Analyse économique du projet | 19 |
| Surplus du producteur | 19 |
| Surplus du consommateur | 19 |
| Externalités | 20 |
| Évaluation des risques | 22 |
| Analyse de sensibilité | 22 |
| Analyse des scénarios | 22 |
| Analyse de risque | 23 |
| Conclusion | 25 |
| Bibliographie | 27 |

Liste des tableaux et figures

| | |
|--|----|
| <i>Illustration 1. Carte politique de la région et de ses connexions. Source: www.mapsland.com</i> | 10 |
| <i>Illustration 2. Distribution de risque. Source : préparé par l'auteur</i> | 24 |
| | |
| <i>Tableau 1. Objectifs du projet. Source: préparé par l'auteur</i> | 12 |
| <i>Tableau 2. Coûts et revenus financiers, retour sur l'investissement. Source : préparé par l'auteur</i> | 17 |
| <i>Tableau 3. Coûts et revenus financiers, retour sur le capital national Source : préparé par l'auteur</i> | 17 |
| <i>Tableau 4. Surplus du producteur. Source : préparé par l'auteur</i> | 19 |
| <i>Tableau 5. Surplus du consommateur. Source : préparé par l'auteur</i> | 20 |
| <i>Tableau 6. Coûts et revenus économiques. Source : préparé par l'auteur</i> | 20 |
| <i>Tableau 7. Analyse de sensibilité. Source : préparé par l'auteur</i> | 22 |
| <i>Tableau 8. Analyse de scénarios. Source : préparé par l'auteur</i> | 23 |
| <i>Tableau 9. Analyse de risque. Source : préparé par l'auteur</i> | 23 |

Introduction

Les infrastructures de grande envergure qui sont entreprises pour améliorer la compétitivité d'un pays nécessitent des investissements immenses associés à un risque si la structure n'est pas achevée de la manière originalement prévue. C'est pour cette raison que de nombreux types d'analyses ont été développés, de sorte que la faisabilité économique et les risques auxquels un projet est soumis lors de sa réalisation peuvent être évalués. L'analyse coût-avantages est probablement la plus répandue et nous donne une analyse détaillée du projet.

L'objectif principal de cette étude est double : présenter la méthodologie de l'analyse coûts-avantages et l'appliquer au projet ferroviaire de nouvelle construction qui unit les villes d'Addis Abeba en Ethiopie et Djibouti.

Plusieurs objectifs secondaires émergent de cette analyse :

- Etude de la méthodologie d'analyse coûts-avantages et de son adaptation aux projets de transport.
- Analyse du contexte économique, politique et social de l'Ethiopie (en particulier) et de Djibouti.
- Description du nouveau projet de chemin de fer Addis-Abeba-Djibouti et son insertion dans le contexte décrit ci-dessus.
- Analyse des coûts et des revenus pour le projet, résultant en une série d'indicateurs économiques qui facilitent la caractérisation des impacts de la ligne.

De cette façon, le présent travail a été organisé de telle sorte que le lecteur puisse suivre toutes les étapes effectuées lors de la création de ce document.

1. Dans un premier temps, la méthodologie coûts-avantages sera analysée en détaillant la théorie économique qui sert de base et ses principes généraux de calcul. Il sera fait mention de son applicabilité aux projets de transport et de certaines faiblesses du modèle et se terminera par une analyse détaillée de la méthodologie internationale acceptée qui jettera les bases de la structure du reste du document.
2. Le deuxième point est basé sur une contextualisation de la situation dans laquelle le projet est enregistré. Les données sur les pays concernés et les régions seront fournies,

et l'accent sera mis sur les caractéristiques du transport et du commerce dans la zone touchée. Après une revue des acteurs impliqués et des intérêts dans le projet et dans la région, le chapitre sera clôturé avec une description de l'ancien projet ferroviaire qui a marqué le chemin vers la nouvelle infrastructure.

3. La troisième section consiste en une brève description des objectifs que l'investissement vise à atteindre et les indicateurs nécessaires sont fournis pour les mesurer.
4. Dans la quatrième section, le projet de chemin de fer Addis-Abeba-Djibouti est présenté en détail et ses caractéristiques techniques sont analysées en détail. Les acteurs impliqués ont été identifiés et le calendrier suivi à ce jour est décrit.
5. Par la suite, les analyses financières et économiques sont réalisées avec une évaluation des coûts et des revenus directs et indirects. Les résultats sont présentés sous différents angles pour analyser le rendement de l'investissement et du capital national. Ensuite, l'analyse économique a été réalisée en considérant les impacts sociaux et environnementaux.
6. Enfin, une analyse de sensibilité des variables les plus importantes a été incluse, qui comprend également une analyse de risque basée sur la méthodologie Monte Carlo.

Analyse coût-avantage

Dans cette section, nous poserons les bases de l'analyse coût-avantage (ACA), analyserons ses utilités et ses limites et détaillerons ses éléments. Pour la présentation de la méthodologie de ce type d'analyse, nous prendrons comme référence le guide sur l'analyse coûts-avantages publié par la Commission européenne en 2014, le guide sur l'ACA de la Federal Railroad Administration des États-Unis (Guide d'analyse avantages-coûts pour les projets ferroviaires, FRA 2016) et les recommandations du Transportation Research Board. Bien que la méthodologie d'analyse des projets internationaux telle que celle présentée dans ce document diffère, dans une moindre mesure, de la méthodologie proposée par l'organisme européen, ce guide nous fournit une base méthodologique solide et robuste utilisée dans de nombreux pays.

Principes généraux

Coût d'opportunité

Le coût d'opportunité d'un bien ou d'un service est défini comme le gain potentiel de la meilleure alternative non entreprise, lorsqu'il faut choisir entre plusieurs alternatives mutuellement exclusives. Évidemment, lorsque nous dépensons une certaine somme pour acheter un ordinateur, nous évitons d'acheter une télévision avec cette même somme. Dans ce cas, le coût d'opportunité de l'achat d'un ordinateur serait l'achat de la télévision. En suivant le même raisonnement, nous pourrions investir cet argent dans un produit sans risque qui nous garantirait un avantage futur tel que les obligations d'État. Si nous le faisons, notre argent aurait plus de valeur aujourd'hui qu'à un moment ultérieur puisque nous récolterions les avantages dérivés de cet actif sans risque, donnant naissance au concept de temporalité de l'argent (un euro aujourd'hui a plus de valeur qu'un euro demain). L'ACA utilise un taux d'actualisation pour exprimer la temporalité de l'argent et être capable d'opérer en termes comparables les avantages et les coûts qui surviennent à différents moments.

Prix fictifs

Un prix virtuel est la valeur sociale marginale d'un changement de produit ou de produit, c'est-à-dire le coût d'opportunité pour la société de produire ou de consommer plus ou moins d'un bien. Les prix du marché et les prix virtuels sont les mêmes dans des marchés parfaitement compétitifs et efficaces ou dans le cadre d'une planification optimale, mais en réalité les

marchés peuvent être faussés par des causes multiples. Ceux-ci peuvent être des taxes, des tarifs, des subventions, des taux de change rigides, des tarifs réglementés, des prix en situation de monopole ou d'oligopole et des informations imparfaites. Ce sont des éléments qui génèrent un écart entre le prix observé et la valeur sociale marginale des ressources. De cette manière, Drèze et Stern estiment les prix fictifs comme l'impact net sur la fonction de bien-être social d'une augmentation unitaire d'un intrant ou d'un produit.

Externalités

En économie, les externalités sont associées à des facteurs dont les avantages (appelés économies externes) et les coûts (appelés déséconomies externes) ne sont pas reflétés dans le prix du marché des biens et des services. Autrement dit, les externalités ou effets externes sont les effets produits par la production ou la consommation d'un bien sur la productivité ou le bien-être d'autres agents que leurs producteurs ou consommateurs d'origine, sans que cette interdépendance se reflète dans les prix. Presque tous les projets d'infrastructure ont des externalités associées qui ne sont pas identifiées dans les coûts directs ou les avantages.

Efficacité économique et critères de Pareto

Quand il s'agit de distribuer des ressources, il est toujours prévu d'atteindre des valeurs Pareto optimales lorsqu'il n'est pas possible de réaffecter des ressources afin que la situation puisse être améliorée sans aggraver celle d'une autre. Ceci est démontré dans la boîte d'Edgeworth-Bowley, de sorte que les points Pareto optimaux correspondent aux intersections entre les courbes de profit. L'union de tous ces points s'appelle Contract Curve et détermine l'allocation des ressources qui optimise les utilités des deux agents. En d'autres termes, vous ne pouvez pas augmenter l'utilité de l'un des agents sans réduire l'autre, ce qui constitue l'optimum de Pareto.

Faiblesses du modèle

Enfin, l'analyse est aussi bonne que les hypothèses ou les estimations qui y sont faites. Layard et Glaister indiquent que la décision correcte n'est obtenue que si les prix utilisés par les décideurs reflètent correctement les valeurs sociales des intrants et des extrants au niveau social optimal ou aux prix fictifs. Les prix du marché le font rarement, il est donc important d'arriver à des évaluations adéquates et cohérentes lorsque les prix du marché échouent d'une manière ou d'une autre. L'ACB est extrêmement sensible aux valeurs utilisées pour les

différentes hypothèses et seule une erreur majeure dans l'une d'entre elles peut entraîner un biais dans les résultats ou même changer le résultat de négatif à positif ou vice versa.

Méthodologie

L'approche retenue pour ce travail est basée sur la méthodologie suivie par la Commission européenne, selon laquelle l'ACB standard est structurée en six étapes qui seront détaillées ci-dessous.

1. Description du contexte
2. Définition des objectifs
3. Identification du projet
4. Analyse financière
5. Analyse économique
6. Évaluation des risques

Contextualisation du projet

L'Afrique est un continent en pleine expansion économique. Sa grande quantité de ressources naturelles et la stabilité politique croissante de la région font qu'elle se développe à un rythme assez élevé. L'Éthiopie est l'exemple le plus clair de cette tendance, avec des taux de croissance annuels de plus de 10% pendant une grande partie de la dernière décennie.

Avec une population d'environ 100 millions de personnes, l'Éthiopie est le deuxième pays le plus peuplé d'Afrique après le Nigeria. Elle a une longue histoire et a connu des périodes de splendeur dans le passé qui ont laissé des traces d'héritage de grande valeur. En outre, elle était le seul territoire avec le Libéria qui n'a pas succombé aux assauts colonialistes des puissances européennes au XIXe siècle. Elle a actuellement un poids politique important car sa capitale, Addis Abeba, est le siège de l'Union Africaine (l'association politique la plus importante du continent), la Chambre de Commerce et l'Industrie Panafricaine et la Commission Economique des Nations Unies pour l'Afrique.

Cependant, l'Éthiopie est aujourd'hui l'un des pays les plus pauvres et les moins développés du monde. Selon l'indice de compétitivité de la croissance du Forum économique mondial, l'Éthiopie se classe 119ème sur 133 pays. Son économie est basée sur l'agriculture, représentant 45% de son PIB, 80% des exportations et 80% de l'emploi total. Les principales sources de commerce extérieur que sont le café, les fleurs, les oléagineux, les céréales et le cuir présentent une disparité significative de leur balance des paiements.

Son territoire est vaste et son orographie abrupte pour la plupart. Il n'y a pas de grands cours d'eau sur son territoire autre que le Nil bleu et les sécheresses dévastatrices au cours des dernières années ont eu des conséquences graves. Le transport entre les régions et avec leurs voisins est compliqué et rare. Il y a un manque notable d'infrastructures, ce qui engendre des obstacles au développement et à la réduction de la pauvreté. Cette pénurie est en partie due à sa faible capacité à financer des projets, produits par une grande économie informelle.



Illustration 1. Carte politique de la région et de ses connexions. Source: www.mapsland.com

Pour remédier aux insuffisances économiques, le gouvernement éthiopien a lancé le Plan de croissance et de transformation qui cherche à jeter les bases d'un chemin de fort développement. Il envisage plusieurs axes stratégiques parmi lesquels les investissements dans de grands projets d'infrastructure qui permettent au pays de suivre la voie du progrès. Ces projets seront financés grâce à l'aide étrangère des nouveaux acteurs internationaux, en particulier la Chine, qui dessinent une nouvelle carte des intérêts et d'équilibre des pouvoirs.

L'un des axes économiques et stratégiques les plus importants est le transport. L'Ethiopie est un pays enclavé avec des coûts logistiques élevés. De plus, les relations avec son pays voisin,

l'Érythrée, sont conflictuelles et, par conséquent, elle doit concentrer ses efforts commerciaux avec Djibouti. Elle possède un port qui assure la grande majorité du commerce international en Éthiopie avec qui elle a un partenariat commercial depuis de nombreuses années.

L'ancienne ligne de chemin de fer construite au début du XXe siècle qui liait les capitales des deux villes subissait le mépris des autorités et, avec la réduction des coûts du transport routier, la ligne était vouée à l'échec. En 2008, ses opérations ont cessé et après plusieurs tentatives de réhabilitation de la ligne, le gouvernement a décidé d'adopter une nouvelle approche et de construire une nouvelle ligne électrifiée. Pour cela, il aurait le soutien de la Chine, pays avec un grand intérêt dans la région et qui dispose d'un financement suffisant pour le projet et pour d'autres investissements dans les infrastructures du pays.

Objectifs du projet

Comme tout projet de transport, ses objectifs sont basés sur l'accessibilité, sur le temps de connexion entre les différents points desservis par le projet et sur le coût que cela implique pour les utilisateurs. Particulièrement pour ce projet, les principaux objectifs seraient basés sur le mouvement des marchandises car la ligne traverse un corridor international dont l'usage fondamental est celui-là.

Le Plan de croissance et de transformation éthiopien indique déjà plusieurs objectifs de développement du pays et propose des moyens d'atteindre ces objectifs. Pour la partie de Djibouti, aucun document gouvernemental officiel présentant certains objectifs à atteindre de manière stratégique n'a été trouvé. Il semble que la méthodologie adoptée est celle de projet à projet.

| <i>Indicateur</i> | <i>Début</i> | <i>Objectif</i> | <i>Unités</i> |
|---|--------------|-----------------|---------------|
| <i>Objectifs du premier niveau</i> | | | |
| <i>Réduction des coûts logistiques</i> | 58 | 38 | \$/t |
| <i>Signature de projets de construction</i> | 0 | 3 | projets |
| <i>Objectifs de deuxième niveau</i> | | | |
| <i>Réduction du temps de trajet pour les passagers (Addis Abeba - Djibouti)</i> | 36 | 10 | heures |
| <i>Trafic détourné de la route</i> | 0 | 90 | % |
| <i>Réduction des impacts dus aux accidents</i> | 0 | 0,4 | % |
| <i>Routes commerciales ouvertes</i> | 0 | 2 | routes |
| <i>Réduction des importations de pétrole</i> | 0 | 200 000 | t |

Tableau 1. Objectifs du projet. Source: préparé par l'auteur

Caractéristiques techniques du projet

Le nouveau chemin de fer Addis-Abeba-Djibouti est parallèle à l'ancienne ligne de jauge métrique qui a été abandonnée sur la plus grande partie de sa longueur. Le nouveau chemin de fer de calibre standard est construit sur un nouveau chemin, plus droit qui permet des vitesses beaucoup plus élevées. De nouvelles stations ont été construites en dehors des centres-villes et les anciennes stations ont été démantelées.

Les caractéristiques techniques les plus remarquables sont résumées ci-dessous :

- Longueur totale : 756 km
- Largeur : largeur standard (1435 mm)
- Coupleurs : Janney AAR
- Freins : air
- Electrification : caténaire supérieure 25 kV AC / 50 Hz
- Vitesse de conception (passagers) : 120 km / h (75 mi / h)
- Vitesse de conception (fret) : 80 km / h (50 mi / h)
- Charge maximale du train (fret) : 4 000 tonnes (3 900 tonnes longues, 4 400 tonnes courtes)
- Capacité de transport conçue : 20 millions de tonnes par an
- Capacité brute de transport : 24,9 millions de tonnes par an (en tenant compte des tronçons à double voie)
- Rayon minimum de la courbe du chemin de fer : 800 m (600 m ou 2 000 pi dans les endroits difficiles)
- Pente maximale : 1,85%
- Longueur de l'itinéraire d'arrivée et de départ dans les circuits de passage : 850 m (locomotive double : 880 m) (longueur maximale du train ~ 800 m)
- Hauteur maximale de la jauge de charge du véhicule : 5300 mm
- Les trains circulent : à gauche
- Système de signalisation ferroviaire et de protection des trains : ETCS-2 SIL4
- Passage à niveau : autorisé (sans séparation de niveau complète)

Matériel roulant

La société chinoise CRRC Corporation, par l'intermédiaire de sa filiale CSR Zhuzhou, a remporté en juin 2014 un contrat portant sur la fourniture de 35 locomotives HXD1C pour le nouveau chemin de fer, ainsi que pour le matériel roulant destiné aux passagers et aux marchandises. Parmi celles-ci, trois locomotives électriques seront des passagers et 32 des marchandises pour la ligne Ethiopie-Djibouti. Le matériel roulant comprend des wagons de première et de deuxième classe, des wagons-restaurants et des wagons-lits.

Financement

Les chiffres exacts des coûts de construction et de financement n'ont pas été publiés et ceux qui circulent ne sont pas officiels. De plus, il semble que les chiffres ont évolué au fil du temps selon les commentaires et déclarations des responsables du projet.

Des sources citant le ministère des Transports indiquent que le projet Ethiopie - Djibouti a été construit avec un investissement total de 4278 millions de dollars. Le gouvernement de Djibouti a contribué pour 878 millions de dollars au projet. La section éthiopienne de la ligne a coûté 3,4 milliards de dollars, dont 70% ont été fournis par China Exim Bank et 30% par le gouvernement éthiopien. D'autres sources plus récentes placent cette distribution à 85% pour China Exim et 15% pour l'Ethiopie.

Construction

Ce projet d'expansion ferroviaire est détenu conjointement par les gouvernements éthiopien et djiboutien et a été construit par China Railway Group (CREC) par la China Railway Engineering Corporation (CREC) et la China Civil Engineering Construction Corporation (CCECC) une filiale de China Railway Construction Corporation Limited (CRCC). Ces entreprises sont deux des plus grandes entreprises du monde dans son secteur avec une majorité de capital public.

Le 14 janvier 2014, Italferr a signé à Addis-Abeba, au siège de l'ERC, le contrat de services de conseil pour l'exercice de l'organisation et de l'entretien de la nouvelle ligne ferroviaire reliant la capitale éthiopienne au port de Djibouti et le nouveau tramway de la ville. Pour cela,

Ecole Nationale des Ponts et chaussées – Résumé du Projet de fin d'Etudes

il aura la collaboration de deux autres entreprises italiennes, le Milan métropolitain et Technital.

Enfin, la construction a commencé à la fin de l'année 2011 et l'opération devrait commencer en janvier 2018. La construction n'a pas été facile et de nombreuses inconnues planent encore sur le projet. Le manque de données officielles empêche de connaître les impacts concrets que la ligne aura sur l'avenir du pays. Pour cette raison, il a été proposé de réaliser une évaluation socio-économique du projet en utilisant la méthodologie d'analyse coûts-avantages qui analyse les coûts, les revenus et les impacts actuels et futurs de la ligne. Des indicateurs économiques seront fournis pour aider à décider de la rentabilité de l'investissement en termes monétaires.

Analyse financière du projet

L'horizon temporel est de 30 ans à compter de la fin de la construction et donc début des opérations tel que recommandé par la pratique de l'industrie internationale et est également utilisé dans le rapport de faisabilité 2011 et CREC CREEC.

L'année de référence prise est 2012, bien que le chantier ait commencé en 2011. Le projet a été approuvé à la fin de l'année 2011 (première partie) et la deuxième section a été approuvée en 2012. En outre, les déboursements ont commencé en 2012, cette hypothèse est donc plus représentative de la réalité.

Le Ministère éthiopien des finances et du développement économique (MoFED) calcule le taux d'actualisation pour différents secteurs du projet afin de permettre une comparaison uniforme des projets. Par conséquent, le taux d'actualisation de l'infrastructure routière / ferroviaire en Éthiopie en 2015 est de 10%. Ce taux est le plus courant pour les études d'investissements en infrastructures dans le pays et a été largement utilisé par des institutions telles que le Gouvernement éthiopien et la Banque mondiale. Cependant, à de nombreuses reprises, les organisations internationales et les études économiques utilisent 12%. Dans cette étude, un taux de 10% a été utilisé.

Dans cette étude, la valeur résiduelle du projet n'a pas été prise en compte.

Analyse des coûts et revenus financiers

Il n'y a pas de données officielles publiées sur les coûts et revenus liés à la nouvelle ligne Addis Ababa – Djibouti dans son intégralité. Nous avons été en mesure de trouver plusieurs estimations provenant de différentes sources qui indiquent des coûts d'investissement similaires.

Les estimations du trafic de passagers et de marchandises ont été obtenues en extrapolant les résultats des dernières années. Il a été considéré qu'il n'y a pas de trafic induit. Avec ces données, le trafic a été multiplié par le revenu unitaire par passager et par tonne de marchandises pour obtenir les revenus financiers.

Enfin, les données sur les coûts d'exploitation par tonne multipliées par la nouvelle estimation du volume de chargement ont été prises. Cela donne un prix de 16,75 \$ / tn de fret.

Retour sur investissement

Les coûts et revenus finalement prises pour l'analyse sont présentés dans la table suivante (en millions de dollars). Un tableau détaillé de tous les coûts et revenus est inclus dans les annexes.

| <i>Coûts Investissement</i> | <i>Coûts Rénovation</i> | <i>Coûts Maintenance</i> | <i>Coûts Opération</i> | <i>Revenus Passagers</i> | <i>Revenus Fret</i> |
|-----------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|---------------------|
| 4.278,00 | 855,60 | 2.100,00 | 7.420,35 | 8.268,32 | 21.771,45 |

Tableau 2. Coûts et revenus financiers, retour sur l'investissement. Source : préparé par l'auteur

VAN financière'investissement = **-730,19 MUSD** ; TIR financière investissement = **8,18%**

Une VAN financière sur l'investissement négative signifie que le projet ne récupérera pas les coûts encourus par le biais du résultat d'exploitation. Cela ne signifie pas que le projet ne doit pas être réalisé car il existe de nombreux avantages indirects qui n'ont pas été pris en compte dans ce type d'analyse. Cela signifie seulement que le propriétaire du projet cesserait de gagner de l'argent en entreprenant l'infrastructure si un taux d'actualisation de 10% est supposé. Le TIR financière étant inférieur au taux d'actualisation des remises, les investisseurs préféreront investir dans des actifs plus rentables ou avec moins de risques.

Retour sur le capital national

Pour l'analyse du retour sur le capital national, les coûts d'opération, les apports de capitaux nationaux (publics et privés) au projet, les ressources financières des prêts au moment où ils sont remboursés et les intérêts liés aux prêts sont pris en compte.

| <i>Contribution Nationale</i> | <i>Remboursement de la Dette</i> | <i>Coûts O&M</i> | <i>Revenus Totales</i> |
|-------------------------------|----------------------------------|----------------------|------------------------|
| 933,00 | 4.671,76 | 10.375,95 | 30.039,76 |

Tableau 3. Coûts et revenus financiers, retour sur le capital national Source : préparé par l'auteur

VAN financière capital national = **482,30 MUSD** ; TIR financière capital national = **12,89%**

Dans ce cas, la VAN financière sur le capital national est positive, ce qui signifie que du point de vue du gouvernement éthiopien en tant que gestionnaire de fonds publics, il est intéressé

par la réalisation de ce projet. La différence fondamentale avec le résultat sur l'investissement est que le rendement du capital national tient compte du fait que la plus grande partie de l'argent utilisé n'est pas éthiopienne mais chinoise. De cette façon, le paiement de la dette s'étend sur de nombreuses années, devenant un projet rentable pour le secteur public. Un facteur qui contribue beaucoup à cette augmentation de la VAN est la différence entre l'intérêt sur les prêts chinois (estimé à 3,107%) et le taux d'actualisation. Cela engendre que le gouvernement éthiopien et celui de Djibouti prennent de l'argent relativement à bas prix pour un projet qui leur apportera des avantages à l'avenir. Comme le taux d'endettement est si élevé, la différence entre la VAN sur l'investissement et celle sur le capital national est très significative.

Durabilité financière

La viabilité financière vise à évaluer qu'il n'est pas nécessaire de demander de financement à nouveau pour le projet en raison d'un flux de trésorerie négatif à un moment donné du projet. Ce projet n'était pas financièrement durable au début. Le principe du remboursement constant de la dette pour optimiser le remboursement du principal n'a pas pu être respecté puisque les trois premières années de fonctionnement n'ont pas généré assez de revenus pour couvrir sa part proportionnelle de la dette. Pour cette raison, il a été décidé de réduire le paiement de la dette au cours de ces années afin que les flux de trésorerie ne soient pas négatifs et il n'est pas nécessaire de demander de financement supplémentaire.

Analyse économique du projet

En suivant les indications du guide de la Commission européenne et les préceptes de la pratique internationale, tous les coûts financiers ont été convertis en coûts économiques en appliquant un facteur de conversion standard (SCF) de 0,85.

Surplus du producteur

Dans ce projet, la différence entre les coûts d'exploitation et d'entretien et de réhabilitation entre la situation sans projet et la situation avec le projet a été prise comme surplus du producteur. Cela implique que le revenu du producteur est estimé égal pour les deux situations, c'est-à-dire la somme des revenus des opérateurs privés et publics avant que le projet soit équivalent à la somme des revenus qui seront reçus après la construction du chemin de fer. Il a été considéré de cette manière puisqu'il n'y a pas de données de confiance sur le revenu privé et elles seraient très difficiles à estimer. En tout cas, cette hypothèse repose sur le fait que, bien que les prix baissent, il existe un certain trafic induit par le chemin de fer (non pris en compte dans cette analyse) et l'inclusion d'une économie précédemment informelle qui équilibre cette baisse des prix.

| <i>Réduction Maintenance Routière</i> | <i>Coûts de Rénovation Ferroviaire</i> | <i>Coûts de Maintenance Ferroviaire</i> | <i>Réduction Opération Routière</i> | <i>Coûts de Opération Ferroviaire</i> |
|---|--|---|---|---|
| +835,38 | -855,60 | -2.100,00 | +26.148,95 | -7.420,35 |

Tableau 4. Surplus du producteur. Source : préparé par l'auteur

Surplus du consommateur

Le surplus du consommateur est défini comme l'excédent de la volonté de payer des usagers sur le coût généralisé du transport pour un voyage spécifique. Le coût généralisé du transport traduit l'inconvénient général pour l'utilisateur de voyager entre une origine et une destination en utilisant un mode de transport spécifique qui inclut non seulement le prix payé pour le voyage mais implique également un investissement de temps, de déplacement vers les terminaux, etc.

Dans notre analyse, nous avons considéré la réduction des coûts payés par les utilisateurs (transporteurs de fret) et la réduction du temps de voyage pour les marchandises et les passagers. Il convient de noter que la réduction des coûts payés par les passagers n'a pas été

prise en compte, car il n'existe pas de données fiables sur le trafic et le prix avant l'introduction du chemin de fer.

| <i>Coûts Usagers Fret Routier</i> | <i>Coûts Usagers Fret Ferroviaire</i> | <i>Réduction Valeur du Temps Fret</i> | <i>Réduction Valeur du Temps Passagers</i> |
|---------------------------------------|---|---|--|
| +33.116,21 | -21.771,45 | +4.411.09 | +167.87 |

Tableau 5. Surplus du consommateur. Source : préparé par l'auteur

Externalités

L'évaluation des externalités peut parfois être compliquée par leur nature même, bien qu'elles puissent être facilement identifiées. Cependant, pour certains effets spécifiques, les études disponibles dans la littérature fournissent des valeurs de référence à utiliser dans des contextes spécifiques. Dans l'étude nous avons considéré les impacts environnementaux pendant la construction et l'opération mesurés en tCO2e, les impacts sociaux de créations d'emplois et la réduction d'accidents routiers.

Avec ces données, l'évaluation des externalités devient relativement simple : elle nécessite simplement une estimation du volume d'externalité (par exemple, augmentation des décibels de bruit pour la population exposée) qui sera multipliée par le prix unitaire approprié (par exemple, dollar par décibel par personne).

| <i>Catégorie</i> | <i>Valeur (millions USD)</i> |
|--|------------------------------|
| COÛTS D'INVESTISSEMENT | -3.630,30 |
| SURPLUS DU PRODUCTEUR | +14.117,13 |
| <i>Réduction de Coûts d'Opération</i> | +15.919,32 |
| <i>Réduction de Coûts de Maintenance</i> | -1.802,19 |
| SURPLUS DU CONSOMMATEUR | +14.222,01 |
| <i>Réduction de Tarif de Passagers</i> | +9.643,05 |
| <i>Réduction en Coûts de Temps</i> | +4.578,96 |
| EXTERNALIDADES | +5.513,81 |
| <i>Impacts Environnementaux Construction</i> | -155,94 |
| <i>Impacts Sociaux Construction</i> | +104,14 |
| <i>Impacts Environnementaux Opération</i> | +3.872,95 |
| <i>Impacts Sociaux Opération</i> | +1.374,66 |
| <i>Impacts Réduction Accidents Routiers</i> | +318,00 |

Tableau 6. Coûts et revenus économiques. Source : préparé par l'auteur

VAN économique = **2 156,99 MUSD** ; TIR économique = **15,29%** ; Ratio B/C = **1,81**

La VAN économique nous indique que, tout au long des 30 années de vie économique de l'infrastructure, les avantages économiques pour la société actualisés au taux de 10% surpassent les coûts économiques pour la société. En résumé, le projet générera un avantage pour la société dans son ensemble et doit donc être entrepris sur la base de ce critère. Le TIR économique nous informe qu'il existe toujours une marge de taux d'actualisation de sorte que, avec les données de coûts et de revenus estimées pour le projet, l'investissement reste rentable pour les investisseurs. Enfin, le ratio avantages-coûts annonce que les revenus actualisés dépassent sensiblement (presque le double) les coûts actualisés et pour chaque dollar investi, nous récupérerons 1,81.

Évaluation des risques

L'objectif de cette évaluation est de vérifier la robustesse des données présentées précédemment et d'évaluer la possibilité de subir des pertes dues à des situations imprévues ou non prises en compte au début du projet.

Analyse de sensibilité

Pour connaître les données les plus sensibles à une variation marginale potentielle, différents paramètres ont été modifiés de 1% et leur impact en pourcentage sur le VANE a été noté. Les variables présentant les modifications VANE les plus élevées seront les variables critiques et devront faire l'objet d'un suivi spécial tout au long du projet (le cas échéant) afin de ne pas subir d'impacts qui évitent la rentabilité du projet.

| <i>Variable</i> | <i>Variation de la VANE</i> |
|--|-----------------------------|
| <i>Construction</i> | -1,27% |
| <i>Taux d'actualisation</i> | -3,09% |
| <i>Facteur de conversion standard</i> | 0,40% |
| <i>Trafic de fret</i> | 2,36% |
| <i>Trafic de passagers</i> | 0,01% |
| <i>Coûts de maintenance ferroviaires</i> | -0,15% |
| <i>Coûts d'opération ferroviaire</i> | -0,43% |
| <i>Coûts de rénovation ferroviaire</i> | -0,05% |
| <i>Prix tCO2e</i> | 0,22% |
| <i>Taux d'intérêt</i> | -0,01% |
| <i>Coûts d'opération routière</i> | 1,51% |
| <i>Différence entretien routier</i> | 0,06% |

Tableau 7. Analyse de sensibilité. Source : préparé par l'auteur

Analyse des scénarios

L'analyse des scénarios présuppose des modifications aux considérations initiales du projet basées sur des points de vue qui augmentent les coûts ou qui augmentent les revenus de forme délibérée pour se mettre en situations pessimistes ou optimistes dans le but d'évaluer les différents résultats selon les circonstances. Pour cette analyse, un scénario pessimiste et optimiste a été envisagé, le scénario de base étant celui analysé précédemment.

| <i>Scenario</i> | <i>VANE (millions USD)</i> | <i>TIRE (%)</i> |
|-------------------|----------------------------|-----------------|
| <i>Pessimiste</i> | 538,85 | 13,61 |
| <i>Base</i> | 2.156,99 | 15,29 |
| <i>Optimiste</i> | 2,657.64 | 16.13 |

Tableau 8. Analyse de scénarios. Source : préparé par l'auteur

Analyse de risque

Une analyse de risque évalue la distribution des possibilités de tirer une certaine rentabilité économique mesurée par la VAN économique. Pour cela, une distribution de probabilité est attribuée à chacune des variables de l'analyse de sensibilité, définie dans une fourchette précise de valeurs autour de la meilleure estimation, utilisée comme scénario de référence, pour recalculer les valeurs attendues des indicateurs de performance. Une fois que les distributions de probabilité pour les variables ont été établies, il est possible de procéder au calcul de la distribution de probabilité de la VAN du projet.

Deux modèles ont été utilisés, l'un avec une distribution uniforme et l'autre avec une distribution triangulaire. Ce dernier concentre la plupart des valeurs autour de la mode.

| <i>Catégorie</i> | <i>Valeur inférieure</i> | <i>Mode</i> | <i>Valeur supérieure</i> |
|--|--------------------------|-------------|--------------------------|
| COÛTS D'INVESTISSEMENT | 95% | 115% | 120% |
| SURPLUS DU PRODUCTEUR | | | |
| <i>Réduction de Coûts d'Opération</i> | 80% | 104% | 120% |
| <i>Réduction de Coûts de Maintenance</i> | 85% | 112% | 125% |
| SURPLUS DU CONSOMMATEUR | | | |
| <i>Réduction de Tarif de Passagers</i> | 80% | 98% | 110% |
| <i>Réduction en Coûts de Temps</i> | 85% | 107% | 115% |
| EXTERNALIDADES | | | |
| <i>Impacts Environnementaux Construction</i> | 90% | 96% | 110% |
| <i>Impacts Sociaux Construction</i> | 85% | 95% | 110% |
| <i>Impacts Réduction Accidents Routiers</i> | 90% | 112% | 120% |
| TASA DE DESCUENTO | 95% | - | 95% |

Tableau 9. Analyse de risque. Source : préparé par l'auteur

Comme nous pouvons le voir, la distribution est concentrée au milieu du graphique, ce qui signifie que dans la plupart des cas nous aurons des valeurs de la VAN économique similaires à celles obtenues dans le scénario de base. Il est à noter qu'avec les hypothèses décrites ci-

dessus, la VAN économique dépasse toujours 400 millions de dollars, donc il n'y a pas de risque de subir des pertes sociales.

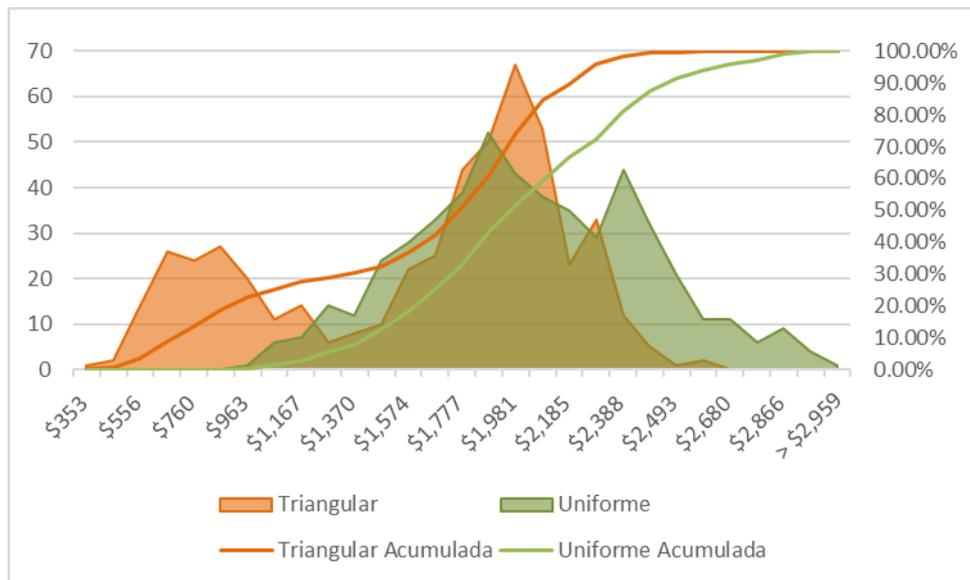


Illustration 2. Distribution de risque. Source : préparé par l'auteur

Conclusion

Dans l'introduction de cette étude, les principaux objectifs sont présentés. Il s'agit essentiellement de l'évaluation de l'analyse coûts-avantages et son application au projet ferroviaire Addis-Abeba-Djibouti. Le premier se traduit par une analyse détaillée des aspects les plus importants de la méthodologie, et le second par l'utilisation de cette méthodologie pour décrire tous les aspects du projet.

Les objectifs secondaires sont également abordés, fournissant une analyse détaillée du contexte qui permet d'approfondir la connaissance de la région et des antécédents du projet en fournissant un cadre adéquat pour comprendre la situation tout au long de la vie du projet. Nous retenons que le contexte politique est assez difficile, avec quelques conflits régionaux. Néanmoins, ce projet fait partie d'un nouvel engagement du gouvernement de l'Ethiopie pour la croissance, s'appuyant sur la Chine à cette fin. Il est prévu que le projet apportera une nouvelle dimension stratégique au pays dans la région.

Dans la description du projet, il est mentionné qu'il s'agit d'une infrastructure de haut niveau technologique et de coût élevé. La Chine, principal acteur, assure le financement, la construction et l'exploitation pour une durée déterminée de ce projet. Cette section fournit les données nécessaires pour faire ultérieurement une étude des coûts et des revenus.

Comme dernier objectif secondaire, les analyses financières et économiques ont fourni des chiffres concrets pour caractériser la performance du projet. Bien que la perspective du projet donne une VAN financière sur l'investissement négative de -730,19 millions de dollars et un TRI sur l'investissement de 8,19%, le fait que la plupart du financement provient d'un crédit à faible taux d'intérêt, dérive dans un investissement rentable du point de vue de l'investissement national. Le point de vue du gouvernement éthiopien offre une VAN financière sur le capital national de 482,30 millions de dollars et un TRI sur le capital national de 12,89%, largement supérieur au seuil de rentabilité. D'autre part, l'analyse économique conclut que l'investissement aura un impact très positif sur la société avec une VAN économique de 2 156,99 millions de dollars et un TIR économique de 15,29%. Enfin, les analyses de sensibilité et de risque confirment qu'avec une sécurité totale, la performance économique de la ligne sera positive à la fin de sa vie économique.

En conclusion, l'analyse coût-avantage est un outil essentiel pour étudier la performance d'un projet en termes monétaires, en particulier du point de vue de l'investisseur et du capital national pour les projets d'initiative publique. Il fournit des indicateurs clairs qui permettent la comparaison entre les alternatives et facilitent la prise de décision. D'un autre côté, l'analyse économique est utile pour monétiser toutes les externalités et traduire les impacts sociaux et environnementaux. D'autre part, cette analyse n'est pas tout à fait exacte et nécessite une gestion prudente pour ne pas encourir trop de sous-estimations.

En particulier pour les projets de transport, l'analyse coût-avantage est bien adaptée grâce à la multitude de recherches sur le sujet. Alors que tous les types d'analyse sont basés sur la qualité des estimations et les données utilisées. Pour la présente étude, de nombreuses estimations et hypothèses ont été prises qui, même justifiées, présentent une large marge d'erreur. Plus quand le projet s'inscrit dans un contexte dépourvu de données fiables et quand par la nature de l'accord commercial entre les acteurs impliqués, les chiffres réels ne sont pas divulgués.

En dernier lieu, l'analyse coût-avantage ne devrait pas être considérée comme la seule source d'information lors de l'exécution d'un projet hautement stratégique. Bien que les externalités du projet soient de mieux en mieux caractérisées, il existe toujours un certain achalandage ou bonne volonté qui ne peut être évalué en utilisant cette méthodologie. Des aspects tels que la position géopolitique dans la région ou l'ouverture de nouvelles lignes de transport possibles avec des alliés commerciaux sont mentionnés dans l'analyse, mais ne sont pas considérés comme primordiaux. Pour ce type de projets, qui coïncident souvent avec de grands projets d'infrastructure, il est recommandé de compléter l'analyse par une étude détaillant ces impacts.

Bibliographie

▪ **Article**

NOM, Prénom. Titre de l'article. *Titre du périodique*, année, volume, numéro, pagination.

MOHAPATRA, Dr. Dipti Ranjan. An Economic Analysis of Djibouti - Ethiopia Railway Project. *EUROPEAN ACADEMIC RESEARCH*, 2016, n°846, p.11376-11400.

BANQUE AFRICAINE DE DEVELOPPEMENT. Rail Infrastructure in Africa. Financing Policy Options, 2015.

BANQUE MONDIALE. Transport and logistics in Djibouti: contribution to job creation and economic diversification, 2013.

COMMISSION EUROPEENNE. Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects, 2014.

▪ **Mémoire et thèse**

FEKADU, Dawit. *Study on railway transport demand model in Ethiopia: Case Study on Addis Ababa-Djibouti Line*. Mémoire de recherche : Master of Science in Civil Engineering in Railway Study Information-Communication. Addis Abeba : Addis Ababa University, 2014, 65 p.

Documents électroniques

▪ **Article en ligne**

MORLIN YRON, Sophie. All aboard! The Chinese-funded railways linking East Africa. *CNN* [en ligne]. Janvier 2017, Disponible sur <<http://www.cnn.com/2016/11/21/africa/chinese-funded-railways-in-africa/index.html>> (consulté le 23.11.2017).

▪ **Site Web**

AMBASSADE LA BELGIQUE EN ETHIOPIE, [en ligne]. Disponible sur <<http://www.ethiopianembassy.be/>> (consulté le 09.12.2017).

WIKIPEDIA, [en ligne]. Disponible sur <<http://www.wikipedia.org/>> (consulté le 09.12.2017).

TRANSPORTATION ECONOMICS, [en ligne]. Disponible sur <<http://bca.transportationeconomics.org/>> (consulté le 09.12.2017).