



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



ANÁLISIS SOCIO- ECONÓMICO EX-ANTE DE LA EXPANSIÓN DE LA CAPACIDAD AÉREA DE LA CIUDAD DE LONDRES MEDIANTE LA METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO

Trabajo realizado por:
Marta Imaz Solarana

Dirigido:
Saúl Torres Ortega

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

Santander, julio de 2017

TRABAJO FINAL DE MASTER

Marta Imaz Solarana

RESUMEN

“Análisis socio-económico ex-ante de la expansión de la capacidad aérea de la ciudad de Londres mediante la metodología del Análisis Coste-Beneficio”

Autor: Marta Imaz Solarana
Director: Saúl Torres Ortega
Convocatoria: Santander, julio de 2017

Palabras clave: Análisis Coste-Beneficio, análisis socio-económico, viabilidad, proyectos, inversión, indicador de rentabilidad, valoración monetaria, análisis de sensibilidad, análisis de riesgo, capacidad aérea, expansión, Londres.

Resumen:

El proyecto de ampliación de la capacidad aérea de la ciudad de Londres ha ocasionado muchas opiniones a favor y muchas en contra. Los motivos que apoya la construcción de una nueva pista en la zona son los beneficios económicos y las mejoras de las comunicaciones que se producirán. Por otro lado, el principal argumento para oponerse a este desarrollo se basa en los elevados niveles de ruido a los que estarán expuestas todas aquellas personas que viven bajo el área de influencia del aeropuerto. Por todo esto, uno de los principales motivos de este Trabajo Fin de Máster es indagar, en términos de viabilidad socio-económica, en una de las construcciones más polémicas que se llevaran a cabo en el Reino Unido en los últimos años. De esta forma, se establece que el principal propósito de este trabajo trata de responder a la pregunta de si la ampliación de la capacidad aérea de la ciudad de Londres es viable en términos socio-económicos. Para la realización de este estudio se llevará a cabo el análisis de dos alternativas: expansión de la capacidad aérea del aeropuerto de Heathrow y expansión de la capacidad aérea del aeropuerto de Gatwick.

Desde el punto de vista de la viabilidad, es pertinente evaluar los proyectos e intervenciones porque los recursos humanos y materiales son escasos, y cuando decidimos su asignación o empleo para una determinada actividad debemos hacerlo de acuerdo a criterios de utilidad y eficiencia. Para evaluar la eficiencia de un proyecto o intervención, el método estándar ha sido el Análisis Coste-Beneficio (ACB). Se trata por lo tanto de un procedimiento para evaluar el valor económico y social de programas, políticas y proyectos de inversión. La metodología del ACB proporciona apoyo en la valoración y toma de decisiones. De esta forma el concepto básico del ACB consiste en comparar todos los costes y beneficios asociados a un proyecto. Finalmente se emplea alguna regla de decisión para determinar la eficiencia del proyecto. Es por lo tanto que el método del Análisis Coste-Beneficio sirve para responder al principal objetivo de este Trabajo Fin de Máster.

A la principal finalidad de responder a la pregunta de si las distintas alternativas en cuanto a la expansión aérea de la ciudad de Londres son viables en términos socio-económicos es sí. En primer lugar, el estudio de los dos escenarios planteados, ampliación del aeropuerto de Heathrow y ampliación del aeropuerto de Gatwick, revela un resultado positivo del indicador de rentabilidad (VAN). Con el valor del VAN obtenido se debe llevar a cabo la interpretación, y en este caso el VAN positivo indica que la inversión produce ganancias por encima de la rentabilidad exigida. Por lo tanto, el proyecto de ampliación de la capacidad aérea de la ciudad de Londres crea valor.

Marta Imaz Solarana

Por otro lado, el análisis de sensibilidad indica que los parámetros de nuestro modelo en ambas alternativas son críticos. De entre todas las variables críticas, es evidente que sea “Impactos económicos” la más relevante, involucrando en esta variable tanto las exportaciones como las importaciones que se realizan en la ciudad, no hay que olvidar que Londres es la gran ciudad financiera de Europa, donde se realizan un gran porcentaje de las operaciones financieras y bursátiles y donde todas las grandes empresas tienen una sede. Además, tienen vital importancia ya que son el mejor indicador del funcionamiento del servicio siendo como se explicó al inicio de este estudio, el crecimiento económico, tras la ampliación de la capacidad aérea de la ciudad, uno de los objetivos principales de llevar a cabo esta inversión. Otras variables que tienen bastante afección sobre el indicador de rentabilidad, sin llegar a ser críticas, son la inversión inicial y la tasa de descuento a aplicar en los años futuros.

Otro de los objetivos era realizar un análisis probabilístico, así, se permite tener en cuenta para el análisis un elevado número de escenarios aleatorios. De esta forma, se ha podido realizar un análisis que se ajuste en mayor medida a la variabilidad real de las variables consideradas. En nuestro caso, la simulación se ha llevado a cabo generando 1000 casos aleatorios. Con la interpretación de los resultados se puede observar que en las 1000 simulaciones realizadas se obtiene un VAN medio de 129.758,3 millones de libras esterlinas y de 66.886,5 millones de libras esterlinas para las alternativas de Heathrow y de Gatwick respectivamente, por lo que a todas luces parece que será muy rentable llevar a cabo el proyecto de inversión siendo estos dos valores positivos.

Durante la realización del trabajo se han cumplido los objetivos de estudiar la metodología del Análisis Coste-Beneficio y de proyecto de expansión de la capacidad aérea de la ciudad de Londres mediante el estudio de las alternativas de ampliación del aeropuerto de Heathrow y de ampliación aeropuerto de Gatwick.

Marta Imaz Solarana

ABSTRACT

“Ex-post socio-economic analysis of the expansion of London’s air capacity using the methodology of Cost-Benefit Analysis”

Author: Marta Imaz Solarana
Director: Saúl Torres Ortega
Date: Santander, julio de 2017

Key words: Cost-Benefit Analysis, socio-economic analysis, viability, projects, investment cost, performance indicator, monetary valuation, sensitivity analysis, risk assessment, probabilistic risk analysis, air capacity, expansion, London

Abstract:

The Project of expansion of London airport capacity has driven to lot of opinions in favour and against. The main reason that support the construction of the new runway in the London airports are the economic benefits and the improvement in the transport communication system. In the other hand, the main reason against this new development is the high levels of noise that will affect the population around the airport. It is for these reasons, that one of the main objectives of this Master’s Thesis is to investigate, in terms of socio-economic viability, in one of the most controversial developments in the United Kingdom in the recent years. In this way, it is established that the main purpose of this Master’s Thesis is to answer the question of the expansion of the airport capacity in London is a viable option in socio-economics terms. In this study, two different cases will be analyse: expansion of Heathrow airport capacity and expansion of Gatwick airport capacity.

From the point of view of the viability, it is appropriate to evaluate the projects and interventions because human and material resources are scarce, and when we decided assignment or employment for a certain activity should do so according to criteria of usefulness and efficiency. To evaluate the efficiency of a project or intervention, the standard method has been the Cost-Benefit Analysis (CBA). It is therefore a procedure for assessing the economic value of programs, politics and investment projects. The CBA methodology supports the valuation and the decision-making procedure. In this way, the basic concept of the CBA consists in comparing the costs and benefits related to a project. Finally, a decision procedure will be used to determine the efficiency of the project. It is therefore the method of Cost-Benefit Analysis helps answer the main objective of this Master’s Thesis.

The primary purpose of answering the question if the different cases of expansion of London airport capacity are viable in socio-economic terms yes can be said. First, the study of the two scenarios presented, reveals a positive performance indicator (ENPV). With the ENPV value obtained we must bring the interpretation, and in this case the positive ENPV indicates that the investment produces profits above the required rate of return. Therefore, the project of expansion of London airport capacity creates value.

On the other hand, the sensitivity analysis indicates that all the variables of the model for the both alternatives are critical. Among these critical variables, it is evident that “Economic impacts” is the most relevant, involving in this variable all the imports and exports that take place in the city of London, it should not be forgotten that London is the Europe financial city, where a great percentage of the business and financial operations takes place and where all big

Marta Imaz Solarana

companies have their headquarter. Furthermore, this variable is really important as far as it is the main indicator of how the service works. As indicated at the beginning of this document, the economic benefits are the main objective to carry out this investigation. Other variables that have enough affection on the performance indicator, without being critical, are the initial investment cost and the discount rate to be applied in future years.

Another objective was to perform a probabilistic risk analysis, thus, it was allowed to take into account in the analysis a large number of random scenarios. In this way, it was possible to perform an analysis that conforms more to the real variability of the variables considered. In our case, it has been decided to carry out a simulation of 1000 random cases. With the interpretation of the results it can be seen in the 1000 simulations the value of ENPV is positive, the value of the average ENPV is 129.758,3 millions of pounds in Heathrow's alternative and 66.886,5 millions of pounds in Gatwick's alternative. So clearly seems to have been very interesting to carry out the project investment as the two main values to consider are positive.

In addition, during the performance of the work, the aims of studying the methodology of Cost-Benefit Analysis and the viability of the two alternatives of expansion of London's airport capacity have been met.

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Análisis socio-económico ex-ante de la expansión de
la capacidad aérea de la ciudad de Londres
mediante la metodología del Análisis Coste-
Beneficio.

Alumno: Marta Imaz Solarana

Tutor: Saúl Torres Ortega

Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

Santander, julio de 2017

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	12
1.1	RAZONES DEL ANÁLISIS.....	12
1.2	OBJETIVOS	13
2	SITUACIÓN ACTUAL Y FUTURA DEL ESPACIO AEROPORTUARIO DE LONDRES	15
2.1	LA NECESIDAD DE CAMBIO	15
2.1.1	SITUACIÓN ACTUAL DEL ESPACIO AEROPORTUARIO DE LONDRES	15
2.1.2	AEROPUERTOS EN LA CIUDAD DE LONDRES.....	17
2.2	CONTEXTO GLOBAL Y NACIONAL DEL SECTOR DE LA AVIACIÓN EN EL REINO UNIDO	26
2.2.1	INVERSIÓN DEL REINO UNIDO EN CONECTIVIDAD	27
2.2.2	IMPORTANCIA DE LOS HUBS Y ALIANZAS EN LA AVIACIÓN.....	29
2.3	BENEFICIOS DE LA CONECTIVIDAD DEL SECTOR DE LA AVIACIÓN EN EL REINO UNIDO.....	31
2.3.1	BENEFICIOS DE LA CONECTIVIDAD PARA LA ECONOMÍA DEL REINO UNIDO	32
2.3.2	BENEFICIOS DE LA CONECTIVIDAD PARA LAS CADENAS DE SUMINISTRO	34
2.3.3	BENEFICIOS DE LA CONECTIVIDAD PARA LAS INVERSIONES.....	36
2.3.4	BENEFICIOS EN CUANTO A LA CREACIÓN DE EMPLEO	38
2.3.5	COMPETITIVIDAD Y CRECIMIENTO	38
2.3.6	RESUMEN DE VARIABLES A CONSIDERAR CON LA EXPANSIÓN	39
2.4	IMPACTOS DEL SECTOR DE LA AVIACIÓN EN EL REINO UNIDO	40
2.4.1	EL CAMBIO CLIMÁTICO	40
2.4.2	EL MEDIO AMBIENTE: RUIDO Y CALIDAD DEL AIRE.....	41
3	ALTERNATIVAS DE ACTUACIÓN.....	44
3.1	SEGUNDA PISTA EN GATWICK	44
3.2	NUEVA PISTA EN LA ZONA NORTE DE HEATHROW	47
3.3	EXTENSIÓN DE LA PISTA NORTE DE HEATHROW	48
3.4	LONDON CITY	50
4	METODOLOGÍA: ACB.....	52
4.1	INTRODUCCIÓN	52
4.2	CONCEPTOS TEÓRICOS PREVIOS.....	52
4.3	TIPOS DE ACB	53
4.4	METODOLOGÍA BÁSICA DEL ACB.....	54
4.4.1	IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO	54
4.4.2	DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS BÁSICOS	55
4.4.3	DEFINICIÓN Y ESTUDIO DE LOS IMPACTOS.....	55
4.4.4	VALORACIÓN MONETARIA.....	57
4.4.5	CÁLCULO DEL INDICADOR DE RENTABILIDAD	59
4.4.6	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	60
4.4.7	ANÁLISIS DE RIESGO	61
5	ANÁLISIS COSTE BENEFICIO DEL PROYECTO	63

Marta Imaz Solarana

5.1	DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS BÁSICOS	63
5.1.1	EL AÑO DE REFERENCIA	63
5.1.2	EL HORIZONTE TEMPORAL DEL ANÁLISIS.....	63
5.1.3	LA TASA DE DESCUENTO	64
5.2	DEFINICIÓN, ESTUDIO Y VALORACIÓN MONETARIA DE LOS IMPACTOS	64
5.3	CASO 1: HEATHROW	65
5.3.1	COSTES.....	65
5.3.2	INGRESOS.....	74
5.4	CASO 2: GATWICK	76
5.4.1	COSTES.....	76
5.4.2	INGRESOS.....	79
6	RESULTADOS.....	82
6.1	INDICADORES.....	82
6.2	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	83
6.3	ANÁLISIS DE RIESGO	85
7	CONCLUSIÓN	92
8	BIBLIOGRAFÍA.....	94
9	ANEJOS.....	97
11	ÍNDICE DE TABLAS.....	102
12	ÍNDICE DE FIGURAS.....	104

1 INTRODUCCIÓN

1.1 RAZONES DEL ANÁLISIS

La saturación aérea existente en los aeropuertos que rodean la ciudad de Londres es un problema que preocupa al gobierno británico desde hace cincuenta años ya que son las comunicaciones tanto dentro de las fronteras como con otros países un factor clave para su desarrollo económico y un factor clave para la permanencia de la ciudad como centro financiero de Europa.

La principal razón que mueve la ampliación de la capacidad aérea de la ciudad de Londres es que facilita que esta siga siendo el centro financiero de Europa y siga de este modo a través de sus aeropuertos atrayendo elevados beneficios económicos basados principalmente en las importaciones y exportaciones que desde estos aeropuertos se producen.

A pesar de estos significativos beneficios, muchas son las opiniones que rechazan este desarrollo. Principalmente, fundamentadas en los elevados niveles de ruido a los que estaría expuesta la población que habita bajo el área de influencia de los aeropuertos con el aumento del número de aeronaves que potencialmente comenzarían a operar en la ciudad. También hay quien fundamenta su rechazo en el aumento de emisiones de gases perjudiciales para la salud humana.

La “Airports Commission” es una comisión independiente creada en septiembre del año 2012 por el gobierno del Reino Unido con el objetivo de que sea ésta la encargada de encontrar una solución a este problema de capacidad aérea que afecta actualmente a la ciudad y asesorar al gobierno británico acerca de las claves para que Londres siga manteniendo el estatus como uno de los principales hubs (término inglés para referirse a los nodos de comunicaciones) internacionales y el hub europeo más importante.

Mientras Londres sigue siendo una ciudad bien conectada y está considerada como el principal hub europeo, este problema de capacidad al que actualmente se enfrenta pone en duda su hegemonía. Para resolver este problema se han planteado diversas alternativas: construcción de una segunda pista en Gatwick, construcción de una nueva pista en la zona norte de Heathrow, extensión de la pista norte de Heathrow y extensión del aeropuerto de London City

En nuestro análisis nos encargaremos de evaluar mediante un análisis socio-económico cuál de los dos aeropuertos, Heathrow o Gatwick, expuestos anteriormente presenta mayor predisposición y una mayor viabilidad para el desarrollo de una ampliación, dejando de lado cuál sería el posible diseño que se adoptaría.

En cuanto a la situación actual de estos dos aeropuertos se puede decir que Heathrow está operando a su máxima capacidad y Gatwick lo hace al 80% y se estima que para el año 2020 lo esté haciendo a su máxima capacidad. Para el año 2040 todos los aeropuertos que rodean la ciudad de Londres estarán totalmente saturados.

La comisión concluye que para el año 2030 una nueva pista debería estar operativa en la ciudad de Londres si se quiere evitar que estos problemas de capacidad afecten negativamente a su economía. Debido a que la construcción de esta pista será un proceso que llevará de media unos diez años, urge que la decisión de la solución adoptada sea tomada con la menor brevedad posible.

Marta Imaz Solarana

1.2 OBJETIVOS

A raíz de lo comentado anteriormente se plantea el objetivo principal del presente trabajo, y que no es otro que tratar de responder a la pregunta de si la expansión de la capacidad aérea de la ciudad de Londres es viable en términos socio-económicos.

De forma más detallada, el desarrollo de este trabajo intentara a través de los distintos apartados del documento la consecución de los siguientes objetivos:

- Estudiar la metodología del Análisis Coste-Beneficio, con sus tipologías, aplicaciones, etapas, etc.
- Estudiar el proyecto de ampliación de la capacidad aérea de la ciudad de Londres, beneficios económicos, mejora de las comunicaciones, situación pasada, presente y futura, características del proyecto, etc.
- Aplicación del método Análisis Coste-Beneficio al proyecto de una nueva pista en un aeropuerto de la ciudad de Londres analizando tres aspectos:
 - Determinar la rentabilidad
 - Determinar las variables críticas
 - Realizar un análisis probabilístico

La estructura del trabajo comienza por definir, en primer lugar, la situación actual de la capacidad aérea de la ciudad de Londres tanto a nivel histórico como teórico y analizará del mismo modo la importancia de la conectividad aérea para su desarrollo económico.

A continuación, se analizarán distintas propuestas para la consecución de este objetivo de ampliación de la capacidad aérea de la ciudad de Londres. Un total de cuatro alternativas serán expuestas en este apartado.

Posteriormente, se analizará en qué consiste un Análisis Coste-Beneficio. Se analizan los conceptos teóricos previos, así como los diferentes tipos de análisis que existen. Uno de los principales puntos de este apartado será establecer cuál es la metodología empleada a la hora de evaluar proyectos, políticas o planes según el Análisis Coste-Beneficio.

Finalmente, se procederá a la aplicación de la metodología del Análisis Coste-Beneficio a las dos alternativas en estudio: ampliación de la capacidad aérea del aeropuerto de Heathrow y ampliación de la capacidad aérea de aeropuerto de Gatwick. De esta forma se hará una definición de los parámetros básicos del análisis, una definición, estudio y valoración monetaria de los impactos y se calculará un indicador de rentabilidad. Además, se concluirá el Análisis Coste-Beneficio con un análisis de sensibilidad y de riesgo mediante el método de Montecarlo.

Por último, se expondrán las conclusiones obtenidas tras el estudio.

2 SITUACIÓN ACTUAL Y FUTURA DEL ESPACIO AEROPORTUARIO DE LONDRES

2.1 LA NECESIDAD DE CAMBIO

2.1.1 Situación actual del espacio aeroportuario de Londres

En septiembre del año 2012 el gobierno del Reino Unido estableció la “Airports Commission”, una comisión independiente encargada de estudiar las distintas opciones para ampliar la capacidad aérea de Londres de modo que pueda seguir manteniendo la categoría de hub (nodo de comunicaciones) de aviación europeo.

Esta comisión es liderada por Sir Howard Davies quien fue director de la prestigiosa universidad London School of Economics y del Financial Services Authority. Otros cinco consejeros forman parte también de esta comisión.

El estilo de vida en las últimas décadas ha cambiado, mientras hace unos años los mayores desplazamientos de personas se producían dentro de las fronteras del país, actualmente estos movimientos están caracterizados por ser principalmente movimientos internacionales. Es por ello, que el tráfico aéreo es algo imprescindible en el movimiento de personas en el siglo XXI. El tráfico aéreo se popularizó a mediados del siglo pasado y empezó a crecer de forma exponencial en la década de 1970. El flujo de personas de un lugar a otro es constante; el avión, es el principal medio de transporte en este flujo, por ello, el mercado aéreo debe permanecer siempre a la vanguardia, adaptándose continuamente a las cambiantes exigencias del mercado.

La globalización y los cambios en la forma en la que la industria aérea se regula ha llevado a un proceso de liberalización del mercado. Estos cambios están satisfactoriamente alterando lo que por largo tiempo había permanecido en equilibrio y exponiendo a las aerolíneas a enfrentarse a una mayor competencia.

En Europa y el Reino Unido, las compañías de bajo coste han sido las primeras beneficiadas de este cambio, experimentando un fuerte crecimiento, aumentando el número de trayectos y poco a poco operando en aeropuertos cada vez más importantes.

El desarrollo de un ambiente cada vez más comercial en el sector aéreo coincide con el desplazamiento del centro de gravedad de la economía. Este centro de gravedad tradicionalmente ha permanecido en los países occidentales y actualmente está experimentando un giro hacia países orientales como China y Japón.

Como resultado, el centro neurálgico de las compañías aéreas dominantes está experimentando ese mismo giro.

Por ejemplo, en el sudeste asiático, el rápido crecimiento económico y la creciente clase media ha hecho que las aerolíneas locales aumenten su poder, que sus aeropuertos se conviertan en hubs del sudeste asiático y que aumenten las conexiones con destinos europeos.

Aunque es difícil predecir que deparará el futuro, estudios afirman que el sector aéreo seguirá creciendo en la misma dirección.

Marta Imaz Solarana

La diferencia entre las compañías de bajo coste y las establecidas aerolíneas acabará desapareciendo, provocando que las grandes compañías aéreas establezcan precios más competitivos y de esta forma poder ser competitivas con las compañías convencionales.

El lanzamiento de una nueva generación de aviones de fuselaje ancho más eficientes en cuanto a combustible, el Airbus A350 y el Boeing 787 Dreamliner, significa que las aerolíneas van a ser ahora capaces de operar en distancias más pequeñas, sirviendo rutas que hasta el momento no habían sido rentables. La mayoría de estas nuevas aeronaves pertenecen a las grandes compañías aéreas por lo que son éstas las que tienen ventaja a la hora de fortalecer cualquier hub.

Algunas compañías de bajo coste están innovando dando servicio en trayectos de larga distancia y muchas de ellas introduciéndose en el mercado de los trayectos de larga distancia en el Reino Unido. Si estas compañías triunfan en los servicios que están dando, provocaría una mayor frecuencia de vuelos entre ambos puntos y produciendo así precios más competitivos entre estos dos puntos.

Está claro, que la proliferación de las compañías de bajo coste es una razón más para que tanto Londres como el sureste de Inglaterra siga buscando la forma de poder incrementar su tráfico aéreo.

El sector aéreo del Reino Unido parece haber respondido bien a acomodar el tráfico aéreo de larga distancia.

La consolidación y liberación aérea ha consolidado el papel de Heathrow como el principal hub del Reino Unido y su dominio en el mercado de larga distancia. Mientras, Gatwick ha intentado competir con Heathrow en este mercado, solo ha logrado atesorar el 11% del mercado de los vuelos de larga distancia.

Sin embargo, la liberalización aérea ha hecho que proliferen las compañías de bajo coste, en donde el aeropuerto de Gatwick juega un papel importante siendo su base más importante. No podemos decir que se concentren únicamente en Gatwick, como ocurre prácticamente Heathrow con los vuelos de larga distancia, se puede decir que se distribuyen de forma similar a lo largo de los cinco aeropuertos que rodean la ciudad de Londres.

El Reino Unido es actualmente uno de los países mejor conectados del mundo: su diversidad de vuelos y su operatividad, ofrece gran número de destinos y una gran capacidad para alojar pasajeros.

Un boyante mercado aéreo es deseable tanto para los pasajeros como para las empresas. Más o menos, la mitad de la población británica ha viajado en avión en los últimos doce meses.

La mayoría de estos vuelos tienen como fin las visitas a familiares o amigos o como medio de transporte para el destino de vacaciones. Los viajes de ocio no son solo un factor crítico en el mercado aéreo del Reino Unido si no que es un factor importante para la economía del Reino Unido. Las empresas del Reino Unido tienen entre sus empleados una gran variedad de nacionalidades por lo que para todas estas personas el transporte aéreo es fundamental ya que normalmente los viajes a su país de origen son frecuentes.

El aeropuerto de Heathrow está operando en su capacidad desde hace varios años y el de Gatwick lo hace al 80% y en horas punta opera en su capacidad. Esto hace cada vez más difícil a las aerolíneas operar eficientemente, particularmente a las aerolíneas de gran distancia

Marta Imaz Solarana

que son dependientes de grandes volúmenes de demanda únicamente alcanzables en grandes aeropuertos, por lo que es fuertemente dependiente de estos. Los resultados son mayores retrasos, tarifas más altas y menor conectividad.

Si Heathrow continuara siendo el centro neurálgico del tráfico aéreo, se puede seguir considerando que el centro de gravedad permanece en occidente.

El sector de la aviación es un sector en constante evolución, ya que las aerolíneas están continuamente cambiando adaptándose a las necesidades de los clientes. Las aerolíneas deben ser flexibles y con la capacidad de integrarse a la economía mundial. La globalización y el desarrollo tecnológico fomentan el libre comercio de bienes, servicios y personas.

Desde que los aeropuertos del Reino Unido alcanzaran su capacidad ha habido un giro en torno al centro de gravedad del sector aéreo como se muestra en el *2003 White Paper*, en este documento, por ejemplo, se considera que el centro de gravedad ha girado en torno a puntos de Oriente Próximo, el aeropuerto de Dubái en concreto ha atraído gran cantidad de vuelos.

Obviamente, hasta que se resuelvan estos problemas de la capacidad aérea, seguirá habiendo avances en el sector de la aviación. Las economías desarrolladas de Europa y Norteamérica, experimentan ahora un crecimiento económico más lento que el que desarrollaban anteriormente a la crisis económica mundial producida en el 2008, lo que ha provocado el efecto mencionado anteriormente, un giro de las economías mundiales hacia el este atraídas por las grandes economías asiáticas.

Pero también existen otros factores menos predecibles. Ya que el precio del petróleo está continuamente incrementándose, empiezan a proliferar nuevas fuentes de energía alternativa. Si estas nuevas fuentes, proliferan en el mercado, el sector de la aviación podría entonces experimentar otro avance en términos tecnológicos. Al producirse la liberalización del sector de la aviación ha incrementado la competitividad entre las aerolíneas, creando oportunidades al mercado para crecer y haciendo el sector de la aviación más accesible y competente.

A continuación, se muestran las características de una satisfactoria conexión aérea; objetivos que se desean alcanzar cuando se resuelvan los problemas de la capacidad aérea en la ciudad de Londres:

- Gran variedad de destinos.
- Elevada frecuencia de vuelos a cada destino.
- Eficiencia en el coste de los vuelos tanto en términos monetarios como de tiempos.
- Rango de opciones de vuelos disponibles.
- Ampliación en el horario de los vuelos.
- Fiabilidad de los vuelos.
- Calidad de la experiencia en el aeropuerto.

2.1.2 Aeropuertos en la ciudad de Londres

En este apartado, se describen los distintos aeropuertos que dan servicio tanto a la capital británica como a las áreas adyacentes a ésta o que sirven de conexión con otros aeropuertos. Las características de los distintos aeropuertos ayudaran a entender porque se ha optado por un aeropuerto en vez de otro a la hora de satisfacer estos problemas de capacidad.

En la siguiente imagen se muestra la localización de los cinco aeropuertos que rodean la capital británica.

Marta Imaz Solarana

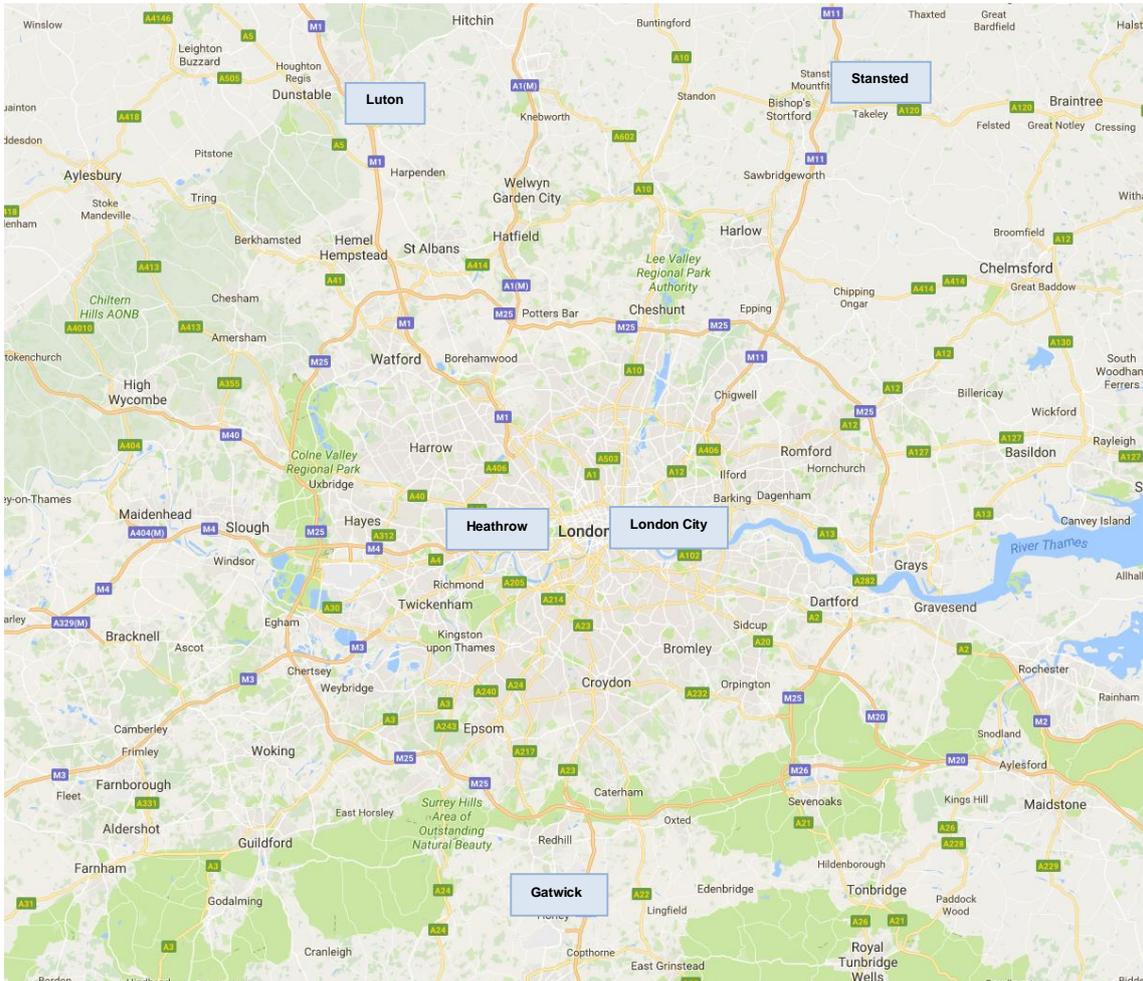


Figura 1 - Ubicación aeropuertos ciudad de Londres (fuente, Google Maps)

La siguiente tabla es un resumen del número tanto de pasajeros como de operaciones que se han producido en los aeropuertos de Londres en el año 2016 y el porcentaje de variación de estas con respecto al año anterior (estadísticas año 2016).

	Pasajeros	Variación Pasajeros	Operaciones	Variación Operaciones
Heathrow	75.711.130	1,0%	474.963	0,2%
Gatwick	43.119.628	7,1%	280.666	4,8%
Stansted	24.320.071	8,0%	180.430	7,0%
London City	4.538.813	5,2%	85.169	0,5%
Luton	14.645.619	19,4%	128.519	12,7%

Tabla 1 - Estadísticas aeropuertos ciudad de Londres año 2016 (fuente, UK Civil Aviation Authority)

2.1.2.1 Heathrow

El aeropuerto de Heathrow es el aeropuerto con más actividad y conexiones del Reino Unido. Se encuentra en Heathrow, en el distrito de Hillingdon, en el área oeste de Londres, a 23 kilómetros del centro de la ciudad. Se puede acceder a él en un tren directo desde Paddington o en la línea Picadilly del metro londinense, además de con autobús; la duración del trayecto al

Marta Imaz Solarana

centro de la ciudad depende del transporte escogido. Tiene dos pistas paralelas en sentido este-oeste y cuatro terminales (numeradas de la 2 a la 4) y una terminal de carga. Comprende un área total de 12,27 kilómetros cuadrados. El aeropuerto es propiedad de Heathrow Airport Holdings que a su vez pertenece a FGP TopCo Limited, un consorcio internacional liderado por Ferrovial y al que también pertenecen otras empresas como Qatar Holding LLC, Caisse de dépôt et placement du Québec, Government of Singapore Investment Corporation, Alinda Capital Partners, China Investment Corporation and Universities Superannuation Scheme (USS).

El aeropuerto de Heathrow es el principal hub de aerolíneas como British Airways, principal compañía aérea del Reino Unido en cuanto al tamaño de flota, o Virgin Atlantic.

A continuación, se muestran unas estadísticas del aeropuerto de Heathrow. En cuanto al tráfico de pasajeros, es el sexto aeropuerto en el mundo después de Hartsfield-Jackson Atlanta International Airport, Beijing Capital International Airport, Dubai International Airport, Chicago's O'Hare International Airport y Tokyo Haneda Airport; en Europa, ha sido el aeropuerto más concurrido en el año 2015 con un 14% más de pasajeros que Paris-Charles de Gaulle Airport y un 22% más de pasajeros que el aeropuerto Ataturk de Estambul. En cuanto a toneladas de carga transportada es el cuarto aeropuerto de Europa tras Frankfurt Airport, Paris Charles de Gaulle y Amsterdam Airport Schiphol. En la siguiente tabla se muestra la evolución en el transporte tanto de pasajeros como de mercancías en los últimos años.

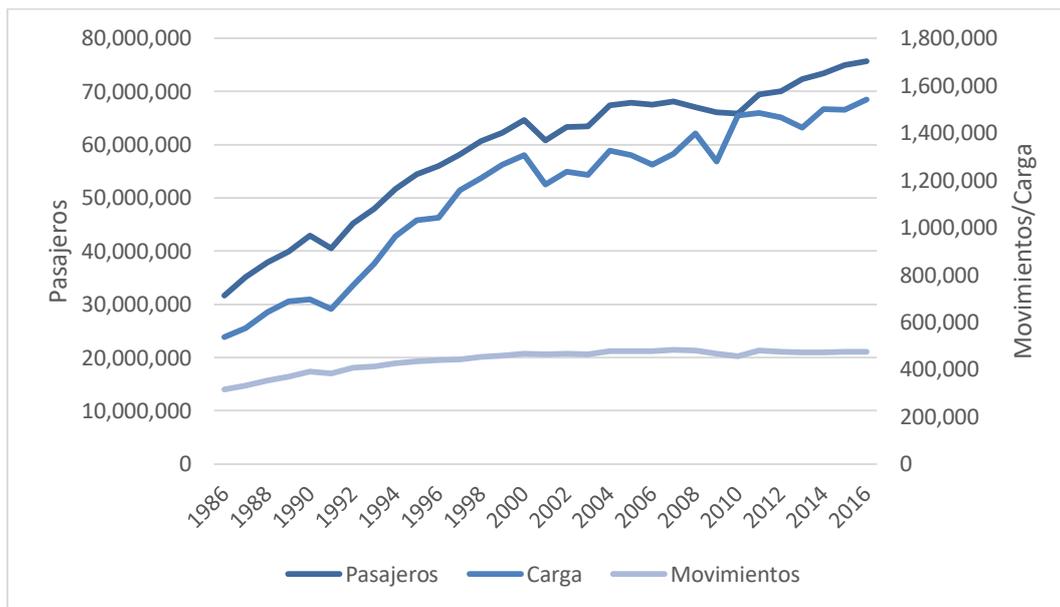


Figura 2 - Volumen anual pasajeros, carga y movimientos aeropuerto de Heathrow (fuente, UK Civil Aviation Authority)

En la siguiente tabla se muestran los destinos más populares desde el aeropuerto de Heathrow. A diferencia del resto de los aeropuertos de la ciudad de Londres desde los que se opera principalmente con otros aeropuertos europeos, en el de Heathrow se puede observar la conectividad que tiene con otros aeropuertos principalmente de Norte América y del Sudeste Asiático, lo que hace que sea un importante hub europeo para las conexiones con estos destinos.

Marta Imaz Solarana

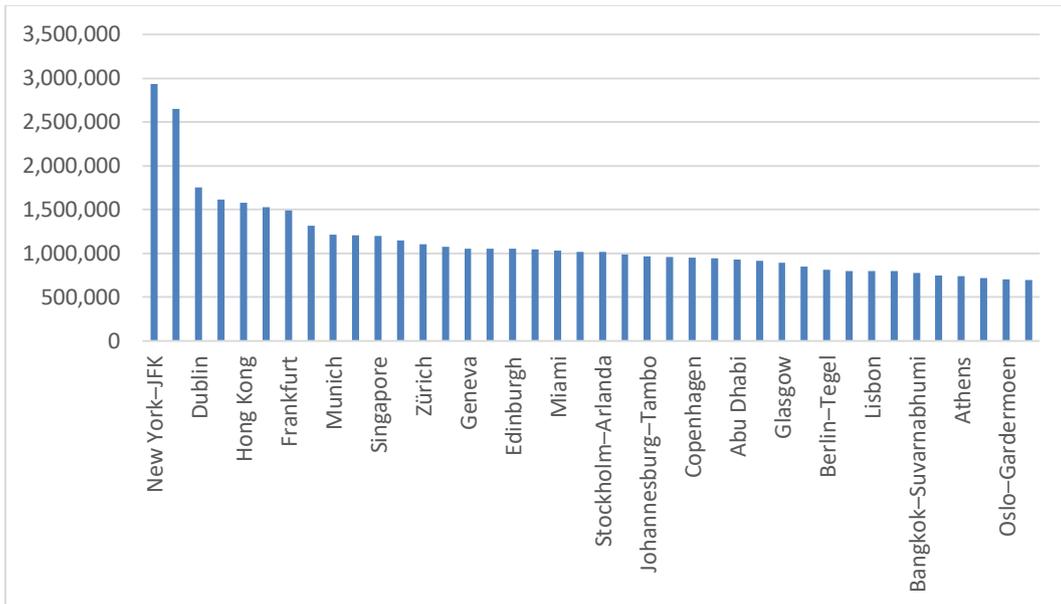


Figura 3 - Destinos según el número de pasajeros desde el aeropuerto de Heathrow (fuente, UK Civil Aviation Authority)

2.1.2.2 Gatwick

El aeropuerto de Gatwick está situado a 47,5 kilómetros del centro de la ciudad de Londres; es el segundo aeropuerto en cuanto a número de pasajeros del Reino Unido, después del aeropuerto de Heathrow. Se accede principalmente desde Victoria Station y London Bridge y el trayecto dura un mínimo de 30 minutos. El aeropuerto se inauguró a finales de los años veinte del siglo pasado como un pequeño aeródromo y ha estado operativo para el transporte comercial desde el año 1933. El aeropuerto tiene dos terminales, la Terminal Norte y la Terminal Sur, y comprenden un área total de 98.000 y 160.000 metros cuadrados respectivamente. Opera una única pista con una longitud total de 3.316 metros, tiene una segunda pista, pero debido a su proximidad a la pista principal solo se puede utilizar cuando la pista principal está fuera de uso.

El aeropuerto de Gatwick es propiedad y operado por Gatwick Airport Limited, subsidiario de Ivy Holdco Limited que a su vez es un consorcio de cinco diferentes compañías cuya propiedad se distribuye de la forma que se muestra en la siguiente tabla:

Compañía	Porcentaje
Global Infrastructure Partners	41.95%
Future Fund Board of Guardians	17.23%
Abu Dhabi Investment Authority	15.9%
The California Public Employees' Retirement System	12.78%
National Pension Service of Korea	12.14%

Figura 4 - Compañías propietarias del aeropuerto de Gatwick (fuente, UK Civil Aviation Authority)

Marta Imaz Solarana

En el siguiente gráfico se observa el volumen de tráfico de pasajeros, carga y operaciones que han tenido lugar en el aeropuerto en los últimos dieciséis años. Se puede apreciar que el transporte de carga se ha visto disminuido en los últimos años.

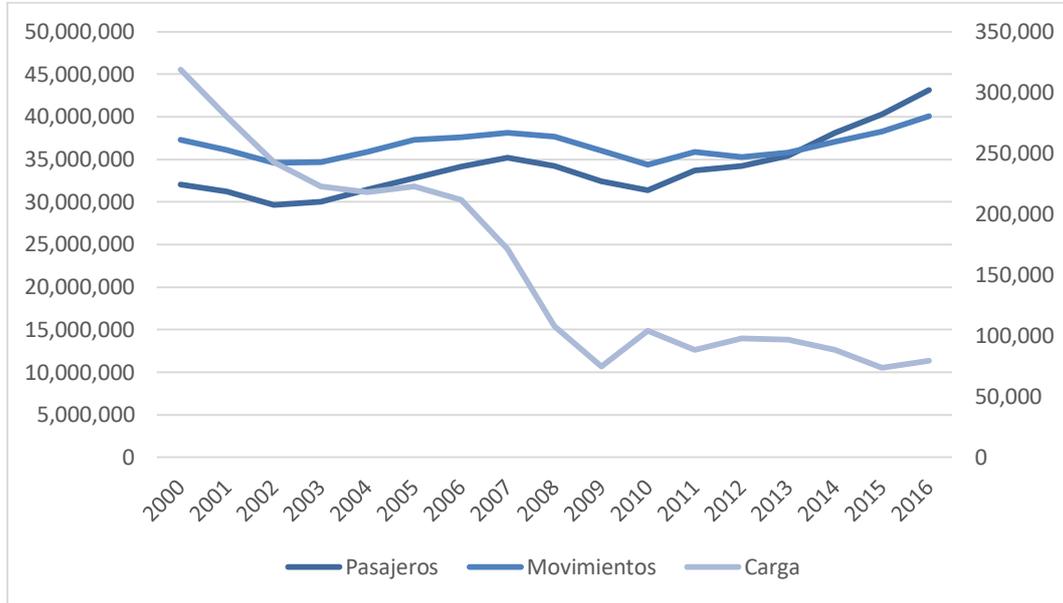


Figura 5 - Volumen anual pasajeros, carga y movimientos aeropuerto de Gatwick (fuente, UK Civil Aviation Authority)

En cuanto a los destinos más populares desde este aeropuerto, se observa que son principalmente otros aeropuertos europeos.

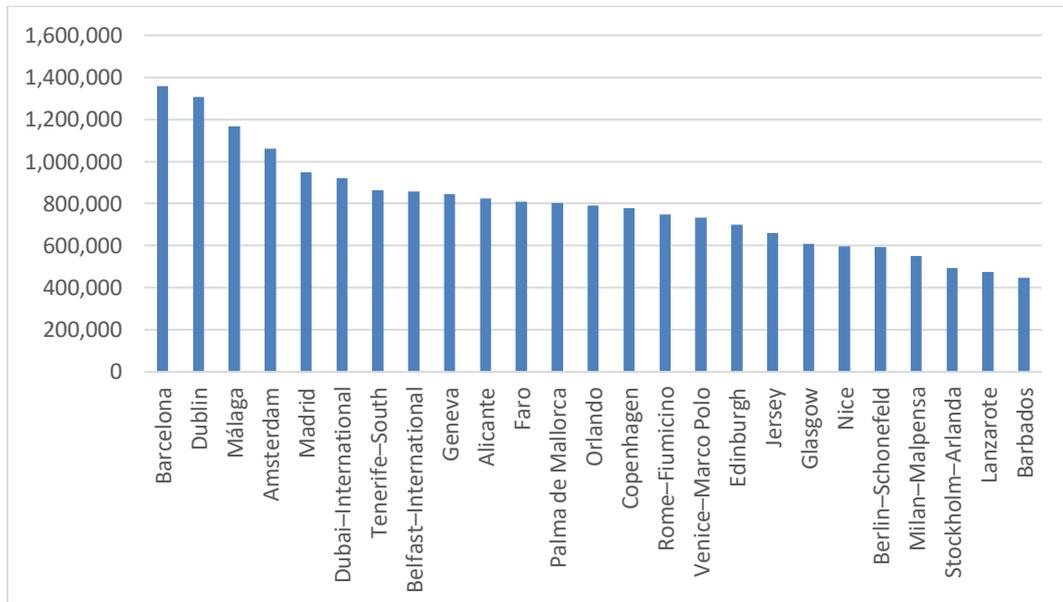


Figura 6 - Destinos según el número de pasajeros desde el aeropuerto de Gatwick (fuente, UK Civil Aviation Authority)

2.1.2.3 Stansted

El aeropuerto está localizado en Stansted Mountfitchet en el distrito de Uttlesford en Essex, 48 kilómetros al norte de la ciudad de Londres. En este aeropuerto operan

Marta Imaz Solarana

fundamentalmente compañías de bajo coste siendo este aeropuerto londinense la base más grande de la compañía irlandesa Ryanair que opera desde este aeropuerto 130 destinos diferentes.

El aeropuerto es propiedad y operado por Manchester Airports Group (MAG).

El aeropuerto tiene una terminal principal y tres terminales satélites donde se sitúan las puertas de embarque. Una de las terminales satélite se conecta con la terminal principal a través de una pasarela elevada y las otras dos lo hacen por medio del servicio de transporte de pasajeros Stansted Airport Transit System.

En el siguiente gráfico se observa la evolución los últimos dieciséis años del tráfico de pasajeros, mercancías y número de operaciones realizadas en el aeropuerto. Se observa que las tres variables han ido en aumento con el tiempo siendo este aeropuerto en el que se produce mayor movimiento de toneladas de carga.

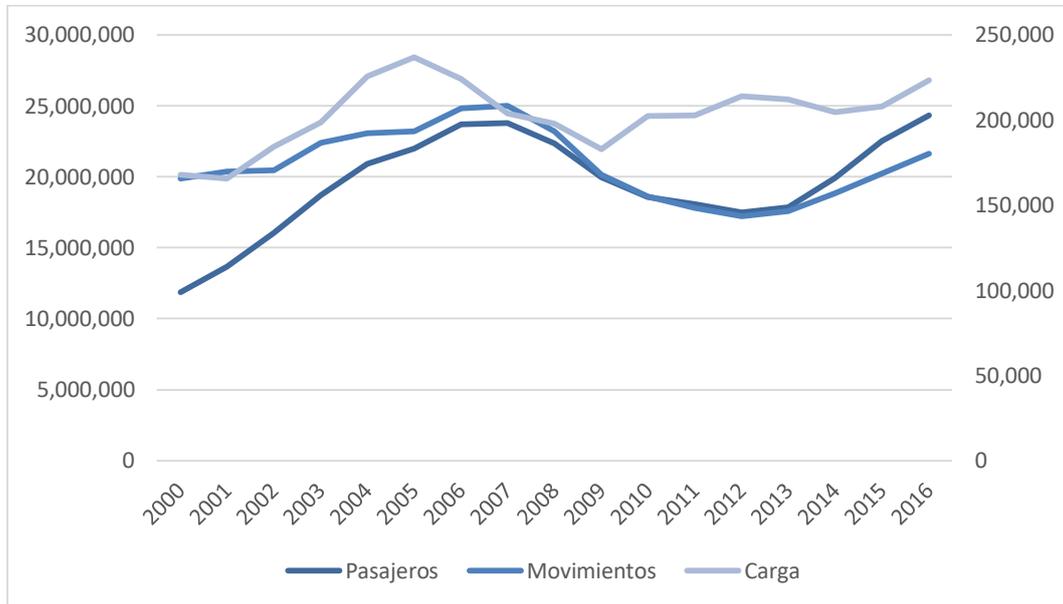


Figura 7 - Volumen anual de pasajeros, carga y movimientos aeropuerto de Stansted (fuente, UK Civil Aviation Authority)

En el siguiente gráfico se observa cuáles son los destinos más populares desde este aeropuerto, a diferencia de Heathrow, sigue siendo predominantemente un aeropuerto que enlaza con otros aeropuertos europeos.



Marta Imaz Solarana

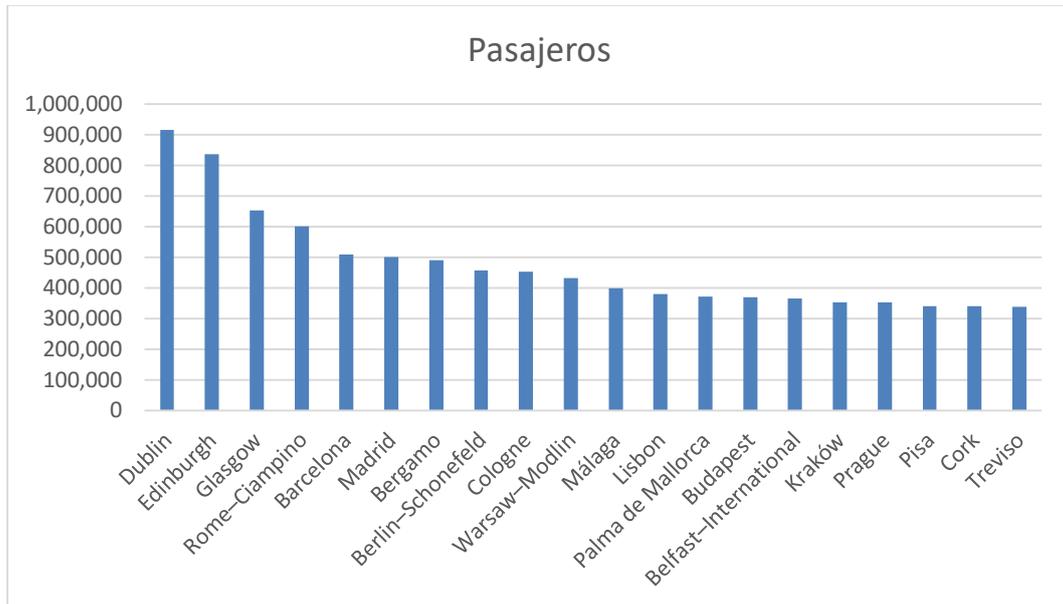


Figura 8 - Destinos según el número de pasajeros desde el aeropuerto de Stansted (fuente, UK Civil Aviation Authority)

2.1.2.4 Luton

Este aeropuerto está situado 47 kilómetros al norte de Londres, opera principalmente rutas con otros aeropuertos europeos, pero también presta servicios para vuelos chárter con otros aeropuertos del norte de África y Asia.

El aeropuerto consta de una única pista en sentido este-oeste con una longitud de algo más de dos kilómetros; consta de una única terminal.

La propiedad del aeropuerto actualmente corre a cargo de London Luton Airport Ltd, una compañía integrada por Luton Borough Council; encargados de la explotación del aeropuerto hasta el año 2031, junto con el grupo empresarial formado por Aena y Ardian (siendo el porcentaje de participación de 51% en el caso de AENA y del 49% de Ardian).

En el siguiente gráfico se muestra la evolución del tráfico de pasajeros, mercancías y el número de operaciones en los últimos veinte años. Se observa que mientras que el volumen de carga transportada ha permanecido constante a lo largo del tiempo, el número de operaciones realizadas y el número de pasajeros que han pasado por el aeropuerto se ha visto incrementado.

Marta Imaz Solarana

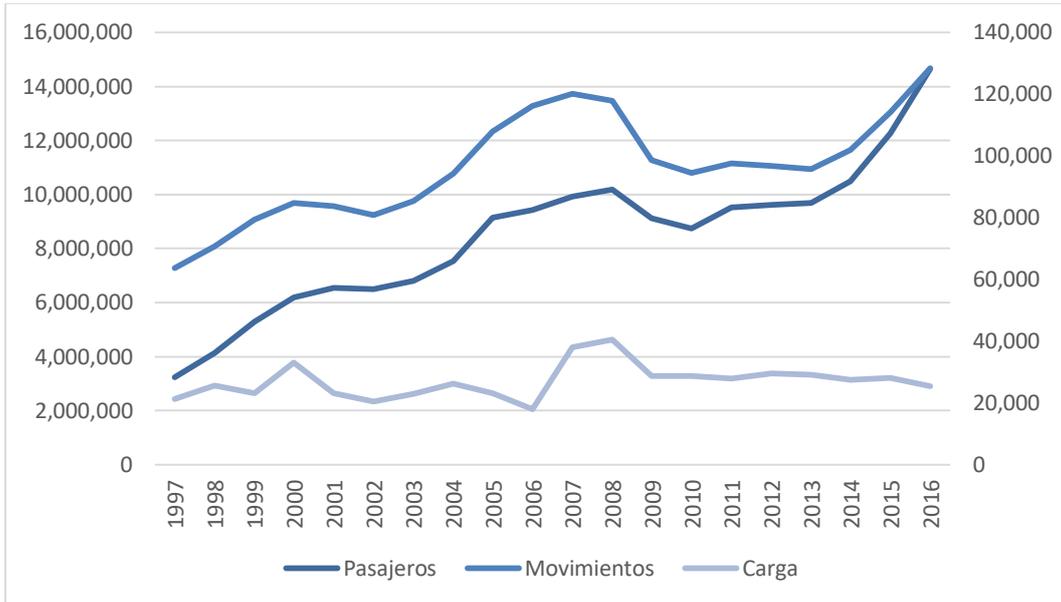


Figura 9 - Volumen anual pasajeros, carga y movimientos aeropuerto de Luton (fuente, UK Civil Aviation Authority)

En el siguiente gráfico se muestran los destinos más populares desde el aeropuerto de Luton en cuando a número de pasajeros. Se observa que sigue siendo un aeropuerto que opera principalmente con otros aeropuertos europeos.

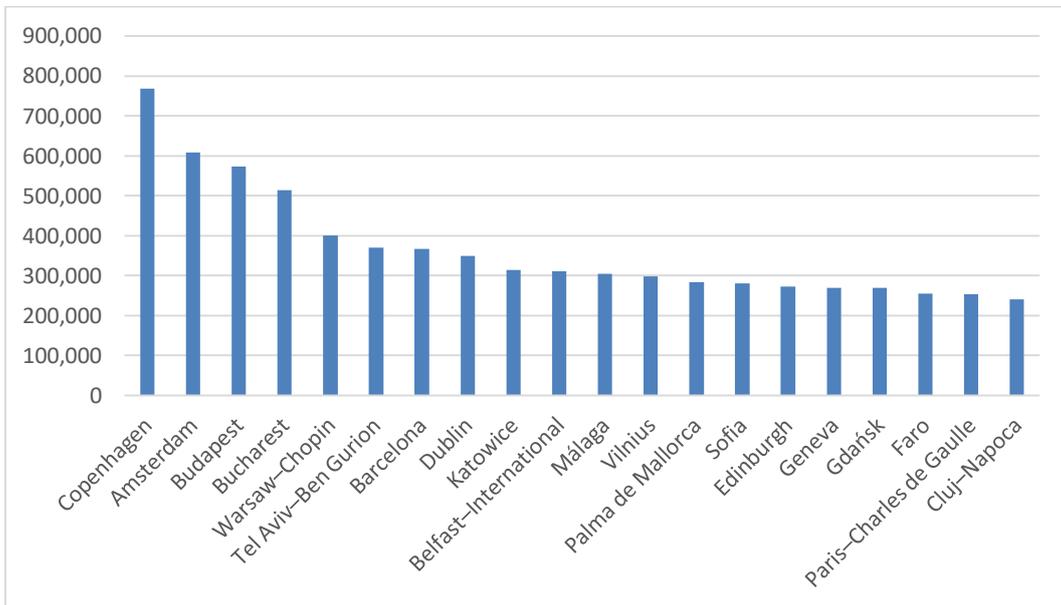


Figura 10 - Destinos según el número de pasajeros desde el aeropuerto de Luton (fuente, UK Civil Aviation Authority)

2.1.2.5 London City

Este aeropuerto está situado en el Royal Docks en el London Borough of Newham, 11 kilómetros al este de la ciudad de Londres. Actualmente este aeropuerto es propiedad del consorcio Alberta Investment Management Corporation (AIMCo), OMERS, The Ontario Teachers' Pension Plan y Wren House Infrastructure Management de Kuwait Investment



Marta Imaz Solarana

Authority. El aeropuerto tiene una única pista de 1500 metros y una única terminal de pequeño tamaño en comparación con las terminales de los otros aeropuertos que rodean la ciudad de Londres.

En este aeropuerto solo se permite el tráfico de pasajeros o aterrizajes para pilotos que estén realizando prácticas de vuelo, pero para ello se requiere que éstos tengan una cualificación determinada.

En el siguiente gráfico se observa el crecimiento experimentado tanto en el número de pasajeros como en el número de operaciones del aeropuerto de la ciudad.

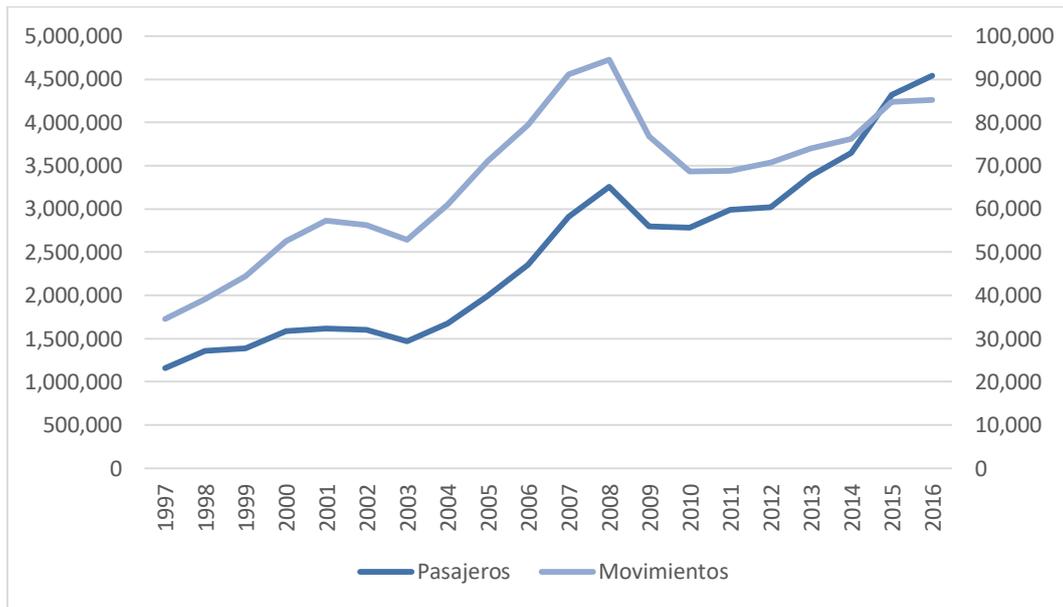


Figura 11 - Volumen anual pasajeros y movimientos aeropuerto de London City (fuente, UK Civil Aviation Authority)

Este aeropuerto opera fundamentalmente vuelos europeos. En el siguiente gráfico se muestran los destinos más populares.

Marta Imaz Solarana

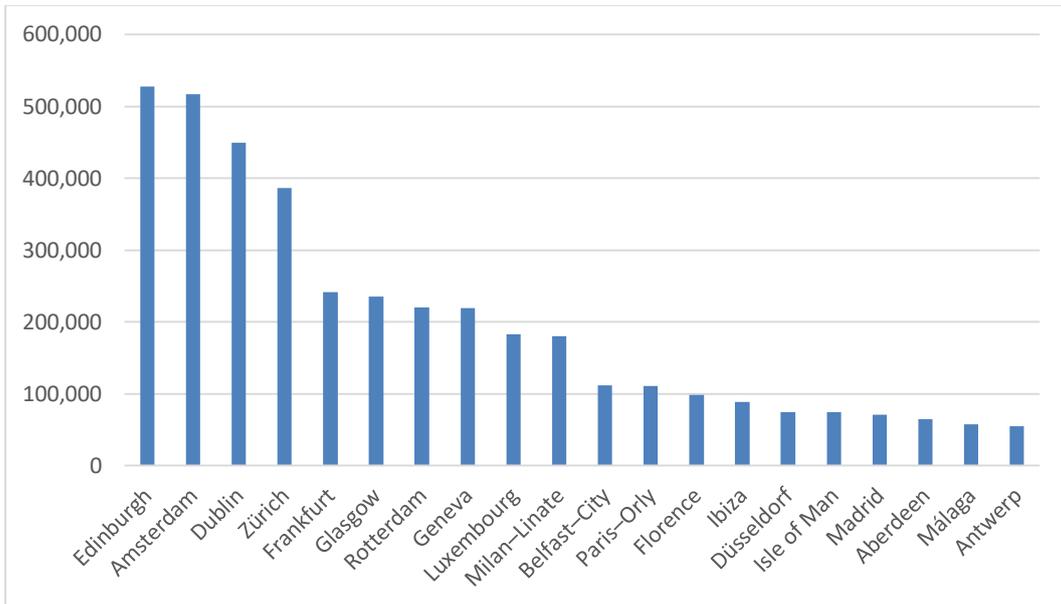


Figura 12 - Destinos según el número de pasajeros desde el aeropuerto de London City (fuente, UK Civil Aviation Authority)

2.2 CONTEXTO GLOBAL Y NACIONAL DEL SECTOR DE LA AVIACIÓN EN EL REINO UNIDO

La posición del Reino Unido en el mercado aéreo es crucial para el desarrollo de su economía. El mercado aéreo es en el Reino Unido un sector importante que potencia la productividad, crecimiento económico y oportunidades de empleo en el país. La ciudad de Londres se encuentra actualmente saturada en cuanto a lo que el tráfico aéreo se refiere y éste es un problema que preocupa al gobierno británico ya que su economía se ve directamente afectada.

Mientras que la gran mayoría se centra en examinar los beneficios que reportaría una mejora de las condiciones aéreas de la gran ciudad, sólo muy pocos se centran en los costos medio ambientales que dicho aumento ocasionaría. Las personas que viven cerca de los aeropuertos son los principales oponentes de su progreso.

En el punto neurálgico de esta pequeña isla, cada vez más falta de espacio, encontrar el terreno necesario para poder realizar un aumento del tráfico aéreo es un reto para el gobierno. En los alrededores de Londres, no se ha llevado a cabo la obra de construcción de una pista de aterrizaje completa desde el año 1940.

Ser capaz de abastecer la demanda aérea es un problema al que se enfrentan muchos países, sin embargo, han sido capaces de seguir el paso de la demanda aérea de mejor manera de la que lo está haciendo Londres. Parece que Londres es una ciudad a la vanguardia en cuanto al transporte, pero esta afirmación está muy lejos de la realidad. Es una ciudad puntera en muchos aspectos, pero si analizamos el tráfico aéreo nos damos cuenta que es una ciudad sobresaturada. El aeropuerto de Heathrow está operando a su capacidad y Gatwick está alcanzando ese mismo estado.

Londres ha sido históricamente un punto en el que hacer escala. Actualmente, son otros aeropuertos en Europa a los que se les está encomendando esta función de ser puntos de escala



Marta Imaz Solarana

en trayectos de larga distancia. También se puede apreciar que se está traspasando esta función a otros aeropuertos del Reino Unido. Si no se actúa ahora, en un futuro próximo, las funciones que a lo largo de la historia se han desarrollado en Londres quedarían absorbidas por otros aeropuertos europeos.

Asegurarse una conexión aérea eficiente es vital para la economía del Reino Unido. Fomenta el comercio tanto interior como exterior. Es evidente que asegurarse una buena comunicación aérea mejora la productividad y es éste uno de los principales retos nacionales.

Una nueva pista que de capacidad a esta demanda aérea creciente es necesaria antes del 2030, su inmediata construcción es requerida ya que serán otros diez años los que se tardarán para que esta pista esté perfectamente operativa e integrada en la red aérea.

2.2.1 Inversión del Reino Unido en conectividad

Según un estudio realizado por El Banco Mundial, el Reino Unido ocupa el octavo lugar cuando se cuantifica el impacto en términos de destinos, frecuencia y coste. Este estudio ha tenido en cuenta 211 países, por lo que a pesar de no estar en la cabeza de esta lista el Reino Unido ocupa una posición destacada. Pero los aeropuertos que le preceden en esta lista son otros aeropuertos europeos, sus principales competidores. Por lo que urge realizar lo antes posible la mejora de la capacidad aérea de esta área del Reino Unido, lo que ayudaría al país a avanzar posiciones en el mencionado ránking.

Rank	Country	Air Connectivity Index
1	US	22.78%
2	Canada	13.44%
3	Germany	12.11%
4	Belgium	12.03%
5	Luxembourg	11.74%
6	Netherlands	11.73%
7	France	11.64%
8	UK	11.55%
9	Switzerland	10.76%
10	Czech Republic	9.87%

Tabla 2 - Ránking conectividad aérea de distintos países (Fuente, Arvis and Sheperd, 2011)

Londres es la ciudad que tiene el mercado aéreo más amplio del mundo en cuanto a pasajeros que bien empiezan o terminan su viaje en esta ciudad. Este dominio en el mercado se ha incrementado en los últimos años.

En el siguiente diagrama se comparan los pasajeros de los años 2002 y 2012, tanto con origen como con destino, distintos aeropuertos del mundo. En este aspecto, los aeropuertos de la ciudad de Londres tienen la hegemonía mundial. Se observa que el número de pasajeros ha aumentado considerablemente en todos los aeropuertos en el año 2012 comparándolo con el 2002. De forma considerable en algunos aeropuertos asiáticos como Beijing, Shanghai, Guangzhou o Bangkok también se ha visto fuertemente incrementada esta demanda entre los años en estudio, 2002 y 2012. Cabe hacer una doble mención al giro que está experimentando el centro de gravedad de las conexiones aéreas de occidente hacia oriente.

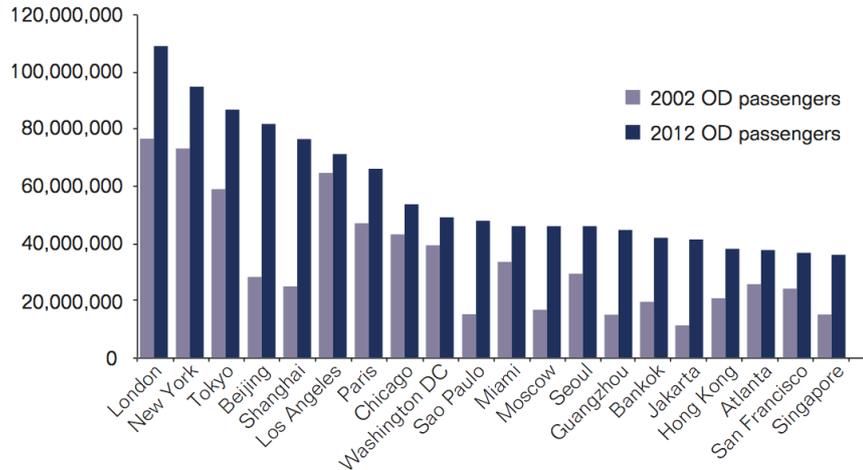


Figura 13 - Comparativa de los 20 aeropuertos más grandes del mundo año 2002 y 2012 (fuente, Airports Commission, 2013)

Como se ha mencionado anteriormente, los aeropuertos de la ciudad de Londres están operando a unos niveles próximos a su capacidad. Actualmente, Heathrow opera a su capacidad, Gatwick lo hace al 80% y se estima que para el año 2020 esté totalmente saturado. La siguiente figura se corresponde con una línea del tiempo en la que se muestran cuando estarán los distintos aeropuertos operando a su capacidad.

Se observa que para el año 2040 el espacio aéreo de toda la ciudad de Londres estará totalmente saturado, por lo que la decisión de la solución que se tomará para resolver este problema se debe tomar de forma inmediata.

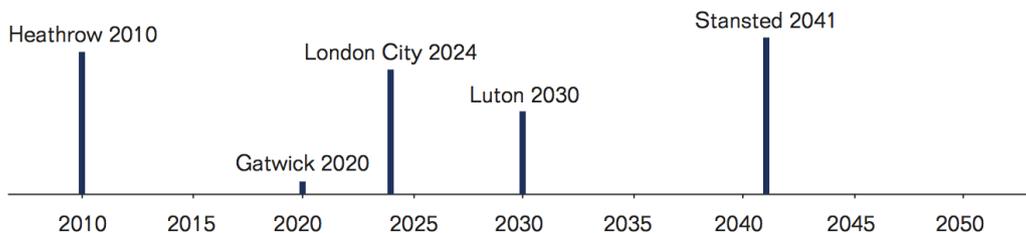


Figura 14 - Línea del tiempo que muestra el año en el que se alcanza la capacidad en los distintos aeropuertos (fuente, Airports Commission, 2013)

2.2.1.1 Importancia de la conectividad para el tráfico de mercancías

Se pretende alcanzar una capacidad aérea que proporcione unos niveles satisfactorios de conectividad con la zona sureste de Inglaterra. La buena conectividad no satisface únicamente necesidades para el tránsito de pasajeros, sino que también es un factor determinante en el tráfico de mercancías. El valor de la mercancía que se transporta por el aire al año según fuentes de la *Independent Transport Commission* es de 6.4 trillones de libras esterlinas, que equivale al 35% del valor del tránsito de mercancías internacional, que en el Reino Unido se corresponde con un 70% de las mercancías que llegan por transporte aéreo.

A pesar de que muchas compañías poseen su propia flota de aviones muchas veces se utilizan los aviones de pasajeros para realizar transporte de mercancías. Alrededor del 50% de

Marta Imaz Solarana

las mercancías que se transportan por aire lo hacen en aviones de pasajeros, este porcentaje se incrementa cuando hablamos del Reino Unido, siendo el 70%.

Gracias a la proximidad de la isla con Europa, el transporte por carretera o ferrocarril también es una opción a considerar, pero muchas veces se desestima debido a los ahorros en tiempo al usar el transporte aéreo.

2.2.2 Importancia de los hubs y alianzas en la aviación

En este apartado se explican los beneficios de conectividad que existen en aquellos aeropuertos considerados como hubs de comunicaciones, y las razones por las que tanto a Heathrow como a Gatwick les interesa mantener o adquirir esta categoría.

A pesar de que la consolidación ha sido observada en los recientes años, particularmente en los mercados de Norte América y Europa, el mercado global de la aviación permanece fragmentado en gran parte debido a las restrictivas leyes impuestas por muchos países.

La respuesta de las compañías a estas restricciones ha sido desarrollada en torno a las tres alianzas globales existentes en las compañías aéreas: SkyTeam, Star Alliance y Oneworld. Estas alianzas dominan el espacio aéreo internacional.

2.2.2.1 SkyTeam

SkyTeam alianza creada en el año 2000 y centralizada en Aeropuerto Schiphol de Ámsterdam, fue fundada por cuatro de las compañías más grandes del mundo: Aeroméxico, Air France, Delta Airlines y Korean Air. Es la segunda unión de aerolíneas que más destinos y vuelos sirve alrededor del mundo; en el año 2012, se ha consolidado como la alianza de mayor importancia en el mercado de China Continental y Taiwán gracias a la incorporación de las principales aerolíneas de ese país China Airlines, China Eastern y China Southern. Actualmente opera en 177 países, en 1062 aeropuertos distintos y un número anual de 665,4 millones de pasajeros.

Actualmente la alianza está compuesta por 19 miembros, gracias a las incorporaciones en 2012 de Aerolíneas Argentinas, con fuerte presencia en Sudamérica, Saudi Arabian Airlines, con base en Medio Oriente, y Xiamen Airlines, que lidera en el mercado chino; sin embargo, continúa sus procesos de expansión buscando socios en áreas claves de desarrollo en la industria, en especial en las regiones de Brasil e India.

2.2.2.2 Star Alliance

Star Alliance alianza aérea que tiene su sede en Frankfurt am Main (Alemania) fundada en el año 1997 por cinco aerolíneas: Scandinavian Airlines, Thai Airways International, Air Canada, Lufthansa, and United Airlines. Actualmente está formada por 27 aerolíneas de todo el mundo, opera diariamente unos 21.000 vuelos a 1.160 aeropuertos en 181 países y un número total de 641,1 millones de pasajeros anuales. Es la segunda mayor alianza en cuanto a volumen de pasajeros se refiere.

2.2.2.3 Oneworld

Oneworld es una alianza de quince aerolíneas comerciales. Fue fundada el 1 de febrero de 1999 por American Airlines, British Airways, Cathay Pacific y Qantas. La alianza posee una flota de 2.000 aviones que realizan 8.500 vuelos diarios y 750 destinos internacionales alrededor de todo el mundo en 150 países con un volumen anual de 557,4 millones de pasajeros.



Marta Imaz Solarana

El alcance de estas aerolíneas ha crecido rápidamente. De forma que cuando ellas empezaron en 1990 la gran mayoría de sus miembros fueron establecidos en Europa, Asia y Norte América, actualmente incluyen aviones en todos los países, incluido todo el continente asiático, África y Suramérica.

Estas alianzas, controlan actualmente más de la mitad de la capacidad aérea. Su dominio es notable en el mercado de larga distancia, trayectos intercontinentales. El principal papel de estas alianzas ha sido principalmente controlar tanto el marketing de las compañías como la venta de billetes.

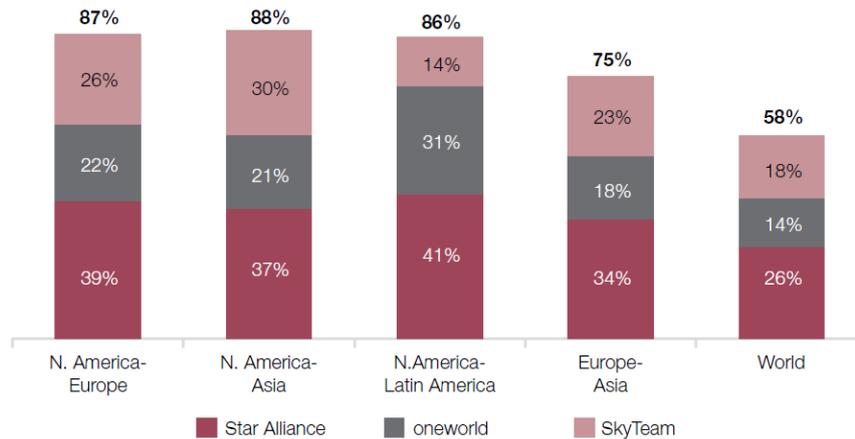


Figura 15 - Predominio de las distintas alianzas aéreas en los distintos continentes (fuente, Deutsche Bank, 2012)

En las redes hub-and-spoke, las aerolíneas y las alianzas encaminan sus rutas intentando que pasen por uno de estos aeropuertos clave, hubs, de forma que se incrementan los enlaces con otros aeropuertos, spokes.

Los aeropuertos de Oriente Medio, están situados en un punto estratégico para las conexiones entre Europa y Asia. Los aeropuertos de Europa están bien posicionados como hub para los vuelos procedentes de la costa este de los Estados Unidos con destino el continente africano.

En la siguiente imagen se detalla el número anual de pasajeros que en el año 2012 pasaron por los diferentes hubs mundiales.

Marta Imaz Solarana

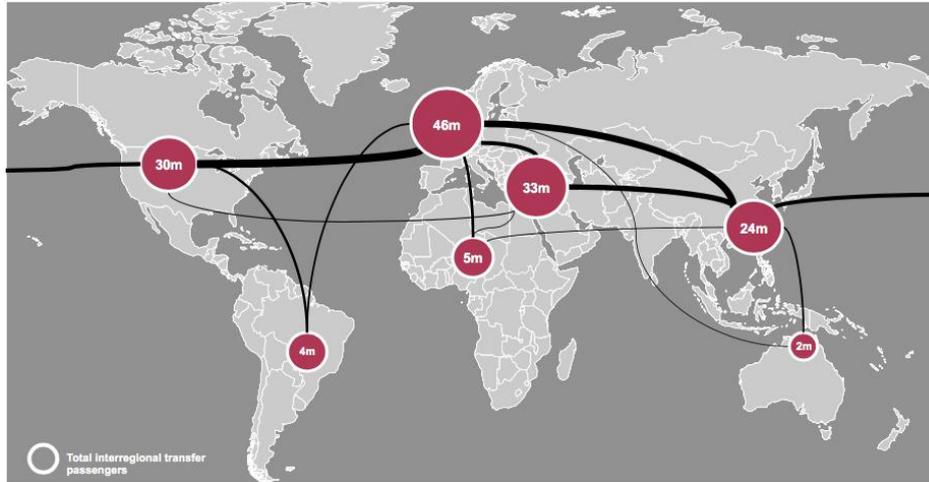


Figura 16 - Millones de pasajeros anuales en los diferentes "hubs" mundiales (fuente, Sabre ADI)

El mercado aéreo de tráfico de pasajeros tiene una fuerte competencia y muestra un fuerte interés en conectar con aeropuertos hubs para así poder multiplicar sus destinos.

La consolidación de la industria aérea y el asociado aumento de alianzas aéreas ha conducido a la expansión de las redes hub-and-spoke por grandes aerolíneas en los principales aeropuertos. En estas líneas, las aerolíneas y sus aliadas derivan su tráfico aéreo a otro hub proveniente de un punto spoke de la red. Para pasajeros, el modelo hub-and-spoke facilita la posibilidad de los vuelos directos, facilitando la oportunidad de viajar a gran variedad de aeropuertos con un único ticket.

En Europa, los principales hubs son aquellos operado por Air France-KLM en Ámsterdam Schiphol and Paris Charles de Gaulle, Lufthansa at Frankfurt International and British Airways en London Heathrow. Estos nodos de comunicación europeos se han visto en los últimos años amenazados por la fuerte competencia de aeropuertos y aerolíneas de Oriente Medio.

2.3 BENEFICIOS DE LA CONECTIVIDAD DEL SECTOR DE LA AVIACIÓN EN EL REINO UNIDO

El impacto de estas tendencias en el sector es una prueba de las mejoras que está experimentando el Reino Unido en el tráfico aéreo como se puede mostrar en los siguientes gráficos: los aeropuertos del Reino Unido ofrecen una oferta de destinos muy superior a la de cualquier aeropuerto de Europa. En los siguientes gráficos se compara el Reino Unido con Alemania, España, Francia y Holanda.

Marta Imaz Solarana

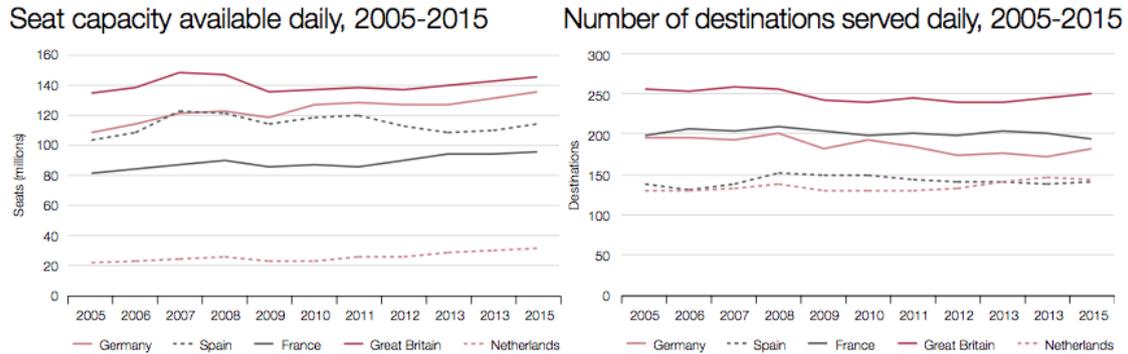


Figura 17 - Número de destinos operados diariamente por los distintos países (fuente, OAG data)

Esto refleja que a lo largo de la historia los aeropuertos del Reino Unido han atraído vuelos, principalmente con destino otros aeropuertos de Europa y Norte América.

International passenger movements at UK airports, 2004-2014

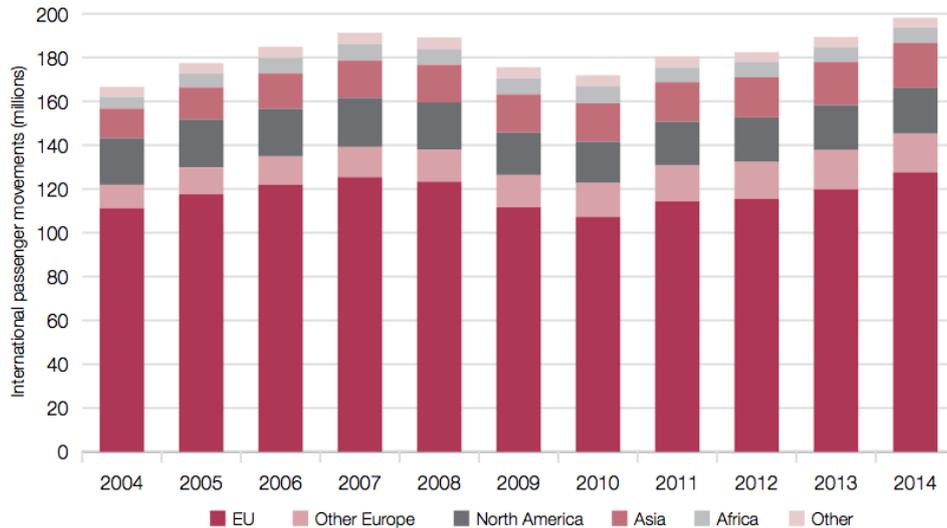


Figura 18 - Principales destinos desde aeropuertos del Reino Unido (fuente, CAA airport statistics)

Los aeropuertos del Reino Unido están fuertemente restringidos a pesar de que se hayan llevado a cabo medidas importantes para aumentar la capacidad aérea de los aeropuertos del país en los últimos años como la terminal sur del aeropuerto de Gatwick y las terminales 2 y 5 de Heathrow. Desde 1945 se han construido las pistas del aeropuerto de Manchester y de London City. Los dos, Gatwick y Heathrow han respondido positivamente al desafío de incrementar el tráfico aéreo, y a medida que la demanda de los vuelos iba creciendo sus pistas operaban con una mayor densidad de vuelos de manera muy eficiente.

2.3.1 Beneficios de la conectividad para la economía del Reino Unido

Los intercambios económicos que se llegarían a desarrollar con la expansión de la capacidad aérea de Londres producen beneficios significativos entre los que destaca:

- Acceso a bienes y materiales no disponibles en la región debido a factores tanto climáticos como geográficos.

Marta Imaz Solarana

- Aumentar la variedad de stock, mejorando la calidad del producto y siendo más competitivo en cuanto al coste.
- Las diferentes marcas tendrán la posibilidad de adentrarse en diferentes mercados.

A pesar de estos beneficios, pocas compañías británicas exportan. Sólo lo hacen un 11% de ellas. Entre las compañías, hay también una diferencia considerable en cuanto a exportaciones en el sector. Actividades relacionadas con el sector secundario, exportan 38,7% de su producción, mientras que en las actividades relacionadas con el sector servicios solo se exporta el 8,7%, es decir que estas actividades están principalmente destinadas al consumo nacional.

El siguiente gráfico resume el volumen de las exportaciones según el tamaño de la empresa.

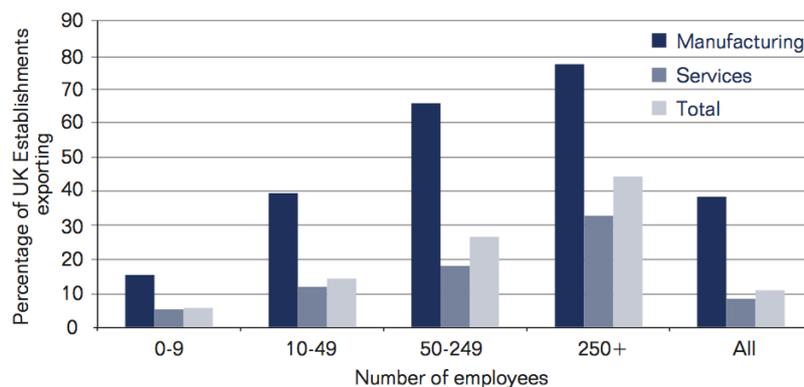


Figura 19 - Empresas exportadoras del Reino Unido ordenadas según el número de empleados (fuente, Harris y Li, 2007)

La razón por la que pocas compañías operan más allá de las fronteras del país es que hacerlo es un proceso costoso en cuanto a términos económicos, por lo que muy pocas compañías se lo pueden permitir. Por lo que las compañías que exportan son las más productivas. En el periodo de 1996-2004, el 60% del crecimiento de producción del Reino Unido correspondía a compañías que exportaban sus productos, este crecimiento correspondía con un 1,27% anual comparado con el 0,8% de crecimiento de producción anual de las firmas que no exportan sus productos.

Las empresas que exportan son también las más novedosas. Una de las características común para las empresas que participan en la economía internacional frente a aquellas que solo comercian dentro de sus fronteras es lo innovadora que puede ser.

Debido al gran coste que significa exportar, las empresas suelen ser muy selectivas con los países con los que lo hacen; los países grandes, geográficamente cercanos, con fuertes instituciones y un sistema financiero estable suelen ser los principales destinatarios.

Mejorar las características de acceso para las empresas a los diferentes mercados en términos tanto de accesibilidad geográfica como de coste, aumentaría el volumen de la mercancía comercializada, lo que se traduce en un incremento de la producción nacional y aumento de las compañías que exporten su producción.

Marta Imaz Solarana

2.3.1.1 Principales barreras para la exportación

El comercio exterior es una actividad de gran coste. Requiere una gran inversión de tiempo y esfuerzo. Cuando se suprimen las barreras en el comercio internacional se mejoran las exportaciones de las distintas compañías. El caso de las relaciones entre Estados Unidos y Canadá en términos comerciales es un claro ejemplo de estos beneficios y de las relaciones satisfactorias de intercambio comercial entre estos dos países.

Sin embargo, el coste de traspasar una frontera es una pequeña parte del coste total del comercio exterior. En el siguiente gráfico se muestra como ejemplo la distribución de costes en el comercio exterior de Estados Unidos en el 2004.

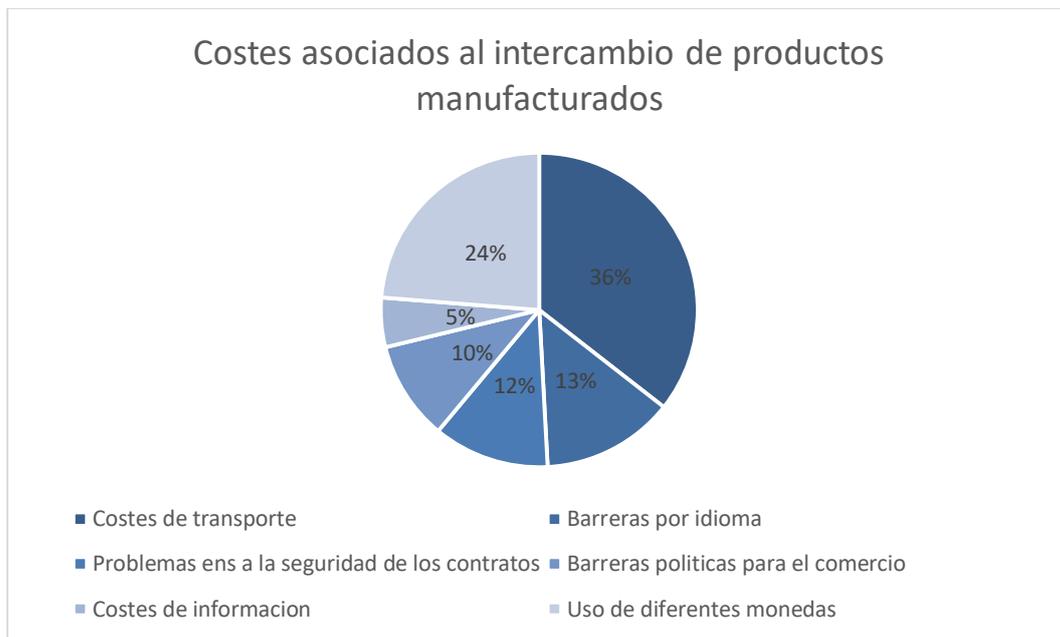


Figura 20 - Porcentaje de los diferentes costes asociados a las exportaciones (fuente, Anderson y van Wincoop, 2004)

2.3.1.2 Importancia conectividad aérea en los países

Se ha demostrado que la conectividad aérea de un país influye directamente en el nivel de sus exportaciones. Así cuando un país es un hub o está bien conectado con el exterior, el nivel de sus exportaciones es alto. Esta relación no es casual, si no que fuertes relaciones de conectividad entre países conducen a niveles altos de exportación y viceversa.

2.3.2 Beneficios de la conectividad para las cadenas de suministro

A continuación, se detalla la importancia de las cadenas globales de producción en las cuales el transporte aéreo cobra gran importancia. Como se detalla en el informe publicado en el Programa Cátedras de la OMC¹ por Eduardo Bianchi² y Carolina Szpak³ las cadenas globales de producción están transformando el comercio internacional: los bienes intermedios ganan

¹ Cadenas globales de producción: implicancias para el comercio internacional y su gobernanza.

² Red Latinoamericana de Comercio y Co, Titular Cátedra OMC – FLACSO.

³³ Universidad Tres de Febrero

Marta Imaz Solarana

preponderancia, disminuyendo la participación del valor agregado en el valor total del intercambio.

En los últimos años están proliferando los sistemas internacionales de producción integrada o redes globales de producción, “cadenas globales de producción” o “cadenas globales de valor”, caracterizados por los rápidos avances de las tecnologías de la información y las comunicaciones, los menores costos de transporte, la liberalización del comercio y el auge de la inversión extranjera directa.

Ello ha llevado a la fragmentación geográfica de los procesos productivos de bienes de forma tal que existen bienes que están compuestos de materiales, partes, componentes y servicios que se producen en numerosos países.

La tercerización en el extranjero o externalización de la producción de partes de un bien, tiene como consecuencia un tipo de comercio internacional diferente del planteado en los Modelos Ricardiano o de Heckscher – Ohlin, ya que en éstos se intercambian bienes finales. Por el contrario, en la presencia de externalización, se intercambian bienes intermedios que, en ocasiones, pueden cambiar varias veces de país antes de ser ensamblados en un bien final.

En el comercio basado en la “segmentación de la cadena de valor”, término acuñado por Krugman (1995), los países se especializan en “actividades” o “tareas” productivas y no en industrias. Por lo tanto, los países que tienen gran disponibilidad de mano de obra poco calificada no se especializan necesariamente en industrias o ramas industriales de uso intensivo de trabajo, sino en aquellas actividades que utilizan más intensivamente dicho factor.

Las empresas que coordinan las cadenas globales de valor están generalmente localizadas en los países desarrollados, mientras que sus proveedores son empresas que se encuentran en países en desarrollo. Esta división internacional de actividades o tareas entre ambos grupos de países refleja la asimetría tecnológica existente entre ellos. Las etapas con mayor valor agregado relativo son las que se conservan en las economías centrales (concepción de producto, diseño, investigación y desarrollo, marketing y servicio posventa) y las restantes se externalizan en países en desarrollo (procesos manufactureros).

A medida que las cadenas globales de producción se fueron desarrollando en los años ochenta y noventa, las participaciones de los países del G-7 en el ingreso y en las exportaciones mundiales disminuyeron mientras que otros países como China, Corea, India, Turquía, Indonesia, Tailandia y Polonia vieron aumentar su participación en los intercambios internacionales.

2.3.2.1 Implicaciones sobre el comercio internacional

Las cadenas globales de producción inciden significativamente en el comercio internacional, al ser éste una de las condiciones necesarias para su funcionamiento. La contracara del fuerte crecimiento relativo del comercio de bienes intermedios, es la disminución de la participación del valor agregado en el valor total de los bienes que se intercambian.

Este modelo de producción tiene consecuencias también para la medición del comercio internacional y para la política comercial. En el primer caso, los métodos tradicionales de medición del comercio parecen inadecuados para analizar las corrientes comerciales vinculadas con las cadenas, ya que no tienen en cuenta los componentes de las exportaciones e importaciones que provienen de ellas. Como los bienes cruzan las fronteras varias veces, los valores se duplican (o multiplican).

Marta Imaz Solarana

Los beneficios de la buena conectividad aérea crecen de forma exponencial cuando el servicio que facilita estas comunicaciones se trata de vuelos directos. El comercio internacional implica numerosos inconvenientes frente al comercio dentro de las fronteras, pero se ha demostrado que cuando las comunicaciones se hacen por vuelos directos estos inconvenientes se reducen un 10%.

Con esto concluimos que la elevada densidad aérea en los aeropuertos tanto de Heathrow como de Gatwick hace que no se pueda aumentar el número de vuelos o conexiones directas, por lo que se ve directamente afectada la economía de todo el Reino Unido, ya que se reducen las relaciones comerciales.

La siguiente tabla expresa la correlación entre las exportaciones que un país produce y la conectividad internacional de sus aeropuertos.

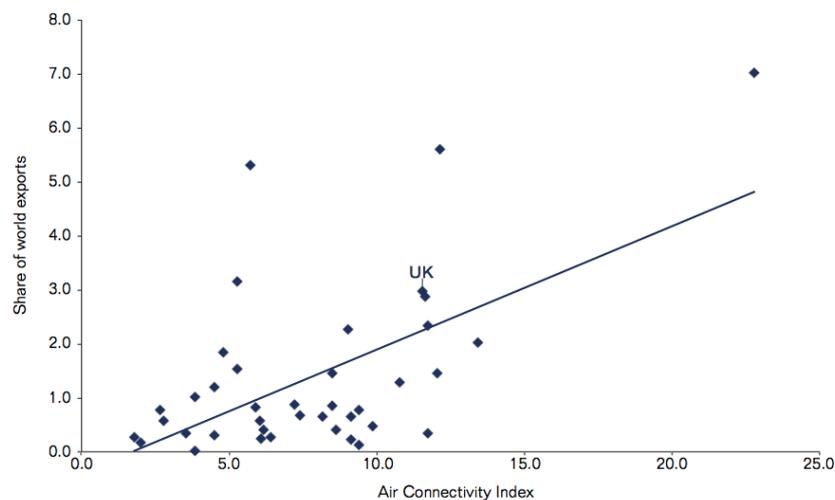


Figura 21 - Correlación entre la conectividad aérea y las exportaciones realizadas (fuente, Analytically Driven Ltd)

2.3.3 Beneficios de la conectividad para las inversiones

El nivel de beneficios de las compañías que exportan es alto, como muestra el hecho de que la realización de esta actividad debido a su elevado coste requiere cierto nivel de ingresos y rentabilidad. Pero además de las compañías que simplemente exportan, es mucho más alto el nivel de beneficios de las compañías que forman parte de una empresa multinacional y que su actividad no se centra únicamente en la exportación si no que son actividades centradas en los intercambios comerciales internacionales, lo que les hace fuertemente dependientes del transporte internacional para poder llevar a cabo sus relaciones.

Las compañías multinacionales de un país representan solo un pequeño porcentaje del conjunto total de sus empresas, éstas tienen un impacto significativo tanto en el comercio como en los niveles de empleo. Según datos de Bernard, Jensen and Schott (2009) y posteriormente confirmaría también Helpman⁴ (2011) en el año 2000 en los Estados Unidos las compañías multinacionales se correspondían con un 1,1% de las empresas del país y daban trabajo al 26,7% de los trabajadores empleados, descontando los funcionarios, del país, y en cuanto a

⁴ Elhanan Helpman es Galen L. Stone Professor de International Trade en la Universidad de Harvard y Fellow del Canadian Institute for Advanced Research

Marta Imaz Solarana

exportaciones, las compañías multinacionales sumaban en 90% de los intercambios comerciales con el exterior.

El Reino Unido es el tercer país en cuanto a inversiones extranjeras después de Estados Unidos y Francia y seguido de cerca por Alemania. En cuanto a la procedencia de las importaciones que llegan al Reino Unido tienen principalmente origen la Unión Europea y Estados Unidos, así como la gran mayoría de las exportaciones del Reino Unido tienen como destino estos países; sin embargo, Alemania es el principal país en cuanto a importaciones de países como Japón y China. En la siguiente figura se representan los porcentajes de del origen/destino de las importaciones/exportaciones.

El primer gráfico muestra los distintos orígenes de las importaciones, así como el segundo muestra los principales destinos de las exportaciones.

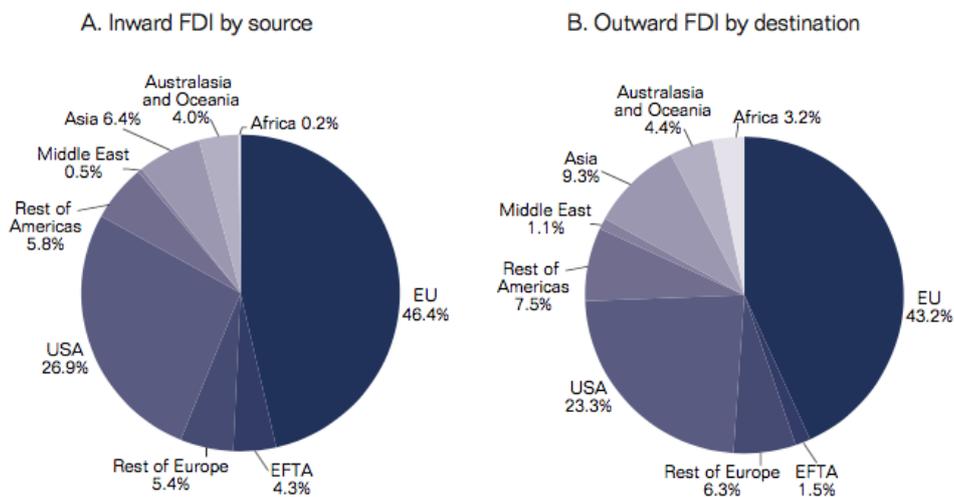


Figura 22 - Origen y destino de las exportaciones del Reino Unido (fuente Analytically Driven Ltd, 2013)

2.3.3.1 Conectividad e inversiones extranjeras

La conectividad aérea con los distintos puntos será un factor clave para las compañías a la hora de decidir donde establecer sus sedes, el acceso fácil será decisivo para la comunicación de una empresa que opere en varios países.

Un incremento del 10% de la conectividad de una ciudad conduce aproximadamente a un aumento del 4% en el número de sedes de compañías internacionales asentadas en esa ciudad.

2.3.3.2 Impacto de la conectividad aérea en venture capital Funding

A la hora de decidir los países en los que invertir no solo el número de conexiones diarias es el factor decisivo, también se tendrá en cuenta el número de destinos. Cuando las compañías invierten en más de dos puntos, tanto fuera como dentro de las fronteras, un factor clave en la decisión de inversión será comparar la conectividad de esos puntos con la sede de la compañía.

Es decir, cuando una aerolínea introduce una nueva ruta no solo se aumentan los intercambios si no que aumentan las probabilidades de éxito de invertir en ese determinado punto.

Marta Imaz Solarana

2.3.4 Beneficios en cuanto a la creación de empleo

El aeropuerto de Heathrow está situado en la zona oeste de la ciudad de Londres, área en la que el índice del paro es relativamente elevado. La expansión del aeropuerto, sería una forma de crear empleo tanto en el aeropuerto como en las zonas anexas a él, siendo necesario aumentar los servicios del área.

El número de puestos de trabajo que se crearían tras la expansión del aeropuerto de Gatwick serían menores y además el crecimiento sería mucho más lento.

Un rápido crecimiento de la población, que se estima en 10 millones en el año 2030 requerirá la construcción de nuevas casas y la creación de nuevos puestos de trabajo.

La expansión del aeropuerto de Gatwick también conllevará un crecimiento económico y la creación de nuevos puestos de trabajo. Gatwick forma parte del *Wandle Valley* un corredor estratégico de la zona y cuyo desarrollo fomentará el crecimiento económico de *Croydon*’s.

Otras ciudades del Reino Unido también se beneficiarán de esta expansión. Por ello, es importante valorar las comunicaciones de estas ciudades con el aeropuerto.

La economía de la zona *Thames Valley* está especializada en compañía tecnológicas, farmacéuticas y del sector financiero. La expansión del aeropuerto fomentara las comunicaciones internacionales que, para estas compañías, en su mayoría internacionales, es algo fundamental.

En la siguiente tabla se detalla el número de puestos de trabajo que se crearían con cada una de las propuestas de expansión.

	Puesto de trabajo que se crearán
Heathrow	38000-70000
Gatwick	13000

Tabla 3 - Puestos de trabajo que se crearán con las distintas expansiones (fuente, Airport Commission)

2.3.5 Competitividad y crecimiento

La expansión de Heathrow mejorará la competitividad del aeropuerto, ayudando a disminuir los precios de las tarifas, y haciéndolo de este modo más competitivo para los pasajeros.

Una substancial presencia de compañías de bajo coste en el aeropuerto, disminuirá considerablemente el precio de los viajes y nuevas compañías entrarán a servir el mercado de vuelos de larga distancia. Con estas nuevas compañías, nos referimos principalmente a las compañías de bajo coste que actualmente no operan los servicios de larga distancia.

Los beneficios de expandir Heathrow son considerablemente mayores que los beneficios que se obtendría con la expansión de Gatwick.

El substancial crecimiento de capacidad, conectividad y competitividad que aportaría la construcción de esta nueva pista en Heathrow retribuirá en substanciales beneficios para los pasajeros.

No son los pasajeros los únicos beneficiarios de la expansión de Heathrow. La cantidad de mercancía aérea que se importa y exporta en el Reino Unido es un factor significativo.

Marta Imaz Solarana

Heathrow es el aeropuerto con más tráfico de mercancía aérea del país y considerablemente superior al tráfico de mercancía aérea que se produce en el aeropuerto de Gatwick. Este tráfico de mercancías en el aeropuerto de Heathrow se estima casi el doble de veces superior al tráfico que se produce en el aeropuerto de Gatwick y considerablemente superior si nos referimos al valor de la mercancía.

La ubicación de Heathrow en un nodo de las comunicaciones en el Reino Unido, no solo si nos referimos a la conectividad con el transporte aéreo, si no que ahora en este aspecto nos referimos a las conexiones que el aeropuerto presenta con los medios de transporte restantes incluyendo carretera y ferrocarril.

Aumentando la capacidad de tráfico aéreo del aeropuerto de Heathrow se apoyará a la mejora del tráfico tanto de pasajeros como de mercancías del aeropuerto.

La huella de carbono que se podrá llegar a producir por la expansión de Heathrow está limitada a 37.5MtCO₂. Cuanto más se reduce la cantidad permitida de huella de carbono más importante es que esa cantidad sea lo más eficiente posible.

2.3.6 Resumen de variables a considerar con la expansión

A continuación, se muestran distintos aspectos que se pretenden alcanzar con el aumento de la capacidad aérea en la ciudad de Londres separadas en distintos campos que serán los afectados de estos beneficios.

2.3.6.1 Estrategia

- Aumentar la capacidad aérea de forma que se aumente la conectividad y se satisfaga la demanda aérea actual.
- Mejorar las experiencias de los pasajeros al usar el avión como medio de transporte.
- Maximizar los beneficios de la aviación en el mercado global de exportaciones e importaciones.
- Maximizar beneficios en las estrategias económicas a largo plazo.

2.3.6.2 Economía

- Maximizar los beneficios económicos apoyando la competitividad del mercado del Reino Unido a tomar parte del mercado global.
- Fomentar la creación de empleo y crecimiento económico en áreas locales.

2.3.6.3 Superficie de acceso

- Contribuir a maximizar el número de pasajeros y la fuerza de trabajo a partir de un correcto diseño del modo de acceso al aeropuerto, fomentando el uso del transporte público.
- Aumentar la superficie desde la cual se puede acceder al aeropuerto usando el transporte público.

2.3.6.4 Medio ambiente

- Diseño del aeropuerto de tal forma que los niveles de ruido causen el menor impacto posible.
- Adecuar la calidad del aire a los estándares propuestos por la Unión Europea.
- Proteger y mantener los ecosistemas y la biodiversidad de la zona.
- Minimizar las emisiones de carbono tanto durante la construcción del aeropuerto como durante su operación.

Marta Imaz Solarana

- Proteger la calidad del agua superficial y subterránea, usar los recursos hídricos de forma eficiente y minimizar el riesgo de inundaciones.
- Minimizar los impactos paisajísticos y sobre el patrimonio cultural.
- Identificar y mitigar los efectos de otros impactos medio ambientales que puedan ocurrir.

2.3.6.5 Población

- Mantener, y cuando sea posible mejorar, la calidad de vida de las comunidades locales en las áreas de influencia del aeropuerto.
- Reducir el número de expropiaciones de viviendas que se producirán debido a la expansión del aeropuerto.
- Evitar que la expansión del aeropuerto sea un motivo para fomentar las diferencias sociales o creación de núcleos de viviendas marginales en torno al aeropuerto.

2.3.6.6 Coste

- Para hacer un uso eficiente de los fondos y confirmar que los beneficios son acordes a sus respectivos costes teniendo en cuenta tanto los costes sociales, medio ambientales y económicos.

2.3.6.7 Distribución

- Satisfacer las necesidades de capacidad con el desarrollo de esta nueva pista para el año 2030.

2.3.6.8 Operaciones

- Mejorar la operatividad del aeropuerto

2.4 IMPACTOS DEL SECTOR DE LA AVIACIÓN EN EL REINO UNIDO

A continuación, se detallan los impactos ambientales que producirá la expansión de la capacidad aérea del sureste del Reino Unido.

2.4.1 El cambio climático

Puesto que se está analizando la ampliación de la capacidad aérea de la ciudad de Londres, se deberá analizar en paralelo que los efectos de esta ampliación cumplan con la política del Reino Unido en cuanto al cambio climático.

A pesar de que el tráfico aéreo solo produce el 7% de las emisiones de dióxido de carbono del Reino Unido, el transporte aéreo produce unas emisiones de dióxido de carbono muchísimo mayores en comparación con cualquier otro modo de transporte.

El “Climate Change Act 2008” establece que para 2050 se deben reducir las emisiones de dióxido de carbono un 80% por debajo de 1990. El tráfico aéreo por lo tanto tendrá que ejercer su labor. El Comité del Cambio Climático (CCC, Committee on Climate Change) ha establecido un plan para el sector que implican que las emisiones de dióxido de carbono en el sector aéreo no deberán superar 37.5MtCO₂ para mediados de siglo.

Para que estos objetivos de ampliación de la capacidad aérea del Reino Unido sigan cumpliendo con la legislación en cuanto al cambio climático, esta comisión ha creado un plan para tener una previsión de vuelos. Por ejemplo, en el mercado internacional, habilitará estas medidas para reducir el CO₂ allí donde sean más deseables y eficientes en cuanto a la economía mundial.

Marta Imaz Solarana

Cualquier cambio en la capacidad aérea del Reino Unido tendrá su repercusión en el cambio climático y deberá cumplir con el compromiso del Reino Unido en este campo.

A la hora de evaluar la necesidad de ampliar la capacidad aérea del Reino Unido, la comisión ha incorporado una variable a tener en cuenta que será evaluada por el Comité del Cambio Climático donde las emisiones de CO₂ son el principal punto a analizar.

Actualmente el sector de la aviación produce menos del 7% de las emisiones de CO₂ del Reino Unido. El transporte aéreo tiene un elevado coste comparando este modo de transporte con otros modos: las emisiones de dióxido de carbono que produce un pasajero que vuela de Londres a Nueva York y vuelta es la misma que la que produce un ciudadano de la Unión Europea en calentar su casa durante un año.

Como se muestra en esta figura, las emisiones de dióxido de carbono han ido en aumento, y se pronostica que con el ritmo de consumo de la sociedad éstas seguirán creciendo.

UK carbon emissions from aviation, MtCO₂(e) and as % of total UK carbon emissions, 1990-2013

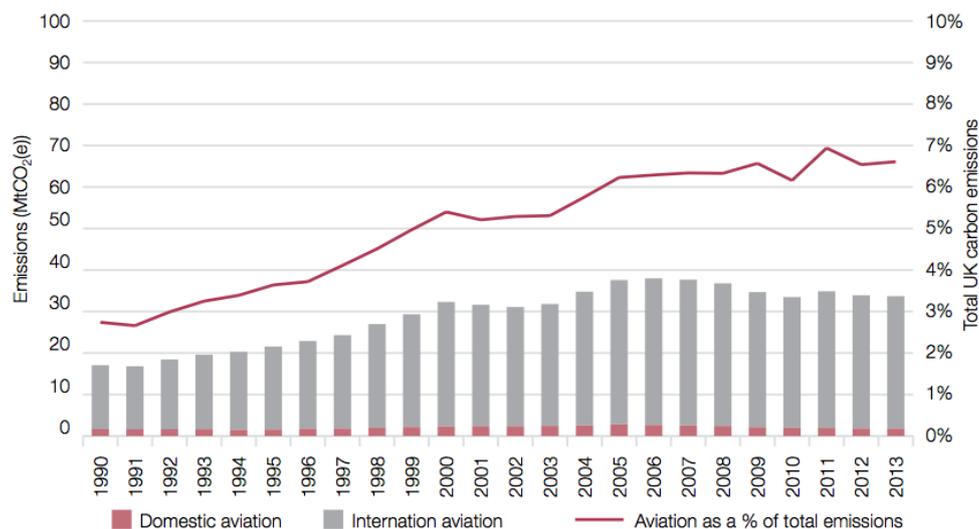


Tabla 4 - Emisiones de carbono debidas a la aviación respecto a las emisiones totales de carbono del Reino Unido (fuente, National Atmospheric Emissions Inventory)

En el UK’s ClimateChange Act of 2008 se establecía que se reduciría el nivel de las emisiones de dióxido de carbono de 1990 un 80% para el año 2050. De este modo, el Comité del Cambio Climático se compromete a que las emisiones de dióxido de carbono del Reino Unido en el año 2050 no sobrepasen 37.5Mt, que se corresponde con el nivel medido en el año 2005.

Esta medida de reducir las emisiones de dióxido de carbono un 80% será alcanzada en otros sectores, siendo un 85% la media de lo que se reducirán las emisiones.

2.4.2 El medio ambiente: ruido y calidad del aire

Los efectos medio ambientales de la aviación, en particular en relación al ruido y calidad del aire, tiene sus consecuencias en relación a la salud y calidad de vida de las personas afectadas por lo que estos efectos tienen que ser perfectamente medidos para poder estudiar las medidas que los eliminen o reduzcan.



Marta Imaz Solarana

En las próximas décadas, el impacto de ruido de Heathrow se estima que se reduzca considerablemente, ya que nuevos y más silenciosos aviones entraran en servicio. Con la expansión del aeropuerto el número total de aeronaves va a crecer.

La expansión del aeropuerto podrá brindar la oportunidad de eliminar los vuelos anteriores a las 6 a.m. que, según la opinión de las comunidades locales, son considerablemente molestos.

La extensión del aeropuerto deberá además aportar medidas para la compensación de ruido que hasta ahora nunca se hayan visto.

A pesar de que si se produjese la expansión de Gatwick más gente se vería afectada que si se produjera la expansión de Heathrow, el impacto total del ruido es menos significativo que el que se produciría en Heathrow, ya que a pesar de que la población alrededor del aeropuerto de Heathrow actualmente es menor que la población alrededor del aeropuerto de Gatwick, su crecimiento será mucho más rápido.

La calidad del aire en el Reino Unido ha mejorado significativamente en las recientes décadas, estas mejoras continuarán en el futuro.

3 ALTERNATIVAS DE ACTUACIÓN

En este capítulo se describen las tres opciones elegidas para aumentar la capacidad aérea del área sureste del Reino Unido.

3.1 SEGUNDA PISTA EN GATWICK

La opción propuesta para el aeropuerto de Gatwick, consiste en una nueva pista en la zona sur del aeropuerto, paralela a la pista existente, como se muestra en el esquema indicado a continuación.



Figura 23 - Master plan de la opción de una segunda pista en el aeropuerto de Gatwick (fuente, Arup)

El espacio entre las dos pistas deberá ser al menos de 1.045 metros, lo que proporcionará espacio suficiente para desarrollar toda la infraestructura aeroportuaria requerida para la expansión. Esta infraestructura necesaria consta de una terminal principal y otra secundaria que proporcionara intercambios modales independientes en cada terminal.

La propuesta deberá ser construida en fases: en primer lugar, se construirá en una sola fase la nueva pista de aterrizaje; a continuación, se procederá a construir la terminal, que se construirá en diferentes fases que se irán poniendo operativas a medida que vaya aumentando el número de pasajeros que la utilicen.

El estudio inicial presentado al proceso de consulta proponía que junto a la pista se construiría una terminal auxiliar para dar servicio a los pasajeros que vayan a utilizarla, pero sería la terminal original en donde se encontrarían todos los servicios del aeropuerto.

Marta Imaz Solarana

La Comisión destacó que ésto presentaría riesgos en cuanto a la calidad de viaje de los futuros usuarios y también analizó la propuesta de la construcción en fases destacando que una construcción en paralelo de la terminal y de la nueva pista sería mucho más eficiente.

La zona de influencia del aeropuerto debería extenderse hacia el sur, zona hacia la cual se desarrollaría la nueva pista y hacia el este dando servicio así a la autovía M23 (autovía del Reino Unido que va desde el sur Hooley, en el condado de Surrey, hasta Pease Pottage, en el sur del condado de Surrey) y a otros servicios adicionales del aeropuerto como el parking.

En total, se calcula que para la construcción de la nueva pista 624 hectáreas de terreno serán necesarias para el desarrollo de la nueva pista y 78 hectáreas para la construcción de otros servicios que surgirán tras la puesta en marcha de esta expansión.

En un principio este fue el área estimada, pero alertan que se deberá tener en cuenta que posiblemente una mayor superficie será requerida cuando nuevos servicios como futuras conexiones de medios de transporte o nuevos desarrollos urbanos atraídos por este foco de atracción de personas surjan tras la nueva pista.

Se deberá tener en cuenta que no se ha dispuesto superficie adicional para el almacenamiento de agua superficial que pueda aparecer en la zona debido a posibles inundaciones.

En cuanto a la superficie de acceso diseñada para el aeropuerto de Gatwick será una combinación del acceso existente y nueva construcción. Parte de esta nueva infraestructura será necesaria en el momento en el que se ponga operativa la nueva pista y parte de ella será necesaria cuando la demanda aérea se vea incrementada a los niveles pronosticados para el año 2030.

El futuro proyecto de conexión de distintos medios de transporte llamado Thameslink ofrecerá el servicio necesario incrementando las conexiones con el centro de Londres, pasando de 15 conexiones horarias a 26. Además, otras mejoras como las conexiones con la línea principal de Brighton serán necesarias para poder dar servicio a la demanda estimada.

El aeropuerto de Gatwick tiene buenas conexiones hasta *Victoria* y *London Bridge* y *St Pancras International* a través de la ruta *Thameslink*, que también conecta con *Crossrail* en Farringdon.

La línea *Brighton Manin* proporciona buenas conexiones con gran número de pueblos en la costa sur de la isla y la línea *ThamesLink* mejorara las conexiones con ciudades situadas al norte de Londres, como, por ejemplo, con Cambridge. Con el desarrollo de esta nueva línea, el aeropuerto de Gatwick será accesible para un cuarto de la población del Reino Unido en tan sólo dos horas.

En cuanto al tráfico de pasajeros en hora punta, se estima que en las líneas que acceden al aeropuerto de Gatwick éste será menos severo que en las líneas que cubren el trayecto hasta el aeropuerto de Heathrow.

Para el año 2020 los pasajeros serán capaces de acceder al aeropuerto de Gatwick directamente desde 175 estaciones distintas y desde 1000 estaciones realizando un único transbordo.

Respecto a la red de carreteras que conecta con los aeropuertos, Heathrow está conectado con la M25, M4 y M40, lo que hace, que por carretera sea un aeropuerto accesible desde muchas partes del país.

Marta Imaz Solarana

Sin embargo, Gatwick no presenta esta variedad de opciones en cuanto al acceso por carretera debido principalmente a su ubicación, al sur de la ciudad. Destaca únicamente su proximidad a la M23. A pesar de estas dificultades en cuanto al acceso por carretera, se espera que estas mejoren sustancialmente con la introducción de técnicas de Smart Motorway tanto en la M25 como en la M23.

La expansión de Gatwick fomentaría el transporte terrestre de toda el área de Londres y del Sur-Este. El fomento de las redes de transporte con la expansión de Heathrow sería más limitada debido a la saturación en comunicaciones de esta zona.

En la siguiente imagen se muestra un gráfico con las conexiones ferroviarias con el aeropuerto de Gatwick.

Gatwick's Rail Network

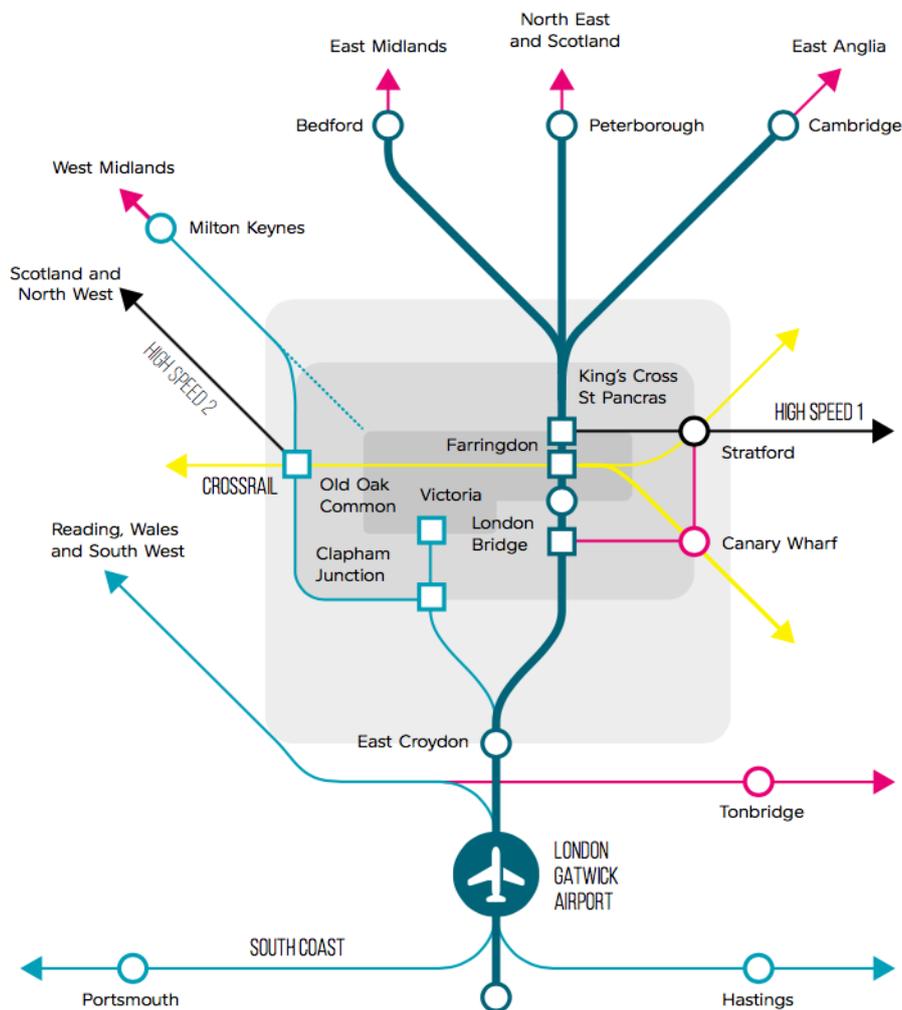


Figura 24 - Conexiones ferroviarias desde el aeropuerto de Gatwick (fuente, Airports Commission)

3.2 NUEVA PISTA EN LA ZONA NORTE DE HEATHROW

La propuesta para la expansión de Heathrow consta de la construcción de una nueva pista de 3.500 metros de longitud al noroeste de la actual pista norte del aeropuerto como se muestra en la imagen.

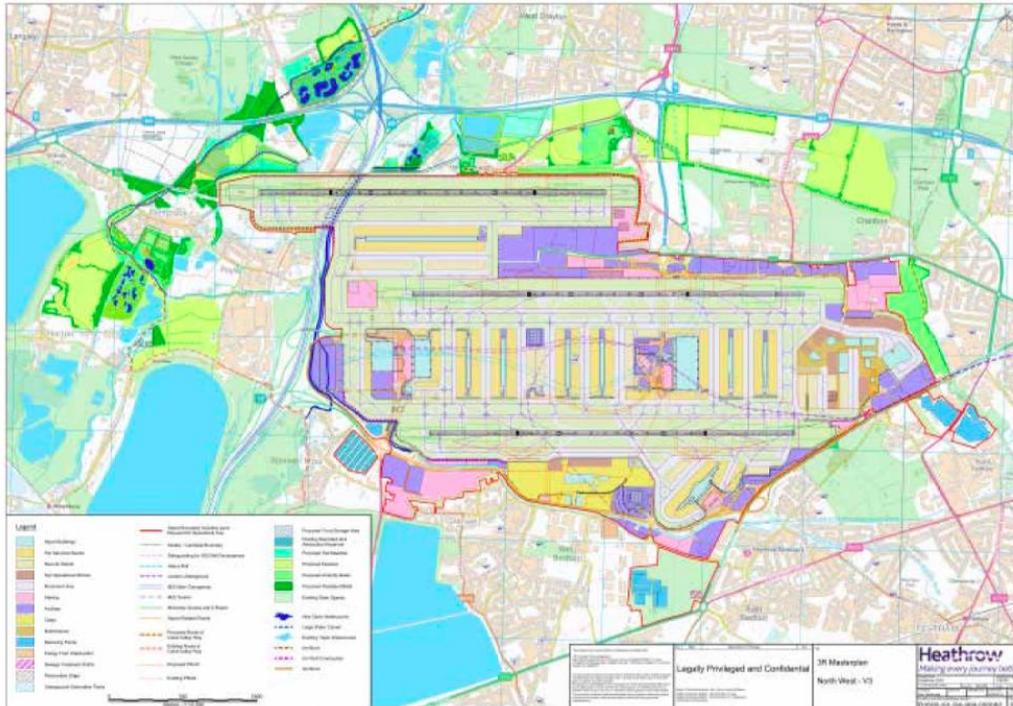


Figura 25 - Master plan de la opción de una nueva pista en el Noroeste de Heathrow (fuente, Heathrow)

La separación horizontal entre la futura pista y la actual pista norte es de 1.045 metros, esta distancia permite a ambas pistas operar de manera independiente. De este modo, estas dos pistas que podrán operar de manera simultánea proporcionarán un total de 473.231 movimientos aéreos al año y ofrecerán un nivel continuado de descanso a las comunidades locales mientras mejoran la resiliencia que conllevará la ampliación del aeropuerto.

Una nueva terminal será construida al este de la actual terminal, de manera que la mayoría de los vuelos operarán entre las dos terminales, siendo la llamada “Toast rack” la configuración que tendrá el aeropuerto.

Las dimensiones de esta nueva terminal serán parecidas a las dimensiones de la actual terminal 5 y será construida en fases. Cuando esté construida tendrá una capacidad de 35 millones de pasajeros al año, similar a la capacidad de la Terminal 5 con 30 millones de pasajeros al año.

La superficie que ocupará esta nueva extensión del aeropuerto será en la zona noroeste donde se construirá la nueva pista. También se deberá considerar que esta nueva infraestructura se desarrollará hacia la zona sur, este y oeste del aeropuerto donde se construirán vías de acceso al mismo, así como servicios para los pasajeros, como podrá ser futuras áreas comerciales.

Marta Imaz Solarana

De este modo, un total de 568 hectáreas de terreno serán requeridas directamente por la extensión y 43 hectáreas adicionales serán requeridas por actividades secundarias que surgirán a partir de la expansión.

En cuanto a la prevención de posibles inundaciones, se dispondrán 294 hectáreas para el almacenamiento de agua superficial. De todas estas hectáreas que se desarrollarán, 431 hectáreas se considera que formarán parte del denominado “Green Belt”.

La estrategia de la superficie de acceso a esta propuesta de la construcción de una nueva pista en la zona norte del aeropuerto de Heathrow se basa en la combinación de mejoras de la infraestructura actúa y en la construcción de nueva infraestructura que cumpla los niveles de demanda pronosticados para el año 2030. En esta nueva infraestructura nos referimos a la construcción de la nueva pista y al desarrollo de las conexiones necesarias para satisfacer la futura demanda de pasajeros.

Líneas como Crossrail, Western Rail Access y Southern Rail Access transformarán la oferta de transporte público que actualmente da servicio al aeropuerto.

3.3 EXTENSIÓN DE LA PISTA NORTE DE HEATHROW

La propuesta planteada por el *Heathrow Hub Ltd* para el proyecto de expansión de la pista norte del aeropuerto de Heathrow consiste en la ampliación de la pista de la zona norte hacia el oeste. Esto crearía la existencia de dos pistas diferentes, cada una de ellas de 3.000 metros de longitud, con un área de 650 metros entre ambas, permitiendo operar independientemente a ambas pistas.

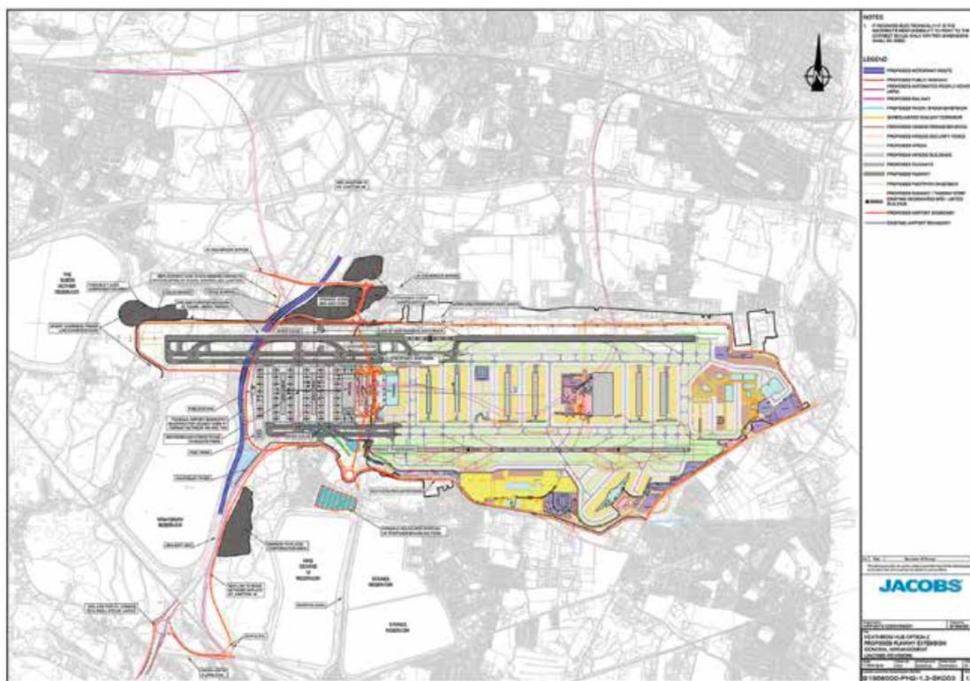


Figura 26 - Master plan de la opción de extensión de la pista norte del aeropuerto de Heathrow (fuente, Jacobs)

La extensión de la pista norte del aeropuerto de Heathrow hará posible que pueda ser utilizada tanto para salidas como para llegadas simultáneamente, proveyendo la misma capacidad aérea que dos pistas independientes, o al menos durante la hora punta.

Marta Imaz Solarana

Otra medida que se ha estudiado implantar con la extensión de la pista en la zona norte consiste en permitir a los aviones volar a una mayor altura en las proximidades de la pista, de este modo se reducirían los niveles de ruido tan molestos para las comunidades locales.

Esta propuesta permitirá una capacidad aérea de 700.000 movimientos aéreos al año y asegurará menores niveles de ruido; sin embargo, presenta como inconveniente que esta pista no podrá alternar su función (aterrizaje o despegue) en todo el día, siendo únicamente una función la que se desarrolle en el día en la pista.

En cuanto a la terminal que se construirá con esta propuesta, se trata de un edificio nuevo al oeste de la terminal actual, cuya capacidad actual es de 35 millones de pasajeros al año. También habrá espacio para la nueva construcción tanto de hoteles como de un parking que de servicio al aeropuerto y para otros servicios secundarios que puedan surgir tras la expansión del aeropuerto en la zona sur del mismo, al norte de la carretera perimetral del aeropuerto. La escala del desarrollo comercial que se llevaría a cabo con esta opción sería menor que la que se llevaría a cabo con la alternativa de la nueva pista en Heathrow.

Esta extensión de la pista tendrá su impacto hacia la zona oeste, norte y sur del aeropuerto siendo necesaria para su desarrollo un conjunto de 336 hectáreas. Se requerirán 330 hectáreas adicionales para el desarrollo de la infraestructura de acceso al aeropuerto y 57 hectáreas donde desarrollar un estanque para disminuir el efecto de las inundaciones. Aproximadamente 278 hectáreas de la superficie total corresponderán al “Green Belt”.

En relación con el transporte por tierra, la Comisión ha desarrollado esta propuesta considerando que las actuales conexiones con el aeropuerto son las que continuarán dando servicio al mismo tras la expansión.

En cuanto al transporte ferroviario, se continuará utilizando la línea ferroviaria actual.

A pesar de ser Heathrow un aeropuerto muy bien comunicado tanto con la ciudad de Londres como con el resto del país, estas relaciones se fortalecerían al comenzar el proyecto de ampliación del mismo.

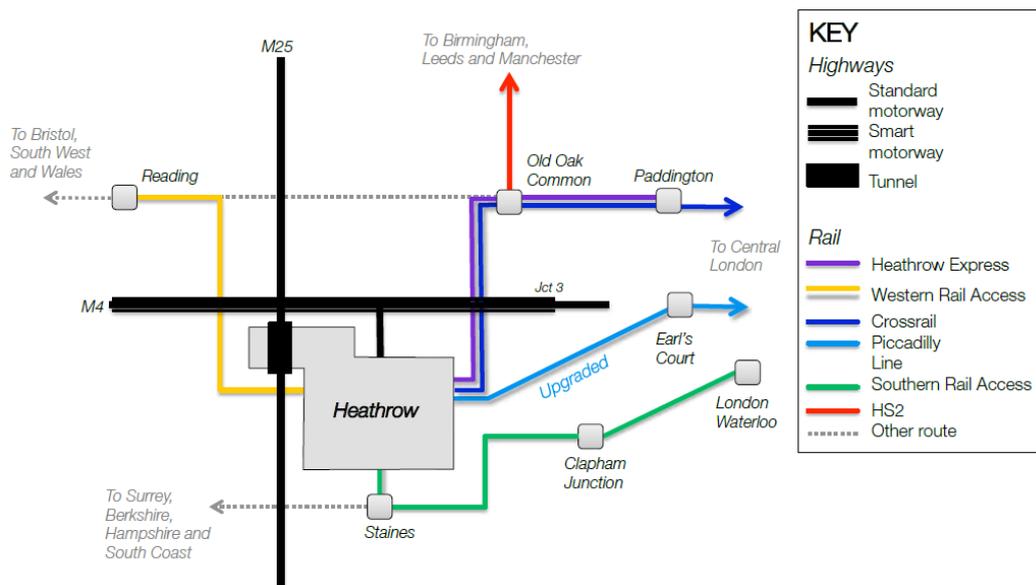


Figura 27 - Conexiones ferroviarias y por carretera desde el aeropuerto de Heathrow (fuente, Airports Commission)

Marta Imaz Solarana

El acceso a la ciudad es efectivo a través de las líneas de metro de *Picadilly Line* y a través de *Heathrow* y *Heathrow Express* que tiene como destino Paddington siendo la duración del trayecto de 15 minutos.

En el año 2019 empezara a operar un servicio de tren reforzara las conexiones del aeropuerto con la ciudad. De este modo, proporcionara acceso directo a las áreas de negocio de la ciudad como son los estratégicos distritos del *West End*, *City* y *Canary Wharf* y también a las zonas en actual crecimiento del este de la ciudad.

En el área propuesta para desarrollar la extensión del aeropuerto también está incluida la estación que dará acceso a esta línea de ferrocarril, *Southern Rail Access* que conectará el aeropuerto con la estación de *Waterloo* y otros distritos de la ciudad como *Richmond* que ahora mismo no está realmente conectado con Heathrow.

La conectividad de Heathrow con otras regiones no es satisfactoria, pero está planeado que mejore al usar una combinación de medios de transporte que incluye *Wester Rail Link* hasta *Reading*, mejorando de esta forma la comunicación con el oeste, suroeste y Gales, y la conexión con *HS2* en *Old Oak Common*. Cuando la línea *HS2* empiece a operar en su totalidad, este trayecto acortará el tiempo de viaje entre *Midlands* y el norte, especialmente con Manchester y Leeds.

3.4 LONDON CITY

Estudiar el análisis de la atractiva idea que analiza la ampliación de la capacidad aérea en el aeropuerto en el estuario del Támesis no es factible debido al elevado coste que supondría, además de los problemas medio ambientales que supondría además de que perturbaría la vida en la mega ciudad afectando el curso tanto de la jornada laboral como de descanso.

4 METODOLOGÍA: ACB

4.1 INTRODUCCIÓN

Para evaluar la eficiencia de un proyecto o intervención, el método estándar ha sido el Análisis Coste-Beneficio (ACB), basado en la comparación actualizada de la corriente de consecuencias esperadas o derivadas del proyecto o intervención a lo largo del tiempo, expresadas en unidades monetarias, con la de costes previstos o incurridos en su aplicación. El Análisis Coste-Beneficio es una herramienta analítica para juzgar las ventajas o desventajas económicas de una decisión de inversión mediante la evaluación de sus costes y beneficios con el fin de estimar el cambio que esta provoca en el bienestar. Se trata por lo tanto de un procedimiento para evaluar el valor social de programas, políticas y proyectos de inversión (Pearce, 1998). La metodología del ACB proporciona apoyo en la valoración y toma de decisiones (EC, 2002). De esta forma, el concepto básico del ACB consiste en comparar todos los costes y beneficios asociados a un proyecto. Dicho análisis se basa en la búsqueda de una única unidad de medida en valor monetario para comparar los beneficios y costes. Además, se emplea alguna regla de decisión para determinar la eficiencia del proyecto.

Desde el punto de vista económico, es pertinente evaluar los proyectos e intervenciones porque los recursos humanos y materiales son escasos, y cuando decidimos su asignación o empleo para una determinada actividad debemos hacerlo de acuerdo a criterios de utilidad y eficiencia. Es por este motivo que el empleo de esta metodología para la evaluación de proyectos se remonta a inicios del siglo XVIII. Es en 1708 cuando el Abad de Saint Pierre, académico francés, realiza un análisis de las consecuencias positivas y una estimación de los costes de la construcción y reparación de carreteras. Para la decisión emplea el argumento del beneficio y es en este momento cuando aparecen las primeras ideas acerca del análisis multicriterio. Posteriormente en 1808 Albert Gallatin, Secretario del Tesoro de los Estados Unidos, compara los costes con los ingresos como método de selección para los proyectos hidráulicos. En 1850 Jules Dupuit, ingeniero francés, define el modo en el que se deben de medir los ingresos y los gastos y aplica el criterio de que los ingresos deben de ser mayores que los gastos para la selección de proyectos. Es ya antes de la Segunda Guerra Mundial cuando esta metodología se desarrolla y el cuerpo de ingenieros de los Estados Unidos enuncia el criterio fundamental que deben de cumplir los proyectos hidráulicos para saber si se van a llevar a cabo o no: los beneficios de estos, cualesquiera que sean, y de quien quiera que se devenguen, deberán exceder a los costes estimados. A partir de la década de 1960 el uso de este sistema se extiende mucho y aparece como método de valoración medioambiental en Estados Unidos en el que se obliga que el ABC medioambiental aparezca en el planeamiento de los proyectos. En la actualidad su empleo se encuentra muy extendido hasta el punto de que la propia Unión Europea publica una Guía sobre el Análisis Coste-Beneficio de los proyectos de inversión.

4.2 CONCEPTOS TEÓRICOS PREVIOS

El marco analítico de la ACB se refiere a una lista de conceptos subyacentes que tienen su base en la Teoría del Bienestar. Se trata de una rama de las ciencias económicas y políticas que se preocupa de cuestiones relativas a la eficiencia económica y al bienestar social. Según la Teoría del Bienestar, los costes serían la cantidad máxima que estaríamos dispuestos a pagar por la utilidad que deja de obtenerse por no utilizar los recursos de nuestro proyecto en el mejor

Marta Imaz Solarana

uso alternativo, y el valor monetario de las consecuencias sería la cantidad máxima que estaríamos dispuestos a pagar por disponer de lo que nos ofrece el proyecto.

Para poder determinar la eficiencia y la equidad de un proyecto se necesita un criterio que defina su aceptabilidad. Según esta Economía del Bienestar habría dos criterios para aceptar o no un proyecto, el criterio de Pareto y el de Kaldor- Hicks. Según el óptimo de Pareto serían justificables aquellos proyectos cuando todos ganan o al menos una persona gana y los demás no empeoran. Queda por lo tanto claro que la situación óptima de Pareto es la más recomendable. Sin embargo, es bastante complejo tener situaciones en las que todo el mundo gane y nadie pierda. Se observa que en la mayoría de los proyectos intervienen diferentes grupos interesados (stakeholders) soportando algunos de ellos los costes del proyecto a costa de los beneficios que obtienen otros. De esta forma el criterio de Pareto es quizás muy exigente para la evaluación y por lo tanto aparecen otras pautas diferentes. El criterio dominante dentro del ACB es el de Kaldor-Hicks que establece que serían justificables aquellos proyectos cuyos beneficios compensan los costes, independientemente de quien soporta unos y otros. De esta forma pueden aparecer en el proyecto sujetos que experimenten cambios negativos en su utilidad mientras que otros experimenten cambios positivos. Se establece por lo tanto un principio de compensación, según el cual, la nueva situación sería aceptable si los beneficiados pudieran compensar a los perjudicados. El criterio de Kaldor-Hicks no exige que la compensación se produzca efectivamente.

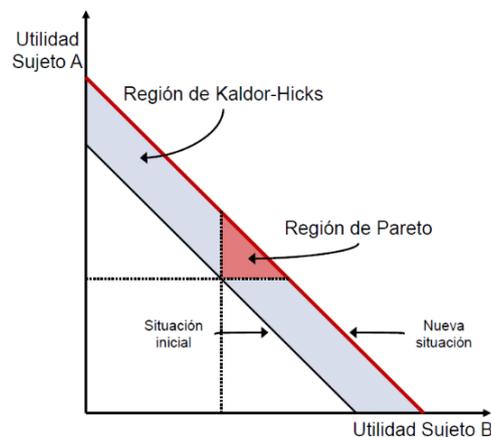


Figura 28 - Criterios de eficiencia económica (Torres Ortega, 2016)

4.3 TIPOS DE ACB

Dentro del Análisis Coste-Beneficio y en función del enfoque que tenga se debe diferenciar entre dos tipos:

- El Análisis Coste-Beneficio económico, en el que se contemplan todos los costes y las consecuencias de las intervenciones, valoradas según la disponibilidad a pagar, con independencia de su imputación al usuario o beneficiario, a la empresa o a otras instituciones. Se articula desde la óptica del inversor público, que busca la maximización del bienestar social.
- El Análisis Coste-Beneficio financiero, en la que se comparan los costes y consecuencias de dos o más alternativas, pero el cálculo del valor monetario de las consecuencias se limita a estimar a precios de mercado los cambios en los gastos y utilidades y determinar la rentabilidad financiera de cada alternativa para la empresa. Se articula desde la óptica

Marta Imaz Solarana

del inversor privado e informa sobre la rentabilidad del proyecto. Es la evaluación privada empresarial más común (financial appraisal).

Además, y respondiendo al momento en el que se realiza el análisis existen también otras dos tipologías:

- Evaluación ex-ante. Es la evaluación económica de un proyecto que vamos a realizar, para determinar su viabilidad económica.
- Evaluación ex-post. Es la evaluación de una intervención ya ocurrida para estimar sus efectos económicos con relación a los costes que ha supuesto.

En el caso de estudio que nos ocupa, al tratarse de un proyecto de inversión pública que aún no ha tenido lugar, vamos a utilizar el Análisis Coste-Beneficio económico ex-ante.

4.4 METODOLOGÍA BÁSICA DEL ACB

Para la realización de un Análisis Coste-Beneficio de calidad se hace necesario seguir su marco conceptual, es decir, su metodología con las etapas que se deben seguir para la evaluación del proyecto. Se exponen por lo tanto a continuación los 7 pasos que se consideran imprescindibles para abordar la realización de un ACB:

1. Identificación del proyecto
2. Definición de los parámetros básicos
3. Definición y estudio de los impactos
4. Valoración monetaria
5. Calculo del indicador de rentabilidad
6. Análisis de sensibilidad
7. Análisis de riesgo

Cabe destacar que el número de etapas puede variar en función de la literatura consultada. Además, estos pasos pueden ser ligeramente diferentes dependiendo del proyecto y del tipo de evaluación que se lleve a cabo.

Para profundizar más en esta metodología se presenta a continuación una visión más detallada de cada una de estas etapas.

4.4.1 Identificación del proyecto

Para empezar a realizar un análisis coste-beneficio una de las primeras tareas que debemos de realizar es la de conocer perfectamente qué es lo que vamos hacer. Para ello es importante que nos hagamos unas preguntas previas.

Una de estas cuestiones es saber si se va a realizar un ACB para un proyecto, para una política o para un plan. En función de la situación en la que nos encontremos el ACB es igualmente válido, pero es necesario que quede perfectamente planteado ya que la tipología, el análisis y el desarrollo a realizar no serán exactamente iguales. También será muy importante conocer si vamos a realizar un análisis previo o posterior. El ACB será anterior (ex-ante) o posterior (ex-post) a la toma de decisiones y será igualmente válido, pero las implicaciones del análisis serán completamente diferentes.

En esta definición se busca por lo tanto realizar la completa descripción del proyecto. Esta identificación del proyecto incluirá la memoria descriptiva, la planificación de la ejecución, la asignación de los recursos necesarios para llevarlo a cabo etc. Además, será muy importante

Marta Imaz Solarana

llevar a cabo la descripción del contexto asociado. Es decir, la descripción del área y de la población afectada. Se trata del contexto social, económico, político e institucional en el que se va a llevar a cabo el proyecto.

Además, para llevar a cabo un ACB completo sería necesario ver cuáles son las distintas opciones que se están barajando para permitir definir el área de estudio y su distinto nivel de afectación. Como se ha dicho anteriormente el Análisis Coste Beneficio es una herramienta en el proceso decisorio, por ello sería importante poder plantear y evaluar todas las opciones y alternativas que existen, incluyendo la situación base o alternativa cero que consiste en no hacer nada, para ver la aceptabilidad del proyecto.

4.4.2 Definición de los parámetros básicos

En esta etapa se hace necesario definir una serie de parámetros básicos. Para la realización de un Análisis Coste-Beneficio es necesario adoptar una serie importante de parámetros que afectan al resultado final. Ésto se debe básicamente a la existencia de incertidumbres que se producen al analizar consecuencias futuras que no se conocen y que hay que “predecir”. Hay algunos de estos parámetros que por su importancia en el resultado final se deben de considerar como básicos. Los dos parámetros quizás más importantes a fijar en esta etapa son:

- el horizonte temporal del análisis
- la tasa de descuento a aplicar durante el proceso de cálculo del indicador de rentabilidad.

Entendemos por horizonte temporal del ACB al plazo de años que se tienen en cuenta para el análisis de los costes e ingresos producidos por el proyecto sometido a evaluación. Es decir, al periodo de años en el cual tendremos en consideración todos los efectos que se produzcan. Este valor tiene una cierta relación con el período de vida del proyecto.

El empleo de una tasa de descuento surge al tener que analizar inversiones cuyos beneficios serán obtenidos muchos años después del gasto inicial. Se trata por lo tanto de unir en un indicador único valores monetarios que suceden en momentos temporales distintos y que se deben de trasladar a un año de referencia común para todos ellos. El descuento no tiene que ver con la inflación (ese es otro efecto que, en su caso, habría que analizar). Esta tasa de descuento tiene que ver con dos factores que son la productividad del capital y las preferencias personales. El descuento supone sin embargo introducir en el análisis un punto de desequilibrio intergeneracional, puesto que no se valora de la misma forma el coste/beneficio actual que el de las generaciones futuras.

Otros parámetros básicos que sería interesante definir en esta tapa serían:

- la tipología de descuento
- el año de referencia
- los parámetros intrínsecos al proyecto
- los parámetros intrínsecos a los impactos

4.4.3 Definición y estudio de los impactos

Las primeras etapas que se han llevado a cabo son la identificación del proyecto y la definición de los parámetros básicos para poder realizar el Análisis Coste-Beneficio. La tarea que ahora se debe de llevar a cabo es la de identificar aquellos impactos que se derivan de la realización del proyecto. El procedimiento consiste en realizar un inventario de los recursos

Marta Imaz Solarana

sacrificados o consumidos y de las consecuencias. Esta identificación de los aspectos positivos (beneficios) y negativos (costes) se divide en dos pasos muy importantes:

- identificación de todos los impactos que se pueden producir
- selección de los impactos que resultan relevantes para después cuantificarlos monetariamente en las siguientes etapas.

En este primer paso de esta etapa se debe enumerar y tener en consideración en una primera aproximación todos aquellos efectos que afecten al entorno del proyecto, tanto en su fase de puesta en marcha y ejecución, como a más largo plazo durante la explotación. La clasificación de los costes y los beneficios es una condición previa que nos facilita el ejercicio de inventario que nos permitirá identificar estos impactos.

Las clasificaciones reflejan el enfoque perspectivo que se quiere destacar en la evaluación económica:

- distribución y transferibilidad
- incorporación o imputación
- monetización

La primera de las clasificaciones se basa en la distribución de los costes y consecuencias de un proyecto o intervención entre los distintos grupos interesados en la misma (stakeholders):

- la empresa
- los usuarios
- las instituciones públicas o sociales

Por tanto, al evaluar los costes y beneficios de un proyecto, necesitamos establecer el sujeto que carga con los costes y percibe los beneficios (que incluso puede ser distinto), para en su caso, conocidas las transferencias entre sujetos, poder determinar las posibles compensaciones.

Una segunda clasificación tradicional trata de cómo se incorporan los costes y las consecuencias en la intervención. En este caso se habla de costes y beneficios internos y externos (externalidades). Internamente, se catalogan los costes del proyecto o intervención como costes de inversión y operativos (estos últimos, también llamados costes de explotación o de gestión) y el valor monetario de las consecuencias se agrupa en dos categorías, los costes evitados y los incrementos en ingresos o rendimiento.

La tercera y última de las clasificaciones tradicionales se basa en la mayor o menor dificultad de medición y el grado de monetización de costes y consecuencias, diferenciando las partidas cuantificables frente a las intangibles, y entre las primeras, las que están inmediatamente monetizadas y las que no. La valoración monetaria de los impactos será una de las siguientes etapas del método ACB.

A la hora de realizar este primer paso aparece el problema importante de la escasa información disponible. Los problemas pueden surgir porque los precios de mercado no reflejen el equilibrio social. Debemos tener en cuenta que en la evaluación de proyectos de inversión en la empresa privada sólo se consideran los ingresos y los gastos contabilizados y pagados o devengados. Sin embargo, para el análisis de los proyectos de inversión pública se deben de tener en cuenta además otros costes y beneficios sociales e indirectos. Una forma de solucionar este problema es la de contabilizar monetariamente todos los costes y consecuencias que la intervención ha generado interna o externamente para la administración, incluyendo los costes

Marta Imaz Solarana

que no se pagan o los beneficios que aporta, pero por los cuales no recibe compensación (unos y otros son externalidades para la administración y por lo tanto del proyecto). Otra forma de solucionar este problema es contabilizar los bienes sacrificados u obtenidos en el proyecto según los precios correspondientes al equilibrio en una situación de bienestar social óptimo, que recogiese todos los sacrificios y utilidades que el proyecto supone para la sociedad.

Una vez que se han definido todos los impactos, se debe de llevar a cabo el segundo paso que es el de indicar cuál de estos impactos son relevantes. En este momento se hace necesario realizar la siguiente pregunta: ¿cuáles de estos impactos son realmente relevantes para nuestro estudio? Uno de los motivos por los que se establece la necesidad de limitar el número de impactos, se debe a que hay impactos que aun existiendo no aportan un elemento diferenciador al análisis y por tanto a la toma de decisiones. Para saber si un impacto es relevante nos podemos fijar en lo enunciado por Pearce en 2006, “cualquier ganancia o coste que se produzca por una política o proyecto, independientemente de a quién afecte o quién lo devengue, o en qué momento del proyecto ocurra, debe ser considerado en el ACB”. De estas frases se podría deducir por lo tanto que un impacto es relevante si afecta al menos a una persona. Sin embargo, identificar cuál de estos impactos son relevantes es un problema bastante importante ya que los valores de utilidad no se negocian en mercados definidos. No existe un precio de referencia que se pueda emplear para saber su valor, por lo que lo fácil, en estos casos, es no considerar esos impactos y omitirlos del análisis pese a que sean realmente relevantes.

4.4.4 Valoración monetaria

En las etapas anteriores de la metodología del Análisis Coste-Beneficio se ha preparado una lista de los impactos que son relevantes en nuestro proyecto y que se van a evaluar. El paso que nos atañe ahora es el de valorar monetariamente estos impactos. Esta tarea se lleva a cabo para poder comparar los efectos que suponen los impactos analizados. Para ello es necesario contar con una medida homogénea e imparcial. El ACB opera con magnitudes monetarias y, con esta finalidad, se han desarrollado procedimientos de evaluación monetaria de los diversos impactos. El dinero posee en términos económicos diferentes funciones, pero la que más nos interesa para la metodología del Análisis Coste-Beneficio es que se emplea como unidad de medida. Llegados a este punto es conveniente señalar que en la valoración monetaria estamos bajo una cierta incertidumbre, debido a que no se puede asegurar que un determinado impacto va a producirse con la magnitud que se va a considerar y que además tampoco se conoce el momento exacto en el que este impacto puede producirse. Por este y por otros motivos traducir el valor de un impacto a unidades monetarias no es sencillo y aparecen tres problemas importantes.

El primero de ellos es que el valor de los impactos debe medirse en unidades monetarias constantes y homogéneas, independientes del tiempo en el que el flujo se espera que ocurra, por lo que se deberá predecir el valor de los bienes afectados en el futuro. Aparece, por lo tanto, como ya se ha indicado, una cierta incertidumbre sobre el valor que ese impacto experimentará en el futuro ya que depende de diferentes factores. Se hace por lo tanto interesante tratar con especial cuidado la valoración monetaria de estos impactos.

El siguiente de los problemas con los cuales se debe tener cierta cautela es a la hora de emplear precios de mercado para aquellos bienes que cotizan en uno de esos mercados. Estamos por lo tanto hablando de impactos que tienen precios accesibles en mercados de bienes y servicios. Al obtener los valores de un bien según los precios de mercado actuales se puede estar introduciendo un error que afectará en el futuro del horizonte temporal de nuestro análisis.

Marta Imaz Solarana

El tercer, y posiblemente el mayor problema, es que no siempre se tiene un mercado que nos proporcione el valor de un determinado bien. Se trata generalmente de los costes y beneficios intangibles, como pueden ser los efectos sobre naturaleza, el medio ambiente, el bienestar de los ciudadanos y su salud y no encuentran una valoración en el mercado. Se trata por tanto de lo conocido como la valoración de intangibles. Estos bienes intangibles no se intercambian en mercados definidos y la determinación de su precio no se puede realizar de una forma clara. Sin embargo, esto no implica que no tengan un valor económico.

La valoración de los impactos no internalizados por los mercados es un elemento clave del enfoque del ACB. Para ello, se utilizan diversos procedimientos de valoración que veremos a continuación. El Análisis Coste-Beneficio convencional ha desarrollado un conjunto de procedimientos para evaluar estas externalidades, los fundamentales son los métodos de valoración de activos (teoría del capital humano) y los métodos de valoración directa e indirecta.

La teoría del capital humano se basa, por ejemplo, en que el valor monetario de una vida humana salvada en un proyecto de una nueva infraestructura, se estima como la diferencia entre el valor actual de la corriente de rentas o salarios que iba a percibir el trabajador en su ciclo de vida activa, (se supone que la remuneración es indicativa de su aportación productiva a la sociedad), menos el valor actual de la corriente de consumos anuales que iba a realizar. Es por lo tanto considerar el valor, para la sociedad, de la vida de un individuo como su producción potencial futura, medida por el valor actual de la corriente de ingresos salariales esperados durante su vida. Este método deja fuera de la valoración dimensiones intangibles como pueden ser el sufrimiento y el dolor de las familias. Sin embargo, este método encuentra mucho más apoyo del que cabría esperar pese a sus deficiencias. En el sistema judicial se utiliza una aplicación parcial de este método para las compensaciones (además de los costes sanitarios y reposición de daños causados) se estima sólo el valor actual de lo que se deja de ganar (equivalente a la suma de los salarios que se hubieran ganado en los días perdidos, o en el caso de muerte, de seguir vivo).

En cuanto a los métodos de valoración directa cabe indicar que estos se basan en las preferencias declaradas. Estas preferencias declaradas se observan en mercados hipotéticos donde aparece la disponibilidad a pagar por el intangible mediante la valoración contingente. La evaluación contingente se basa en una idea muy sencilla: para saber cuánto están dispuestas a pagar las personas por ciertas características de su entorno basta con preguntárselo. Para ello se utilizan las técnicas de encuesta para estimar una curva de demanda potencial. Obviamente, exige familiaridad de los entrevistados con los impactos a analizar. La forma de obtener esta información es generalmente mediante encuesta y existen multitud de tipos y de formas diferentes de encuestas para este fin.

Los métodos de valoración indirecta se refieren a las preferencias reveladas. Para obtener esta información se utiliza el método del coste de viaje, el método de los precios hedónicos y las preferencias individuales dinero-intangible observadas en los mercados de trabajo. El método del coste de viaje estima el valor de un activo, que no se intercambia en un mercado definido, a través de la observación de los costes de acceso al activo en análisis. Consiste en estimar el valor que un individuo asigna al activo, teniendo en cuenta el precio implícito en la visita, costes de desplazamientos, acceso, estancia... Esta estimación se realiza mediante técnicas de encuesta sobre comportamientos. El método de los precios hedónicos estima el valor de un activo, que no se intercambia en un mercado definido, a través de la observación del mercado de un bien que esté implícitamente relacionado. Las preferencias individuales dinero-intangible observadas en los mercados de trabajo se basan en la teoría de

Marta Imaz Solarana

las diferencias salariales compensatorias. Un método clásico de aproximación al valor que los individuos dan a la vida en el trabajo es observar el incentivo salarial que reciben (cobran) por ponerlas en peligro, cuando aceptan puestos de trabajo con determinado grado de riesgo. Los individuos, al asumir una situación de riesgo a cambio de una diferencia salarial compensatoria, están revelando su mayor o menor aversión hacia el riesgo (su preferencia por la seguridad) y el valor que dan a su vida. Esta teoría afirma que, a igualdad de las demás condiciones productivas, cuanto más peligroso sea un trabajo, mayor será el salario que le corresponda y, en consecuencia, podemos estimar el valor que los individuos dan a su vida a partir de las diferencias salariales que compensan el riesgo de muerte de cada empleo.

4.4.5 Cálculo del indicador de rentabilidad

Llegados a este punto ya se poseen todos los impactos cuantificados y expresados en una misma unidad de medida. La siguiente etapa consiste en calcular un indicador que permita calcular la rentabilidad del proyecto bajo análisis. Este indicador puede ser cuantitativo o adimensional, sin embargo, a pesar de la posibilidad de aplicar otros indicadores, es común en la realización del Análisis Coste-Beneficio recurrir al empleo del Valor Actualizado Neto (VAN) como indicador de referencia. El VAN permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros. La metodología consiste en descontar al momento actual (es decir, actualizar mediante una tasa) los flujos de caja futuros y comparar esta equivalencia con el desembolso inicial.

La expresión matemática que se emplea es la siguiente:

$$VAN = -I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{F_i}{(1+r)^i}$$

Figura 29 - Fórmula para el cálculo del indicador (VAN)

siendo I_0 el desembolso inicial, F_i representa a los flujos de caja en el periodo i (se calcula como la diferencia entre los ingresos b_i y los costes c_i), por último, r representa la tasa de interés.

Una vez obtenido el valor del VAN se debe de llevar a cabo la interpretación del valor obtenido, en función de la creación o no de valor por el proyecto:

- $VAN > 0$: significa que la inversión produciría ganancias por encima de la rentabilidad exigida r . La decisión a tomar sería la de que el proyecto puede aceptarse.
- $VAN < 0$: tiene un significado de que la inversión produciría pérdidas por debajo de la rentabilidad exigida r . El proyecto debería rechazarse.
- $VAN = 0$: en este caso la inversión no produciría ni ganancias ni pérdidas. Por lo tanto, dado que el proyecto no agrega valor monetario por encima de la rentabilidad exigida, la decisión debería basarse en otros criterios.

El empleo del VAN plantea diferentes ventajas para analizar la rentabilidad de proyectos, y estas pueden ser las siguientes:

- proporciona una medida de la rentabilidad de un proyecto
- sirve como criterio de ordenación de alternativas
- puede ser empleado como criterio de selección, estableciendo un umbral de rentabilidad mínimo a mantener por el proyecto a evaluar
- su cálculo sólo requiere de operaciones simples

Marta Imaz Solarana

- contabiliza la variación del valor del dinero en el tiempo
- su uso y su entendimiento es extendido.

El Valor Actualizado Neto se trata de un indicador dimensional (está expresado en unidades monetarias), por lo que a menudo el cálculo del mismo se acompaña con el uso de otros indicadores que son adimensionales. Estos indicadores adimensionales pueden ser la Tasa Interna de Retorno o el Ratio Coste/Beneficio.

La Tasa Interna de Retorno o Tasa Interna de Rentabilidad (TIR) es la tasa de descuento con la que el Valor Actualizado Neto es igual a cero. La TIR puede utilizarse como indicador de rentabilidad de un proyecto, a mayor TIR mayor rentabilidad. Se emplea por lo tanto como uno de los criterios para decidir sobre la aceptación o rechazo de un proyecto. Para ello, la TIR se compara con la tasa de interés. Si la tasa de rendimiento del proyecto, expresada por la TIR, supera la tasa de interés, se acepta la inversión y en caso contrario se rechaza.

La Relación Coste/Beneficio es el cociente de dividir el valor actualizado de los costes entre el valor actualizado de los beneficios del proyecto. Los beneficios actualizados son todos los ingresos actualizados del proyecto y los costes actualizados son todos los egresados actualizados. Como criterio de decisión se emplea que un proyecto es aceptable si el valor de la Relación Coste/Beneficio es inferior a 1. Al obtener un valor igual a 1 significa que la inversión inicial se recuperó satisfactoriamente después de haber sido evaluada a una tasa determinada, y quiere decir que el proyecto es viable. Si el resultado es mayor a 1 el proyecto no presenta rentabilidad, ya que la inversión del proyecto jamás se podrá recuperar en el período establecido que se evalúa.

4.4.6 Análisis de sensibilidad

Todas las etapas que se han llevado a cabo anteriormente nos han servido para obtener la idoneidad o no de realizar un determinado proyecto en función del resultado obtenido por un indicador. Para calcular el VAN se han utilizado los valores disponibles en el momento de análisis. Sin embargo, estos datos pueden variar y el resultado obtenido podría ser muy diferente. Como ya se ha comentado anteriormente todo el proceso del Análisis Coste-Beneficio está rodeado de cierta incertidumbre. Existen infinidad de factores que pueden afectar a cada uno de los datos que se han recogido para la realización del ACB. En los procesos ex-ante ninguna de las predicciones que se realizan sobre muchos de los datos tienen una fiabilidad del 100%. Sin embargo, para los procesos ex-post se toman datos que se conocen realmente, datos de los años anteriores, pero también se estiman datos sobre acontecimientos que van a producirse en el futuro, lo que implica que también tenemos incertidumbre en este proceso. Es por ello, que una etapa fundamental a introducir en el Análisis Coste-Beneficio debe ser la del análisis de sensibilidad, que busca analizar como la variabilidad de todos esos parámetros puede afectar al resultado final obtenido.

El análisis de sensibilidad permite determinar las variables o parámetros críticos de un modelo. Esas variables serán aquellas cuya variación, positiva o negativa, tiene un alto impacto sobre el resultado final de la evaluación del proyecto.

El análisis de sensibilidad se realiza variando una a una las variables o parámetros y determinando el efecto del cambio sobre el indicador final de rentabilidad (VAN).

El criterio que se adopta para la determinación de las variables críticas puede variar, pero como norma general la recomendación es considerar como variables críticas aquellas cuya

Marta Imaz Solarana

variación de un 10% con respecto a su valor más probable se traduce en un cambio de al menos un 10% en el indicador de rentabilidad.

A continuación, se ilustran las etapas del procedimiento que deberán seguirse para efectuar un análisis de sensibilidad:

- Identificación de variables: Determinar todas las variables utilizadas para calcular el indicador en el análisis, agrupándolas por categorías homogéneas. Las categorías son:
 - Precios
 - Demanda
 - Costes de inversión
 - Costes de operación
 - Precios de los productos
 - Precios contables
 - Parámetros de los costes y beneficios
- Eliminación de las variables dependientes: Las variables dependientes pueden introducir distorsiones en el resultado, así como un problema de doble contabilidad. Si, por ejemplo, se analiza la productividad laboral y la productividad global, la segunda, obviamente, incluye a la primera. En este caso sería necesario eliminar las variables redundantes, eligiendo las realmente más significativas, o modificar el modelo para eliminar las relaciones internas. Las variables a considerar deben ser, siempre que se pueda, variables independientes. El análisis debe hacerse de la forma más desagregada posible (por ejemplo, ingreso es una variable compuesta: tanto la cantidad como el precio pueden ser críticas).
- Determinación de las variables críticas: Al final del proceso se tendrá una selección de las variables críticas del modelo (presumiblemente un número pequeño de ellas).

4.4.7 Análisis de riesgo

El análisis de riesgo consiste en el estudio de la probabilidad que tiene un proyecto de llevarse a cabo de una forma satisfactoria (en cuanto a su rentabilidad). La probabilidad debe ser entendida aquí como un índice que toma el valor uno cuando se tiene la certeza absoluta, cero cuando la certeza de la predicción no está confirmada, y valores intermedios para cualquiera del resto de las situaciones posibles. Para llevar a cabo este análisis de riesgo, una vez hecho el análisis de sensibilidad, se deben desarrollar las siguientes etapas:

- Distribución probabilística de las variables críticas: En esta etapa es necesario asignar una distribución de probabilidad a cada una de las variables críticas, definiendo el rango de valores en el que se moverá alrededor de la mejor estimación, con el fin de calcular los valores esperados. La distribución de probabilidad se puede obtener de diferentes fuentes, tanto experimentales como de literatura científica.
- Análisis del riesgo: Toda vez que se tiene la distribución probabilística de las variables del modelo, se puede calcular la distribución de probabilidad del indicador de rentabilidad del proyecto. Es común recurrir al Método Montecarlo para realizar esta etapa.
- Evaluación de los niveles de riesgo aceptables: el proceso seguido nos permite ahora vincular un dato del indicador de rentabilidad con la probabilidad de ocurrencia asociada al mismo, con lo cual la toma de decisiones se puede realizar no sólo en función del valor del indicador, sino de su probabilidad, así como de su valor esperado más probable.

$$\text{Valoresperado} = \sum \text{valor} \cdot \text{probabilidad}$$

Figura 30 - Formula para el cálculo del valor esperado más probable

5 ANÁLISIS COSTE BENEFICIO DEL PROYECTO

Se van a estudiar los dos casos de estudio, expansión de la capacidad aérea del aeropuerto de Heathrow y expansión de la capacidad aérea del aeropuerto de Gatwick, analizando sus costes e ingresos. Primeramente, se definirán los parámetros básicos que se van a utilizar para la realización del análisis coste-beneficio.

5.1 DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS BÁSICOS

5.1.1 El año de referencia

Se toma como año de referencia el 2020, ya que estamos realizando un ACB ex ante. Se trata de un proyecto de inversión pública que tendrá lugar en el futuro. Es la evaluación de una intervención que ocurrirá en los próximos años, para estimar los efectos económicos relacionados con los costes y beneficios de esta obra ocasionará.

5.1.2 El horizonte temporal del análisis

Entendemos por horizonte temporal del ACB al plazo de años que se tienen en cuenta para el análisis de los costes e ingresos producidos por el proyecto bajo evaluación. Resulta por lo tanto conveniente reflexionar sobre la vida útil del proyecto y el periodo sobre el que debe extenderse la evaluación. La ampliación de un aeropuerto es una infraestructura de larga duración que, por cuestiones de funcionamiento y seguridad estrictamente reguladas, suele recibir un nivel de mantenimiento elevado, lo que hace que su vida se prolongue en el tiempo. Sin embargo, desde el punto de vista de la evaluación, entendida como el valor actualizado de beneficios y costes presentes y futuros durante un periodo de tiempo limitado, el horizonte temporal para este tipo de proyectos suele ser de unos 25 años debido a las dificultades inherentes a cualquier predicción a muy largo plazo.

Para obtener este valor se ha seguido lo indicado por la Comisión Europea en su Guía sobre el ACB de los Proyectos de Inversión Pública (2014). En dicho documento aparece la tabla 2.1 en la que aparece el horizonte temporal por distintos sectores.

Sector	Periodo de referencia (años)
Ferrocarril	30
Carreteras	25-30
Puertos y aeropuertos	25
Transporte urbano	25-30
Agua y saneamiento	30
Tratamiento de agua	25-30
Energía	15-25
Investigación e innovación	15-25

Marta Imaz Solarana

Infraestructura de negocios	10-15
Otros sectores	10-15

Tabla 5 - Horizonte temporal del análisis por sectores (fuente, Comisión Europea)

Siguiendo esta consideración se establece el siguiente horizonte temporal: 2020-2030, periodo de construcción; 2030-2055, periodo de explotación.

Diagrama temporal del proyecto

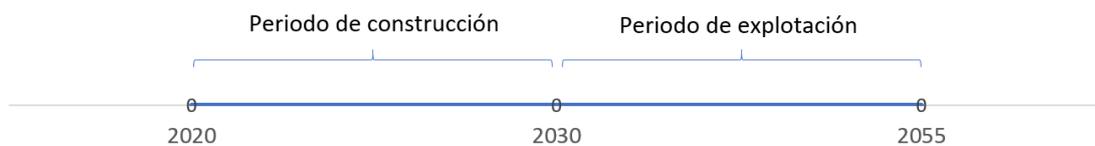


Figura 31 - Diagrama temporal del proyecto (fuente, propia)

5.1.3 La tasa de descuento

El empleo de una tasa de descuento surge al tener que analizar inversiones cuyos beneficios son obtenidos muchos años después del gasto inicial. Se ha decidido tomar el valor del 2.5% para la tasa de descuento social. Este valor cumple con las recomendaciones que se marcan para este tipo de inversiones por parte tanto de la Unión Europea como del Gobierno de Reino Unido.

5.2 DEFINICIÓN, ESTUDIO Y VALORACIÓN MONETARIA DE LOS IMPACTOS

En esta fase, se debe proceder a la identificación de los impactos que se derivan de la realización del proyecto. Se deben tener en cuenta todos aquellos efectos que afectan a la población del área de estudio, tanto en su fase de ejecución, como a largo plazo una vez el proyecto esté finalizado. Además, se realiza también en este apartado la valoración monetaria de dichos impactos para utilizar una medida homogénea e imparcial para el análisis.

Como se detalló en la explicación de la metodología del Análisis Coste Beneficio, se debe destacar del mismo modo el enfoque perspectivo de la evaluación económica que en este caso es fundamentalmente monetización; también se debe destacar la distribución tanto de los costes como de las consecuencias que correrán a cargo de la empresa en estudio, siendo ésta Heathrow o Gatwick dependiendo de la alternativa.

A la hora de realizar el análisis, se tendrá en cuenta una segunda aproximación centrada en el estudio de la incorporación de los costes e ingresos de la alternativa de actuación en estudio.

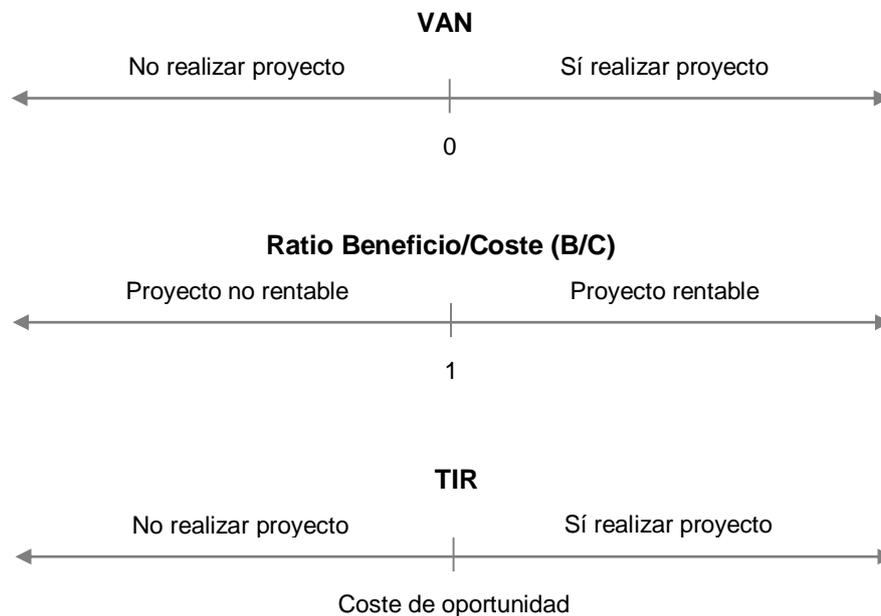
A la hora de analizar los costes e ingresos se distingue entre internos y externos: entre los primeros, se distingue entre los costes de explotación y de inversión; entre los segundos, se distingue entre los que pueden ser evitados y aquellos que producen un incremento de los ingresos.

Se han diferenciado estos impactos entre aquellos que proporcionarán ingresos y los que incurrirán en gastos como se detalla a continuación:

Marta Imaz Solarana

- Costes
 - Construcción
 - Ruido
 - Calidad del aire
 - Cambio climático
- Ingresos
 - Pasajeros
 - Operaciones
 - Otros ingresos
 - Impactos económicos

Para evaluar la rentabilidad de los distintos casos se han considerado los indicadores que se muestran a continuación: VAN, Ratio Beneficio/Coste y TIR. En el apartado cuatro “Metodología” se han explicado cada uno de estos indicadores. En este esquema se puede



observar de manera simplificada.

5.3 CASO 1: HEATHROW

Siguiendo la estructura detallada en el apartado anterior, se estudiará a continuación la alternativa de expansión del aeropuerto de Heathrow.

5.3.1 Costes

5.3.1.1 Construcción

El coste de construcción del aeropuerto de Heathrow se estima que será de 15.600 millones de libras. Según fuentes consultadas, la distribución del coste en grandes proyectos de infraestructuras como una nueva pista en un aeropuerto cuando su construcción se extiende durante diez años será el siguiente:

Figura 32 - Esquema resumen de los distintos indicadores (fuente, propia)

Marta Imaz Solarana

Año	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
%	0,1	0,05	0,15	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Tabla 6 - Porcentajes distribución costes de construcción en el tiempo

Acorde con esta distribución, el coste de la construcción durante estos diez años será el siguiente:

Año	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Coste (millones de £)	1.560	780	2.340	1.560	1.560	1.560	1.560	1.560	1.560	1.560

Tabla 7 - Costes totales de construcción en el tiempo

Basándose en proyectos similares se obtiene la distribución de los costes tras la construcción del proyecto que son operación, mantenimiento y asistencia técnica que será del siguiente modo:

	Construcción	Operación	Mantenimiento	Asistencia técnica
%	0,02	0,075	0,075	0,0175

Tabla 8 - Distribución de costes en un proyecto de infraestructuras

Los costes referentes a la operación y al mantenimiento se producirán una vez realizado el proyecto mientras que la construcción y la asistencia técnica se producen en los diez primeros años.

A continuación, se muestra el coste total relativo a las diferentes fases del proyecto en el intervalo en el que se producirán:

	Coste (millones de £)	
	2020-2029	2030-2045
Intervalo		
Construcción	15.600	
Operación		30.420
Mantenimiento		30.420
Asistencia técnica	273	

Tabla 9 - Costes totales de construcción, operación, mantenimiento y asistencia técnica

5.3.1.2 Ruido

Para calcular el coste en el que repercute el ruido producido por la extensión del aeropuerto se seguirá el procedimiento que propone la Comisión Europea en el Análisis Coste Beneficio de los Proyectos de Inversión (Comisión Europea, 2014).

El ruido producido por los movimientos aéreos, entre los que se debe tener especial consideración las maniobras de despegue y aterrizaje son especialmente sensibles para la población que vive cerca de los aeropuertos y aquellas personas que viviendo más alejadas lo hacen bajo las rutas aéreas de los aviones.

Marta Imaz Solarana

Estar expuesto a altos niveles de ruido tiene efectos perjudiciales sobre la salud humana, entre otras consecuencias de esta exposición se destaca que puede provocar alteraciones del sueño y tiene un efecto negativo sobre la salud.

El método que la Comisión propone para monetizar el ruido producido por el transporte aéreo es el expresado en el HEATCO (Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment), comisión encargada del desarrollo de herramientas, indicadores y parámetros encaminados al desarrollo de medios de transporte sostenibles y mejoras energéticas tanto desde el punto de vista económico, medio ambiental como social.

De Kluizenaar et al. (2001) en su estudio considera como dos los principales impactos ocasionados por los elevados niveles de ruido. Se asume que estos dos efectos son independientes. A continuación, se detallan estos impactos:

- Alteraciones o molestias que los individuos experimentan al estar expuestos a elevados niveles de ruido.
- Impactos sobre la salud, reflejan los efectos que tendrá sobre la salud de los individuos la exposición continuada a elevados niveles de ruido, principalmente se destaca hipertensión e infarto de miocardio.

En la siguiente tabla se detalla el grado de riesgo, funciones relativas y absolutas, de los impactos detallados anteriormente.

Category	Measure given	Impacts
Stress related health effects	RR	Hypertension and ischemic heart disease
Psychosocial effects	AR	Annoyance
Sleep disturbance	AR	Awakenings and subjective sleep quality
RR = relative risk; AR = absolute risk		

Tabla 10 - Categorización de los efectos sobre la salud producidos por el ruido (fuente, De Kluizenaar, 2001)

Esta metodología de cálculo de los costes asociados al ruido se basa en el Método del Precio Hedónico. Este método se usa para estimar los valores económicos para ecosistemas o servicios ambientales que directamente afectan los precios del mercado. Es más comúnmente aplicados a variaciones en el precio de casas que refleja el valor de los atributos ambientales locales.

Se utiliza para estimar beneficios económicos o costos asociados con:

- Calidad ambiental, incluyendo la contaminación del aire, del agua o ruido.
- Amenidades ambientales, tales como vistas estéticas o proximidad a sitios recreacionales.

Este método es más comúnmente usado para valorar amenidades ambientales que afectan el precio de las propiedades residenciales; es decir, en este procedimiento se analiza el precio de la vivienda como forma de conocer la disposición a pagar de los individuos con el fin de evitar niveles de ruido elevados, “Willingness-to-pay, WTP”.

Procedimiento:

- Paso 1: Cuantificar el número de personas expuestas a cierto nivel de ruido. En este estudio se ha considerado 55dB para ambos escenarios, actual y futura.



Marta Imaz Solarana

- Paso 2: Posteriormente, se procederá al cálculo del coste, a través de las tablas del estudio HEATCO, pudiendo ser necesaria la actualización por medio de la inflación del valor mostrado.
- Paso 3: A continuación, se procede a calcular el coste económico del impacto económico y sus costes multiplicando el coste por persona por el número de personas expuestas al impacto en ambos casos.
- Paso 4: La diferencia entre ambos escenarios será el coste económico del impacto.

En la siguiente tabla se muestra el valor de la disposición a pagar por los individuos con el fin de evitar determinados niveles de ruido. Estos valores se recogen en la HEATCO donde se han analizados diferentes países de Europa.

L _{den} dB(A)	Slovenia			Spain			Sweden			Switzerland			United Kingdom		
	Road	Rail	Aircraft	Road	Rail	Aircraft	Road	Rail	Aircraft	Road	Rail	Aircraft	Road	Rail	Aircraft
≥51	4	0	7	7	0	10	11	0	17	15	0	23	11	0	17
≥52	9	0	14	13	0	20	22	0	34	30	0	47	21	0	33
≥53	13	0	21	20	0	31	33	0	51	45	0	70	32	0	50
≥54	18	0	28	26	0	41	44	0	68	61	0	94	43	0	66
≥55	22	0	35	33	0	51	55	0	85	76	0	117	53	0	83
≥56	27	4	42	39	7	61	66	11	102	91	15	141	64	11	99
≥57	31	9	48	46	13	71	77	22	119	106	30	164	75	21	116
≥58	36	13	55	53	20	82	88	33	136	121	45	188	85	32	132
≥59	40	18	62	59	26	92	99	44	153	136	61	211	96	43	149
≥60	45	22	69	66	33	102	110	55	170	151	76	235	107	53	165
≥61	49	27	76	72	39	112	120	66	187	166	91	258	117	64	182
≥62	54	31	83	79	46	122	131	77	204	182	106	281	128	75	198
≥63	58	36	90	86	53	133	142	88	221	197	121	305	139	85	215
≥64	63	40	97	92	59	143	153	99	238	212	136	328	149	96	232
≥65	67	45	104	99	66	153	164	110	255	227	151	352	160	107	248
≥66	71	49	111	105	72	163	175	120	272	242	166	375	171	117	265
≥67	76	54	118	112	79	173	186	131	289	257	182	399	181	128	281
≥68	80	58	125	118	86	184	197	142	306	272	197	422	192	139	298
≥69	85	63	131	125	92	194	208	153	323	287	212	446	203	149	314
≥70	89	67	138	132	99	204	219	164	340	303	227	469	213	160	331
≥71	119	96	170	175	142	251	291	236	417	402	326	577	283	230	407
≥72	126	104	180	186	153	265	309	254	442	427	351	610	301	248	430
≥73	133	111	190	197	164	280	327	273	466	452	377	644	319	266	454
≥74	141	119	200	208	175	295	346	291	490	478	402	677	337	283	478
≥75	148	126	210	219	186	309	364	309	515	503	427	711	355	301	501
≥76	156	134	220	230	197	324	382	328	539	528	453	745	372	319	525
≥77	163	141	230	241	208	338	401	346	563	554	478	778	390	337	549
≥78	171	148	240	252	219	353	419	364	588	579	503	812	408	355	573
≥79	178	156	249	263	230	368	437	383	612	604	529	846	426	373	596
≥80	186	163	259	274	241	382	456	401	636	630	554	879	444	391	620
≥81	193	171	269	285	252	397	474	419	661	655	579	913	462	408	644

Tabla 11 - Valores centrales de la disposición a pagar de los individuos a ciertos niveles de ruido en el Reino Unido (fuente, HEATCO, 2002)

Debido a que los valores de la tabla están basados en el año 2002 se deberán actualizar teniendo en cuenta la inflación en el Reino Unido entre el año 2002 y la actualidad, siendo la inflación media en este periodo correspondiente a 15 años 1,8035%. Los datos estadísticos utilizados para el cálculo han sido los proporcionados por EuroStats.

Año	2002	2017
Valor (£)	83	108,522

Tabla 12 - Tabla que muestra el valor actualizado (fuente, EuroStats)

En la siguiente tabla se muestra el número de personas afectadas por el ruido y los costes totales en los que incurrirá esta exposición al ruido en la fase de estudio del aeropuerto teniendo en cuenta una tasa de crecimiento de la población de 0.02% anual.

Número de personas afectadas	1.218.000
------------------------------	-----------

Marta Imaz Solarana

Coste (£/persona/año)	0,000108
Coste (millones de £)	4.429,206

Tabla 13 - Número de personas y coste por persona asociado al ruido

5.3.1.3 Calidad del aire

Para monetizar los efectos producidos por la emisión de gases producidos por los aviones se seguirá al igual que se hizo para monetizar los efectos del ruido, el procedimiento que propone la Comisión Europea en el Análisis Coste Beneficio de los Proyectos de Inversión (Comisión Europea, 2014).

Las emisiones producidas por los distintos medios de transporte afectarán considerablemente a la calidad del aire, tanto reduciéndola como empeorándola.

Los efectos que tendrá en la calidad del aire dependen del tipo de proyecto que se llevará a cabo, comparándolo con la alternativa base, cualquier modificación derivada de esta tendrá efectos tanto positivos como negativos en el futuro escenario. Negativos ya que los gases emitidos por los aviones son contaminantes: y positivos, ya que se considera que en el futuro los aviones serán cada vez menos contaminantes, siendo la tecnología de sus motores más respetuosa con el medio ambiente.

Principales impactos debidos a la emisión de gases contaminantes:

- Efectos sobre la salud humana. La inhalación del aire contaminado producido por los medios de transporte incrementa el riesgo de padecer enfermedades respiratorias y cardiovasculares. El principal causante de enfermedad son las partículas de PM₁₀ y PM_{2.5}.
- Daños materiales y sobre edificios. El aire contaminado puede producir daños materiales y sobre las diversas construcciones en dos sentidos: cubriendo los edificios por partículas de aire contaminado y polvo y debido a la degradación de fachadas y materiales por procesos corrosivos debidos a contaminantes ácidos como pueden ser NO_x y SO₂.
- Pérdidas de cultivos. El ozono como un gas contaminante secundario, formado debido a las emisiones de CO, VOC y NO_x, y sustancias ácidas como NO_x y SO₂, causa daños sobre los cultivos. Esto significa que una mayor concentración de estas sustancias se traduce en una disminución de la cantidad de productos cultivados.
- Impactos sobre el ecosistema y la biodiversidad. El daño en el ecosistema es producido por partículas contaminadas del aire que tienden a acidificarse (NO_x y SO₂) y a la eutrofización (NO_x y NH₃). La acidificación y la eutrofización tienen efectos negativos sobre la biodiversidad.

En la siguiente tabla se muestran los impactos directos que produce cada uno de los gases emitidos.

Marta Imaz Solarana

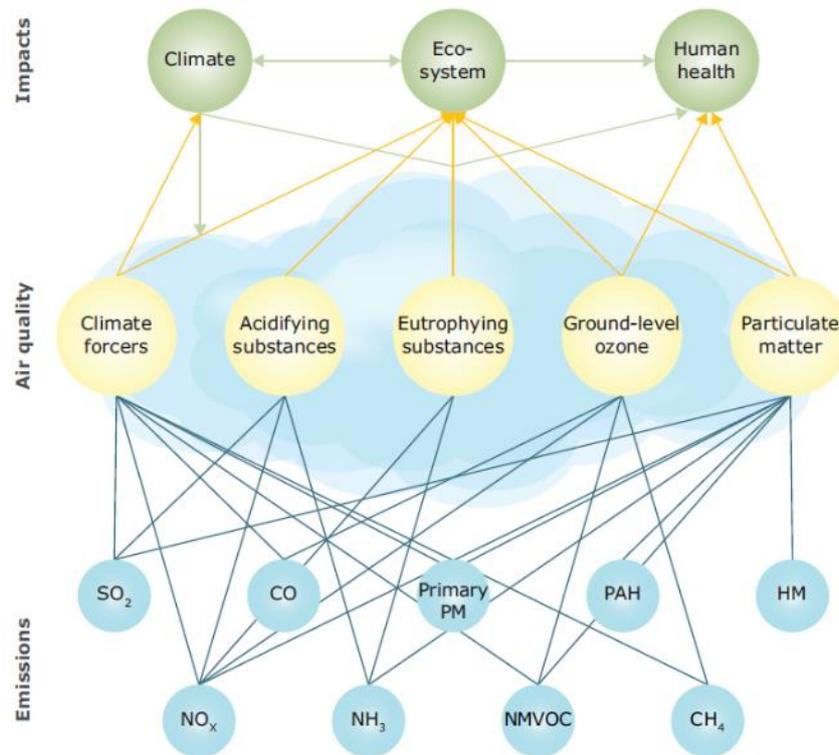
Impact category	Pollutant	Effects included
Public health – mortality	PM _{2.5} , PM ₁₀ ¹⁾	Reduction in life expectancy due to acute and chronic effects
	O ₃	Reduction in life expectancy due to acute effects
Public health – morbidity	PM _{2.5} , PM ₁₀ ¹⁾ , O ₃	Respiratory hospital admissions (Minor) Restricted activity days Days of bronchodilator usage Days of lower respiratory symptoms
	PM _{2.5} , PM ₁₀ ¹⁾ only	New cases of chronic bronchitis Cardiac hospital admissions
	O ₃ only	Cough days
	Material damage	SO ₂ , acid deposition
Crops	SO ₂	Yield change for wheat, barley, rye, oats, potato, sugar beet
	O ₃	Yield loss for wheat, potato, rice, rye, oats, tobacco, barley
	Acid deposition	Increased need for liming
	N	Fertiliser effects

¹⁾ including secondary particles (sulphate and nitrate aerosols).

Tabla 14 – Efectos sobre la salud y medio ambiente producido por las emisiones de distintos gases (fuente, Comisión Europea, 2005)

En el siguiente gráfico de la Comisión Europea en el libro de *Update of the Handbook on External Costs of Transport* (RicardoAEA, January 2014) se ha elaborado un informe, *Impact Pathway Approach (IPA)*, en el que se expresan los distintos impactos y la afección a la calidad del aire de las distintas emisiones. A continuación, se muestra un gráfico en el que se puede observar los medios a los que principalmente afectan las distintas emisiones.

Marta Imaz Solarana



Source: EEA (2012): Air Quality in Europe - 2012 Report

Figura 33 - Clasificación de las distintas emisiones según su impacto en el clima, ecosistema o salud humana (fuente, Comisión Europea, 2012)

Procedimiento:

- Paso 1: Cuantificación de cantidad de los gases emitidos (NO_x, PM_{2,5}) debidos al proyecto.
- Paso 2: Posteriormente, se procederá al cálculo del coste, a través de las tablas del estudio HEATCO, pudiendo ser necesaria la actualización por medio de la inflación del valor mostrado
- Paso 3: Calculo del coste, multiplicar el gas contaminante emitido por el factor del coste.
- Paso 4: Se tiene los valores del coste.

En la siguiente tabla se muestran los costes asociados a las emisiones de distintos gases en distintos países de Europa.

Marta Imaz Solarana

Country	PM _{2.5}			NO _x	NMVOC	SO ₂
	Rural	Suburban	Urban			
Austria	37766	67839	215079	17285	2025	12659
Belgium	34788	60407	207647	10927	3228	13622
Bulgaria	34862	65635	212875	14454	756	12598
Croatia	31649	61539	208779	15149	1819	12317
Cyprus	25040	51200	198440	6465	1122	12594
Czech Republic	43028	68427	215667	15788	1648	14112
Germany	48583	73221	220461	17039	1858	14516
Denmark	13275	40760	188000	6703	1531	7286
Estonia	15359	49948	197188	5221	1115	8441
Spain	14429	48012	195252	4964	1135	7052
Finland	8292	43997	191237	3328	781	4507
France	33303	64555	211795	13052	1695	12312
Greece	19329	50605	197845	3851	854	8210
Hungary	47205	74641	221881	19580	1569	14348
Ireland	16512	47420	194660	5688	1398	6959
Italy	24562	50121	197361	10824	1242	9875
Lithuania	23068	55535	202775	10790	1511	10945
Luxembourg	45688	71308	218548	18612	3506	15103
Latvia	19528	53638	200878	8109	1499	10000
Malta	NA	NA	98132	1983	1007	6420
Netherlands	29456	48352	195592	11574	2755	16738
Poland	47491	74215	221455	13434	1678	14435
Portugal	18371	49095	196335	1957	1048	4950
Romania	56405	84380	231620	22893	1796	17524
Sweden	14578	50210	197450	5247	974	5389
Slovenia	39633	67670	214910	16067	1975	12422
Slovakia	54030	79270	226510	21491	1709	17134
United Kingdom	14026	47511	194751	6576	1780	9192
EU average	28108	70258	270178	10640	1566	10241

Figura 34 - Valores centrales del coste asociado a las emisiones de ciertos gases en £ por tonelada (fuente,NEEDS, Preiss et al. 2008).

Debido a que los valores de la tabla están basados en el año 2008 se deberán actualizar teniendo en cuenta la inflación en el Reino Unido entre el año 2008 y la actualidad, siendo la inflación media en este periodo correspondiente a 15 años 1,9642%. Los datos estadísticos utilizados para el cálculo han sido los proporcionados por EuroStats.

Año	2008	2017
Valor NO _x (£)	0,006576	0,007749
Valor PM _{2.5} (£)	0,194751	0,22949

Tabla 15 - Tabla que muestra el valor actualizado (fuente, EuroStats)

A continuación, se muestran las tablas relativas a cada gas contaminante en la que se detalla las toneladas anuales emitidas, su coste y el coste en los que se incurrirá con cada una de las emisiones en la fase de estudio del aeropuerto.

Óxido de nitrógeno, NO_x:

NO_x es dióxido de nitrógeno, procedente de la combustión que se produce a elevadas temperaturas. Se produce por la reacción del nitrógeno y el oxígeno durante la combustión. En áreas con alta densidad de tráfico, como es el caso de un aeropuerto, la cantidad de óxido de nitrógeno presente en el aire es significativa.

Marta Imaz Solarana

En la siguiente tabla se detalla la cantidad de gas emitida, el coste por tonelada asociado a dicha emisión y el coste final en el que se incurre:

Cantidad emitida de gas (toneladas)	12.169
Coste (€/tonelada)	0,007749
Coste (millones de £)	2.451,737

Tabla 16 – Toneladas, coste por tonelada y coste final asociado a las emisiones de NO_x

Partículas materiales de 2.5 nanómetros, PM_{2.5}:

PM_{2.5} se refiere a todas aquellas partículas presentes en la atmosfera que tienen un diámetro menor que 2.5 nanómetros, es decir, aquellas partículas cuyo diámetro es aproximadamente un 3% del diámetro del cabello humano.

Son significativamente importantes, ya que debido a su pequeño tamaño producen efectos negativos sobre la salud humana como los indicados anteriormente.

En la siguiente tabla se detalla la cantidad de gas emitida, el coste por tonelada y el coste final asociado a dicha emisión.

Cantidad emitida de gas (toneladas)	628,2
Coste (€/tonelada)	0,22949
Coste (millones de £)	3.748,306

Tabla 17 - Toneladas y coste por tonelada asociado a las emisiones de PM_{2.5}

5.3.1.4 Cambio climático

El procedimiento para calcular los costes producidos por las emisiones de gases efecto invernadero consiste básicamente en multiplicar la cantidad de CO₂ equivalente por el coste. Los daños que producen estas emisiones tienen sus efectos a escala global por lo que no se diferenciara a la hora de expresar los costes entre los distintos países, se considerara a escala europea. Es decir, se recomienda emplear los mismos valores del coste para todos los países.

El CO₂ equivalente de los gases efecto invernadero se calculará multiplicado la cantidad de gas por el factor del Global Warmin Potential (GWP) que para el metano tiene un valor de 23, para el óxido de nitrógeno de 296 y para el dióxido de carbono de 1.

En este apartado se explicará el método propuesto en HEATO para el cálculo del coste de las emisiones de gases de efecto invernadero. El procedimiento ideal para calcular el coste sería a partir del daño causado por las distintas emisiones. Sin embargo, el desconocimiento acerca de los efectos que tienen estas emisiones impide usar este criterio.

En la estimación del coste producido por estas emisiones se pretende tener en cuenta las afecciones al cambio climático, salud humana, agricultura, disponibilidad de agua... Sin embargo, no se tiene en cuenta los efectos que estas emisiones tienen sobre las inundaciones, huracanes... fenómenos cada vez más frecuentes.

Debido a que para implementar este método sería necesaria información hasta el momento desconocida, la HEATCO propone un segundo método que a diferencia del primero que se basa en los costes de los daños producidos, se basara en los costes de las medidas de

Marta Imaz Solarana

mitigación de los distintos efectos. Esta estrategia de mitigación tiene como finalidad alcanzar los objetivos del Tratado de Kyoto.

En la siguiente tabla se muestran los costes por tonelada asociados a las emisiones de dióxido de carbono.

Year of emission	Central guidance	For sensitivity analysis	
		Lower central estimate	Upper central estimate
2000 – 2009	22	14	51
2010 – 2019	26	16	63
2020 – 2029	32	20	81
2030 – 2039	40	26	103
2040 – 2049	55	36	131
2050	83	51	166

Tabla 18 - Costes por tonelada asociados a las emisiones de CO₂ (fuente, Watkiss et al., 2005)

Procedimiento

- Paso 1: Cuantifica las emisiones que se producirán tras el Nuevo desarrollo.
- Paso 2: Multiplicar las emisiones de CO₂ equivalente por el factor del coste correspondiente al año de emisión.
- Paso 3: Valores de los costes por toneladas de CO₂ equivalente emitidas.

En la siguiente tabla se muestra el coste en el que se incurrirá debido al cambio climático especificando el factor de coste en tres diferentes intervalos. No ha sido necesario actualizar el coste ya que estos valores corresponden a un periodo futuro determinado.

Cantidad emitida de CO ₂ (toneladas)	27.000.000
Coste (€/tonelada) – 2020-2029	0,00004
Coste (€/tonelada) – 2030-2039	0,000055
Coste (€/tonelada) – 2040-2069	0,000083

Tabla 19 - Coste en €/tonelada asociado a los distintos intervalos (fuente, Watkiss et al., 2005)

En la siguiente tabla se detalla el coste final asociado al cambio climático producido por las emisiones de CO₂ tras la extensión del aeropuerto de Heathrow.

Coste (millones de £)	50.706
-----------------------	--------

Tabla 20 - Coste final asociado a las emisiones de CO₂

5.3.2 Ingresos

5.3.2.1 Pasajeros

A continuación, se procederá a calcular los ingresos proporcionados por los pasajeros. Para ello se han consultado las estadísticas realizadas por Civil Aviation Authority del Reino Unido. Por otro lado, el valor del número adicional de pasajeros que utilizará el aeropuerto tras su expansión ha sido obtenido de diferente bibliografía destinada al estudio de la expansión del aeropuerto de Heathrow.

Marta Imaz Solarana

Basándose en la media nacional de la contribución monetaria de cada usuario con una infraestructura aeroportuaria se establece en este proyecto el valor de £0,000001 como la cantidad retribuido por el uso de la infraestructura por persona.

En la siguiente tabla se muestran los ingresos que producirán los usuarios del aeropuerto durante el tiempo en el que se lleva a cabo el estudio.

Número actual de pasajeros	75.700.000
Número adicional de pasajeros tras la expansión	27.000.000
Número total de pasajeros tras la expansión	102.700.000
Coste (millones de £)	3.458,002

Tabla 21 - Número de pasajeros en el aeropuerto de Heathrow

5.3.2.2 Operaciones

Al igual que ocurre con los pasajeros, el aeropuerto recibirá ingresos directos por las operaciones que en él se realicen. Las mismas fuentes que en el caso de los pasajeros han sido consultadas para conocer tanto el número de operaciones que se llevan actualmente a cabo en el aeropuerto como el número futuro de operaciones que se llevarán tras su expansión.

Cada operación contribuye con un ingreso de £0,0001. En la siguiente tabla, se muestran los ingresos finales por las operaciones realizadas en el aeropuerto durante el estudio.

	Coste (millones de £)
Número actual de operaciones	473.231
Número adicional de operaciones tras la expansión	125.000
Número total de operaciones tras la expansión	598.231
Coste (millones de £)	1.605,912

Tabla 22 - Número total de operaciones en el aeropuerto de Heathrow

5.3.2.3 Otros ingresos

El aeropuerto tiene otras fuentes de ingresos como pueden ser el alquiler de locales comerciales, pago por el uso del aparcamiento, pago por despliegue publicitario en la terminal... A continuación, se muestra la cantidad con la que contribuye cada una de estas fuentes con los ingresos durante la fase de estudio del proyecto.

	Coste (millones de £)
Comercio	6.048,972
Alquiler de coches	304,569
Aparcamiento	1.634,649
Publicidad	840,456
Terminal	289,148

Marta Imaz Solarana

Mercancías	38,553
Otras propiedades	736,363
Ahorros tiempo y accesibilidad	2.112,707

Tabla 23 - Ingresos totales debidos a otras fuentes

5.3.2.4 Impactos económicos

Otra de las variables fundamentales de nuestro análisis son los impactos económicos, que incluye las actividades de importación y exportación de mercancías que se producen a través del aeropuerto en estudio y que influirán directamente en la actividad económica del país. Estos intercambios económicos engloban como se detalló en el segundo capítulo del presente trabajo la comercialización tanto de materias primas como de productos manufacturados.

A continuación, se detallan los ingresos relativos a cada una de las actividades que se llevaran a cabo desde el aeropuerto de Heathrow.

	Coste (millones de £)
Importaciones	38.553,042
Exportaciones	200.475,82

Tabla 24 - Ingresos totales debido a los impactos económicos

5.4 CASO 2: GATWICK

La opción de expansión del aeropuerto de Gatwick se considera más satisfactoria en términos económicos y de conectividad si la comparamos con la opción de expansión de Heathrow. Satisface los requisitos del mercado de la aviación de forma mucho más satisfactoria de la que lo hace Heathrow. La principal ventaja en el caso de la expansión de Gatwick es que se alcanzaría de forma más sencilla la tendencia actual en el mercado de la aviación: la proliferación de las compañías de bajo coste, logrando una mayor competitividad a causa de la existencia de mayor competencia de mercado.

A continuación, se muestran los costes asociados a la alternativa de expansión del aeropuerto de Gatwick. Para hallar estos costes se ha seguido el mismo procedimiento que anteriormente se ha explicado en la alternativa de Gatwick.

5.4.1 Costes

5.4.1.1 Construcción

El coste de construcción del aeropuerto de Gatwick se estima que será de 7600 millones de libras. Según fuentes consultadas, la distribución del coste en grandes proyectos de infraestructuras como una nueva pista en un aeropuerto cuando su construcción se extiende durante diez años será el siguiente:

Año	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
%	0,1	0,05	0,15	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Tabla 25 - Porcentajes distribución costes de construcción en el tiempo

Marta Imaz Solarana

Acorde con esta distribución el coste de la construcción durante estos diez años será el siguiente:

Año	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Coste (millones de £)	760	380	1.140	760	760	760	760	760	760	760

Tabla 26 - Costes totales de construcción en el tiempo

Basándose en proyectos similares se obtiene la distribución de los costes tras la construcción del proyecto que será del siguiente modo:

	Construcción	Operación	Mantenimiento	Asistencia técnica
%	0,02	0,075	0,075	0,0175

Tabla 27 - Distribución de costes en un proyecto de infraestructuras

Los costes referentes a la operación y al mantenimiento se producirán una vez realizado el proyecto mientras que la construcción y la asistencia técnica se producen en los diez primeros años.

A continuación, se muestra el coste total relativo a las diferentes fases del proyecto en el intervalo en el que se producirán:

Intervalo	2020-2029	2030-2060
Construcción	7.600	
Operación		14.820
Mantenimiento		14.820
Asistencia técnica	133	

Tabla 28 - Costes totales de construcción, operación, mantenimiento y asistencia técnica

5.4.1.2 Ruido

Debido a que los valores de la tabla están basados en el año 2002 se deberán actualizar teniendo en cuenta la inflación en el Reino Unido entre el año 2002 y la actualidad, siendo la inflación media en este periodo correspondiente a 15 años 1.8035%. Los datos estadísticos utilizados para el cálculo han sido los proporcionados por Eurostats.

Año	2002	2017
Valor (£)	83	108,522

Tabla 29 - Tabla que muestra el valor actualizado (fuente, EuroStats)

En la siguiente tabla se muestra el número de personas afectadas por el ruido, los costes por persona y año y los costes totales en los que incurrirá esta exposición al ruido en la fase de estudio del aeropuerto teniendo en cuenta una tasa de crecimiento de la población de 0.02% anual.

Número de personas afectadas	64.500
-------------------------------------	--------

Marta Imaz Solarana

Coste (€/persona/año)	0,000108
Coste (Millones de £)	234,552

Tabla 30 - Número de personas y coste por persona asociado al ruido

5.4.1.3 Calidad del aire

En la siguiente tabla se muestra la cantidad de gas contaminante emitido, el coste unitario y los costes totales en los que se incurrirá en esta emisión en la fase de estudio del aeropuerto.

Óxido de nitrógeno, NO_x:

En la siguiente tabla se detalla la cantidad de gas emitida, el coste por tonelada asociado a dicha emisión y los costes totales.

Cantidad emitida de gas (toneladas)	8.671,5
Coste (€/tonelada)	0,007749
Coste (millones de £)	1.747,082

Tabla 31 - Toneladas y coste por tonelada asociado a las emisiones de NO_x

Partículas materiales de 2.5 nanómetros, PM_{2.5}:

En la siguiente tabla se detalla la cantidad de gas emitida, el coste por toneladas y el coste final asociado a dicha emisión.

Cantidad emitida de gas (toneladas)	987,3
Coste (€/tonelada)	0,22949
Coste (millones de £)	5.890,962

Tabla 32 - Toneladas y coste por tonelada asociado a las emisiones de PM_{2.5}

5.4.1.4 Cambio climático

En la siguiente tabla se muestra el coste en el que se incurrirá debido al cambio climático especificando el factor de coste en tres diferentes intervalos.

Cantidad emitida de CO ₂ (toneladas)	16.000.000
Coste (€/tonelada) – 2020-2029	0,00004
Coste (€/tonelada) – 2030-2039	0,000055
Coste (€/tonelada) – 2040-2069	0,000083

Tabla 33 - Coste en €/tonelada asociado a los distintos intervalos (fuente, Watkiss et al., 2005)

En la siguiente tabla se detalla el coste final asociado al cambio climático producido por las emisiones de CO₂ tras la extensión del aeropuerto de Gatwick.

Coste (millones de £)	20.480
-----------------------	--------

Tabla 34 - Coste final asociado a las emisiones de CO₂

Marta Imaz Solarana

5.4.2 Ingresos

5.4.2.1 Pasajeros

A continuación, se procederá a calcular los ingresos proporcionados por los pasajeros.

Cada pasajero contribuye con un ingreso de £0,000001, por lo que cada pasajero contribuirá en ingresos directos para el aeropuerto.

Número actual de pasajeros	43.100.00
Número adicional de pasajeros tras la expansión	8.500.00
Número total de pasajeros tras la expansión	51.600.000
Coste (millones de £)	1.737,419

Tabla 35 - Número de pasajeros en el aeropuerto de Gatwick

5.4.2.2 Operaciones

Cada operación contribuye con un ingreso de £0,0001, por lo que cada operación contribuirá con ingresos directos al aeropuerto. En la siguiente tabla se muestra el valor total de los ingresos debidos a las operaciones realizadas en el aeropuerto.

Número actual de operaciones	275.633
Número adicional de operaciones tras la expansión	54.000
Número total de operaciones tras la expansión	329.633
Coste (millones de £)	1.109,904

Tabla 36 - Número total de operaciones en el aeropuerto de Gatwick

5.4.2.3 Otros ingresos

El aeropuerto tiene otras fuentes de ingresos. A continuación, se muestra la cantidad con la que contribuye cada una de estas fuentes.

	Coste (millones de £)
Comercio	2.891,478
Alquiler de coches	96,383
Aparcamiento	1.048,643
Publicidad	181,199
Terminal	158,067
Mercancías	46,264
Otras propiedades	273,727
Ahorros tiempo y accesibilidad	2.112,707

Tabla 37 - Ingresos totales debidos a otras fuentes

Marta Imaz Solarana

5.4.2.4 Impactos económicos

A continuación, se detallan los ingresos relativos a cada una de las actividades económicas que se llevarán a cabo desde el aeropuerto de Gatwick, diferenciando entre los beneficios producidos por las importaciones y los beneficios producidos por las exportaciones.

	Coste (millones de £)
Importaciones	30.842,434
Exportaciones	57.829,563

Tabla 38 - Ingresos totales debidos a los impactos económicos

6 RESULTADOS

Una vez que se han cuantificado los impactos se procederá a analizar los resultados a los que se ha llegado en este análisis. Se dividirá el análisis en tres diferentes etapas: indicadores, análisis de sensibilidad y análisis de riesgo.

La primera etapa determina la idoneidad de un proyecto en función del resultado obtenido por un indicador, la segunda etapa permite determinar las variables críticas del modelo, es decir se analiza como la variabilidad de los parámetros puede afectar al resultado final; por último, en el análisis del riesgo se analiza la probabilidad que existe de que el proyecto se lleve a cabo de forma satisfactoria.

6.1 INDICADORES

Los indicadores que se utilizarán para analizar la rentabilidad del proyecto serán los expuestos en el apartado quinto, Metodología básica del ACB:

- VAN: Valor Actualizado Neto
- TIR: Tasa Interna de Retorno
- C/B: Relación Coste/Beneficio

Los tres indicadores proporcionan una medida de rentabilidad del proyecto, así como permiten la comparación directa entre las distintas alternativas que permitirá decantarse mediante un indicador objetivo por una alternativa frente a otra.

En la siguiente tabla se mostrarán los valores obtenidos en cada una de las alternativas, expansión del aeropuerto de Heathrow o expansión del aeropuerto de Gatwick.

	Heathrow	Gatwick
VAN (£)	105.519,688	49.037,637
TIR	0,195778	0,184529
C/B	0,399525	0,410329

Tabla 39 - Valores de los indicadores ambas alternativas

En cuanto a los tres indicadores, el VAN determina la rentabilidad del proyecto, será rentable siempre que su valor sea positivo; el indicador TIR determina la rentabilidad del proyecto, y un proyecto será rentable siempre que el valor de este indicador sea superior a la tasa de descuento, en nuestro estudio se estableció una tasa de descuento del 4%: por último la relación coste/beneficio determina si es conveniente o no realizar el proyecto, se establece que será conveniente realizar el proyecto siempre que el valor de este indicador sea menor que la unidad, al obtener un valor igual a 1 significa que la inversión inicial se recuperó satisfactoriamente después de haber sido evaluada a una tasa determinada (4%), cuanto menor sea este valor, más rápido se recupera de la inversión.

En la siguiente tabla se observa que en las dos alternativas se cumplen satisfactoriamente los criterios establecidos para determinar si se debe o no realizar el proyecto. En ambas alternativas el VAN es positivo, el TIR mayor del 4% y la relación C/B es menor que la unidad.

Marta Imaz Solarana

	Heathrow	Gatwick
VAN	Positivo	Positivo
TIR	> 0,04	> 0,04
C/B	<1	<1

Tabla 40 - Cumplimiento de los indicadores en ambas alternativas

Por tanto, para rechazar una alternativa frente a otra se evaluará el valor de cada indicador siendo de este modo:

VAN, Valor Actualizado Neto: en la alternativa de Heathrow el valor de este indicador es superior al de la alternativa de Gatwick, lo que quiere decir que siendo en ambos casos positivos, en la alternativa de Heathrow los ingresos serán mayores.

TIR, Tasa Interna de Retorno: evalúa la rentabilidad del proyecto siendo así a mayor valor del indicador, mayor rentabilidad, por lo que en la alternativa de Heathrow este indicador alcanza un valor superior, por lo que según este criterio la alternativa de expansión de Heathrow es más rentable que la alternativa de expansión de Gatwick.

C/B, relación coste/beneficio: este indicador analiza la rapidez con la que se recupera de la inversión producida al realizar el proyecto, siempre que este valor sea menor que la unidad se recomienda realizar el proyecto y cuando menor sea el valor, menos impacto causa la inversión, según este la relación coste/beneficio en la alternativa de Heathrow es menor que en la alternativa de Gatwick, por lo que según este criterio es más rentable proceder con la expansión de Heathrow.

Según los tres indicadores, Heathrow satisfactoriamente cumple con los objetivos de cada indicador, de forma más positiva a la que lo realiza Gatwick. Por ello, según este criterio se concluye que la extensión del aeropuerto de Heathrow es más rentable que proceder a la extensión del aeropuerto de Gatwick.

6.2 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

El análisis de sensibilidad permite determinar las variables o parámetros críticos de un modelo, es decir, permite determinar aquellas variables cuya variación tiene un alto impacto sobre el resultado final de la evaluación del proyecto.

El análisis de sensibilidad se realiza variando una a una las variables o parámetros y determinando el efecto del cambio sobre el indicador final de rentabilidad (VAN).

En el caso que se estudia todas las variables son independientes por lo que se puede proceder directamente al análisis variando por separado cada variable.

Se considerarán críticas aquellas variables cuya variación del 10% produce una variación del 10% en el indicador de rentabilidad.

En ambos casos, se ha variado cada variable un 10% llegando a un resultado que todas las variables de nuestro modelo en cada una de las alternativas son críticas. De todas ellas, es la variable “Impactos económicos” la más sensible, una variación del 10% en esta variable produce una variación del 38% en el indicador final VAN en la alternativa de Heathrow y del 32,5% en el indicador final VAN en la alternativa de Gatwick.

Marta Imaz Solarana

A continuación, se muestran las tablas donde se detalla la variación del indicador VAN tras variar un 10% cada una de las variables del modelo para cada alternativa.

	Heathrow (millones de £)				
	Coste inicial	Coste final	VAN inicial	VAN final	Variación VAN
Construcción	15.600	17.160	105.519,688	122.819,407	16,395
Ruido	1.218.000	1.339.800	105.519,688	127.175,880	20,523
Emisiones	12.797,2	14.076,92	105.519,688	126.660,246	20,035
Cambio Climático	27.000.000	29.700.000	105.519,688	125.612,366	19,042
Pasajeros	27.000.000	29.700.000	105.519,688	126.976,769	20,335
Operaciones	125.000	137.500	105.519,688	126.776,683	20,145
Otros	311,4	342,54	105.519,688	127.371,174	20,708
Impactos Económicos	10.500	11.550	105.519,688	145.607,844	37,991

Tabla 41 - Análisis de sensibilidad alternativa de Heathrow

	Gatwick (millones de £)				
	Coste inicial	Coste final	VAN inicial	VAN final	Variación VAN
Construcción	7.600	8.360	49.037,637	54.352,937	10,839
Ruido	64.500	70.950	49.037,637	56.434,543	15,084
Emisiones	9.658,8	10624,68	49.037,637	56.061,832	14,324
Cambio	16.000.000	17.600.000	49.037,637	55.578,435	13,338
Pasajeros	8.500.000	9.350.000	49.037,637	56.445,908	15,107
Operaciones	54.000	59.400	49.037,637	56.445,688	15,107
Otros	176,6	194,26	49.037,637	56.751,895	15,731
Impactos Económicos	4.900	5.390	49.037,637	64.952,047	32,453

Tabla 42 - Análisis de sensibilidad alternativa de Gatwick

Por tanto, se concluye que la variable “Impactos económicos” es extremadamente sensible lo que demuestra es que ambos aeropuertos de la ciudad de Londres son muy relevantes en el conjunto de la economía tanto de la ciudad de Londres como del conjunto del país. Actúan como un gran foco empresarial que afecta a muchos otros sectores económicos. Además, no hay que olvidar que Londres es la gran ciudad financiera de Europa, donde se realizan un gran porcentaje de las operaciones financieras y bursátiles y donde todas las grandes empresas tienen una sede.

En la siguiente tabla se destacan si las variables significativas para cada alternativa, expresando el porcentaje en el que afecta a la variación del indicador de rentabilidad VAN la variación del 10% de su valor inicial.

Marta Imaz Solarana

	Variables significativas	
	Heathrow	Gatwick
Construcción	16,395	10,839
Ruido	20,523	15,084
Emisiones	20,035	14,324
Cambio Climático	19,042	13,338
Pasajeros	20,335	15,107
Operaciones	20,145	15,107
Otros	20,708	15,731
Impactos Económicos	37,991	32,453

Tabla 43 - Variables significativas análisis de sensibilidad

6.3 ANÁLISIS DE RIESGO

El análisis del riesgo consiste en el estudio de la probabilidad que tiene un proyecto de llevarse a cabo de una forma satisfactoria (en cuanto a su rentabilidad).

La incertidumbre en las previsiones de datos que se han ido realizando en las fases anteriores del análisis son las causantes de que, en función de los acontecimientos que tengamos en el futuro, se pueden obtener resultados diferentes a los ya obtenidos en el indicador de rentabilidad. Por ese motivo y para obtener un estudio de la probabilidad del VAN que vamos a obtener se debe de realizar un análisis de riesgo.

Una vez hecho el análisis de sensibilidad, y para llevar a cabo este análisis de riesgo, se ha decidido fijar una distribución probabilística para todos los factores (no solo para los críticos) que afectan al cálculo del indicador de rentabilidad.

La relación de este análisis de riesgo se ha efectuado con la aplicación Visual Basic para la programación de macros que proporciona Excel.

Para realizar en análisis de riesgo es necesario asignar una distribución de probabilidad a cada uno de los factores, definiendo el rango de valores en el que se moverá alrededor de la mejor estimación, con el fin de calcular los valores esperados.

Se considera que todos los valores y datos que se han supuesto (para los años futuros y para factores no conocidos fehacientemente) en las etapas anteriores son la mejor estimación posible.

El rango de variación que se ha decidido fijar es de $\pm 5\%$ sobre esta estimación. Sin embargo, para la tasa de descuento se ha fijado un valor del 2%.

En este tipo de muestreo aleatorio simple, el elemento seleccionado en cada extracción vuelve a ser incluido en la población antes de extraer el siguiente elemento. De esta forma, un elemento de la población puede aparecer más de una vez en la muestra.

En este tipo de muestreo, la probabilidad de que un elemento sea elegido en la primera extracción es $1/n$, donde n es el número de elementos posibles.

Marta Imaz Solarana

Puesto que se repone el elemento extraído, en la siguiente extracción la probabilidad de que un elemento sea seleccionado sigue siendo $1/n$, puesto que de nuevo contamos con n elementos posibles. En la n -ésima extracción, la probabilidad continúa en $1/n$. Es decir, la probabilidad, en este caso, es independiente de las extracciones anteriores.

Se trata, por tanto, de una distribución uniforme discreta (variable aleatoria discreta uniforme). Es la variable aleatoria discreta más sencilla ya que asume un número finito (n) de valores con la misma probabilidad.

Su función de probabilidad es:

$$P_X(x) = \frac{1}{n} \text{ para } a \leq x \leq b$$

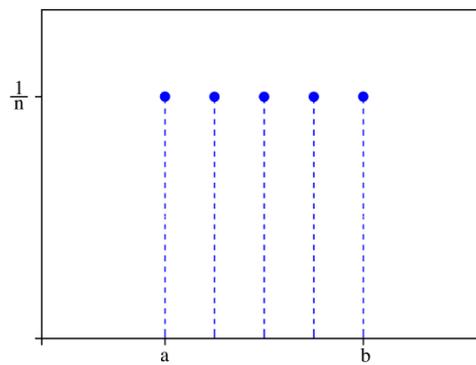


Figura 35 - Gráfica función de probabilidad de una distribución uniforme discreta (fuente, Wikipedia)

Su función de distribución asigna a cada valor x la probabilidad de que la variable aleatoria tome valores iguales o menores que x :

$$F_X(x) = P(X \leq x)$$

Siendo:

$$F_X(x) = 0 \text{ para } x < a$$

$$F_X(x) = \frac{x - a + 1}{n} \text{ para } a \leq x \leq b$$

$$F_X(x) = 1 \text{ para } x > b$$

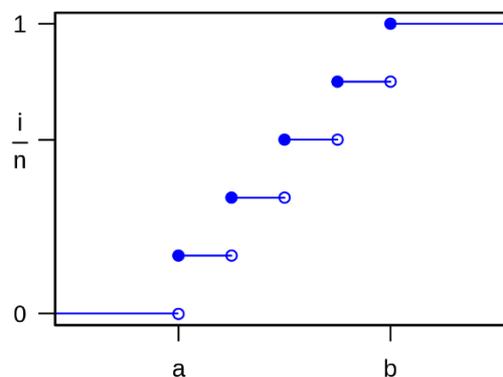


Figura 36 - Gráfica función de distribución de una distribución uniforme discreta (fuente, Wikipedia)

Marta Imaz Solarana

Su media estadística es:

$$E[X] = \mu = \frac{n + 1}{2}$$

Su desviación estándar es:

$$\sigma = \sqrt{\frac{n^2 + 1}{2}}$$

Y su varianza es:

$$Var[X] = \sigma^2$$

Toda vez que se tiene la distribución probabilística de las variables del modelo, se puede llevar a cabo la simulación de Montecarlo. Es una técnica que se basa en simular una cantidad de veces determinada, la obtención del indicador de rentabilidad, a través de la generación de forma totalmente aleatoria de los valores que afectan al modelo dentro de los rangos anteriormente indicados.

Así, permite tener en cuenta para el análisis, un elevado número de escenarios aleatorios, por lo que, se puede decir que hace posible llevar la técnica del análisis de escenarios al infinito ampliando la perspectiva de los escenarios posibles. De esta forma, se pueden realizar análisis que se ajusten en mayor medida a la variabilidad real de las variables consideradas. Básicamente el método consiste en explicar la realidad a estudiar mediante la sustitución del universo real, por un universo teórico utilizando números aleatorios.

En nuestro caso, se ha decidido llevar a cabo una simulación de los 1000 casos aleatorios. De esta forma se obtiene una muestra representativa de la variabilidad que puede presentar nuestro indicador de rentabilidad al producirse ligeras variaciones en la mejor estimación de las variables del modelo.

Para finalizar, se lleva a cabo el análisis estadístico y de inferencia sobre el comportamiento de la realidad, siendo interesante calcular la media, la varianza y la desviación típica. Por ejemplo, en la valoración de proyectos de inversión, es necesario llevar a cabo el análisis de la viabilidad de un proyecto de inversión, analizando la probabilidad de que el indicador de rentabilidad (VAN) sea positivo.

A continuación, se presentan los datos obtenidos en esta simulación de Montecarlo.

Aeropuerto de Heathrow:

Heathrow (millones de £)					
Valor iteración	Media	Varianza	Desviación típica	Intervalo de confianza	
				Superior	Inferior
121.991,4	129.758,3	45.516.611,56	6.749,6	130.177,2	129.339,5

Tabla 44 - Datos obtenidos tras la simulación de Montecarlo en el aeropuerto de Heathrow (fuente, propia)

Aeropuerto de Gatwick:

Marta Imaz Solarana

Gatwick (millones de £)					
Valor iteración	Media	Varianza	Desviación típica	Intervalo de confianza	
				Superior	Inferior
65.470,8	66.886,5	10.179.290,25	3.190,5	67.084,4	66.688,5

Tabla 45 - Datos obtenidos tras la simulación de Montecarlo en el aeropuerto de Gatwick (fuente, propia)

Con la interpretación de los resultados se puede observar que en las mil simulaciones realizadas el valor del VAN es positivo siendo el valor del VAN medio de 129.758,3 en el caso de la alternativa de Heathrow y de 66.886,5 en el caso de la alternativa de Gatwick, por lo observando estos valores se puede concluir que será interesante llevar a cabo el proyecto de inversión siendo la alternativa de Heathrow con un valor medio del VAN superior aquella que proporcionará mayores beneficios. Además, se observa que las variaciones hacia el valor máximo y mínimo del indicador de rentabilidad VAN son aproximadamente de un 0,3% con respecto a la media obtenida (valor más probable).

Además, para representar gráficamente los resultados obtenidos en la simulación se ha repartido la muestra de 1000 casos en diferentes intervalos de forma que se pueden generar un histograma para cada una de las alternativas. A continuación, se mostrará el histograma correspondiente a cada alternativa donde se ha representado la función de probabilidad de cada valor de VAN así como la función de distribución para cada uno de estas alternativas.

Marta Imaz Solarana

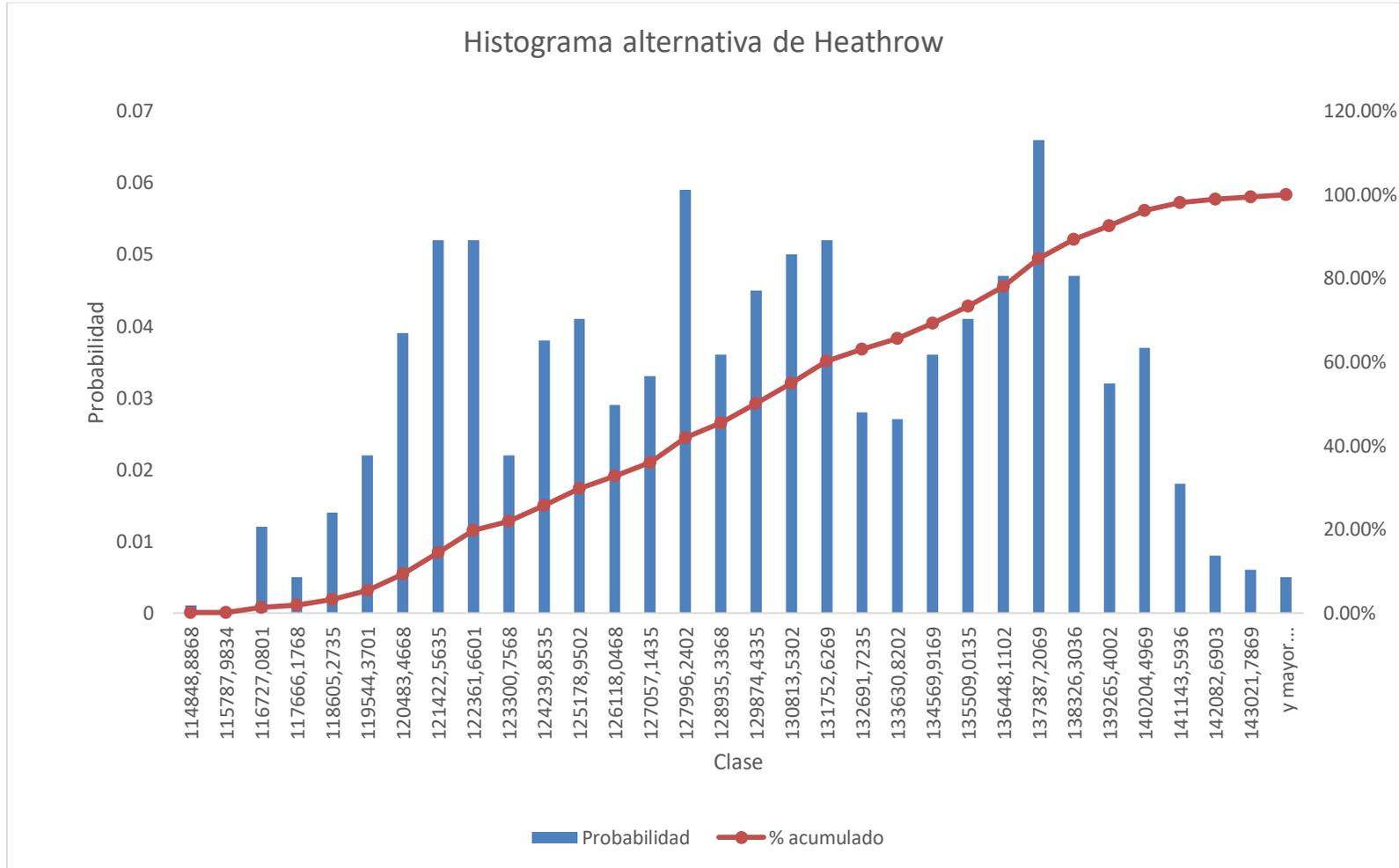


Figura 37 - Histograma con curvas de probabilidad y distribución alternativa de Heathrow

Marta Imaz Solarana

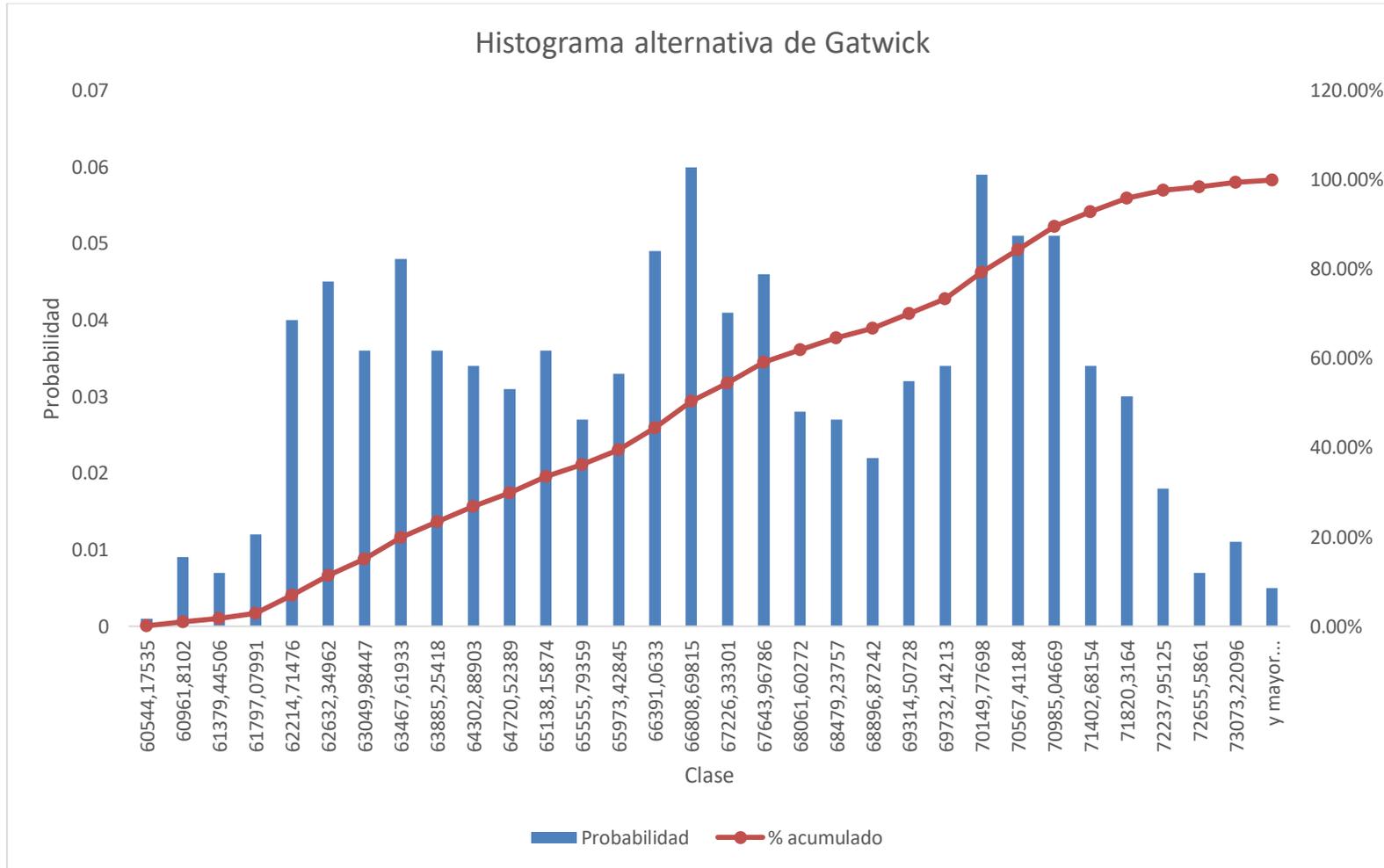


Figura 38 - Histograma con curvas de probabilidad y distribución alternativa de Gatwick

7 CONCLUSIÓN

Al inicio del documento se planteaban cuáles eran los diferentes objetivos de este trabajo y llegados a este punto, tras la elaboración de este estudio, estamos en situación de presentar las conclusiones obtenidas.

Al principal objetivo de responder a la pregunta de cuál de las dos alternativas de ampliación de la capacidad aérea de la ciudad de Londres estudiadas en el presente proyecto, construcción de una nueva pista en el aeropuerto de Heathrow y construcción de una nueva pista en el aeropuerto de Gatwick, es más viable en términos socio-económicos, se puede decir que las dos alternativas son viables. En primer lugar, el estudio de los dos escenarios planteados, revela un resultado positivo del indicador de rentabilidad VAN en las dos alternativas. Con el valor del VAN obtenido se debe llevar a cabo la interpretación, y en este caso el VAN positivo indica que la inversión produce ganancias por encima de la rentabilidad exigida. Por lo tanto, el proyecto de ampliación de la capacidad aérea de la ciudad de Londres crea valor. De entre las dos alternativas analizadas, es en el caso de Heathrow en el que este indicador VAN tiene un valor mayor, por lo que será esta alternativa aquella que producirá mayores beneficios.

Por otro lado, el análisis de sensibilidad indica que todos los parámetros en ambas alternativas son críticos. De entre todas las variables críticas, es evidente que sea “Impactos económicos” la más relevante, involucrando en esta variable tanto las exportaciones como las importaciones que se realizan en la ciudad, no hay que olvidar que Londres es la gran ciudad financiera de Europa, donde se realizan un gran porcentaje de las operaciones financieras y bursátiles y donde todas las grandes empresas tienen una sede. Además, tiene vital importancia ya que son el mejor indicador del funcionamiento del servicio siendo como se explicó al inicio de este estudio, el crecimiento económico que la ampliación de la capacidad aérea de la ciudad producirá, uno de los objetivos principales de llevar a cabo esta inversión. Otras variables que tienen bastante afección sobre el indicador de rentabilidad, sin llegar a ser críticas, son la inversión inicial y la tasa de descuento a aplicar en los años futuros.

Otro de los objetivos era realizar un análisis probabilístico, así, se permitía tener en cuenta para el análisis un elevado número de escenarios aleatorios. De esta forma, se ha podido realizar un análisis que se ajuste en mayor medida a la variabilidad real de las variables consideradas. En nuestro caso, la simulación se ha llevado a cabo generando 1000 casos aleatorios. Con la interpretación de los resultados se puede observar que en las 1000 simulaciones realizadas se obtiene un VAN medio de 129.758,3£ y de 66.886,5£ para las alternativas de Heathrow y de Gatwick respectivamente, por lo que a todas luces parece que será muy rentable llevar a cabo el proyecto de inversión siendo estos dos valores positivos.

Además, durante la realización del trabajo se han cumplido los objetivos de estudiar la metodología del Análisis Coste-Beneficio y de proyecto de expansión de la capacidad aérea de la ciudad de Londres mediante el estudio de las alternativas de ampliación del aeropuerto de Heathrow y del aeropuerto de Gatwick.

8 BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía sobre la alternativa de Heathrow:

- Airports Commission (2015). *Airports Commission: Final Report*. [Sitio web] www.gov.uk. Disponible en: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/440316/airports-commission-final-report.pdf
- Airports Commission (2015). *Business case and sustainability assessment*. [Sitio web] www.gov.uk. Disponible en: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/440315/business-case-and-sustainability-assessment.pdf
- Heathrow Airport Limited (2015). Airports Commission's initial assessment – consultation. Heathrow Airport Response. [Sitio web] www.your.heathrow.com. Disponible en: <https://your.heathrow.com/takingbritainfurther/wp-content/uploads/2014/09/heathrow-consultation-response--version1.pdf>
- Department for Transport (2016). *Heathrow Northwest Runway: Economic Benefits*.
- Cebr (2016). *An analysis of the projected benefits of new runway capacity A Cebr report for Heathrow Airport Limited*. [Sitio web] www.your.heathrow.com. Disponible en: https://your.heathrow.com/takingbritainfurther/wp-content/uploads/2016/09/Cebr-projected-benefits-of-new-runway-capacity_STC21-1.pdf

Bibliografía sobre la alternativa de Gatwick:

- Airports Commission: London Gatwick 235 (2015). *A Second Runway for Gatwick. Initial response to the Airports Commission's recommendation report*. Your London Airport, Gatwick. [Sitio web] www.gatwickobviously.com. Disponible en: http://www.gatwickobviously.com/sites/default/files/downloads/lgw_initial_reponse_to_the_ac_report_14.07.15.pdf
- Dr. Driver, Rebeca (2015). *Time to act: The economic consequences of failing to expand airport capacity. Why connectivity matters for trade and investment*. Independent Transport Commission (Londres). [Sitio web] www.theitc.org.uk. Disponible en: <http://www.theitc.org.uk/wp-content/uploads/2015/06/ITC-Economics-airport-inaction-Dr-R-Driver-June-2015.pdf>
- Department for Transport (2017). *Consultation on Draft Airports National Policy Statement. New runway capacity and infrastructure at airports in the South East of England. Moving Britain Ahead*. [Sitio web] www.nipa-uk.org. Disponible en: <https://www.nipa-uk.org/uploads/news/consultation-on-draft-airports-nps.pdf>
- Airports Commission (2016). *Airport expansion: The Updated Case for Gatwick*. Your London Airport, Gatwick. [Sitio web] www.gatwickobviously.com. Disponible en: http://www.gatwickobviously.com/sites/default/files/downloads/160927_the_case_for_gatwick_document.pdf

Bibliografía sobre los aspectos medio ambientales:

- NAVRUD, Ståle, Yngve Trædal, Alistair Hunt, Alberto Longo, Alexander Großmann, Carmelo Leon, Raquel Espino Espino, Rita Markovits-Somogyi y Ferenc Meszaros, (2004). *Proposal for Harmonised Guidelines*. HEATCO, Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment (Alemania).
- AirportWatch (2015). *Aviation carbon emissions, a new runway and the Airports Commission*. [Sitio web] www.airportwatch.org.uk. Disponible en: <http://www.airportwatch.org.uk/wp-content/uploads/AirportWatch-briefing-on-CO2-emissions-and-new-runway-January-2015.pdf>

Marta Imaz Solarana

- Korzhenevych, A., Denhen, N., Bröker, J., Holtkamp, M., Meier, H., Gibson, G., Varma, A., Cox, V., (2014). *Update of the Handbook on External Costs of Transport. Final Report*. Ricardo-AEA. [Sitio web] www.ec.europa.eu. Disponible en: <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/sustainable/studies/doc/2014-handbook-external-costs-transport.pdf>

Bibliografía sobre aspectos económicos:

- Bianchi, E., Szpak, C., (2013). *Cadenas globales de producción: Implicaciones para el comercio internacional y su gobernanza*. Programa de Catedras de la OMC. FLACSO. [Sitio web] www.catedraomc.flacso.org.ar. Disponible en: http://catedraomc.flacso.org.ar/wp-content/uploads/2013/06/FLA_OMC_18_Cadenas.pdf
- Baldwin, R., Taglioni, D. (2011). *Working Paper Series. Gravity Chains. Estimating Bilateral Trade Flows when parts and components trade is important*. European Central Bank. Eurosystem. [Sitio web] www.ecb.europa.eu. Disponible en: <https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/scpwps/ecbwp1401.pdf?f31f47e88048bf6df7a78e5e887f4f65>

Bibliografía sobre el ACB:

- Torres Ortega, S., (2014). Nuevos problemas en la evaluación de proyectos de ingeniería. Evaluación de la vulnerabilidad y de la percepción del riesgo en el análisis coste-beneficio medioambiental. DÍAZ SIMAL, P., Director. Tesis doctoral. (Universidad de Cantabria).
- European Commission (2014). *Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects – Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020*. Directorate General for Regional and Urban policy)
- European Commission (2008). *Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects*. (Directorate General Regional Policy).
- Comisión Europea (2002). *Guía del análisis costes-beneficios de los proyectos de inversión*. Unidad responsable de la evaluación DG Política Regional Comisión Europea.
- Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas CEDEX (2010). *Manual: Evaluación socioeconómica y financiera de proyectos de transporte*. Ministerio de fomento, Gobierno de España.
- LÓPEZ CASASNOVAS, G., MARÍA VEGARA, J. (2012). *El análisis coste-beneficio y la toma de decisiones*. Secretaría de Estado de Presupuestos y Gastos, Instituto de Estudios Fiscales.
- Ministerio de Fomento (2014), *NOTA DE SERVICIO 3/2014: Prescripciones y recomendaciones técnicas relativas a los contenidos mínimos a incluir en los Estudios de Rentabilidad de los Estudios Informativos de la Subdirección General de Estudios y Proyectos*. (Secretaría de Estado de Infraestructuras, transporte y vivienda. Secretaría General de Infraestructuras. Dirección General de Carreteras. Subdirección General de Estudios y Proyectos).

9 ANEJOS

```

*****
'           Recalcula la hoja "Modelo de Heathrow"
*****
Sub Recalculo()
    Dim a(10) As Variant
    Dim Var(10) As Variant
    Dim Var2(10) As Variant
    Dim x(10) As Variant
    Dim Sx(10) As Variant
    n = Cells(5, "B").Value

' Inicializa la Hoja de Salida
    Worksheets("Salida").Select
    Cells.Select
    Selection.ClearContents
    Range("A1").Select
    Worksheets("Modelo").Select

    For i = 1 To n
        Calculate
' Recupera los datos de salida
        For j = 1 To 10
            a(j) = Worksheets("Modelo").Cells(j + 4, "D").Value
        Next j
        Worksheets("Salida").Cells(i + 5, "A") = i
        Worksheets("Modelo").Cells(7, "B") = i
        For Column = 1 To 10
            Worksheets("Salida").Cells(i + 5, Column + 1) = a(Column)
        Next Column
        For t = 1 To 10
            Var(t) = Var(t) + a(t)
            Var2(t) = Var2(t) + a(t) ^ 2
        Next t
    Next i
' Calcula las medias y los desvíos
    For t = 1 To 10
        x(t) = Var(t) / n
        Sx(t) = ((n * Var2(t) - Var(t) ^ 2) / (n * (n - 1))) ^ 0.5
        Worksheets("Modelo").Cells(t + 4, "E") = x(t)
        Worksheets("Modelo").Cells(t + 4, "F") = Sx(t)
    Next t
    Calculate
End Sub

*****
'           Devuelve un número aleatorio Uniforme(a,b)
*****
Function UNIFORME(a, u_b)
    Application.Volatile
    Randomize
    r = Rnd
    UNIFORME = (u_b - a) * r + a
End Function

*****
'           Devuelve un número aleatorio Normal(0,1)
*****
Function NORM()
    Application.Volatile
    Randomize
    Sum = 0
    For i = 1 To 12
        Sum = Sum + Rnd
    
```

Marta Imaz Solarana

```

Next i
NORM = Sum - 6
End Function

'*****
'      Devuelve un número aleatorio Triangular
'*****
Function TRIANGULO(a, u_b, C)
Application.Volatile
Randomize
r = Rnd
l = (u_b - a) / (C - a)
If r < l Then
    t = a + (r * (u_b - a) * (C - a) ^ (0.5)
Else
    t = C - ((1 - r) * (C - u_b) * (C - a) ^ (0.5)
End If
TRIANGULO = t
End Function

'*****
'      Devuelve un número aleatorio Exponencial
'*****
Function EXPONENCIAL(u)
Application.Volatile
Randomize
r = Rnd
EXPONENCIAL = (1 / u) * Log(1 / r)
End Function

'*****
'      Devuelve un número aleatorio discreto (2 valores)
'*****
Function DISCRETO2(v, w, pv)
Application.Volatile
Randomize
r = Rnd
If r < pv Then
    t = v
Else
    t = w
End If
DISCRETO2 = t
End Function

'*****
'      Devuelve un número aleatorio discreto (3 valores)
'*****
Function DISCRETO3(v, w, x, pv, pw)
Application.Volatile
Randomize
r = Rnd
If r < pv Then
    t = v
Else
    If r < (pv + pw) Then
        t = w
    Else
        t = x
    End If
End If
DISCRETO3 = t
End Function

'*****

```

Marta Imaz Solarana

```
*****
' Recalcula la hoja "Modelo de Gatwick"
*****
```

Sub Recalculo()

```
Dim a(10) As Variant
Dim Var(10) As Variant
Dim Var2(10) As Variant
Dim x(10) As Variant
Dim Sx(10) As Variant
n = Cells(5, "B").Value
```

```
' Inicializa la Hoja de Salida
Worksheets("Salida").Select
Cells.Select
Selection.ClearContents
Range("A1").Select
Worksheets("Modelo").Select
```

```
For i = 1 To n
    Calculate
```

```
' Recupera los datos de salida
For j = 1 To 10
    a(j) = Worksheets("Modelo").Cells(j + 4, "D").Value
Next j
Worksheets("Salida").Cells(i + 5, "A") = i
Worksheets("Modelo").Cells(7, "B") = i
For Column = 1 To 10
    Worksheets("Salida").Cells(i + 5, Column + 1) = a(Column)
Next Column
For t = 1 To 10
    Var(t) = Var(t) + a(t)
    Var2(t) = Var2(t) + a(t) ^ 2
Next t
Next i
```

```
' Calcula las medias y los desvíos
For t = 1 To 10
    x(t) = Var(t) / n
    Sx(t) = ((n * Var2(t) - Var(t) ^ 2) / (n * (n - 1))) ^ 0.5
    Worksheets("Modelo").Cells(t + 4, "E") = x(t)
    Worksheets("Modelo").Cells(t + 4, "F") = Sx(t)
Next t
Calculate
End Sub
```

```
*****
' Devuelve un número aleatorio Uniforme(a,b)
*****
```

```
Function UNIFORME(a, u_b)
Application.Volatile
Randomize
r = Rnd
UNIFORME = (u_b - a) * r + a
End Function
```

```
*****
' Devuelve un número aleatorio Normal(0,1)
*****
```

```
Function NORM()
Application.Volatile
Randomize
Sum = 0
For i = 1 To 12
    Sum = Sum + Rnd
Next i
NORM = Sum - 6
End Function
```

Marta Imaz Solarana

```

*****
' Devuelve un número aleatorio Triangular
*****
Function TRIANGULO(a, u_b, C)
Application.Volatile
Randomize
r = Rnd
l = (u_b - a) / (C - a)
If r < l Then
t = a + (r * (u_b - a) * (C - a) ^ (0.5)
Else
t = C - ((1 - r) * (C - u_b) * (C - a) ^ (0.5)
End If
TRIANGULO = t
End Function

*****
' Devuelve un número aleatorio Exponencial
*****
Function EXPONENCIAL(u)
Application.Volatile
Randomize
r = Rnd
EXPONENCIAL = (1 / u) * Log(1 / r)
End Function

*****
' Devuelve un número aleatorio discreto (2 valores)
*****
Function DISCRETO2(v, w, pv)
Application.Volatile
Randomize
r = Rnd
If r < pv Then
t = v
Else
t = w
End If
DISCRETO2 = t
End Function

*****
' Devuelve un número aleatorio discreto (3 valores)
*****
Function DISCRETO3(v, w, x, pv, pw)
Application.Volatile
Randomize
r = Rnd
If r < pv Then
t = v
Else
If r < (pv + pw) Then
t = w
Else
t = x
End If
End If
DISCRETO3 = t
End Function

*****

```


11 ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 - ESTADÍSTICAS AEROPUERTOS CIUDAD DE LONDRES AÑO 2016 (FUENTE, UK CIVIL AVIATION AUTHORITY)	18
TABLA 2 - RÁNKING CONECTIVIDAD AÉREA DE DISTINTOS PAÍSES (FUENTE, ARVIS AND SHEPERD, 2011).....	27
TABLA 3 - PUESTOS DE TRABAJO QUE SE CREARÁN CON LAS DISTINTAS EXPANSIONES (FUENTE, AIRPORT COMMISSION)	38
TABLA 4 - EMISIONES DE CARBONO DEBIDAS A LA AVIACIÓN RESPECTO A LAS EMISIONES TOTALES DE CARBONO DEL REINO UNIDO (FUENTE, NATIONAL ATMOSPHERIC EMISSIONS INVENTORY)	41
TABLA 5 - HORIZONTE TEMPORAL DEL ANÁLISIS POR SECTORES (FUENTE, COMISIÓN EUROPEA).....	64
TABLA 6 - PORCENTAJES DISTRIBUCIÓN COSTES DE CONSTRUCCIÓN EN EL TIEMPO	66
TABLA 7 - COSTES TOTALES DE CONSTRUCCIÓN EN EL TIEMPO	66
TABLA 8 - DISTRIBUCIÓN DE COSTES EN UN PROYECTO DE INFRAESTRUCTURAS	66
TABLA 9 - COSTES TOTALES DE CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y ASISTENCIA TÉCNICA	66
TABLA 10 - CATEGORIZACIÓN DE LOS EFECTOS SOBRE LA SALUD PRODUCIDOS POR EL RUIDO (FUENTE, DE KLUIZENAAR, 2001)	67
TABLA 11 - VALORES CENTRALES DE LA DISPOSICIÓN A PAGAR DE LOS INDIVIDUOS A CIERTOS NIVELES DE RUIDO EN EL REINO UNIDO (FUENTE, HEATCO, 2002).....	68
TABLA 12 - TABLA QUE MUESTRA EL VALOR ACTUALIZADO (FUENTE, EUROSTATS)	68
TABLA 13 - NÚMERO DE PERSONAS Y COSTE POR PERSONA ASOCIADO AL RUIDO	69
TABLA 14 - EFECTOS SOBRE LA SALUD Y MEDIO AMBIENTE PRODUCIDO POR LAS EMISIONES DE DISTINTOS GASES (FUENTE, COMISIÓN EUROPEA, 2005)	70
TABLA 15 - TABLA QUE MUESTRA EL VALOR ACTUALIZADO (FUENTE, EUROSTATS)	72
TABLA 16 - TONELADAS, COSTE POR TONELADA Y COSTE FINAL ASOCIADO A LAS EMISIONES DE NO _x	73
TABLA 17 - TONELADAS Y COSTE POR TONELADA ASOCIADO A LAS EMISIONES DE PM _{2.5}	73
TABLA 18 - COSTES POR TONELADA ASOCIADOS A LAS EMISIONES DE CO ₂ (FUENTE, WATKISS ET AL., 2005).....	74
TABLA 19 - COSTE EN £/TONELADA ASOCIADO A LOS DISTINTOS INTERVALOS (FUENTE, WATKISS ET AL., 2005).....	74
TABLA 20 - COSTE FINAL ASOCIADO A LAS EMISIONES DE CO ₂	74
TABLA 21 - NÚMERO DE PASAJEROS EN EL AEROPUERTO DE HEATHROW	75
TABLA 22 - NÚMERO TOTAL DE OPERACIONES EN EL AEROPUERTO DE HEATHROW.....	75
TABLA 23 - INGRESOS TOTALES DEBIDOS A OTRAS FUENTES	76
TABLA 24 - INGRESOS TOTALES DEBIDO A LOS IMPACTOS ECONÓMICOS.....	76
TABLA 25 - PORCENTAJES DISTRIBUCIÓN COSTES DE CONSTRUCCIÓN EN EL TIEMPO	76
TABLA 26 - COSTES TOTALES DE CONSTRUCCIÓN EN EL TIEMPO	77
TABLA 27 - DISTRIBUCIÓN DE COSTES EN UN PROYECTO DE INFRAESTRUCTURAS	77
TABLA 28 - COSTES TOTALES DE CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y ASISTENCIA TÉCNICA	77
TABLA 29 - TABLA QUE MUESTRA EL VALOR ACTUALIZADO (FUENTE, EUROSTATS)	77
TABLA 30 - NÚMERO DE PERSONAS Y COSTE POR PERSONA ASOCIADO AL RUIDO	78
TABLA 31 - TONELADAS Y COSTE POR TONELADA ASOCIADO A LAS EMISIONES DE NO _x	78
TABLA 32 - TONELADAS Y COSTE POR TONELADA ASOCIADO A LAS EMISIONES DE PM _{2.5}	78
TABLA 33 - COSTE EN £/TONELADA ASOCIADO A LOS DISTINTOS INTERVALOS (FUENTE, WATKISS ET AL., 2005).....	78
TABLA 34 - COSTE FINAL ASOCIADO A LAS EMISIONES DE CO ₂	78
TABLA 35 - NÚMERO DE PASAJEROS EN EL AEROPUERTO DE GATWICK	79
TABLA 36 - NÚMERO TOTAL DE OPERACIONES EN EL AEROPUERTO DE GATWICK.....	79
TABLA 37 - INGRESOS TOTALES DEBIDOS A OTRAS FUENTES	79
TABLA 38 - INGRESOS TOTALES DEBIDOS A LOS IMPACTOS ECONÓMICOS	80
TABLA 39 - VALORES DE LOS INDICADORES AMBAS ALTERNATIVAS	82

Marta Imaz Solarana

TABLA 40 - CUMPLIMIENTO DE LOS INDICADORES EN AMBAS ALTERNATIVAS	83
TABLA 41 - ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD ALTERNATIVA DE HEATHROW	84
TABLA 42 - ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD ALTERNATIVA DE GATWICK	84
TABLA 43 - VARIABLES SIGNIFICATIVAS ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	85
TABLA 44 - DATOS OBTENIDOS TRAS LA SIMULACIÓN DE MONTECARLO EN EL AEROPUERTO DE HEATHROW (FUENTE, PROPIA)	87
TABLA 45 - DATOS OBTENIDOS TRAS LA SIMULACIÓN DE MONTECARLO EN EL AEROPUERTO DE GATWICK (FUENTE, PROPIA)	88

12 ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - UBICACIÓN AEROPUERTOS CIUDAD DE LONDRES (FUENTE, GOOGLE MAPS).....	18
FIGURA 2 - VOLUMEN ANUAL PASAJEROS, CARGA Y MOVIMIENTOS AEROPUERTO DE HEATHROW (FUENTE, UK CIVIL AVIATION AUTHORITY)	19
FIGURA 3 - DESTINOS SEGÚN EL NÚMERO DE PASAJEROS DESDE EL AEROPUERTO DE HEATHROW (FUENTE, UK CIVIL AVIATION AUTHORITY)	20
FIGURA 4 - COMPAÑÍAS PROPIETARIAS DEL AEROPUERTO DE GATWICK (FUENTE, UK CIVIL AVIATION AUTHORITY)	20
FIGURA 5 - VOLUMEN ANUAL PASAJEROS, CARGA Y MOVIMIENTOS AEROPUERTO DE GATWICK (FUENTE, UK CIVIL AVIATION AUTHORITY)	21
FIGURA 6 - DESTINOS SEGÚN EL NÚMERO DE PASAJEROS DESDE EL AEROPUERTO DE GATWICK (FUENTE, UK CIVIL AVIATION AUTHORITY)	21
FIGURA 7 - VOLUMEN ANUAL DE PASAJEROS, CARGA Y MOVIMIENTOS AEROPUERTO DE STANSTED (FUENTE, UK CIVIL AVIATION AUTHORITY).....	22
FIGURA 8 - DESTINOS SEGÚN EL NÚMERO DE PASAJEROS DESDE EL AEROPUERTO DE STANSTED (FUENTE, UK CIVIL AVIATION AUTHORITY)	23
FIGURA 9 - VOLUMEN ANUAL PASAJEROS, CARGA Y MOVIMIENTOS AEROPUERTO DE LUTON (FUENTE, UK CIVIL AVIATION AUTHORITY)	24
FIGURA 10 - DESTINOS SEGÚN EL NÚMERO DE PASAJEROS DESDE EL AEROPUERTO DE LUTON (FUENTE, UK CIVIL AVIATION AUTHORITY)	24
FIGURA 11 - VOLUMEN ANUAL PASAJEROS Y MOVIMIENTOS AEROPUERTO DE LONDON CITY (FUENTE, UK CIVIL AVIATION AUTHORITY)	25
FIGURA 12 - DESTINOS SEGÚN EL NÚMERO DE PASAJEROS DESDE EL AEROPUERTO DE LONDON CITY (FUENTE, UK CIVIL AVIATION AUTHORITY).....	26
FIGURA 13 - COMPARATIVA DE LOS 20 AEROPUERTOS MÁS GRANDES DEL MUNDO AÑO 2002 Y 2012 (FUENTE, AIRPORTS COMMISSION, 2013)	28
FIGURA 14 - LÍNEA DEL TIEMPO QUE MUESTRA EL AÑO EN EL QUE SE ALCANZA LA CAPACIDAD EN LOS DISTINTOS AEROPUERTOS (FUENTE, AIRPORTS COMMISSION, 2013)	28
FIGURA 15 - PREDOMINIO DE LAS DISTINTAS ALIANZAS AÉREAS EN LOS DISTINTOS CONTINENTES (FUENTE, DEUTSCHE BANK, 2012)	30
FIGURA 16 - MILLONES DE PASAJEROS ANUALES EN LOS DIFERENTES "HUBS" MUNDIALES (FUENTE, SABRE ADI)	31
FIGURA 17 - NÚMERO DE DESTINOS OPERADOS DIARIAMENTE POR LOS DISTINTOS PAÍSES (FUENTE, OAG DATA)	32
FIGURA 18 - PRINCIPALES DESTINOS DESDE AEROPUERTOS DEL REINO UNIDO (FUENTE, CAA AIRPORT STATISTICS)	32
FIGURA 19 - EMPRESAS EXPORTADORAS DEL REINO UNIDO ORDENADAS SEGÚN EL NÚMERO DE EMPLEADOS (FUENTE, HARRIS Y LI, 2007)	33
FIGURA 20 - PORCENTAJE DE LOS DIFERENTES COSTES ASOCIADOS A LAS EXPORTACIONES (FUENTE, ANDERSON Y VAN WINCOOP, 2004)	34
FIGURA 21 - CORRELACIÓN ENTRE LA CONECTIVIDAD AÉREA Y LAS EXPORTACIONES REALIZADAS (FUENTE, ANALYTICALLY DRIVEN LTD)	36
FIGURA 22 - ORIGEN Y DESTINO DE LAS EXPORTACIONES DEL REINO UNIDO (FUENTE ANALYTICALLY DRIVEN LTD, 2013).....	37
FIGURA 23 - MASTER PLAN DE LA OPCIÓN DE UNA SEGUNDA PISTA EN EL AEROPUERTO DE GATWICK (FUENTE, ARUP)	44
FIGURA 24 - CONEXIONES FERROVIARIAS DESDE EL AEROPUERTO DE GATWICK (FUENTE, AIRPORTS COMMISSION)	46
FIGURA 25 - MASTER PLAN DE LA OPCIÓN DE UNA NUEVA PISTA EN EL NOROESTE DE HEATHROW (FUENTE, HEATHROW).....	47
FIGURA 26 - MASTER PLAN DE LA OPCIÓN DE EXTENSIÓN DE LA PISTA NORTE DEL AEROPUERTO DE HEATHROW (FUENTE, JACOBS)	48

Marta Imaz Solarana

FIGURA 27 - CONEXIONES FERROVIARIAS Y POR CARRETERA DESDE EL AEROPUERTO DE HEATHROW (FUENTE, AIRPORTS COMMISSION)	49
FIGURA 28 - CRITERIOS DE EFICIENCIA ECONÓMICA (TORRES ORTEGA, 2016).....	53
FIGURA 29 - FÓRMULA PARA EL CÁLCULO DEL INDICADOR (VAN).....	59
FIGURA 30 - FORMULA PARA EL CÁLCULO DEL VALOR ESPERADO MÁS PROBABLE	61
FIGURA 31 - DIAGRAMA TEMPORAL DEL PROYECTO (FUENTE, PROPIA).....	64
FIGURA 32 - ESQUEMA RESUMEN DE LOS DISTINTOS INDICADORES (FUENTE, PROPIA).....	65
FIGURA 33 - CLASIFICACIÓN DE LAS DISTINTAS EMISIONES SEGÚN SU IMPACTO EN EL CLIMA, ECOSISTEMA O SALUD HUMANA (FUENTE, COMISIÓN EUROPEA, 2012).....	71
FIGURA 34 - VALORES CENTRALES DEL COSTE ASOCIADO A LAS EMISIONES DE CIERTOS GASES EN £ POR TONELADA (FUENTE,NEEDS, PREISS ET AL. 2008).....	72
FIGURA 35 - GRÁFICA FUNCIÓN DE PROBABILIDAD DE UNA DISTRIBUCIÓN UNIFORME DISCRETA (FUENTE, WIKIPEDIA)	86
FIGURA 36 - GRÁFICA FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE UNA DISTRIBUCIÓN UNIFORME DISCRETA (FUENTE, WIKIPEDIA)	86
FIGURA 37 - HISTOGRAMA CON CURVAS DE PROBABILIDAD Y DISTRIBUCIÓN ALTERNATIVA DE HEATHROW	89
FIGURA 38 - HISTOGRAMA CON CURVAS DE PROBABILIDAD Y DISTRIBUCIÓN ALTERNATIVA DE GATWICK	90

