

# Navegació àrtica: Efectes i conseqüències de l'obertura de rutes polars degut al canvi climàtic

Nom de l'estudiant: Adrià Solé Velasco

Nom del tutor/a: José Miguel Aliaga Hernández

20 de Juny de 2022

**MEMÒRIA FINAL DEL TREBALL DE FINAL DE GRAU**

---

**Curs: 4rt**

**Estudis: LOGÍSTICA I NEGOCIS MARÍTIMS**

## **Resum**

En aquesta investigació es volen estudiar els efectes i conseqüències que l'obertura de rutes polars a la navegació comercial degut al canvi climàtic pot tenir sobre l'actual xarxa de transport marítim mundial, analitzant la viabilitat d'aquestes rutes des de un punt de vista econòmic i polític, així com una estimació del volum de trànsit que pot arribar a utilitzar aquestes rutes en un horitzó temporal de 20-30 anys.

Paraules Clau: *Rutes polars, Geopolítica polar, Canvi climàtic, Desglaç polar, Optimització de rutes, Transport marítim, Logística.*

## **Resumen**

En esta investigación se quiere estudiar el efecto y consecuencias que la apertura de rutas polares a la navegación comercial a causa del cambio climático puede tener sobre la actual red de transporte marítimo mundial, analizando la viabilidad de estas rutas desde un punto de vista económico y político, así como una estimación del volumen de tránsito que puede llegar a utilizar estas rutas en un horizonte temporal de 20-30 años.

Palabras clave: *Rutas polares, Geopolítica polar, Cambio climático, Deshielo polar, Optimización de rutas, Transporte marítimo, Logística.*

## **Abstract**

This thesis aims to study the effect and consequences that the opening of polar routes to commercial navigation due to climate change can have on the actual maritime shipping network, analyzing the feasibility of these routes from an economic and politic standpoint, as well as an approximation of the possible volume of traffic that these routes can expect in a 20–30-year forecast.

Keywords: *Polar routes, Polar geopolitics, Climate change, Polar caps melting, Route optimization, Maritime transport, Logistics.*

## **Índex**

1. Introducció i rellevància	4
2. Marc teòric	5
2.1 Transport Marítim Mundial	5
2.2 Oceà Àrtic	8
2.3 Mar de Gel	10
2.4 Codi de navegació polar	12
2.5 Embarcacions trencagliaç	12
2.6 Geopolítica de l'àrtic	13
3. Objectius	16
4. Metodologia	17
5. Resultats	26
5.1 Objectiu 1 - Estudi de cost	26
5.2 Objectiu 2 - Geopolítica de l'Àrtic	29
5.2.1 Ruta Nord-Est	30
5.2.2 Ruta Nord-Oest	30
5.2.3 conflicte subjacent	31
5.3 Objectiu 3 - Necessitats d'infraestructura	34
5.4 Objectiu 4 - Volum de trànsit	36
5.4.1 Ruta Nord-est	37
5.4.2 Ruta Nord-oest	40
6. Conclusions	42
7. Propostes de millora	43
8. Bibliografia	43
9. Webgrafia	46
Annexos	48

## **1. Introducció i rellevància**

Actualment, segons la Conferència de les Nacions Unides sobre Comerç i Desenvolupament (CNUCID), el transport marítim correspon al 80% del comerç internacional existent. Com a pilar bàsic de l'economia en tots els sectors, es tracta d'un àmbit en el que el creixement és constant, així com la inversió tant econòmica com tecnològica.

Amb la globalització com a motor d'aquest creixement, el món s'ha fet més accessible des de qualsevol part del globus, i ha fet possible el comerç constant entre tots els continents del planeta. Molt lligat també a la política, la geografia, i les persones, al llarg dels anys s'han anat creant models de funcionament, cada cop més ràpids, barats i eficients. Ja sigui en la fabricació dels béns a comerciar, el mètode de transport dels mateixos o la ruta a seguir per arribar al seu destí, tot ha sofert un procés d'optimització i reducció de costos, lligat als interessos de les empreses i països que participen en la cadena de subministrament global.

El sud-est asiàtic com a gran fàbrica mundial, degut a les laxes legislacions laborals i el actual sistema polític dels països que el conformen, és el centre d'una xarxa de transport global que mou la majoria de productes que cada dia s'utilitzen al món. Els vaixells utilitzats, aprofitant les economies d'escala, són cada cop majors, reduint així al mínim el preu unitari de transport de mercaderies. També, en la persecució de la màxima optimització, s'ha arribat a modificar la geografia del món, creant canals de navegació com el canal de Suez o el canal de Panamà, connectant així els principals oceans del món mitjançant rutes que redueixen la distància a navegar dràsticament. En les últimes dècades, ha sorgit en tots els sectors de la indústria una nova preocupació, el canvi climàtic i l'efecte que la humanitat té sobre el planeta. L'augment de la temperatura mitjana al món és una realitat, i cal realitzar un anàlisi precís de com afectarà a cada sector de l'economia. En aquest estudi, es plantejarà l'efecte del canvi climàtic sobre la cadena de subministrament global, posant el focus en el desglaç dels casquets polar, i en com l'aparició de noves rutes de transport a través de l'oceà àrtic pot afectar al flux de contenidors de les principals rutes de transport mundial, i sobretot en com la actual geopolítica de l'àrtic pot dictar el funcionament i gestió d'aquestes rutes en les pròximes dècades.

És clau destacar el paper que aquestes rutes poden prendre, i la importància que els ports del nord poden prendre ja que es reduiria dràsticament la distància de navegació i el cost per a rutes importants com Àsia - Amèrica del nord, i Àsia amb el nord d'Europa. Tindrà però també un paper protagonista el impacte mediambiental que aquestes rutes suposin. Serà necessari trobar un equilibri entre els interessos econòmics de la societat i la sostenibilitat del planeta.

## **2. Marc teòric**

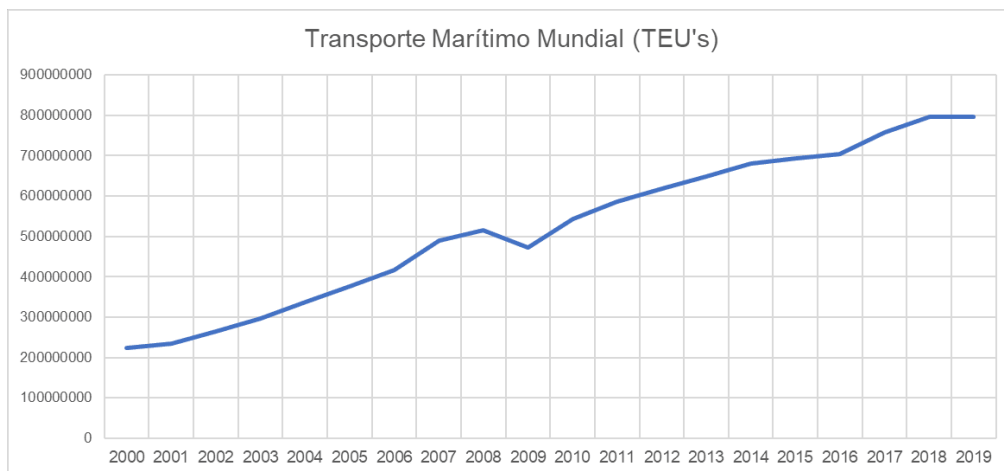
En aquest apartat s'analitzarà tota la literatura acadèmica ja existent sobre el tema d'estudi, per així profunditzar més en la matèria i aprofitar tot aquell coneixement previ que ja s'ha creat. Tota la informació recollida serà desglossada en diferents subtemes, com poden ser la vessant geopolítica i social de les rutes de navegació àrtiques, la vessant tecnològica i tècnica necessària per a poder navegar per aquestes aigües, o un enfoc geogràfic científic, de viabilitat de les diferents possibles rutes àrtiques i les condicions per a l'èxit de cada una.

D'igual manera, s'han trobant estudis sobre l'impacte econòmic d'aquestes rutes, o l'impacte ambiental que la utilització de l'àrtic com a via de navegació mundial pot tenir sobre un ja molt debilitat casquet polar i el desglaç constant que pateix en les últimes dècades.

### **2.1 Transport Marítim Mundial**

Com s'ha mencionat anteriorment, el 80% del comerç mundial es realitza mitjançant el comerç marítim. El transport marítim és el motor de l'economia global. Sense aquest, el comerç internacional, el transport a granel de mercaderies i matèries primes, la importació i exportació d'aliments i subministraments seria impossible.

Gràfic 1. Quantitat de TEU's transportades a nivell mundial

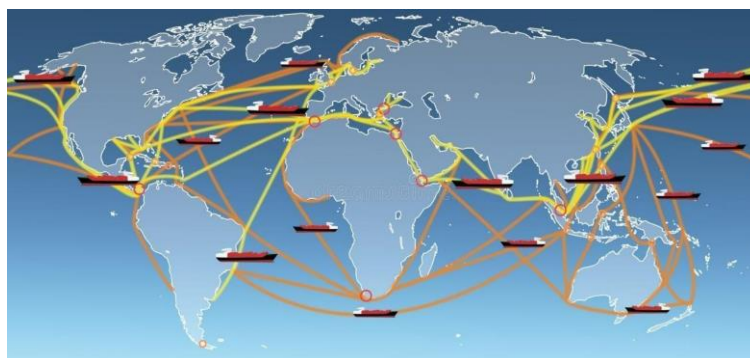


Font: Banco Mundial, 2019

En l'estudi de *J.J Corbett* de l'any 2010, es demostra que el transport marítim és el mètode de transport més segur i amb un cost ambiental menor per tona transportada. Degut a l'inherent caràcter internacional del transport, la seguretat del mateix ve regulada per diferents organitzacions de l'Organització de les Nacions Unides (ONU), on l'Organització Marítima Internacional (OMI) en particular ha desenvolupat un marc de seguretat que és d'obligat compliment a tot el món.

Tot i un considerable augment de la quantitat transportada per via marítima, segons l'estudi de *Buixadé et al.* de 2014, hi ha hagut una reducció substancial de contaminació marina durant els últims 15 anys sobretot en quant a fugues de combustible, gràcies a les diferents i cada cop més estrictes regulacions mediambientals i requisits per a la classificació de les embarcacions.

Imatge 1. Principals fluxos de contenidors mundials



Font: HP Drewry, 2015

Hi ha potencialment un nombre infinit de rutes marítimes que es poden utilitzar per al transport marítim, però la configuració del sistema global és relativament senzilla com es detalla en el treball d'*Andreas Paxian et al.* de l'any 2009. L'eix principal és un corredor equatorial que uneix Amèrica del Nord, Europa i Àsia amb el Pacífic a través del Canal de Suez, l'estret de Malacca i el Canal de Panamà. Aquestes rutes suporten el major gruix del trànsit, però existeixen nombroses altres rutes depenent de l'origen i la destinació de l'enviament marítim. El trànsit transatlàntic i transpacífic abraça una gran varietat de ports, per la qual cosa hi ha nombroses rutes, la majoria amb un traçat al llarg de l'equador. El trànsit transoceànic és majoritàriament entre el Pacífic, Àsia i Europa, la qual cosa implica una sèrie de rutes clarament definides.

Com es pot observar en els estudis de *Nathaniel Meliá et al.* de 2017, les principals rutes marítimes estan conformades per punts de pas obligatoris, que són ubicacions estratègiques que actuen com a colls d'ampolla. Les limitacions físiques (costes, vents, corrents marines, profunditat, esculls, gel) i les fronteres polítiques també tenen un paper essencial en la configuració de les rutes marítimes. Les rutes bàsiques són les que donen suport als fluxos d'enviament comercials més importants que donen servei als principals mercats, i les rutes secundàries són principalment connectors entre mercats més petits. A causa de la geografia, la geopolítica i els fluxos comercials, ubicacions específiques tenen un paper estratègic a la xarxa marítima global. S'etiqueten com a colls d'ampolla i es poden classificar en dues categories principals:

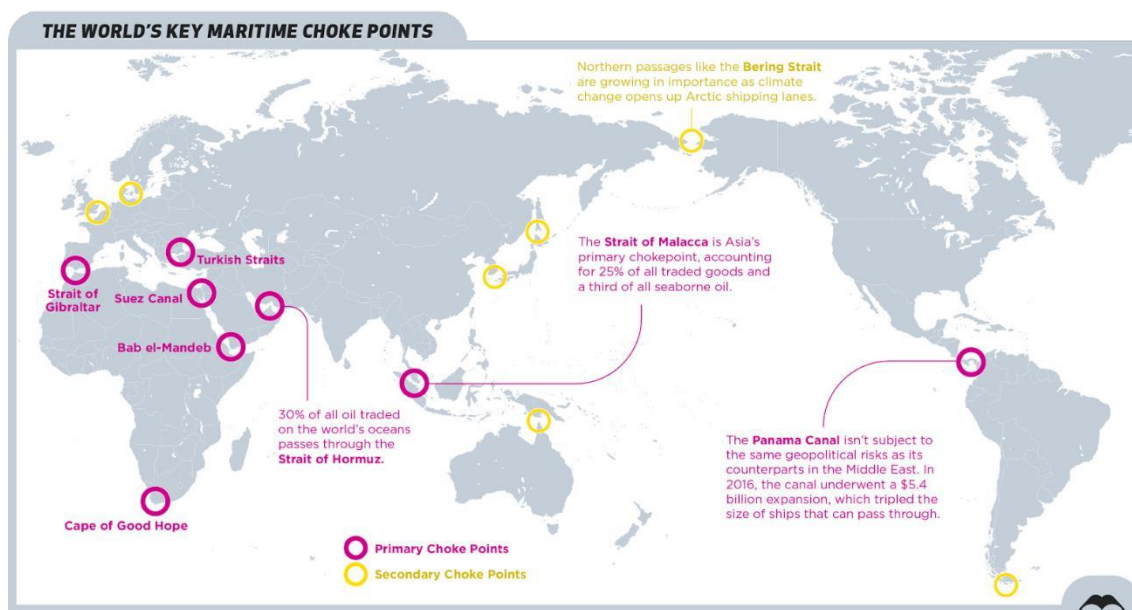
**Colls d'ampolla primaris:** Els més importants, ja que ofereixen alternatives limitades de transport marítim que perjudicarien greument el comerç mundial si s'interrompen. El primer tipus de colls d'ampolla es refereixen als connectors al llarg dels principals oceans i mars. Entre aquests es troben el canal de Panamà, el canal de Suez i l'estret de Malacca, que són llocs clau en el comerç mundial de béns i mercaderies. El tancament d'aquests colls d'ampolla obligaria a desviar el trànsit marítim a llargues distàncies amb la pèrdua de temps i capacitat associada.

Un segon tipus de coll d'ampolla primari es refereix a aquells que connecten amb carrers sense sortida marítime amb recursos i potencial comercial substancials, com l'estret d'Ormuz que dona accés al golf Pèrsic i l'estret del Bòsfor que dona accés al mar Negre. El tancament d'aquests colls d'ampolla obligaria a utilitzar vies alternatives terrestres

amb poca probabilitat de tenir capacitat per gestionar els volums de demanda com es mostra en els estudis de *S. Zhu et al.* de 2018.

Colls d'ampolla secundaris: Donen suport a les rutes marítimes que tinguin alternatives però que implicarien un desviament notable. Aquests inclouen el pas de Magallanes, l'estret de *Dover*, l'estret de *Sunda* i l'estret de Taiwan.

Imatge 2. Colls d'ampolla primaris i secundaris



Font: Visual Capitalist, 2021

## 2.2 Oceà Àrtic

Utilitzant dades extretes dels estudis de *F. Lasserre et al.* de 2014, i de *Qiang Meng et al.* de 2016, l'oceà àrtic es troba a la part superior de l'hemisferi nord, amb una superfície de 14 milions de quilòmetres quadrats i rodejat per Europa, Àsia, Amèrica del Nord i Groenlàndia. També es divideix en 5 mars principals, el mar de *Barents*, de *Kara*, de *Laptev*, de Sibèria de l'est i de *Chukchi*.

Cobert de gel en la seva majoria durant una gran part de l'any, les temperatures mitjanes anuals són baixes i cal destacar que es troba en una estat de foscor contínua durant l'hivern. Hi habiten nombroses poblacions d'esquimals i altres tribus, que han après a viure en aquest territori i ho segueixen fent des de fa milers d'anys.



Imatge 3. Passatge Nord-Est, Nord-Oest i ruta transpolar.



Font: Stephenson et al., 2013

Com es detalla en l'estudi de *Nathanael Melia et al. (2017)*, des de que es van iniciar les observacions amb satèl·lit de l'àrtic el 1979, aquest està perdent 3000 quilòmetres cúbics de gel per dècada. Aquest ritme de desglaç és superior al previst pels models climàtics, i cal preguntar-se si aquest ritme seguirà creixent o es pot fer quelcom per reduir-lo. Actualment, la majoria de rutes de transport de l'est d'Àsia a Europa naveguen pel canal de Suez, mentre que les rutes Àsia - Costa est d'Amèrica del Nord naveguen pel canal de Panamà. Si es fes possible la navegació per l'àrtic les distàncies es reduirien de mitjana un 40%, xifra extreta de l'estudi de *Østreng et al., (2013)*, estalviant combustible i costos. Aquest és un dels principals motius pel qual la majoria de països amb una major quantitat de comerç de mercaderies com la Xina, Japó, Corea del Sud i altres han passat a formar part també del Consell de l'Àrtic, tot i no tenir jurisdicció sobre cap territori a l'àrtic.

Com es detalla en els principals estudis sobre les rutes de *F. Lasserre et al.*, de 2014, l'estudi de *Ho. J* de 2010, el transport marítim polar es basa en dues rutes principals, la primera i la més favorable per la navegació degut al desglaç dels últims anys és la del passatge Nord-est (*Northeastern Passage (NEP)*, en anglès), que es pot trobar al llarg de la península escandinava, i Sibèria connectant l'Atlàntic amb el Pacífic. La part central de l'oceà àrtic és la més profunda però també on hi ha la major formació de gel, per això, la majoria de rutes es basen en vorejar els continents que rodegen l'oceà per evitar majors formacions de gel. La segona ruta, la ruta del Nord-oest, navega directament per l'arxipèlag canadenc i connecta els dos mateixos oceans. Com a tercera opció, trobem la ruta trans-polar que navega traçant una línia pràcticament recta entre l'oceà Atlàntic i l'oceà Pacífic, navegant directament pel pol nord. Aquesta ruta però, actualment no és navegable per cap embarcació comercial com es detalla en l'estudi de *S. Ghosh et al.* de 2015, degut al gran gruix de gel vell que hi ha durant la major part de l'any, per això es planteja aquesta ruta com a viable a un horitzó de temps molt més llarg. Totes les rutes tenen en comú el pas de l'Estret de Bering, un estret de 80 quilòmetres d'ample entre Euràsia i Amèrica del Nord. Per altra banda, en l'estudi de *S. Zhu et al.*, de 2018 es detalla que l'Àrtic també conté una gran quantitat de minerals, incloent fosfats, bauxita, mena de ferro, coure i níquel. En quant a fonts d'energia, l'abundància d'hidrocarburs al subsòl és un altre al·licient per als països en quant a l'explotació de la zona.

Taula 1. Comparació de distàncies entre canals de navegació usuals i la ruta polar nord-est

From	To Rotterdam, via (in nautical miles)			Difference between Suez and NEP (%)
	Cape of Good Hope	Suez Canal	NEP	
Yokohama	14,448	11,133	7010	37
Busan	14,084	10,744	7667	29
Shanghai	13,796	10,557	8046	24
Hong Kong	13,014	9701	8594	11
Ho Chi Minh City	12,258	8887	9428	-6

Font: Sea-Distances.com, 2020

## 2.3 Mar de Gel

En l'estudi de *Nick Pilcher et al*, de 2017, es considera mar de gel una zona marítima on hi ha presència de gel, en aquest cas flotant. Hi ha diferències significatives entre les possibles formacions i tipus de gel, que permet identificar i classificar les condicions del gel. La següent classificació s'utilitza per reconèixer el tipus de gel que es troba en la

navegació i si és possible navegar-hi en funció de les condicions de l'embarcació. Les dades són extretes de l'estudi de *D. Dimitrios et al.*, de 2016, que té com a marc de referència el Codi Polar, on es menciona que la formació inicial de gel es coneix com gel nou, una estructura amb poca estabilitat i delicada en que es formen cristalls de gel a la superfície amb un espessor no superior a 10 centímetres, és fàcil de reconèixer.

La segona formació de gel és quan aquest supera els 10 centímetres de gruix. Aquest gel té l'aparença d'una escorça elàstica i és molt fàcil de trencar per les embarcacions sense perill. Si la temperatura baixa més, el gel comença a convertir-se en el que es coneix com gel jove. Aquesta formació ja es caracteritza pel color gris i un gruix d'entre 10 i 30 centímetres. En aquest grup ja hi ha gel que pot suposar un perill per a embarcacions que no disposin d'un casc reforçat en certes condicions.

Seguidament hi ha el gel vell, amb informació dels mateixos estudis, normalment dividit en 3 grups, el gel de primer any, se segon any i el gel de varis anys. Aquestes formacions ja tenen el color blau característic del gel més consistent i solen estar cobertes de neu. En condicions de corrents fortes, aquest gel pot apilar-se i formar parets conegudes com crestes, amb mides que poden variar entre 1 metre d'alçada i 5 metres de profunditat, on només trencaglaços especialitzats poden navegar.

Les últimes estructures a tenir en compte i les més perilloses per a les embarcacions son els *icebergs*, detallats en l'estudi de *S. Ghosh et al.*, de 2015, són grans formacions de gel que floten a la deriva per la superfície amb alçades que poden arribar a desenes de metres, i encara majors mides per sota la superfície. Dins d'aquest grup trobem els *growlers* o *bergy bits*, també considerats *icebergs* però que no mostren una gran superfície visible per sobre el nivell del mar i es troben majoritàriament enfonsats, el que els fa especialment perillosos degut a la complicada identificació d'aquests.

És important una correcta i ràpida identificació del gel pel qual es navega, per a garantir la seguretat de l'embarcació i de l'ecosistema local en cas d'accident.

## **2.4 Codi de navegació polar**

Com a resultat del creixement del transport marítim internacional en les últimes dècades, s'ha establert un comitè internacional adscrit a la OMI per acordar les normes per a les embarcacions que operen en aigües cobertes de gel, creant així el “Codi Internacional de seguretat per a Embarcacions en Aigües Polars”. També anomenat “Codi Polar”, ha estat elaborant-se des de 1998 i els països involucrats són Rússia, Canadà, Finlàndia i Estats Units entre d'altres i va entrar en vigor l'1 de gener de 2017.

El codi polar abraça tota la gamma de qüestions relacionades amb la navegació en les aigües que envolten els pols, així com la projecció, construcció i equipament de les embarcacions, les qüestions operatives i de formació, recerca i salvament, i sobretot la protecció de l'entorn i els seus ecosistemes.

El codi requereix que totes les embarcacions que vulguin navegar per aigües polars hagin de demanar un certificat polar, que classifica la embarcació en funció de la seva capacitat de navegar per aigües glaçades. Les embarcacions hauran de dur un manual d'operacions en aigües polars per proporcionar al propietari, al armador, al capità i a la tripulació informació suficient i correcta sobre les limitacions o capacitats operacionals de l'embarcació que tripulen per millorar el procés de presa de decisions.

## **2.5 Embarcacions trencaglaç**

Per a la navegació a l'àrtic caldrà adequar les embarcacions per a garantir la seguretat tant de l'embarcació com de les mercaderies i de la tripulació. Tota la legislació i normes vigents es contemplen en el Codi Polar, document redactat per la Organització Marítima Internacional (OMI), on es té en compte el desglaç de les rutes però per prevenció caldrà assumir que en molts moments de l'any la ruta pot no estar en la millor de les condicions. Totes les embarcacions del món estan subjectes a les normes marcades pels organismes de classificació per garantir que les embarcacions compleixen les normes de seguretat. Hi ha nombroses societats i cadascuna té la seva manera de classificar. El Codi Polar divideix els vaixells en 7 classes, depenent de les condicions del gel i l'estació de l'any, conegudes com classes polars.

Taula 2. Classes polars

Polar Class	Limiting Ice Description
PC1	Year-round operation in all Polar Waters
PC2	Year-round operation in moderate multi-year ice conditions
PC3	Year-round operation in second-year ice with old ice inclusions
PC4	Year-round operation in thick first-year ice with old ice inclusions
PC5	Year-round in medium first-year ice with old ice inclusions
PC6	Summer and autumn operation in medium first-year ice with old ice inclusions
PC7	Summer and autumn operation in thin first-year ice with old ice inclusions

Font: OMI, 2010

## 2.6 Geopolítica de l'àrtic

Definida en l'estudi de *Beveridge et al.*, de 2016, la geopolítica àrtica es pot interpretar com la regió circumpolar en la qual el cercle polar àrtic es considera un marcador significatiu d'identitat. Així definida, la línia de latitud nord de 66 graus significa que l'Àrtic inclou territoris poblats per uns 4 milions de persones, i pertanyents a vuit estats àrtics: Canadà, Dinamarca/Groenlàndia, Finlàndia, Islàndia, Noruega, Rússia, Suècia i els Estats Units. - que són reconeguts com els principals actors de la regió. Els pobles indígenes varien en nombre i importància a la regió i es troben majoritàriament a la regió americana d'Alaska, el nord del Canadà i Groenlàndia.

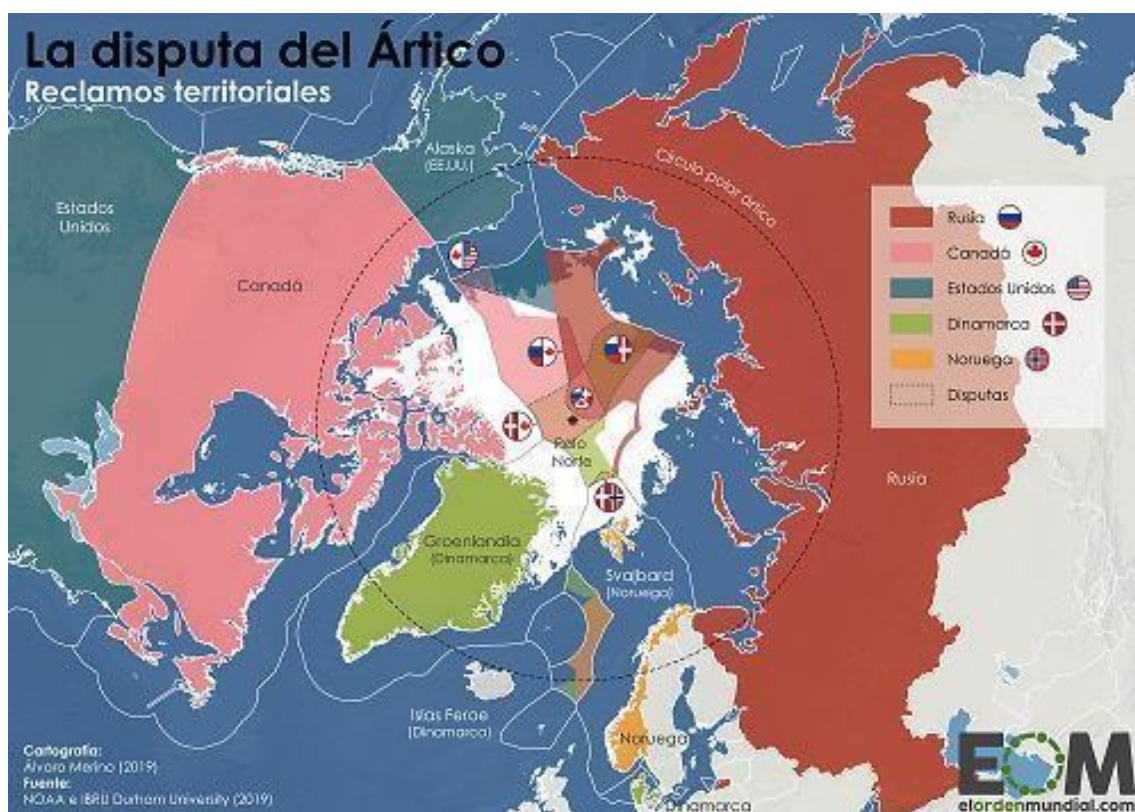
Un altre factor que determina la geopolítica de l'Àrtic és la noció de l'Àrtic com un espai subjecte a canvis. Estudis posteriors sobre el desglaç del mar, el desglaç del permafrost, i l'acidificació dels oceans han reforçat la concepció d'un Àrtic en moviment com es reflexa en l'estudi de *N.R Bates et al.*, de l'any 2009. L'Àrtic s'ha convertit en la regió per excel·lència on conflueixen les forces del canvi climàtic. La fusió del gel oceànic comporta canvis en la distribució dels mamífers marins, així com en la disponibilitat i accessibilitat dels recursos alimentaris per als membres de la comunitat local.

Hi ha dues línies dominants. El primer és el excepcionalisme àrtic: la creació del Consell de l'Àrtic l'any 1996 va declarar que hi havia i hi ha vuit estats àrtics, i que gaudien d'una relació especial amb els pobles indígenes de la regió (Participants permanents). Els estats no àrtics com el Regne Unit, Alemanya i França van ser convidats com a observadors a aquest fòrum intergovernamental. El maig de 2013, la Xina i altres quatre estats asiàtics, inclosos el Japó i Corea del Sud, van ser admesos al Consell de l'Àrtic

com a observadors, posant èmfasi en la importància creixent de l'Àrtic com a focus global.

Com menciona en el seu estudi *Oran R. Young et al*, de 2020, l'Àrtic, la Xina, Rússia i els Estats Units estan promovent les seves pròpies agendes geopolítiques i econòmiques. En l'era posterior a Crimea, per exemple, Rússia i la Xina han creat una relació estratègica basada en l'energia i la navegació. La Xina s'ha reinventat com un estat gairebé àrtic. Sota l'administració de Joe Biden, és probable que els Estats Units reverteixin les seves iniciatives d'extracció de petroli i gas a l'Àrtic d'Alaska. L'OTAN i Rússia continuaran acusant-se mútuament de comportaments provocadors a l'Atlàntic Nord i l'Àrtic.

Imatge 5. Països amb jurisdicció a l'oceà àrtic



Font: El Orden Mundial, 2019

Després de recollir tota la informació prèvia, es pot concloure que:

- La navegació àrtica té una bona perspectiva a futur, amb una demanda de transport creixent any rere any.
- Nombroses organitzacions i governs estan començant a desenvolupar legislacions i normatives pel que fa a l'explotació de les rutes polars, posant especial èmfasi en garantir la seguretat de les embarcacions i la vida de les persones.
- L'avantatge que aquestes rutes poden aportar a les xarxes de transport mundial, modificant completament aquelles lligades a Àsia, Amèrica del Nord i el nord d'Europa, i amb possibilitat d'agilitzar les rutes de l'hemisferi sud, és innegable. La distància de navegació es redueix dràsticament i s'evita el pas per canals de navegació convencionals dels quals depèn el 80% del comerç marítim mundial com s'ha demostrat anteriorment amb dades extretes de l'estudi de *F. Lasserre et al.*, de 2014.
- El major obstacle per a l'explotació d'aquestes rutes és la política sobre drets d'utilització i sobirania entre els països limítrofs a l'oceà àrtic. El marc legal encara està poc desenvolupat i és feina dels organismes de gestió marítima mundial decretar les noves legislacions que regulin de manera objectiva i uniforme aquestes qüestions.
- El canvi climàtic es presenta tant com una amenaça com una oportunitat per a aquestes rutes, aportant facilitats en l'àmbit econòmic i social però amenaçant greument l'àmbit mediambiental.
- La previsió d'explotació comercial viable d'aquestes rutes és a 2-3 dècades vista, amb un gel massa present avui en dia (2022) per a oferir una solució actualment viable de 6 mesos de navegació anuals.

### **3. Objectius**

Els objectius de l'estudi pretenen ampliar el coneixement en el marc teòric. A partir de l'anàlisi de la literatura prèvia i la pròpia recerca, aquests objectius són les preguntes que cal respondre per a la creació de nou coneixement sobre la matèria.

En aquest cas, l'objectiu de l'estudi és ampliar el coneixement existent sobre la navegació i obertura de noves rutes de navegació en l'oceà àrtic degut al canvi climàtic i al desglaç del casquet polar. Són nombrosos els estudis que han intentat ja respondre a les principals qüestions sobre aquest tema, ja sigui des de el punt de vista social, econòmic, tecnològic o polític. Per això, aquest treball pretén endinsar-se en les qüestions menys estudiades actualment, com l'efecte que tindrà sobre la geopolítica de l'àrtic i els països fronterers, i aportar càlculs i xifres sobre quin és exactament el punt en que aquestes vies són òptimes per a les navilieres, així com les necessitats que tant les empreses com els gestors de les rutes hauran de satisfer a nivell d'infraestructures i modificacions.

D'aquesta manera els objectius d'aquest estudi són:

1. Realitzar un estudi de cost de les rutes entre ports seleccionats estratègicament en diferents regions i oceans, per determinar si l'alternativa d'una ruta polar ofereix una opció més eficient, tenint en compte diferents tipus d'embarcació i la estacionalitat de la navegació polar.
2. Donar una visió clara de l'actual situació geopolítica entre els països limítrofs sobre el territori de l'àrtic i altres actors interessats en l'explotació de les rutes polars.
3. Determinar les necessitats d'infraestructura portuària que la ruta Nord-est i la ruta Nord-oest requereixen per a ser viables per a la navegació comercial.
4. Estimar el volum de trànsit futur en les dues principals rutes en un horitzó de 20-30 anys.



## 4. Metodologia

Mitjançant el recull d'informació a partir de la literatura prèvia, es consolidarà la mateixa amb un anàlisi quantitatiu i qualitatiu dels objectius a obtenir. Mitjançant un estudi de cost de transport per tona transportada, en comparació amb la ruta tradicional que utilitza els canals de navegació normals com el canal de Suez i el canal de Panamà. Molts estudis sobre el tema es basen en suposicions i simplificacions de les estructures de cost de l'ús d'aquestes vies com l'estudi de *S. Somanthan et al.*, de 2007. Per exemple, mai es considera en els càlculs factors comercials com el factor de càrrega, tampoc les possibles desviacions per formacions de gel a la deriva, ni la no idoneïtat de les vies de navegació en les setmanes inicials i finals de la temporada de navegació àrtica, consideracions reflexades en l'estudi de *Lasserre et Pelletier*, de l'any 2011. L'estudi de cost es realitzarà sobre 3 tamanys d'embarcació per a cada possible ruta.

Embarcació 1 - 4500 TEU

Embarcació 2 - 6500 TEU

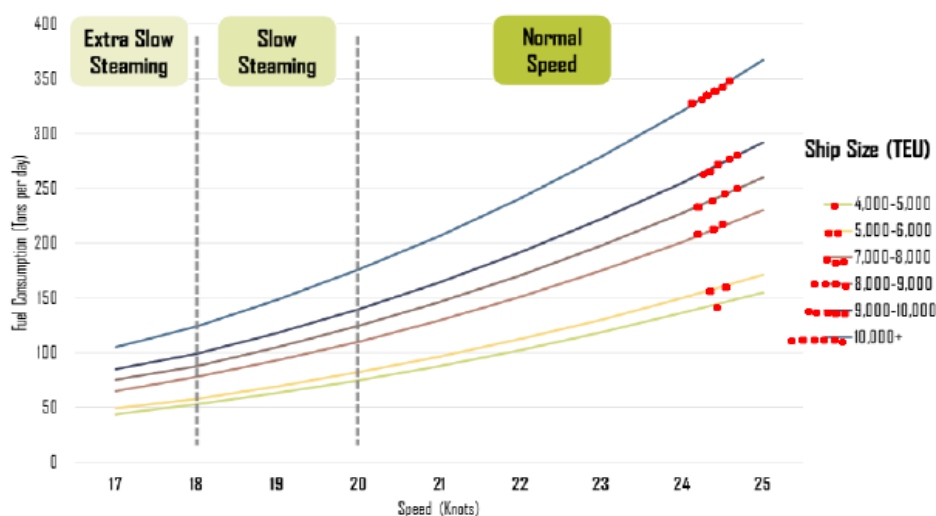
Embarcació 3 - 10000 TEU

Aquestes mides d'embarcació s'han obtingut mitjançant un anàlisi a futur de quines embarcacions podran navegar per les rutes polars a un horitzó de 20-30 anys, tenint en compte també la demanda de transport actual i prevista futur. Una temporada de navegació polar estàndard durarà 6 mesos com es detalla en l'estudi de *P. Tseng et al.*, de 2017, així que aquest és l'horitzó temporal escollit també per a rutes convencionals. Utilitzant els 3 tamanys, caldria poder observar els efectes de les economies d'escala, en que el cost total augmenta, però el cost per TEU transportat es redueix. D'altra banda, l'objectiu és simular diferents escenaris que es poden donar en un futur en el món real, tenint en compte factors com el calat dels ports i rutes a utilitzar. A continuació es mostra una llista dels factors que s'han tingut en compte per a l'anàlisi de cost de les diferents rutes:

**Distància de navegació:** Mitjançant el software *de SeaRoutes* es troba la distància entre dos ports en milles nàutiques.

**Velocitat mitjana de navegació:** Tenint en compte restriccions en canals de navegació o en els territoris polars, es calcula una velocitat mitjana de navegació en tot el trajecte.

Imatge 6. Gràfic de consum de combustible envers la velocitat de navegació.



Font: ResearchGate

**Factor de càrrega:** Expressat en percentatge, reflexa quin nivell de càrrega respecte a la capacitat total es transporta. S'utilitzen les mitjanes del sector en les rutes seleccionades tenint en compte que el volum de mercaderia en direcció oest és major que en direcció est, amb dades extretes del treball de *Damas et al.*, (2012).

**TEU's transportades:** Número de unitats estàndard de 20 peus que es transporten en 6 mesos de navegació en una temporada de navegació seleccionada, es té en compte les diferències en factors de càrrega que sol haver entre les navegacions en direcció a Àsia i de tornada cap a Europa.

**Dies de navegació:** Dies que la embarcació està navegant sense tenir en compte aturades en ports o retards. S'obtenen mitjançant una divisió entre les milles nàutiques de distància.

$$\text{Dies de navegació} = \text{Distància de navegació} / \text{Velocitat mitjana de navegació}$$

**Retards en canals de navegació:** En canals de navegació com Suez o Panamà és normal tenir en compte possibles retards en l'accés al canal, la informació és extreta del portal *SeaRoutes.com*

**Ports intermedis:** En la majoria de rutes mai es navega de A a B sense parades, per optimitzar el trajecte es solen realitzar parades en altres ports.

**Total de dies en port:** Es compten els dies necessaris per carregar i descarregar la embarcació i es multipliquen pel número de ports escala, més els retards en canals de navegació i de manteniment.

$$\text{Total de dies en port} = \text{Temps de càrrega i descàrrega} * \text{Número de ports escala} + \text{Retards}$$

**Temps per trajecte:** Temps que es tarda en anar de A a B i descarregar. Té en compte la navegació, els dies en ports escala i els retards.

$$\text{Temps per trajecte} = \text{Dies de navegació} + \text{Total de dies en port}$$

**Número de segments:** Número de trajectes d'anada i tornada que es poden realitzar en 180 dies naturals o una temporada polar normal (6 mesos), arrodonit.

$$\text{Número de segments} = 180 / \text{Temps per trajecte}$$

Pel que fa a costos, existeix:

**Tripulació:** Cost associat als salaris de tota la tripulació, utilitzant un cost mitjà en funció del número de tripulants necessaris pel tamany de l'embarcació. En embarcacions polars es requereix un nombre major de tripulants per raons de seguretat i compliment del codi polar, segons l'estudi de *Verny et al.*, de 2009. Les dades sobre el cost en salaris de la tripulació han estat extretes del portal *ZipRecruiter*.

$$\text{Cost tripulació} = \text{N}^{\circ} \text{ Tripulants} * \text{Sou promig tripulant} * 12$$

**Assegurança:** En funció de l'embarcació, l'activitat que ha de realitzar i les aigües per les que ha de navegar l'assegurança té un cost o un altre. En el cas de embarcacions polars, el premium extra sol ser del 50%, utilitzant l'estudi de *Somanathan et al.*, de 2009 i el de *Wergeland et al.*, de l'any 2012.

**Cost de capital:** Cost del capital invertit per adquirir la embarcació i tot el seu equipament, tenint en compte els plans d'amortització. En aquest estudi, es proposa una quota estàndard del 8% a 20 anys, amb un mètode de depreciació lineal. El preu inicial de l'embarcació depèn de si es tracta d'una embarcació polar (+10%), o de la capacitat.

**Manteniment:** Cost de manteniment regular anual de l'embarcació, ja sigui rutinari del equipament en el dia a dia o per manteniment majors a port. El manteniment d'embarcacions polars és més elevat degut al major risc de navegació. En l'estudi de *Scoyen et al.*, de 2012 es reflexen les diferències de cost en el manteniment.

**Quotes de trànsit:** Quota que cobren els diferents canals de navegació per accedir-hi. Es troba el valor a la pàgina web de cada canal en el cas de Suez i Panamà. En el cas de la ruta del Nord-Est, actualment el preu per navegar-hi és molt elevat, de 30€ per tona transportada, segons l'estudi de *Reuters*, de l'any 2019. Però Rússia mateix ha comunicat que actualment el preu és elevat ja que els costos fixos de manteniment de la ruta són elevats, però a mesura que la ruta sigui més utilitzada el cost per als usuaris es reduirà fins a una previsió de valor de 7,2€ per tona transportada per a fer més competitiva la ruta envers les rutes tradicionals. Aquest estudi es durà a terme amb aquesta xifra prevista per poder oferir a la ruta del Nord-Est competitivitat en l'anàlisi. El valor total es calcula amb la quota multiplicada pel nombre de trajectes.

**Combustible consumit:** Tenint en compte la velocitat mitjana de navegació, el tamany de l'embarcació i el preu del combustible estàndard d'embarcacions IFO380 (Obtingut a través de BunkerIndex) es pot determinar la despesa total de combustible en 6 mesos de trajectes. Destacar que en les rutes polars cal el combustible P50, amb un punt de congelació molt inferior, i un preu que sol ser un 35% superior al IFO380. La tasa de consum de combustible s'obté de la imatge 6.

$$\text{Combustible consumit} = \text{Dies de navegació} * \text{N}^{\circ} \text{Trajectes} * \text{Tasa de consum de combustible}$$

Després d'haver realitzat els càlculs, es pot determinar si la ruta polar és més eficient que la ruta convencional, mitjançant 3 xifres de resultats:

**Cost total d'operació:** Suma de tots els costos relacionats amb l'activitat comercial durant els 6 mesos d'explotació.

*Cost total = Tripulació + Assegurança + Cost de capital + Manteniment + Trànsits + Combustible*

**Cost per TEU transportat:** Suma de costos totals d'una temporada de navegació de 6 mesos entre les TEU's transportades. Indica el cost de transportar un contenidor de 20 peus un trajecte sencer.

*Cost per TEU = Cost total d'operació / TEU's totals transportades*

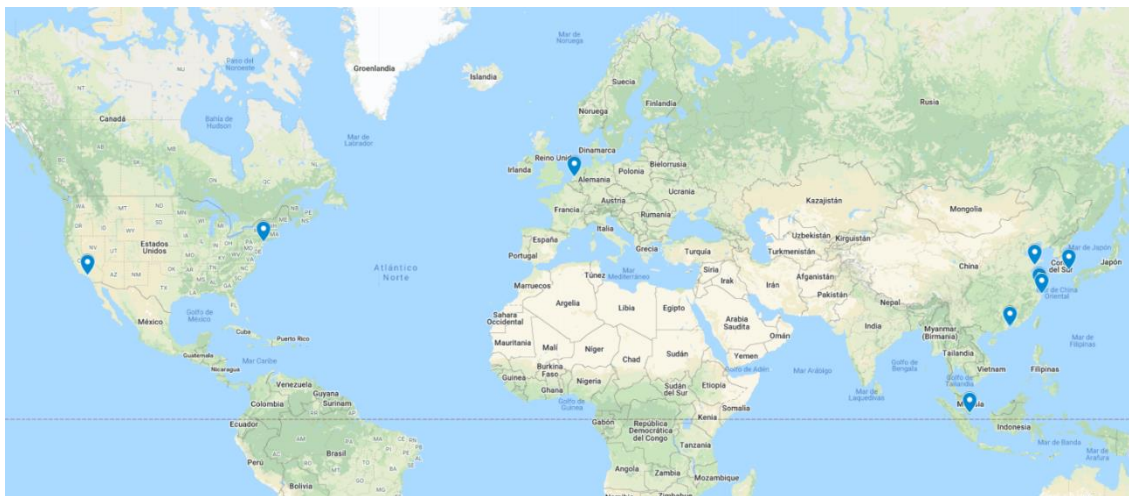
**Cost per TEU per milla nàutica:** Una de les unitats de mesura més utilitzades per analitzar el cost dels mètodes de transport, indica el cost de transportar una unitat de 20 peus equivalent una distància d'una milla nàutica. Ofereix la mesura més objectiva i imparcial a l'hora de comparar rutes que tenen distàncies de navegació i altres característiques diferents.

*Cost TEU-m.n = (Cost total/Distància navegada total) / ((TEU's Est+TEU's Oest)/2)*

Pel que fa a les rutes triades, s'han seleccionat ports els quals es troben en diferents ubicacions i oceans del món, amb els majors volums de mercaderies anuals en les seves respectives zones, segons el portal *WorldShipping.org* per observar si la connexió entre ells es pot realitzar per ruta polar:

1. Port de Shanghai i Ningbo, Xina. (160 milles nàutiques entre ells)
2. Port de Singapur, Singapur.
3. Port de Hong Kong i Shenzhen, Xina. (38 milles nàutiques entre ells)
4. Port de Busan, Corea del sud.
5. Port de Rotterdam, Països Baixos.
6. Port de Los Angeles, Estats Units.
7. Port de Nova York, Estats Units.

Imatge 7. Ports seleccionats per a l'estudi



Font: Elaboració Pròpia

S'aconsegueix agrupar la majoria de ports més importants del planeta en grups bombolla, entre els quals les diferències de distància no són rellevants per al resultat de l'anàlisi. Aquests grups són:

Taula 3. Agrupacions de destinacions en grups geogràficament propers.

Rotterdam	Los Angeles	Nova York	Shanghai Busan Ningbo	Hong Kong Shenzhen Singapur
-----------	-------------	-----------	-----------------------------	-----------------------------------

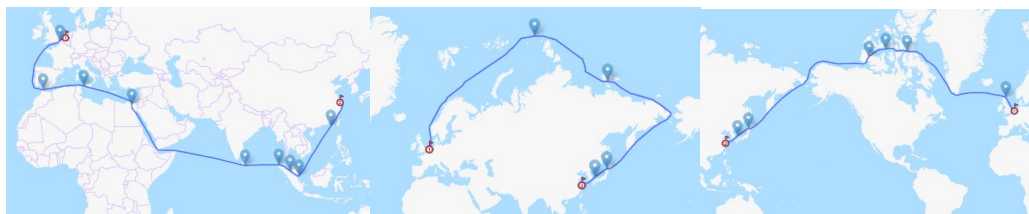
Font: Elaboració Pròpia

Per tant, els 4 escenaris plantejats són:

### Escenari 1: Rotterdam – Shanghai

S'estudiaran les 3 opcions que es mostren a continuació: Utilitzant el canal de Suez, la ruta del Nord-est, i la ruta del Nord-oest. S'agrupa amb els primers ports importants que hi ha al sud-est asiàtic per la ruta polar.

Imatge 8. Opcions de ruta possibles per a la ruta Rotterdam-Shanghai.

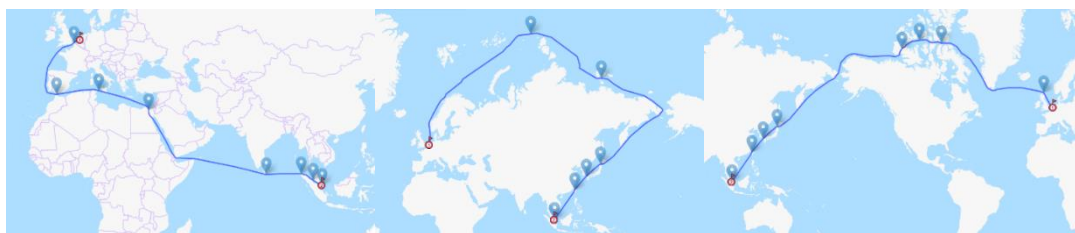


Font: SeaRoutes

### Escenari 2: Rotterdam – Singapur

S'estudiaran les 3 opcions que es mostren a continuació: Utilitzant el canal de Suez, la ruta del Nord-est, i la ruta del Nord-oest. Agrupa els ports asiàtics més al sud. La alternativa convencional del canal de Suez pot oferir major competitivitat.

Imatge 9. Opcions de ruta possibles per a la ruta Rotterdam-Singapur.

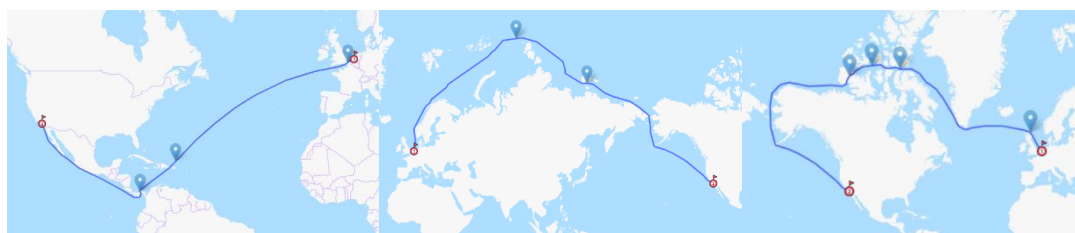


Font: SeaRoutes

### Escenari 3: Rotterdam - Los Angeles

S'estudiaran les 3 opcions que es mostren a continuació: Utilitzant el canal de Panamà, la ruta del Nord-est, i la ruta del Nord-oest. Tot i no ser un dels principals fluxos mundials de contenidors, aquesta ruta té un volum de transport molt elevat i proposa una alternativa al molt limitat per qüestions de tamany canal de Panamà.

Imatge 10. Opcions de ruta possibles per a la ruta Rotterdam - Los Angeles

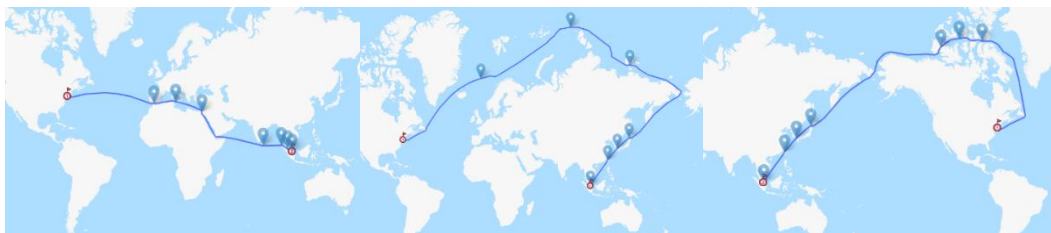


Font: SeaRoutes

### Escenari 4: Nova York – Singapur

S'estudiaran les 3 opcions que es mostren a continuació: Utilitzant el canal de Suez, la ruta del Nord-est, i la ruta del Nord-oest. Es tracta d'una de les rutes de major distància navegada, s'estudia el cas de destinació al més proper grup de ports del sud-est asiàtic i si es troba una rendibilitat positiva utilitzant la via polar, es confirma que l'altre grup de ports situats més al nord també es veuran beneficiats de la utilització de la ruta polar.

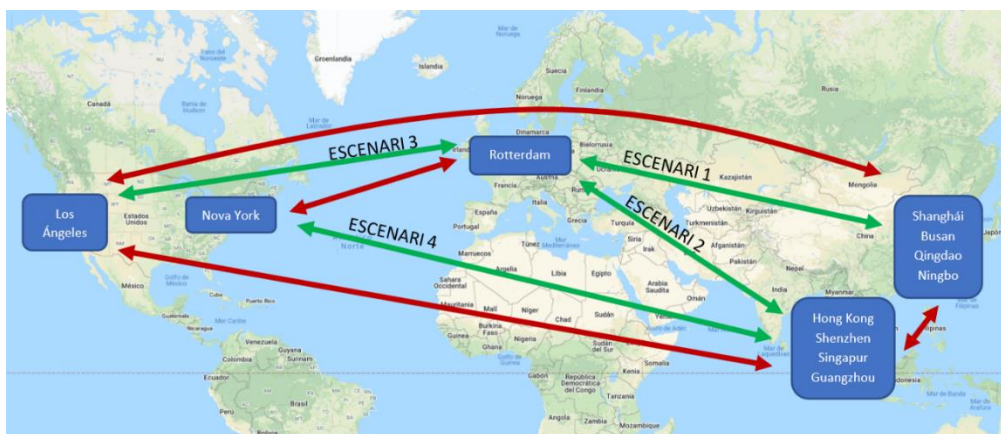
Imatge 11. Opcions de ruta possibles per a la ruta Nova York-Singapur.



Font: SeaRoutes

La ruta entre Rotterdam i Jebel Ali a Dubai, només té sentit utilitzant el canal de Suez ja que la distància navegada és dràsticament menor. (Distància Rotterdam - Jebel Ali per canal de Suez: 6225 milles nàutiques. Distància Rotterdam - Jebel Ali per ruta polar: >18000 milles nàutiques). D'igual manera, les rutes entre els diferents grups bombolla del sud-est asiàtic no són estudiades entre elles. En una ruta Los Angeles - Àsia tampoc té sentit utilitzar una ruta polar ja que només cal creuar l'oceà pacífic. En el següent gràfic es mostren totes les possibles connexions entre les agrupacions proposades i quines de les mateixes no té sentit estudiar (Color vermell), i quins escenaris són els estudiats (Color verd).

Imatge 12. Possibles escenaris entre les agrupacions escollides i la seva viabilitat d'estudi.



Font: Elaboració Pròpia

Després d'haver realitzat l'anàlisi de cost i determinar la viabilitat dels diferents escenaris, es tindrà prou informació per decidir si l'alternativa d'ús d'una ruta polar és més eficient que la ruta convencional. El primer objectiu ja serà estudiat.

Per a respondre al segon objectiu, caldrà prendre una aproximació més teòrica. Encara no hi ha consens sobre els drets d'ús i la sobirania de les rutes, així que s'utilitzaran els



recursos disponibles com els aportats per la CNUDM (Convenció de les nacions Unides sobre el Dret del Mar), un marc legislatiu que respon a les preguntes sobre jurisdiccions territorials, i s'intentarà donar una opinió el més objectiva possible de quins drets haurien de prevaldre en un escenari ideal sense interessos polítics ni conflictes.

Pel que fa a les necessitats d'infraestructura de les rutes per a una navegació segura, cal fer en primer lloc un estudi teòric de les infraestructures existents actuals a les dues rutes principals que són la Nord-Est i la Nord-Oest. Pel que fa a la ruta transpolar, encara no és viable la navegació per a embarcacions comercials, només per a embarcacions trencaglaç molt especialitzades, per tant, es deixa apart en aquest estudi. Seguidament determinar tots els punts de *bunkering* possibles, així com altres ports que puguin proporcionar ajuda en cas d'emergència.

En quant al quart objectiu, s'utilitzaran els històrics de volum i trànsits per les diferents rutes per a realitzar un anàlisi predictiu dels possibles volums entre els anys 2040 i 2050. A partir de prediccions i previsions fetes pels països principals de les rutes, així com prediccions de tercers s'utilitzaran com a base de dades per a poder realitzar una predicció el més precisa possible. Es tindran en compte tots els supòsits i problemes que aquestes prediccions poden tenir a l'hora de predir amb precisió els volums esperats.

S'ha creat un cronograma amb el detall de les diferents etapes en el treball, junt amb el termini de temps previst per a completar-ho.

Taula 3. Cronograma del treball

ACCIONS A REALITZAR	Any		2021												2022																								
	Setmanes	Meu	Octubre	Novembre			Desembre			Gener			Febrer			Març			Abril			Maig			Juny														
			42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Data sol·licitud																																							
Elaborar el tema escollit																																							
Parlar amb el tutor																																							
Pluja d'idees i estructuració del treball																																							
Recerca d'informació i literatura prèvia																																							
Justificació i rellevància del tema escollit																																							
Redacció del marc teòric																																							
Redacció dels objectius de l'estudi																																							
Revisió de la Memòria 1																																							
Entrega de la Memòria 1																																							
Revisió del feedback de la Memòria 1																																							
Llista d'accions de correcció a emprendre																																							
Correcció d'errors																																							
Redacció de la metodologia del treball																																							
Recerca d'informació complementària																																							
Desenvolupament dels objectius plantejats																																							
Revisió de la Memòria Intermitja																																							
Entrega de la Memòria Intermitja																																							
Tribunal de seguiment																																							
Revisió del feedback de la Memòria Intermitja																																							
Llista d'accions de correcció a emprendre																																							
Correcció d'errors																																							
Redacció final de resultats i conclusions																																							
Revisió final del TFG																																							
Lliurament Memòria Final provisional al tutor																																							
Correccions necessàries																																							
Lliurament Final del TFG																																							
Defensa Oral Final del TFG																																							

Font: Elaboració Pròpia

## **5. Resultats**

### **5.1 Objectiu 1 - Estudi de cost**

Després d'haver determinat la metodologia del treball, ja es poden realitzar els càlculs de cada escenari. Els resultats obtinguts son els següents:

Imatge 13. Quadre resum dels resultats finals de cada escenari, amb l'opció més econòmica remarcada en verd.

<b>Rotterdam - Shanghai / 4500 TEU</b>				<b>Rotterdam - Shanghai / 6500 TEU</b>				<b>Rotterdam - Shanghai / 10000 TEU</b>			
	<b>Suez</b>	<b>Nord-Est</b>	<b>Nord-Oest</b>	<b>Suez</b>	<b>Nord-Est</b>	<b>Nord-Oest</b>	<b>Suez</b>	<b>Nord-Est</b>	<b>Nord-Oest</b>		
Cost total d'operació (6 mesos)	14.745.524 €	15.563.228 €	14.953.358 €	17.889.492 €	19.145.663 €	17.916.087 €	26.263.599 €	27.795.114 €	26.402.294 €		
Cost/TEU	410 €	293 €	329 €	345 €	249 €	273 €	329 €	235 €	261 €		
Cost TEU-milla	0,078 €	0,076 €	0,078 €	0,065 €	0,065 €	0,065 €	0,062 €	0,061 €	0,062 €		

<b>Rotterdam - Singapur / 4500 TEU</b>				<b>Rotterdam - Singapur / 6500 TEU</b>				<b>Rotterdam - Singapur / 10000 TEU</b>			
	<b>Suez</b>	<b>Nord-Est</b>	<b>Nord-Oest</b>	<b>Suez</b>	<b>Nord-Est</b>	<b>Nord-Oest</b>	<b>Suez</b>	<b>Nord-Est</b>	<b>Nord-Oest</b>		
Cost total d'operació (6 mesos)	14.362.939 €	16.170.627 €	15.196.398 €	19.363.599 €	19.938.022 €	18.203.056 €	26.191.755 €	29.624.157 €	27.083.620 €		
Cost/TEU	350 €	362 €	402 €	327 €	309 €	333 €	287 €	298 €	322 €		
Cost TEU-milla	0,084 €	0,074 €	0,077 €	0,078 €	0,063 €	0,064 €	0,069 €	0,061 €	0,062 €		

<b>Rotterdam - Los Angeles / 4500 TEU</b>				<b>Rotterdam - Los Angeles / 6500 TEU</b>				<b>Rotterdam - Los Angeles / 10000 TEU</b>			
	<b>Panamà</b>	<b>Nord-Est</b>	<b>Nord-Oest</b>	<b>Panamà</b>	<b>Nord-Est</b>	<b>Nord-Oest</b>	<b>Panamà</b>	<b>Nord-Est</b>	<b>Nord-Oest</b>		
Cost total d'operació (6 mesos)	14.826.879 €	14.958.144 €	14.923.825 €	18.070.048 €	20.166.852 €	17.848.711 €	25.514.866 €	29.561.667 €	27.504.145 €		
Cost/TEU	324 €	291 €	315 €	293 €	253 €	261 €	269 €	242 €	249 €		
Cost TEU-milla	0,083 €	0,082 €	0,079 €	0,075 €	0,069 €	0,065 €	0,069 €	0,066 €	0,062 €		

<b>Nova York - Singapur / 4500 TEU</b>				<b>Nova York - Singapur / 6500 TEU</b>				<b>Nova York - Singapur / 10000 TEU</b>			
	<b>Suez</b>	<b>Nord-Est</b>	<b>Nord-Oest</b>	<b>Suez</b>	<b>Nord-Est</b>	<b>Nord-Oest</b>	<b>Suez</b>	<b>Nord-Est</b>	<b>Nord-Oest</b>		
Cost total d'operació (6 mesos)	14.686.540 €	16.098.201 €	15.190.812 €	17.803.347 €	19.792.156 €	18.195.795 €	25.727.031 €	28.305.341 €	26.778.613 €		
Cost/TEU	400 €	423 €	400 €	336 €	360 €	331 €	315 €	335 €	317 €		
Cost TEU-milla	0,079 €	0,071 €	0,077 €	0,066 €	0,060 €	0,064 €	0,062 €	0,056 €	0,061 €		

Font: Elaboració Pròpia

Com es pot observar, en la majoria d'escenaris l'alternativa d'una ruta polar és més eficient a l'ús d'una ruta convencional. El primer criteri que permet decidir si és la millor alternativa és el cost per TEU-milla, ja que mostra el cost real d'ús de la ruta sense veure's afectat per factors com la distància de navegació. Per exemple, hi ha casos com en l'escenari 1 en la ruta Rotterdam-Shanghai on es pot observar que les alternatives que són la ruta convencional pel canal de Suez i l'ús de la ruta Nord-Oest tenen un cost total d'operació menor que la ruta Nord-Est, però aquesta última ofereix el millor cost per TEU-milla perquè permet fer més trajectes en 6 mesos degut a la distància de navegació.

Taula 4. Comparativa de la reducció de cost respecte rutes convencionals.

Escenari	Reducció del cost respecte ruta convencional
Escenari 1: Rotterdam - Shanghai	-5,3%
Escenari 2: Rotterdam - Singapur	-11,2%
Escenari 3: Rotterdam - Los Angeles	-5%
Escenari 4: Nova York - Singapur	-3,3%

Font: Elaboració Pròpia

Per altra banda, hi ha escenaris en que el cost TEU-milla és el mateix entre dues alternatives i per tant, el següent factor que fa decantar la balança és el cost per TEU transportat. Es troba també en l'escenari 1 aquesta situació. En l'embarcació de 6500 TEU, els 3 costos TEU-milla són idèntics, però per altra banda en la ruta Nord-Est existeix un avantatge en quant a cost per TEU, això és degut també a la relació entre la distància de navegació de cada trajecte i el nombre de trajectes que es poden realitzar en aquest període.

Tal com es podria preveure, els costos segueixen les economies d'escala esperades, en que la utilització de embarcacions de més capacitat redueix el cost unitari de transport. Per tant, es pot determinar que, per als 4 escenaris proposats, l'alternativa d'una ruta polar és més econòmica envers la utilització de la ruta convencional, ja sigui en cost per TEU-milla, com en cost per TEU transportat.

Cal destacar però que la estacionalitat de 6 mesos seleccionada per a l'estudi és sempre amb una previsió d'ús a 20-30 anys, ja que actualment la ruta no és navegable tants mesos de manera segura.

## 5.2 Objectiu 2 - Geopolítica de l'Àrtic

Com bé s'ha mencionat anteriorment, el canvi climàtic està suposant canvis per a l'oceà Àrtic, incloent una major accessibilitat als ports existents així com la obertura de noves rutes de transport comercial. Aquestes tres rutes són la ruta Nord-Est, la ruta Nord-Oest i la ruta Trans-polar. Els interessos polítics, socials i militars dels diferents països fronterers amb l'oceà Àrtic estan fent que aquests es replantegin la regió com una regió de competència geopolítica.

L'Àrtic sempre ha estat una regió de cooperació i baixes tensions, però això està canviant. Un estudi del *US Congressional Research Service (CRS)* sobre l'Àrtic ha demostrat que tot i seguir essent un espai de cooperació, països com Rússia, Estats Units o la Xina comencen a mostrar el seu interès per l'explotació del terreny. Aquests estats han mostrat interès en utilitzar aquestes rutes de menor distància per a obtenir avantatges en el transport de mercaderies, en la extracció de recursos naturals, en activitats militars i també en activitats com la pesca i el turisme. Tot i això, degut a factors com la impredictibilitat del mar, condicions climàtiques extremes, els elevats costos i la falta d'infraestructures de suport d'aquestes activitats en aquesta regió, l'Àrtic té molts obstacles per al creixement socioeconòmic i marítim.

Tot i els obstacles, aquest interès creixent comporta tensions entre països. L'augment del tràfic marítim sobretot d'embarcacions estrangeres, pròxim a les costes dels països limítrofs, farà que aquests països hagin de determinar com gestionaran els seus territoris i accessos. Sense cap tipus de vigilància i control, els països àrtics tenen risc de facilitar o permetre un augment d'activitats il·legals en la regió. En són exemples la pesca il·legal, o el trànsit il·legal de mercaderies per les rutes polars. A part, el desenvolupament de les rutes polars com a artèries del comerç internacional també pot portar conseqüències. Hi ha disputes territorials no resoltes sobre la sobirania sobre aquestes rutes si la navegació comercial es torna viable en aquestes rutes.

### **5.2.1 Ruta Nord-Est**

Tot i que la ruta Nord-Est vas ser oberta per la Unió Soviètica a la dècada de 1930, mai ha estat una via de navegació fiable degut a l'alt nivell de gel durant l'any. Degut al canvi climàtic es preveu que la navegació sigui viable en les pròximes dècades però cal determinar qui té el dret de gestió de la ruta. Rússia ja ha declarat que en té el dret i reclama que té els drets exclusius d'explotació ja que la ruta passa per les seves aigües, però altres països com els Estats Units ja han disputat la reclamació. Canadà però sí reconeix el dret de Rússia a la ruta Nord-Est ja que també Rússia reconeix el dret de Canadà a la ruta Nord-Oest.

Un altre factor a tenir en compte és el desenvolupament d'infraestructures de la pròpia ruta. Mentre que Estats Units no ha fet cap esforç pel desenvolupament de la ruta, Rússia i la Xina estan treballant junts per a facilitar la utilització de la via. La Xina ha expressat la importància que la ruta podria aportar als interessos econòmics del país. Geopolíticament, a nivell mundial aquesta unió té grans implicacions ja que apropa com a aliats a Rússia i la Xina i els propicia a desenvolupar tot el necessari per a l'explotació d'aquesta ruta com la construcció de noves embarcacions trencagliaç.

### **5.2.2 Ruta Nord-Oest**

Com a segona ruta més important de l'Àrtic, aquesta via queda relegada en segon pla, tot i que també aixeca preocupacions geopolítiques, molts cops reflexant les de Rússia. El Canadà declara que la ruta passa per aigües canadenques i per tant té el dret d'explotació total. Analistes del país estan realitzant també estudis sobre potencials catàstrofes mediambientals, seguretat militar i sobre la seguretat de la població canadenca. Tot i això, altres països també reclamen la sobirania sobre la ruta, com la unió europea o Estats Units, els quals declaren que la via passa per un estret internacional, i no es pot suspendre el dret de pas.

Com que el ritme de desenvolupament de les vies encara és molt lent, encara no s'han resolt les principals qüestions mencionades sobre sobirania i drets d'utilització. Per això, encara hi ha temps per a fomentar la cooperació entre els països i garantir que l'impacte sobre el medi sigui el més baix possible.

Un dels desenvolupaments més importants i interessants per a la viabilitat de les rutes àrtiques és l'obertura de nous ports i infraestructures a l'àrtic. Amb Rússia com a principal motor d'aquest canvi, la militarització de les aigües àrtiques russes és una de les majors preocupacions internacionalment. En els últims 50 anys, Rússia ha reobert més de 50 bases soviètiques, donant així una millor xarxa de ports a l'àrtic i enviant un missatge a la comunitat internacional de la seva intenció de mantenir la sobirania sobre aquestes aigües.

Es poden considerar aquests ports com els primers passos dels països de reclamar territori. Des de Estats Units, el secretari d'Estat Mike Pompeo ha declarat que l'obertura d'aquests ports és semblant a les activitats de la Xina al mar de la Xina Meridional, presentant un comportament agressiu, això deixa clara la interpretació que fa Estats Units de les accions d'ambdós països.

Per altra banda, cal destacar que accions com l'extracció d'hidrocarburs del subsol àrtic requereix d'una gran i costosa infraestructura en forma de ports i bases, i no és possible esperar creixement econòmic sense el subseqüent suport governamental per a aquestes infraestructures.

### **5.2.3 conflicte subjacent**

Tots els països participants depenen en gran mesura de la CNUDM (Convenció de les Nacions Unides sobre el Dret del Mar) per a justificar els seus drets. Seguint al que ja era llei, la CNUDM va expressar en l'article 87 la llibertat de navegació en alta mar. També garanteix el pas innocent per aigües territorials, i el dret de pas per aigües arxipelàgiques. Reconeix el dret de pas per 'estrets utilitzats per a la navegació internacional', i també al pas per zones econòmiques exclusives.

Seguint les normes de la CNUDM, Rússia va acollir-se a l'article 234 per a regular el pas a embarcacions que naveguen en aigües cobertes de gel més enllà de les seves aigües territorials. Aquest article és bàsic per determinar fins a quin punt els països poden reclamar la sobirania sobre les aigües polars. Essencialment dona poder regulador als països que tinguin aigües cobertes de gel inclús més enllà de les seves aigües territorials però dins de la seva zona econòmica especial.

Aquí es troba un altre punt de conflicte, i es tracta de què és considerat aigües cobertes de gel, ja que com bé s'ha mencionat en el marc teòric, hi ha molts tipus i gruixos de gel al mar, i en períodes de temps variables anualment. Per aquest motiu, no existeix un consens internacional sobre aquest article. En l'article, es troben també ambigüitats en la clàusula final: "Aquestes lleis i reglaments respectaran degudament la navegació i la protecció i preservació del medi ambient marí sobre la base dels millors coneixements científics disponibles." Mentre que es relaciona amb la capacitat d'un estat per a protegir el medi ambient i els drets d'altres països de navegar lliurement per les aigües, el llenguatge utilitzat és ampli i obert a múltiples interpretacions.

Imatge 14. Països limítrofs i els actuals límits acordats i no acordats.



Font: Visual Capitalist., 2021

Com s'ha mencionat, Rússia i Canadà estan interessats en la distribució per sectors, ja que els dona un gran avantatge respecte als altres actors. Aquesta distribució es basa en declaracions unilaterals per aquests països no ratificades per la CNUDM, i adjudiquen tant a Rússia com a Canadà els territoris de oceà àrtic entre les seves fronteres i el pol nord. El document de Rússia anomenat "*The Basic Principles of the State Policy of the Russian Federation in the Arctic until 2020 and Beyond*" publicat el



setembre de 2008, menciona que el que pretén és expandir la base de recursos per abastir a la població, mantenir una presència militar a la zona, eliminar amenaces mediambientals i també fomentar la cooperació bilateral i multilateral. El mateix en diferents paraules es menciona en el document unilateral canadenc anomenat “Canada’s Northern Strategy” de l’any 2009.

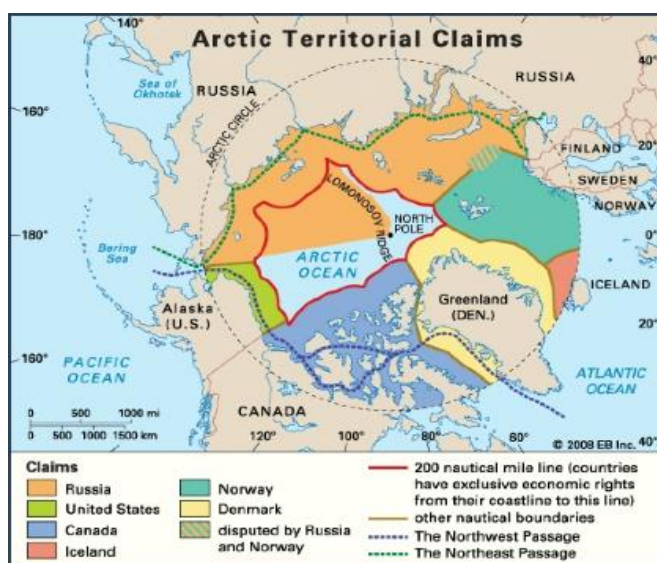
La resta de països han mencionat que preferirien que la CNUDM, tenint en compte les delimitacions de les zones econòmiques especials i els drets de navegació per estrets internacionals, proposés un tractat on tots els actors tinguessin un paper rellevant. Cal mencionar el paper de Estats Units, ja que aquest país no ha ratificat la convenció de la CNUDM del 1982, però vol la seva aplicació, havent arribat a emetre el seu propi document unilateral sobre els seus drets a l’àrtic anomenat: “National Strategy for the Arctic Ocean” de l’any 2013.

Taula 5. Països amb drets sobre el territori de les rutes polars segons distribucions.

Distribució per sectors		Distribució per territoris	
Ruta Nord-Est	Ruta Nord-Oest	Ruta Nord-Est	Ruta Nord-Oest
Rússia	Canadà	Rússia Suècia Noruega	Dinamarca Canadà Estats Units

Font: Elaboració Pròpia

Imatge 15. Disputes territorials àrtiques



Font: High North News, 2018

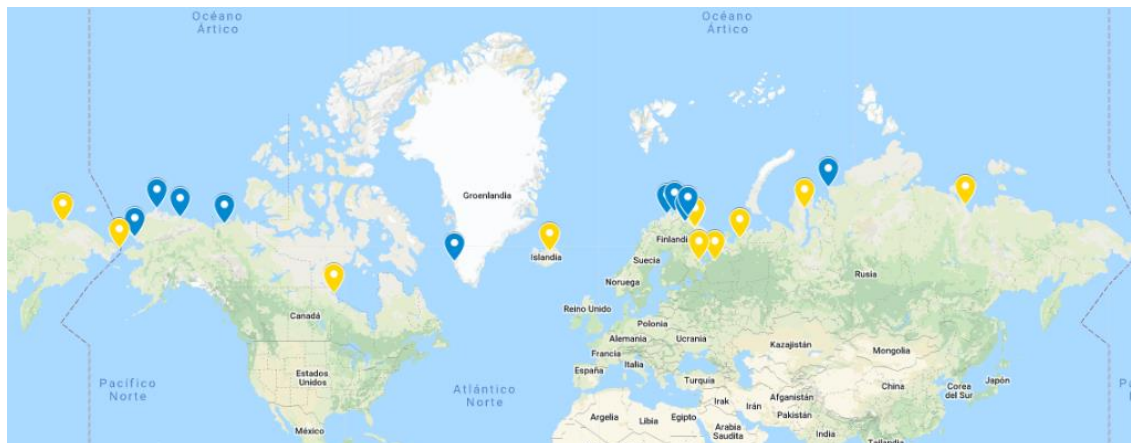
Per a garantir que la explotació de l'àrtic es realitza de manera segura, el millor seria la creació d'un tractat o convenció on tots els estats i actors en el territori àrtic puguin aportar la seva part i tenir un paper rellevant en la presa de decisions del mateix. El dret de navegació i el dret de pas innocent per les aigües dels països limítrofs no pot prohibir-se, però tractant-se d'una ruta de navegació com la ruta polar, que en les seves primeres dècades d'ús suposarà un repte amb grans dificultats per a les embarcacions que vulguin navegar-hi, els països protagonistes com són Rússia i Canadà en les dues principals rutes hauran d'assumir un paper major en la explotació d'aquestes rutes ja sigui únicament per la infraestructura necessària per a poder navegar amb seguretat com ports i bases d'emergència, les quals es trobaran en els seus territoris continentals.

Caldrà també donar especial menció als poders militars dels països que volen tenir presència en l'àrtic, ja que amb molta seguretat aquests no estaran d'acord a quedar-se enrere en la carrera per l'àrtic, ja sigui per les rutes de navegació existents com per l'explotació de recursos naturals del subsol àrtic.

### **5.3 Objectiu 3 - Necessitats d'infraestructura**

Un dels aspectes més importants a tenir en compte a l'hora de plantejar la viabilitat d'una ruta polar és la infraestructura de la mateixa per a poder assistir correctament a les embarcacions que hi naveguin regularment. Trobant com a protagonista el servei de *bunkering* (Oferta de combustible), però també amb la necessitat d'oferir-ne d'altres, com la cobertura de possibles emergències, remolcadors, dic sec per a reparacions o modificacions, o ports on resguardar-se quan les condicions del mar fan impossible la navegació.

Imatge 16. Ports àrtics existents



Font: Elaboració Pròpia

En aquest mapa es pot observar l'actual distribució de ports de l'àrtic. Els marcats en color blau representen petits ports que poden tenir embarcacions de suport o emergència però no poden oferir serveis majors com *bunkering* o dic sec. Per altra banda els ports marcats en groc sí tenen un tamany suficient per oferir servei de *bunkering* i dic sec per a embarcacions com les estudiades.

Com a referència, segons les dades de l'estudi de *Damas et al., de 2012*, una embarcació de 5.000 TEU té una capacitat de combustible d'entre 7 i 9 milions de litres de fuel, i una embarcació de 10.000 TEU té una capacitat d'entre 11 i 16 milions de litres de combustible. Per altra banda, el consum d'aquestes embarcacions és de 295.000 litres per dia de navegació a uns 20 nusos, que es redueix a 150.000 a 15 nusos per a l'embarcació de 5.000 TEU i un consum de 400.000 litres al dia a 20 nusos per a les embarcacions de 10.000 TEU, que es redueixen a 200.000 a 15 nusos.

Utilitzant aquestes dades s'obté que una embarcació de les estudiades pot navegar entre 20 i 30 dies sense necessitat de abastir-se, el que suposa requerir de servei de *bunkering* un cop per trajecte per a les rutes més llargues (Nova York-Singapur, 11.938 milles nàutiques), i un cop cada dos trajectes aproximadament per a les rutes més curtes (Rotterdam-Shanghai, 7.725 milles nàutiques).

Per tant, es pot determinar que tot i que ara mateix el nivell d'infraestructura de les rutes es mínim, seria viable la navegació per aquestes rutes. Per altra banda, mentre que en la ruta Nord-est hi ha nombrosos ports, alguns de gran capacitat, i la flota de

trencaglaços russa permetria l'assistència de qualsevol emergència en aquesta ruta, en la ruta Nord-oest hi ha un dèficit d'infraestructures de suport a la navegació com bases d'emergència i assistència en cas d'accident o averia d'una embarcació que, degut a la dificultat del terreny i les condicions, és probable que succeeixi durant l'explotació d'aquesta ruta. Rússia disposa d'una flota de més de 50 trencaglaços, essent 4 d'ells nuclears de classe polar 1, mentre que Canadà només en té 11, sense cap de classe polar 1.

Imatge 17. Zona de la ruta Nord-oest amb baix nombre de ports d'assistència.



Font: Elaboració Pròpia

Per tant, si Canadà vol obtenir el dret d'explotació de la ruta Nord-oest ha de garantir la seguretat de les embarcacions que hi naveguin, oferint suficients ports, i bases d'emergència per a imprevistos durant els trànsits, així com una flota d'embarcacions trencaglaç que puguin assistir avaries i incidències que hi haurà sobretot durant les primeres dècades d'ús quan les condicions seran més adverses.

#### 5.4 Objectiu 4 – Volum de trànsit

Per a respondre al quart objectiu, cal determinar quin serà el volum estimat de navegació per aquestes vies. Per això s'utilitzaran els històrics recollits per països, organitzacions

i agències sobre el volum de mercaderies transportat anualment o el nombre de navegacions i trànsits anuals.

Imatge 18. Volums de tràfic actuals anuals en milers de tones amb les possibles rutes alternatives.



Font: Isemar, 2020

La dificultat per estimar amb precisió el volum de trànsit en aquestes rutes és molt elevada, essent el pròxim anàlisi només una aproximació basat en prediccions i previsions fetes pels governs dels països limítrofs a les rutes.

#### 5.4.1 Ruta Nord-est

Segons el president de la federació russa, en el decret "No. 204 On national Goals and Strategic Objectives for the Development of the Russian Federation for the Period up to 2024", del 7 de maig de 2018, es preveu que el volum de trànsit per la ruta Nord-est

augmenti a 80 milions de tones anuals l'any 2024. Altres previsions apunten a xifres diferents.

Taula 6. Volums de trànsit i previsions per al 2024 en milers de tones.

Freight traffic structure	2019 (fact)	2024	
		negative scenario	optimistic scenario
Liquefied natural gas and gas condensate	19 614.7	35 500	41 000
Oil and petroleum products	8162.9	9250	17 100
Other cargo and transit	3465.7	3500	11 500
Coal, ore	288.0	1000	23 000
Total	31 531.3	492 50	92 600

Font: D.O Eliseev & Yu. V. Naumova (2021)

Actualment, el volum de trànsit per la ruta Nord-est és insignificant, i és difícil preveure de quina manera aquest trànsit augmentarà en els pròxims anys. En els últims anys, la utilització de la ruta ha disminuït en gran mesura. Empreses com *Maersk* i *Cosco* van declarar volums de fins a 12 tones per a 2028, seguit d'un augment a 28 milions de tones per als següents anys. Tot i això, el problema geopolític i la situació econòmica global compliquen molt els plans d'atreure grans navilieres a aquestes rutes. Els volums actuals de trànsit corresponen més a proves d'ús de les rutes que a un ús real d'aquestes.

Després, hi ha el problema de les economies d'escala amb les grans embarcacions (+15.000 TEU) que s'estan utilitzant per les rutes convencionals. Aquestes embarcacions redueixen en gran mesura el preu unitari de transport i dificulten la oferta competitiva de les rutes polars com a alternativa més eficient. També es degut a que actualment la construcció d'una flota àrtica és indispensable per a l'operació segura en rutes polars, per això, aquest estudi al estar enfocat a un horitzó de 20-30 anys, és a dir, del 2040 al 2050 aproximadament, s'assumeix que per les rutes polars podran navegar embarcacions sense classificació polar, i amb volums aproximats als de les rutes convencionals, agafant un màxim de 10.000 TEU en rutes polars, en comptes dels 24.000 TEU màxims de les embarcacions actuals en rutes convencionals.

També cal tenir en compte que la majoria de rutes que utilitzarien la ruta Nord-est com a alternativa a la ruta convencional deixarien de realitzar parades a nombrosos ports entre Europa i el sud-est asiàtic, pel que l'interès per canviar de ruta es basaria més en el caràcter ràpid de la ruta, que permet transportar mercaderies crítiques en molt menys temps que per la ruta convencional.

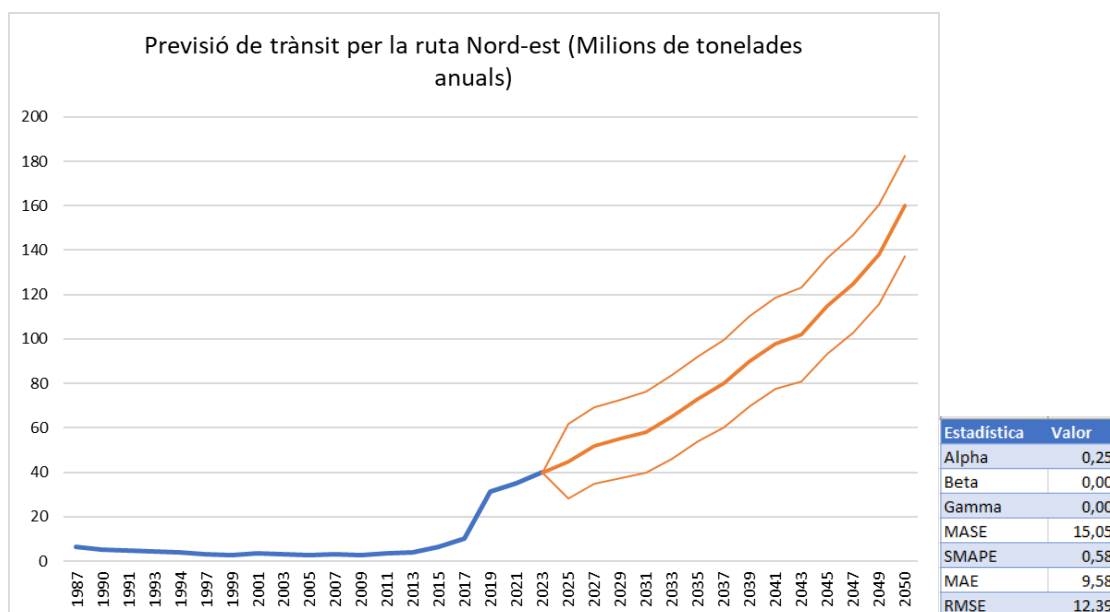


Taula 7. Volums de trànsit de la ruta Nord-est en milions de tones amb previsions a futur.

Any	1987	2016	2019	2021	2022 (Previsió)	2024 (Previsió)
Volum anual	6,5	7,5	31,5	34,85	40	60

Font: Elaboració pròpia

Gràfic 1. Previsió a futur del trànsit per la ruta Nord-est en milions de tones.



Font: Elaboració pròpia

Amb una regressió lineal es calcula la previsió de creixement de l'any 2024 a partir de la predicció anteriorment mencionada, i d'aquí fins 2050 una previsió amb límits de confiança inferiors i superiors.

Per tant, es pot estimar que per a l'any 2040 el volum de trànsit estimat a la ruta Nord-est serà de entre 80 i 120 milions de tones, amb un volum mitjà de 100 milions de tones, mentre que al 2050 el volum aproximat serà de entre 138 i 182 milions de tones.

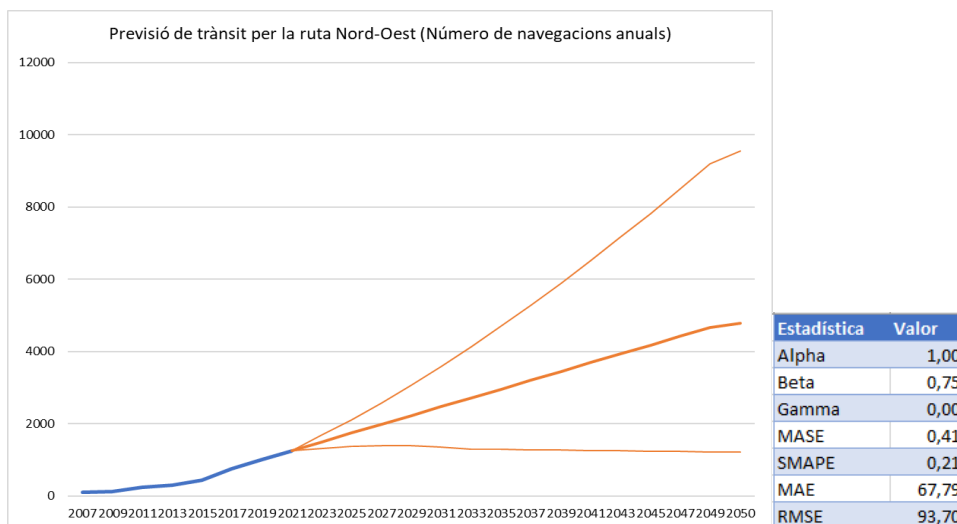
Aquestes xifres assumint que Rússia com a principal actor realitza les millores necessàries en infraestructura de ports i bases de suport per garantir l'assistència a les embarcacions.

### 5.4.2 Ruta Nord-oest

Aquesta ruta presenta més dificultats que l'anterior per a preveure el trànsit. Tot i tenir un menor volum de trànsit que la ruta Nord-est, actualment també està molt menys preparada a nivell d'infraestructura per a poder suportar el volum comercial necessari. La ruta encara no s'ha utilitzat per cap naviliera com a ruta comercial, només s'han fet proves d'ús per diferents tipus d'embarcacions trobant només el número de passatges realitzats per any.

Es realitzarà una previsió del nombre de passatges que pot haver-hi en el futur, i tenint en compte el volum mitjà de transport d'una embarcació comercial calcular el volum total de trànsit anual entre els anys 2040 i 2050.

Gràfic 2. Previsió a futur del trànsit per la ruta Nord-oest en navegacions anuals.



Font: Elaboració pròpia

Després d'analitzar les dades obtingudes, cal destacar que aquesta previsió té un marge d'error respecte a la realitat molt major, ja que no té en compte el volum en tones de mercaderia transportada, que permet fer una mitjana molt més precisa del volum de cada embarcació que hi navega, sinó que dona el nombre de navegacions esperat sense tenir en compte el volum de cada una d'aquestes embarcacions.

S'obté que entre l'any 2040 i 2050 hi haurà entre 3500 i 4800 navegacions anuals. Hi ha una gran dificultat en preveure quines d'aquestes navegacions seran embarcacions de mercaderies, però utilitzant la taula trobada al ANNEX 2, podem determinar quantes



embarcacions anualment realitzen les navegacions pel canal de Panama i veurien beneficiat el trajecte utilitzant la ruta polar. A partir de la taula es troba:

Taula 8. Principals rutes que utilitzen el canal de Panamá i volums anuals.

Ruta	Volum anual (2021)
Costa Est Estats Units - Àsia	125 milions de tones
Europa - Costa Oest Estats Units	6,8 milions de tones
Costa Oest Canadà - Europa	3,4 milions de tones

Font: Elaboració Pròpia

Es pot determinar que a 2021, hi ha 135,2 milions de tones que naveguen pel canal de Panamá i podrien aprofitar l'ús de la ruta polar. Però no es pot esperar que el 100% d'embarcacions agafin aquesta alternativa perquè hi ha nombroses rutes que aprofiten el trajecte per realitzar parades a altres ports importants de manera que, al igual que la ruta Nord-est, la utilització d'aquesta ruta sí que serà utilitzada com a alternativa però sobretot s'utilitzarà com a opció ràpida per a mercaderies crítiques. Així, si amb els volums actuals, ajustats al creixement estudiat en la previsió del nombre de navegacions, i suposant que un 10% de les embarcacions passen a utilitzar la ruta polar de manera regular, s'obté:

Taula 9: Previsió de navegacions a futur per la ruta polar.

Navegacions 2021	Navegacions 2040	Navegacions 2050
1254	3500 (x2,79)	4800 (x3,82)

Font: Elaboració pròpia

*Volum canal de Panamá 2021: 135,2 milions de tones*

*10% passa a utilitzar la ruta polar: 13,5 milions de tones al 2021*

*x2,79: 37,6 milions de tones al 2040*

*x3,82: 51,57 milions de tones al 2050*

Aquesta xifra és una aproximació amb les dades amb les que es compta i es considera que té un marge d'error elevat degut a que s'ha extret només a partir de previsions i prediccions.

## **6. Conclusions**

Després de realitzar el treball empíric es poden extreure de l'estudi les següents conclusions:

- S'ha demostrat la viabilitat econòmica de la utilització de rutes polars en certs escenaris, reduint en tots els casos el cost per TEU transportada, tenint en compte els diferents tipus d'embarcació que poden arribar a navegar per aquestes aigües en un horitzó de 20-30 anys.
- S'ha ofert una visió objectiva de l'actual situació geopolítica del àrtic. Actualment no hi ha consens entre els principals actors, i seria adequada la creació d'un tractat per part d'una organització internacional que delimités amb precisió les responsabilitats, drets i funcions de tots els països interessats en la zona.
- La infraestructura actual en les rutes àrtiques és insuficient per a garantir la seguretat del pas d'embarcacions de gran tonatge, tot i que seria possible la navegació comercial, sobretot en la ruta Nord-oest. Si els principals actors (Rússia i Canadà) volen tenir un paper protagonista en aquestes rutes, han d'assegurar un mínim d'infraestructura bàsica com ports i bases d'assistència per a la navegació.
- La predicció de volums de trànsit a tants anys vista és altament especulativa, basada només en prediccions i previsions fetes principalment pels països limítrofs a les rutes, però tot i això les expectatives de creixement són bones, i amb seguretat s'arribarà a les xifres previstes en un horitzó de temps menor o major.
- El enfoc ambiental i social de la transició a les rutes polars ha de tenir un paper protagonista, tenint sempre com a factor clau el manteniment de la flora i fauna locals, així com els interessos dels diferents grups socials de la zona.
- La literatura sobre el tema encara és reduïda, al tractar-se d'unes rutes que actualment encara no són transitables, en les properes dècades les perspectives d'èxit a futur són molt volàtils i van fortament lligades a la situació econòmica de la societat.

## 7. Propostes de millora

Tot i haver donat un enfoc ampli en aquest estudi, tenint en compte aspectes econòmics, polítics, socials i tecnològics en la utilització de les rutes polars, hi ha aspectes en els que la recerca no aportarà avantatges com en la atribució de drets d'explotació o d'ús dels diferents actors en l'oceà àrtic. La intervenció d'un organisme internacional imparcial és totalment necessària per a una transició cap a un àrtic repartit equitativament sense recórrer a recursos militars.

L'estudi sobre els volums de trànsit futurs ha estat superficial, caldria un anàlisi matemàtic molt més exhaustiu, amb models de previsió més precisos i amb moltes més variables per a poder aportar resultats fiables.

A mesura que els anys avancin, les dades sobre el desglaç de l'àrtic seran més precises i permetrà determinar amb més precisió quan aquestes rutes seran totalment utilitzables per embarcacions sense característiques polars.

Una aproximació més comercial i econòmica de l'estudi haurà de ser realitzat per les pròpies navilieres ja que els costos esmentats en aquest estudi són aquells que es coneixen públicament però els rendiments de les embarcacions poden ser diferents degut a les diferents polítiques de preus, i condicions de treball de cada empresa.

## 8. Bibliografia

Beveridge, L., Fournier, M., Lasserre, F., Huang, L., & Têtu, P. L. (2016). Interest of Asian shipping companies in navigating the Arctic. *Polar Science*, 10(3), 404–414. <https://doi.org/10.1016/j.polar.2016.04.004>

Buixadé Farré, A., Stephenson, S. R., Chen, L., Czub, M., Dai, Y., Demchev, D., Efimov, Y., Graczyk, P., Grythe, H., Keil, K., Kivekäs, N., Kumar, N., Liu, N., Matelenok, I., Myksvoll, M., O'Leary, D., Olsen, J., Pavithran, A.P., S., Petersen, E., . . . Wighting, J. (2014). Commercial Arctic shipping through the Northeast Passage: routes, resources, governance, technology, and infrastructure. *Polar Geography*, 37(4), 298–324. <https://doi.org/10.1080/1088937x.2014.965769>

Corbett, J. J., Lack, D. A., Winebrake, J. J., Harder, S., Silberman, J. A., & Gold, M. (2010). Arctic shipping emissions inventories and future scenarios. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 10(19), 9689–9704. <https://doi.org/10.5194/acp-10-9689-2010>

Gao, T., & Erokhin, V. (2020). China-Russia collaboration in arctic shipping and maritime engineering. *The Polar Journal*, 10(2), 353–374. <https://doi.org/10.1080/2154896x.2020.1799612>

Ghosh, S., & Rubly, C. (2015). The emergence of Arctic shipping: issues, threats, costs, and risk-mitigating strategies of the Polar Code. *Australian Journal of Maritime & Ocean Affairs*, 7(3), 171–182. <https://doi.org/10.1080/18366503.2015.1093695>

Ho, J. (2010). The implications of Arctic sea ice decline on shipping. *Marine Policy*, 34(3), 713–715. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2009.10.009>

Lasserre, F. (2014a). Case studies of shipping along Arctic routes. Analysis and profitability perspectives for the container sector. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 66, 144–161. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2014.05.005>

Lasserre, F. (2014b). Simulations of shipping along Arctic routes: comparison, analysis and economic perspectives. *Polar Record*, 51(3), 239–259. <https://doi.org/10.1017/s0032247413000958>

Lasserre, F., Beveridge, L., Fournier, M., Têtu, P. L., & Huang, L. (2016). Polar seaways - Maritime transport in the Arctic: An analysis of shipowners' intentions II. *Journal of Transport Geography*, 57, 105–114. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.10.004>

Meng, Q., Zhang, Y., & Xu, M. (2016). Viability of trans arctic shipping routes: a literature review from the navigational and commercial perspectives. *Maritime Policy & Management*, 44(1), 16–41. <https://doi.org/10.1080/03088839.2016.1231428>

Paxian, A., Eyring, V., Beer, W., Sausen, R., & Wright, C. (2010). Present-Day and Future Global Bottom-Up Ship Emission Inventories Including Polar Routes. *Environmental Science & Technology*, 44(4), 1333–1339. <https://doi.org/10.1021/es9022859>

Peters, G. P., Nilssen, T. B., Lindholt, L., Eide, M. S., Glomsrød, S., Eide, L. I., & Fuglestad, J. S. (2011). Future emissions from shipping and petroleum activities in the Arctic. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 11(11), 5305–5320. <https://doi.org/10.5194/acp-11-5305-2011>

Smith, L. C., & Stephenson, S. R. (2013). New Trans-Arctic shipping routes navigable by midcentury. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(13), E1191–E1195. <https://doi.org/10.1073/pnas.1214212110>

Somanathan, S., Flynn, P. C., & Szymanski, J. K. (2007). Feasibility of a Sea Route through the Canadian Arctic. *Maritime Economics & Logistics*, 9(4), 324–334. <https://doi.org/10.1057/palgrave.mel.9100185>

Tseng, P. H., & Pilcher, N. (2017). Assessing the shipping in the Northern Sea Route: a qualitative approach. *Maritime Business Review*, 2(4), 389–409. <https://doi.org/10.1108/mabr-06-2017-0013>

Zhu, S., Fu, X., Ng, A. K., Luo, M., & Ge, Y. E. (2018). The environmental costs and economic implications of container shipping on the Northern Sea Route. *Maritime Policy & Management*, 45(4), 456–477. <https://doi.org/10.1080/03088839.2018.1443228>

Eliseev, D. O., & Naumova, Y. V. (2021). Simulation of Transit Transportation along the Northern Sea Route under Climate Change. *Studies on Russian Economic Development*, 32(2), 160–168. <https://doi.org/10.1134/s1075700721020040>

Melia, N., & Hawkins, E. (2017). Future of the Sea: Implications from Opening Arctic Sea Routes Foresight. *Future of the Sea: Implications from Opening Arctic Sea Routes Foresight*.

Østreng, W., Eger, K. M., Fløistad, B., Jørgensen-Dahl, A., Lothe, L., Mejlænder-Larsen, M., & Wergeland, T. (2013). Shipping in Arctic Waters. -.

<https://doi.org/10.1007/978-3-642-16790-4>

Stephenson, S. R., Smith, L. C., Brigham, L. W., & Agnew, J. A. (2013). Projected 21st-century changes to Arctic marine access. *Climatic Change*, 118(3–4), 885–899.

<https://doi.org/10.1007/s10584-012-0685-0>

Verny, J., & Grigentin, C. (2009). Container shipping on the Northern Sea Route. *International Journal of Production Economics*, 122(1), 107–117.

<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2009.03.018>

Young, O. R., & Kim, J. D. (2021). Next steps in Arctic Ocean Governance Meeting the challenge of coordinating a dynamic regime complex. *Marine Policy*, 133, 104726.

<https://doi.org/10.1016/j.marpol.2021.104726>

## 9. Webgrafia

SeaRoutes - Consultat: Novembre 2021

<https://classic.searoutes.com/routing?speed=13&panama=true&suez=true&kiel=true&rivers=block&roads=block>

Ziprecruiter - Consultat: Novembre 2021

<https://www.ziprecruiter.com>

CNUDMAR – Consultat: Novembre 2021

[https://www.un.org/depts/los/convention\\_agreements/texts/unclos/unclos\\_e.pdf](https://www.un.org/depts/los/convention_agreements/texts/unclos/unclos_e.pdf)

Banco Mundial – Consultat: Novembre 2021

<https://www.bancomundial.org/es/home>

Drewry – Consultat: Novembre 2021

<https://www.drewry.co.uk/>

CNUCID – Consultat: Desembre 2021

<https://unctad.org/es>

WorldShipping - Consultat: Desembre 2021

<https://www.worldshipping.org/>

Visual Capitalist – Consultat: Desembre 2021

<https://www.visualcapitalist.com/>

Sea-Distances – Consultat: Gener 2022

<https://sea-distances.org/>

Research Gate – Consultat: Febrer 2022

<https://www.researchgate.net/>

El Orden Mundial - Consultat: Febrer 2022

<https://elordenmundial.com/>

High North News – Consultat: Maig 2022

<https://www.highnorthnews.com/en/shipping-traffic-canadian-arctic-nearly-triples>

ISEMAR – Consultat: Maig 2022

<https://www.isemar.fr/en/>



## ANNEX 1

Imatge 13. Escenari 1: Rotterdam-Shanghai. Embarcació de 4500 TEU

	Suez	Nord-Est	Nord-Oest
Distància (nm)	10548	7725	8374
Factor de càrrega, Est	0,7	0,65	0,8
Factor de càrrega, Oest	0,85	0,8	0,65
TEU, Direcció Est	3150	2925	3600
TEU, Direcció Oest	3825	3600	2925
Dies de navegació	21	16	22
Retards Canal de Suez	2	0	0
Ports Escala	6	3	2
Dies en cada port	2	2	2
Total dies en port	12	6	4
Temps per trajecte	35	22	26
Velocitat mitjana (kts)	21	20	16
Número Segments (6 mesos)	5,15	8,15	6,97
Número Segments Arrodonit	5	8	7
TEU's Totals Transportades	35945	53160	45510
<b>DESPESES (6 mesos)</b>			
Membres Tripulació	20	22	22
Sou mensual promig/ Tripulant	3.378 €	3.547 €	3.547 €
Cost Total Tripulació	405.360 €	468.191 €	468.191 €
Assegurança	700.000 €	1.200.000 €	1.800.000 €
Cost de Capital	4.800.000 €	5.200.000 €	5.200.000 €
Manteniment	300.000 €	360.000 €	360.000 €
Cuotes de trànsit per segment	350.000 €	269.156 €	- €
Total cuotes de trànsit	1.803.681 €	2.192.843 €	- €
Combustible Consumit (Tn)	9707	6556	7605
Preu Combustible (€/Tn)	694 €	937 €	937 €
Cost Total Combustible	6.736.483 €	6.142.194 €	7.125.167 €
<b>Cost total (6 mesos)</b>	<b>14.745.524 €</b>	<b>15.563.228 €</b>	<b>14.953.358 €</b>
<b>Cost/TEU</b>	<b>410 €</b>	<b>293 €</b>	<b>329 €</b>
<b>Cost TEU-milla</b>	<b>0,078 €</b>	<b>0,076 €</b>	<b>0,078 €</b>

Font: Elaboració Pròpia

Imatge 14. Escenari 1: Rotterdam-Shanghai. Embarcació de 6500 TEU

	Suez	Nord-Est	Nord-Oest
Distància (nm)	10548	7725	8374
Factor de càrrega, Est	0,7	0,65	0,8
Factor de càrrega, Oest	0,85	0,8	0,65
TEU, Direcció Est	4550	4225	5200
TEU, Direcció Oest	5525	5200	4225
Dies de navegació	21	16	22
Retards Canal de Suez	2	0	0
Ports Escala	6	3	2
Dies en cada port	2	2	2
Total dies en port	12	6	4
Temps per trajecte	35	22	26
Velocitat mitjana (kts)	21	20	16
Número Segments (6 mesos)	5,15	8,15	6,97
Número Segments Arrodonit	5	8	7
TEU's Totals Transportades	51920	76786	65737
<b>DESPESES (6 mesos)</b>			
Membres Tripulació	23	25	25
Sou mensual promig/ Tripulant	3.378 €	3.716 €	3.716 €
Cost Total Tripulació	466.164 €	557.370 €	557.370 €
Assegurança	770.000 €	1.320.000 €	1.980.000 €
Cost de Capital	5.280.000 €	5.720.000 €	5.720.000 €
Manteniment	330.000 €	396.000 €	396.000 €
Cuotes de trànsit per segment	400.000 €	388.781 €	- €
Total cuotes de trànsit	2.061.350 €	3.167.440 €	- €
Combustible Consumit (Tn)	12942	8523	9887
Preu Combustible (€/Tn)	694 €	937 €	937 €
Cost Total Combustible	8.981.978 €	7.984.853 €	9.262.717 €
<b>Cost total (6 mesos)</b>	<b>17.889.492 €</b>	<b>19.145.663 €</b>	<b>17.916.087 €</b>
<b>Cost/TEU</b>	<b>345 €</b>	<b>249 €</b>	<b>273 €</b>
<b>Cost TEU-milla</b>	<b>0,065 €</b>	<b>0,065 €</b>	<b>0,065 €</b>

Font: Elaboració Pròpia

Imatge 15. Escenari 1: Rotterdam-Shanghai. Embarcació de 10000 TEU

	Suez	Nord-Est	Nord-Oest
Distància (nm)	10548	7725	8374
Factor de càrrega, Est	0,7	0,65	0,8
Factor de càrrega, Oest	0,85	0,8	0,65
TEU , Direcció Est	7000	6500	8000
TEU, Direcció Oest	8500	8000	6500
Dies de navegació	21	16	22
Retards Canal de Suez	2	0	0
Ports Escala	6	3	2
Dies en cada port	2	2	2
Total dies en port	12	6	4
Temps per trajecte	35	22	26
Velocitat mitjana (kts)	21	20	16
Número Segments (6 mesos)	5,15	8,15	6,97
Número Segments Arrodonit	5	8	7
TEU's Totals Transportades	79877	118133	101134
<b>DESPESES (6 mesos)</b>			
Membres Tripulació	25	27	27
Sou mensual promig/ Tripulant	3.378 €	3.716 €	3.716 €
Cost Total Tripulació	506.700 €	601.960 €	601.960 €
Assegurança	1.050.000 €	1.800.000 €	2.700.000 €
Cost de Capital	6.336.000 €	8.400.000 €	8.400.000 €
Manteniment	450.000 €	450.000 €	450.000 €
Cuotes de trànsit per segment	500.000 €	598.125 €	- €
Total cuotes de trànsit	2.576.687 €	4.872.984 €	- €
Combustible Consumit (Tn)	22110	12456	15210
Preu Combustible (€/Tn)	694 €	937 €	937 €
Cost Total Combustible	15.344.212 €	11.670.170 €	14.250.334 €
<b>Cost total (6 mesos)</b>	<b>26.263.599 €</b>	<b>27.795.114 €</b>	<b>26.402.294 €</b>
<b>Cost/TEU</b>	<b>329 €</b>	<b>235 €</b>	<b>261 €</b>
<b>Cost TEU-milla</b>	<b>0,062 €</b>	<b>0,061 €</b>	<b>0,062 €</b>

Font: Elaboració Pròpia

Imatge 16. Escenari 2: Rotterdam-Singapur. Embarcació de 4500 TEU

	Suez	Nord-Est	Nord-Oest
Distància (nm)	8365	9739	10388
Factor de càrrega, Est	0,7	0,65	0,8
Factor de càrrega, Oest	0,85	0,8	0,65
TEU , Direcció Est	3150	2925	3600
TEU, Direcció Oest	3825	3600	2925
Dies de navegació	17	20	27
Retards Canal de Suez	2	0	0
Ports Escala	6	3	2
Dies en cada port	2	2	2
Total dies en port	12	6	4
Temps per trajecte	31	26	31
Velocitat mitjana (kts)	21	20	16
Número Segments (6 mesos)	5,88	6,85	5,80
Número Segments Arrodonit	6	7	6
TEU's Totals Transportades	41033	44675	37824
<b>DESPESES (6 mesos)</b>			
Membres Tripulació	20	22	22
Sou mensual promig/ Tripulant	3.378 €	3.716 €	3.716 €
Cost Total Tripulació	405.360 €	490.486 €	490.486 €
Assegurança	700.000 €	1.200.000 €	1.800.000 €
Cost de Capital	4.800.000 €	5.200.000 €	5.200.000 €
Manteniment	300.000 €	360.000 €	360.000 €
Cuotes de trànsit per segment	350.000 €	352.350 €	- €
Total cuotes de trànsit	2.059.010 €	2.412.476 €	- €
Combustible Consumit (Tn)	8788	6946	7841
Preu Combustible (€/Tn)	694 €	937 €	937 €
Cost Total Combustible	6.098.568 €	6.507.665 €	7.345.912 €
<b>Cost total (6 mesos)</b>	<b>14.362.939 €</b>	<b>16.170.627 €</b>	<b>15.196.398 €</b>
<b>Cost/TEU</b>	<b>350 €</b>	<b>362 €</b>	<b>402 €</b>
<b>Cost TEU-milla</b>	<b>0,084 €</b>	<b>0,074 €</b>	<b>0,077 €</b>

Font: Elaboració Pròpia

Imatge 17. Escenari 2: Rotterdam-Singapur. Embarcació de 6500 TEU

	Suez	Nord-Est	Nord-Oest
Distància (nm)	8365	9739	10388
Factor de càrrega, Est	0,7	0,65	0,8
Factor de càrrega, Oest	0,85	0,8	0,65
TEU , Direcció Est	4550	4225	5200
TEU, Direcció Oest	5525	5200	4225
Dies de navegació	17	20	27
Retards Canal de Suez	2	0	0
Ports Escala	6	3	2
Dies en cada port	2	2	2
Total dies en port	12	6	4
Temps per trajecte	31	26	31
Velocitat mitjana (kts)	21	20	16
Número Segments (6 mesos)	5,88	6,85	5,80
Número Segments Arrodonit	6	7	6
TEU's Totals Transportades	59270	64531	54634
<b>DESPESES (6 mesos)</b>			
Membres Tripulació	23	25	25
Sou mensual promig/ Tripulant	3.378 €	3.716 €	3.716 €
Cost Total Tripulació	466.164 €	557.370 €	557.370 €
Assegurança	770.000 €	1.320.000 €	1.980.000 €
Cost de Capital	5.280.000 €	5.720.000 €	5.720.000 €
Manteniment	330.000 €	396.000 €	396.000 €
Cuotes de trànsit per segment	400.000 €	508.950 €	- €
Total cuotes de trànsit	2.353.155 €	3.484.688 €	- €
Combustible Consumit (Tn)	14646	9030	10193
Preu Combustible (€/Tn)	694 €	937 €	937 €
Cost Total Combustible	10.164.281 €	8.459.964 €	9.549.686 €
<b>Cost total (6 mesos)</b>	<b>19.363.599 €</b>	<b>19.938.022 €</b>	<b>18.203.056 €</b>
<b>Cost/TEU</b>	<b>327 €</b>	<b>309 €</b>	<b>333 €</b>
<b>Cost TEU-milla</b>	<b>0,078 €</b>	<b>0,063 €</b>	<b>0,064 €</b>

Font: Elaboració Pròpia

Imatge 19. Escenari 3: Rotterdam - Los Angeles. Embarcació de 4500 TEU

Imatge 18. Escenari 2: Rotterdam-Singapur. Embarcació de 10000 TEU

	Suez	Nord-Est	Nord-Oest
Distància (nm)	8365	9739	10388
Factor de càrrega, Est	0,7	0,65	0,8
Factor de càrrega, Oest	0,85	0,8	0,65
TEU , Direcció Est	7000	6500	8000
TEU, Direcció Oest	8500	8000	6500
Dies de navegació	17	20	27
Retards Canal de Suez	2	0	0
Ports Escala	6	3	2
Dies en cada port	2	2	2
Total dies en port	12	6	4
Temps per trajecte	31	26	31
Velocitat mitjana (kts)	21	20	16
Número Segments (6 mesos)	5,88	6,85	5,80
Número Segments Arrodonit	6	7	6
TEU's Totals Transportades	91185	99279	84052
<b>DESPESES (6 mesos)</b>			
Membres Tripulació	25	27	27
Sou mensual promig/ Tripulant	3.378 €	3.716 €	3.716 €
Cost Total Tripulació	506.700 €	601.960 €	601.960 €
Assegurança	1.050.000 €	1.800.000 €	2.700.000 €
Cost de Capital	6.336.000 €	8.400.000 €	8.400.000 €
Manteniment	450.000 €	540.000 €	396.000 €
Cuotes de trànsit per segment	500.000 €	579.150 €	- €
Total cuotes de trànsit	2.941.443 €	3.965.335 €	- €
Combustible Consumit (Tn)	21481	15281	15995
Preu Combustible (€/Tn)	694 €	937 €	937 €
Cost Total Combustible	14.907.611 €	14.316.863 €	14.985.660 €
<b>Cost total (6 mesos)</b>	<b>26.191.755 €</b>	<b>29.624.157 €</b>	<b>27.083.620 €</b>
<b>Cost/TEU</b>	<b>287 €</b>	<b>298 €</b>	<b>322 €</b>
<b>Cost TEU-milla</b>	<b>0,069 €</b>	<b>0,061 €</b>	<b>0,062 €</b>

Font: Elaboració Pròpia

Imatge 20. Escenari 3: Rotterdam - Los Angeles. Embarcació de 6500 TEU

	Panama	Nord-Est	Nord-Oest
Distància (nm)	7779	7120	7996
Factor de càrrega, Est	0,7	0,65	0,8
Factor de càrrega, Oest	0,85	0,8	0,65
TEU , Direcció Est	3150	2925	3600
TEU, Direcció Oest	3825	3600	2925
Dies de navegació	15	15	21
Retards Canal de Suez	2	0	0
Ports Escala	5	4	2
Dies en cada port	2	2	2
Total dies en port	10	8	4
Temps per trajecte	27	23	25
Velocitat mitjana (kts)	21	20	16
Número Segments (6 mesos)	6,56	7,88	7,25
Número Segments Arrodonit	7	8	7
TEU's Totals Transportades	45764	51438	47315
<b>DESPESES (6 mesos)</b>			
Membres Tripulació	20	22	22
Sou mensual promig/ Tripulant	3.378 €	3.716 €	3.716 €
Cost Total Tripulació	405.360 €	490.486 €	490.486 €
Assegurança	700.000 €	1.200.000 €	1.800.000 €
Cost de Capital	4.800.000 €	5.200.000 €	5.200.000 €
Manteniment	300.000 €	360.000 €	360.000 €
Cuotes de trànsit per segment	350.000 €	352.350 €	- €
Total cuotes de trànsit	2.296.377 €	2.777.650 €	- €
Combustible Consumit (Tn)	9114	5262	7550
Preu Combustible (€/Tn)	694 €	937 €	937 €
Cost Total Combustible	6.325.142 €	4.930.009 €	7.073.339 €
<b>Cost total (6 mesos)</b>	<b>14.826.879 €</b>	<b>14.958.144 €</b>	<b>14.923.825 €</b>
<b>Cost/TEU</b>	<b>324 €</b>	<b>291 €</b>	<b>315 €</b>
<b>Cost TEU-milla</b>	<b>0,083 €</b>	<b>0,082 €</b>	<b>0,079 €</b>

Font: Elaboració Pròpia

Imatge 21. Escenari 3: Rotterdam - Los Angeles. Embarcació de 10000 TEU

	Panama	Nord-Est	Nord-Oest
Distància (nm)	7779	7356	7996
Factor de càrrega, Est	0,7	0,65	0,8
Factor de càrrega, Oest	0,85	0,8	0,65
TEU , Direcció Est	4550	4225	5200
TEU, Direcció Oest	5525	5200	4225
Dies de navegació	15	15	21
Retards Canal de Suez	2	0	0
Ports Escala	6	3	2
Dies en cada port	2	2	2
Total dies en port	12	6	4
Temps per trajecte	29	21	25
Velocitat mitjana (kts)	21	20	16
Número Segments (6 mesos)	6,12	8,44	7,25
Número Segments Arrodonit	6	8	7
TEU's Totals Transportades	61611	79555	68344
<b>DESPESES (6 mesos)</b>			
Membres Tripulació	23	25	25
Sou mensual promig/ Tripulant	3.378 €	3.716 €	3.716 €
Cost Total Tripulació	466.164 €	557.370 €	557.370 €
Assegurança	770.000 €	1.320.000 €	1.980.000 €
Cost de Capital	5.280.000 €	5.720.000 €	5.720.000 €
Manteniment	330.000 €	396.000 €	396.000 €
Cuotes de trànsit per segment	550.000 €	508.950 €	- €
Total cuotes de trànsit	3.363.397 €	4.295.944 €	- €
Combustible Consumit (Tn)	11326	8408	9815
Preu Combustible (€/Tn)	694 €	937 €	937 €
Cost Total Combustible	7.860.487 €	7.877.539 €	9.195.341 €
<b>Cost total (6 mesos)</b>	<b>18.070.048 €</b>	<b>20.166.852 €</b>	<b>17.848.711 €</b>
<b>Cost/TEU</b>	<b>293 €</b>	<b>253 €</b>	<b>261 €</b>
<b>Cost TEU-milla</b>	<b>0,075 €</b>	<b>0,069 €</b>	<b>0,065 €</b>

Font: Elaboració Pròpia

Imatge 22. Escenari 4: Nova York - Singapur. Embarcació de 4500 TEU

	Panama	Nord-Est	Nord-Oest
Distància (nm)	7779	7356	7996
Factor de càrrega, Est	0,7	0,65	0,8
Factor de càrrega, Oest	0,85	0,8	0,65
TEU , Direcció Est	7000	6500	8000
TEU, Direcció Oest	8500	8000	6500
Dies de navegació	15	15	20
Retards Canal de Suez	2	0	0
Ports Escala	6	3	2
Dies en cada port	2	2	2
Total dies en port	12	6	4
Temps per trajecte	29	21	24
Velocitat mitjana (kts)	21	20	17
Número Segments (6 mesos)	6,12	8,44	7,63
Número Segments Arrodonit	6	8	8
TEU's Totals Transportades	94787	122392	110602
<b>DESPESES (6 mesos)</b>			
Membres Tripulació	25	27	27
Sou mensual promig/ Tripulant	3.378 €	3.716 €	3.716 €
Cost Total Tripulació	506.700 €	601.960 €	601.960 €
Assegurança	1.050.000 €	1.800.000 €	2.700.000 €
Cost de Capital	6.336.000 €	8.400.000 €	8.400.000 €
Manteniment	450.000 €	540.000 €	396.000 €
Cuotes de trànsit per segment	880.000 €	579.150 €	- €
Total cuotes de trànsit	5.381.436 €	4.888.488 €	- €
Combustible Consumit (Tn)	16990	14229	16444
Preu Combustible (€/Tn)	694 €	937 €	937 €
Cost Total Combustible	11.790.730 €	13.331.219 €	15.406.186 €
<b>Cost total (6 mesos)</b>	<b>25.514.866 €</b>	<b>29.561.667 €</b>	<b>27.504.145 €</b>
<b>Cost/TEU</b>	<b>269 €</b>	<b>242 €</b>	<b>249 €</b>
<b>Cost TEU-milla</b>	<b>0,069 €</b>	<b>0,066 €</b>	<b>0,062 €</b>

Font: Elaboració Pròpia

	Suez	Nord-Est	Nord-Oest
Distància (nm)	10172	11938	10327
Factor de càrrega, Est	0,7	0,65	0,8
Factor de càrrega, Oest	0,85	0,8	0,65
TEU , Direcció Est	3150	2925	3600
TEU, Direcció Oest	3825	3600	2925
Dies de navegació	20	25	27
Retards Canal de Suez	2	0	0
Ports Escala	6	3	2
Dies en cada port	2	2	2
Total dies en port	12	6	4
Temps per trajecte	34	31	31
Velocitat mitjana (kts)	21	20	16
Número Segments (6 mesos)	5,27	5,83	5,83
Número Segments Arrodonit	5	6	6
TEU's Totals Transportades	36729	38046	38018
<b>DESPESES (6 mesos)</b>			
Membres Tripulació	20	22	22
Sou mensual promig/ Tripulant	3.378 €	3.716 €	3.716 €
Cost Total Tripulació	405.360 €	490.486 €	490.486 €
Assegurança	700.000 €	1.200.000 €	1.800.000 €
Cost de Capital	4.800.000 €	5.200.000 €	5.200.000 €
Manteniment	300.000 €	360.000 €	360.000 €
Cuotes de trànsit per segment	350.000 €	352.350 €	- €
Total cuotes de trànsit	1.843.046 €	2.054.463 €	- €
Combustible Consumit (Tn)	9565	7251	7835
Preu Combustible (€/Tn)	694 €	937 €	937 €
Cost Total Combustible	6.638.133 €	6.793.252 €	7.340.327 €
<b>Cost total (6 mesos)</b>	<b>14.686.540 €</b>	<b>16.098.201 €</b>	<b>15.190.812 €</b>
<b>Cost/TEU</b>	<b>400 €</b>	<b>423 €</b>	<b>400 €</b>
<b>Cost TEU-milla</b>	<b>0,079 €</b>	<b>0,071 €</b>	<b>0,077 €</b>

Font: Elaboració Pròpia

Imatge 23. Escenari 4: Nova York - Singapur. Embarcació de 6500 TEU Imatge 24. Escenari 4: Nova York - Singapur. Embarcació de 10000 TEU

	Suez	Nord-Est	Nord-Oest
Distància (nm)	10172	11938	10327
Factor de càrrega, Est	0,7	0,65	0,8
Factor de càrrega, Oest	0,85	0,8	0,65
TEU , Direcció Est	4550	4225	5200
TEU, Direcció Oest	5525	5200	4225
Dies de navegació	20	25	27
Retards Canal de Suez	2	0	0
Ports Escala	6	3	2
Dies en cada port	2	2	2
Total dies en port	12	6	4
Temps per trajecte	34	31	31
Velocitat mitjana (kts)	21	20	16
Número Segments (6 mesos)	5,27	5,83	5,83
Número Segments Arrodonit	5	6	6
TEU's Totals Transportades	53053	54955	54915
<b>DESPESES (6 mesos)</b>			
Membres Tripulació	23	25	25
Sou mensual promig/ Tripulant	3.378 €	3.716 €	3.716 €
Cost Total Tripulació	466.164 €	557.370 €	557.370 €
Assegurança	770.000 €	1.320.000 €	1.980.000 €
Cost de Capital	5.280.000 €	5.720.000 €	5.720.000 €
Manteniment	330.000 €	396.000 €	396.000 €
Cuotes de trànsit per segment	400.000 €	508.950 €	- €
Total cuotes de trànsit	2.106.339 €	2.967.558 €	- €
Combustible Consumit (Tn)	12753	9426	10185
Preu Combustible (€/Tn)	694 €	937 €	937 €
Cost Total Combustible	8.850.844 €	8.831.228 €	9.542.425 €
<b>Cost total (6 mesos)</b>	<b>17.803.347 €</b>	<b>19.792.156 €</b>	<b>18.195.795 €</b>
<b>Cost/TEU</b>	<b>336 €</b>	<b>360 €</b>	<b>331 €</b>
<b>Cost TEU-milla</b>	<b>0,066 €</b>	<b>0,060 €</b>	<b>0,064 €</b>

Font: Elaboració Pròpia

	Suez	Nord-Est	Nord-Oest
Distància (nm)	10172	11938	10327
Factor de càrrega, Est	0,7	0,65	0,8
Factor de càrrega, Oest	0,85	0,8	0,65
TEU , Direcció Est	7000	6500	8000
TEU, Direcció Oest	8500	8000	6500
Dies de navegació	20	25	27
Retards Canal de Suez	2	0	0
Ports Escala	6	3	2
Dies en cada port	2	2	2
Total dies en port	12	6	4
Temps per trajecte	34	31	31
Velocitat mitjana (kts)	21	20	16
Número Segments (6 mesos)	5,27	5,83	5,83
Número Segments Arrodonit	5	6	6
TEU's Totals Transportades	81621	84546	84485
<b>DESPESES (6 mesos)</b>			
Membres Tripulació	25	27	27
Sou mensual promig/ Tripulant	3.378 €	3.716 €	3.716 €
Cost Total Tripulació	506.700 €	601.960 €	601.960 €
Assegurança	1.050.000 €	1.800.000 €	2.700.000 €
Cost de Capital	6.336.000 €	8.400.000 €	8.400.000 €
Manteniment	450.000 €	540.000 €	396.000 €
Cuotes de trànsit per segment	500.000 €	579.150 €	- €
Total cuotes de trànsit	2.632.923 €	3.376.877 €	- €
Combustible Consumit (Tn)	21256	14502	15669
Preu Combustible (€/Tn)	694 €	937 €	937 €
Cost Total Combustible	14.751.407 €	13.586.504 €	14.680.654 €
<b>Cost total (6 mesos)</b>	<b>25.727.031 €</b>	<b>28.305.341 €</b>	<b>26.778.613 €</b>
<b>Cost/TEU</b>	<b>315 €</b>	<b>335 €</b>	<b>317 €</b>
<b>Cost TEU-milla</b>	<b>0,062 €</b>	<b>0,056 €</b>	<b>0,061 €</b>

Font: Elaboració Pròpia



## ANNEX 2

Taula proporcionada pel propi canal de Panamà on es reflexen els volums de trànsit en les diferents rutes.

Fiscal Year 2021		
Vessel Trade Route	PC/UMS Net Tons <sup>(2)</sup>	Long Tons Cargo
East Coast U.S. - Asia	268,021	125,570
East Coast U.S. - W.C. South America	41,437	33,009
Europe - West Coast South America	25,686	14,888
South America Intercoastal	22,233	6,557
E.C. South America - Asia	20,948	5,133
East Coast U.S. - W.C. Central America	19,602	21,978
Europe - West Coast U.S.	13,892	6,847
U.S. Intercoastal including Alaska and Hawaii	12,766	1,554
Asia - E.C. Central America	7,287	4,664
E.C. South America - West Coast U.S.	6,574	1,922
Central America Intercoastal	6,380	954
E.C. South America - W.C. Central America	6,209	2,914
E.C. Central America - W.C. South America	6,153	2,213
East Coast U.S. - Oceania	4,243	3,424
W.C. Central America - Europe	3,440	5,371
W.C. Canada - Europe	3,409	6,122
Europe - Oceania	2,553	460
E.C. Central America - West Coast U.S.	2,361	279
Asia - Europe	2,223	256
West Indies - Asia	2,139	4,752
West Indies - W.C. Central America	1,558	2,366
West Indies - W.C. South America	1,048	1,600
West Indies - West Coast U.S.	643	987
E.C. South America - W.C. Canada	521	1,076
Oceania - E.C. Central America	472	196
W.C. Canada - Africa	436	1,245
East Coast U.S. - W.C. Canada	423	359
W.C. Central America - Africa	340	1,881
Oceania - E.C. South America	321	88
W.C. South America - East Coast Canada	278	726
Around the World	3	349
East Coast U.S. - Pacific World	2	4,345
W.C. South America - Atlantic World	-	298
All Others Routes	32,595	23,103
<b>Grand Total</b>	<b>516,196</b>	<b>287,486</b>