



Imagen 0.- Vista del estrecho de Gibraltar desde punta Camarinal. Foto: Ildefonso Sena

Proyecto de túnel ferroviario a través del estrecho de Gibraltar

Nicolás Sandoval, Francisco Roca y Jesús Miguel Sauras (SECEGSA)

El presente artículo tiene como objetivo presentar la situación actual del proyecto del enlace fijo a través del estrecho de Gibraltar. Comienza con una descripción del marco institucional y estratégico, en el que se desenvuelve dicho proyecto, empresas que lo llevan a cabo, decisión de acometerlo, y su importancia dentro del esquema global de transportes. A continuación se relacionan las actividades llevadas a cabo en cada una de las áreas de estudio. La primera, Medio Físico, con una descripción de las investigaciones realizadas y características meteorológicas, oceanográficas, geológicas y geotécnicas; la segunda, la Ingeniería muestra las características técnicas del Proyecto seleccionado, y por último, la Socioeconomía, con indicación de la situación social y económica en los territorios a ambos márgenes del Estrecho, así como de los efectos que las obras provocarán previsiblemente.

Introducción

A lo largo de la historia, se han venido produciendo numerosos intercambios de todo tipo entre las dos orillas del estrecho de Gibraltar. Dichos intercambios se han caracterizado por estar muy condicionados por los fenómenos físicos adversos de distinta naturaleza que se producen en el área (meteorología, corrientes, etc.). Esta dependencia ha ido configurando el viejo sueño de establecer un enlace que permitiera ese intercambio en condiciones de seguridad, rapidez, economía, y ausencia de ruptura de carga, independientemente de la situación climatológica imperante.

Este enlace fijo puede convertirse en realidad, tras la creación a partir del año 1980 del marco institucional que se detalla a continuación y que está permitiendo llevar a cabo los estudios necesarios para la futura ejecución de las obras. El vehículo utilizado en España es la Sociedad Española de Estudios para la Comunicación Fija a través del Estrecho de Gibraltar, S.A., SECEGSA, mientras que en Marruecos es la empresa pública, Société Nationale d' tudes du D troit de Gibraltar, SNED. Desde estas páginas, ambas sociedades, y en especial, SECEGSA, agradecen profundamente al Excmo. Ayuntamiento de Tarifa, a su Alcalde-Presidente y al Consejo de Redacción de la Revista de Estudios Tarifefios **ALJARANDA** la oportunidad de exponer las actividades llevadas a cabo hasta ahora, el estado de conocimiento de la cuestión y los efectos que un proyecto de esta envergadura tendría para las dos regiones riberefias del estrecho de Gibraltar.

Marco institucional

El proyecto de un enlace fijo a través del estrecho de Gibraltar tiene su origen en el compromiso adquirido entre Marruecos y España con el establecimiento de un acuerdo bilateral de cooperación firmado el 24 de octubre de 1980, y actualizado el 29 de julio de 1989 con un acuerdo adicional, basado en las buenas relaciones existentes entre los dos países y en el deseo de fortalecerlas mediante un trabajo conjunto para llevar a cabo el citado proyecto.

Los estudios sobre el enlace fijo a través del estrecho de Gibraltar fueron iniciados conjuntamente por Marruecos y España en base a estos acuerdos. El

primero hacía referencia esencialmente al estudio de viabilidad del enlace fijo. El segundo, abrió la vía por la que ambos países pudieron establecer una cooperación más amplia, reafirmando el papel del Comité Mixto, y posibilitando la incorporación de terceros países, así como de organismos internacionales competentes al desarrollo del proyecto. De hecho, dio un nuevo impulso al proyecto, procediéndose a la realización de importantes investigaciones geológicas y geotécnicas, mediante obras experimentales a escala real y sondeos profundos de investigación en el mar.

Los acuerdos de cooperación instituyeron un Comité Mixto intergubernamental y las dos sociedades de estudios citadas con antelación: la “Société Nationale d’Études du Déroit de Gibraltar”, (SNED), en Marruecos y la Sociedad Española de Estudios para la Comunicación Fija a través del Estrecho de Gibraltar, S.A. (SECEGSA), en España. El Comité Mixto es el órgano de dirección y de supervisión de los estudios. Se reúne dos veces al año, aprueba el plan de trabajo y sus resultados, y decide las etapas que se han de cumplir. Las sociedades estatales son los órganos encargados de elaborar los programas de estudios y ejecutarlos de manera conjunta.

Marco estratégico

En la actualidad, el proyecto de enlace fijo a través del estrecho de Gibraltar se integra en una serie de grandes objetivos de la política de transporte euro-mediterráneo, en el marco de distintos programas de cooperación.

Esta política se inscribe en el proceso Euro-med, creado en Barcelona en 1995 y que fue lanzado en 2008 como la Unión para el Mediterráneo. Dicho proceso ha puesto de manifiesto la necesidad de vincular las redes de transporte terrestre de la zona mediterránea africana con las redes transeuropeas a fin de impulsar el crecimiento de los intercambios comerciales y reforzar la cooperación euro-mediterránea.

No es difícil percibir que el único lugar para establecer físicamente ese nexo de unión entre las dos redes continentales es el estrecho de Gibraltar, constituyendo el proyecto que nos ocupa un elemento esencial en la estrategia de desarrollo de transportes en el Mediterráneo occidental.

Es así mismo un eslabón fundamental para dicho desarrollo, dentro de una estrategia dirigida a fortalecer las relaciones internacionales entre los agentes transnacionales, tarea que vienen desarrollando las autoridades euromediterráneas en los foros correspondientes.

No hay que olvidar la importancia de este proyecto para la contribución al desarrollo regional de una amplia zona del Mediterráneo, sirviendo de complemento de las iniciativas ya en curso, relativas a las infraestructuras ferroviarias, portuarias o a la

construcción de una red de autopistas que faciliten el crecimiento económico de las zonas afectadas.

Por todo ello, el interés del proyecto va más allá del de una obra singular, ya que se define como nexo de unión de toda una red de infraestructuras entre dos continentes. Un enlace fijo a través del estrecho de Gibraltar representa una conexión permanente y potente entre África y Europa que contribuirá a la integración de las redes de transportes transeuropeos y transafricanos y multiplicará su potencial desarrollo, permitiendo que la zona del Estrecho se convierta en una plataforma logística de primer orden a nivel mundial.

Medio Físico

Investigaciones realizadas en el Estrecho

Para llegar al grado de conocimiento básico sobre el estrecho de Gibraltar que el proyecto requiere, han sido necesarios muchos años de investigación y de cooperación entre Marruecos y España, colaboración de institutos de investigación científica y técnica, y dictamen pericial de sociedades de estudios de renombre internacional.

Estos años han permitido comprender las dificultades del emplazamiento desde el punto de vista del medio geológico, oceanográfico, sísmico y meteorológico. El estrecho de Gibraltar se caracteriza por la agresividad del medio marino y atmosférico y por una geología extremadamente compleja.

Entre 1981 y 2010, el proceso de estudios e investigaciones para el proyecto se puede dividir en tres grandes etapas, separadas por los coloquios internacionales de Marrakech (1990) y Sevilla (1995), organizados por las dos sociedades, ambos sobre el enlace fijo, y que vinieron a determinar la estrategia de estudios en los periodos siguientes, en la línea en que se expone a continuación.

1ª etapa (1981 - 1990)

Se realizan estudios de carácter general y regional:

Trabajos en tierra: cartografía y geodesia; cartografía geológica (estratigrafía, sedimentología y tectónica); campañas de sondeos geotécnicos en tierra (en ambas orillas); ensayos geotécnicos “in situ”; sísmica de refracción y estudios de sismicidad y microsismicidad.

Trabajos en mar: batimetría (con ecosondas monohaz y multihaz); geofísica marina (sísmica de reflexión mono y multicanal), gravimetría y magnetometría; sonar de barrido lateral y muestreos en mar.

2ª etapa (1991 - 1995)

En esta etapa se profundiza en la investigación con estudios más específicos, fundamentalmente con la realización de obras experimentales de carácter geotécnico/geomecánico y con estudios en el trazado marino del Proyecto (área del umbral de Camarinal):

Trabajos en tierra: realización de tres obras geo-

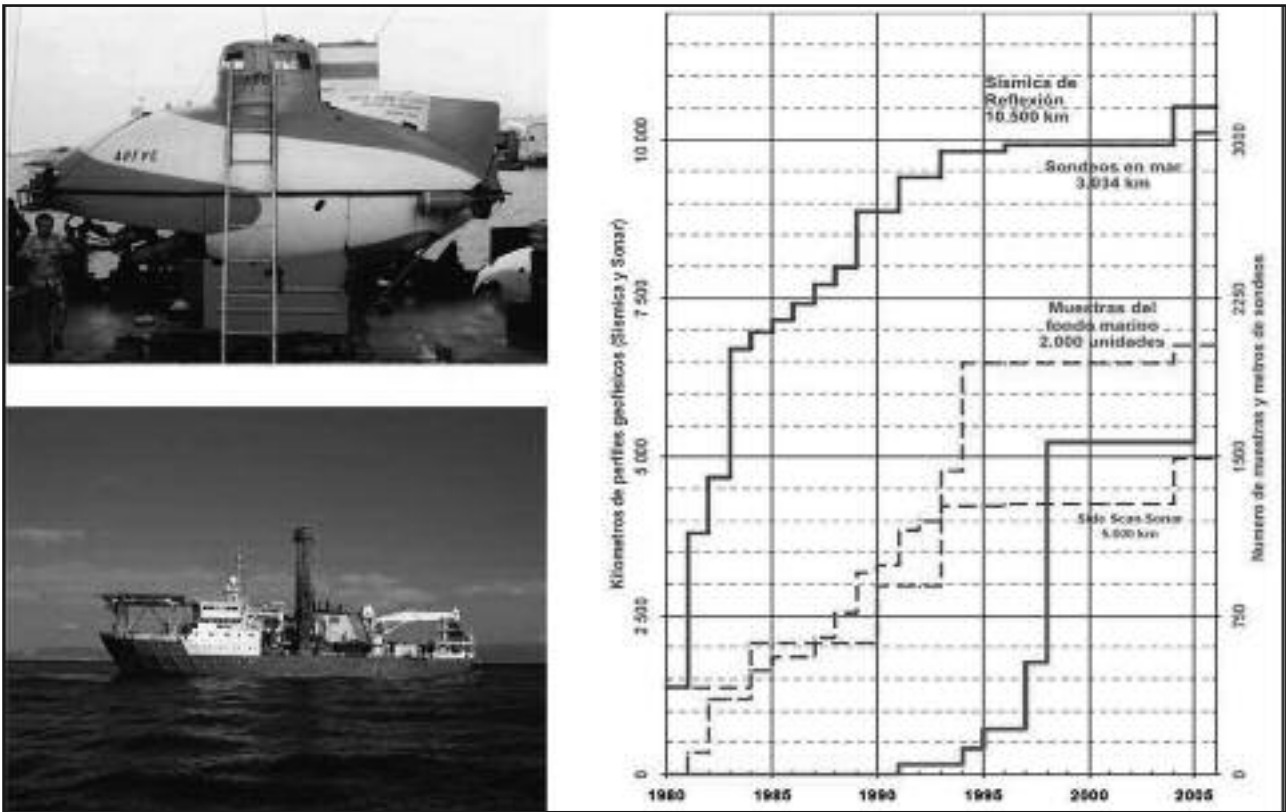


Imagen 1.- Cuadro-resumen de los trabajos en geología marina realizados entre los años 1980 y 2005. Ilustran la figura, el mini-submarino “Argus” utilizado para reconocimientos del fondo marino y el buque perforador “Kingfisher”.

técnicas experimentales, dos en la orilla norte (el pozo de Bolonia y la galería de Tarifa) y una en la orilla sur, en Malabata (la obra consistía en dos pozos y dos galerías principales, dispuestos de tal forma que una de estas últimas está perforada en una pequeña longitud bajo el fondo marino).

Trabajos en mar: reconocimiento directo del fondo marino con un minisubmarino; sondeos cortos con sondas autónomas teleoperadas e inicio de tentativas de perforación de sondeos profundos con buques perforadores de posicionamiento dinámico.

3ª etapa (1996 - 2010)

Viene marcada fundamentalmente por la realización de trabajos marinos, especialmente en el área del umbral y en las zonas de las plataformas continentales afectadas por el proyecto, así como por importantes estudios sobre corrientes marinas.

Trabajos en mar: realización de tres campañas de perforación de sondeos profundos con buques perforadores con posicionamiento dinámico (*Buceantaur-1997*, *Norskald 1998-99* y *Kingfisher-2005*); batimetría con ecosonda multi-haz; geofísica (sísmica de reflexión y sonar de barrido lateral) y muestreos gravitatorios en las plataformas continentales española y marroquí y campañas de estudios de corrientes marinas.

En total, durante estos 29 años, se han reali-

zando 44 campañas oceanográficas, (Imagen 1) que han supuesto:

- Más de 10.000 kilómetros de perfiles batimétricos y geofísicos con sísmica de reflexión.

- Más de 5.000 kilómetros de perfiles de sonar de barrido lateral.

- Recuperación de unas 2.000 muestras superficiales del fondo marino.

- Unos 50 sondeos marinos cortos, con penetración máxima de 5 metros.

- Unos 3.000 metros de sondeos marinos profundos, con una penetración máxima de 325 metros.

Entre los años 2006 y 2008, se realizó una actualización del anteproyecto primario (APP) del túnel, sobre uno ya realizado en 1996. En este APP, se han incluido los estudios relacionados con el medio ambiente. Finalmente, en 2009, se contrató, con un grupo consultor internacional, un estudio de evaluación global del proyecto, del que ya se han recibido los distintos informes y recomendaciones.

Caracterización física y geológica del Estrecho

Es bien sabido que el estrecho de Gibraltar se considera un área singular del planeta con características físicas y geológicas que dificultan su estudio y limitan la definición del proyecto de enlace fijo entre España y Marruecos. Los temas más relevantes para el estudio del medio físico del Estrecho, en los que posteriormente se profundizará, son los siguientes:

- La abrupta fisiografía del fondo marino que delimita posibles trazados de la obra.

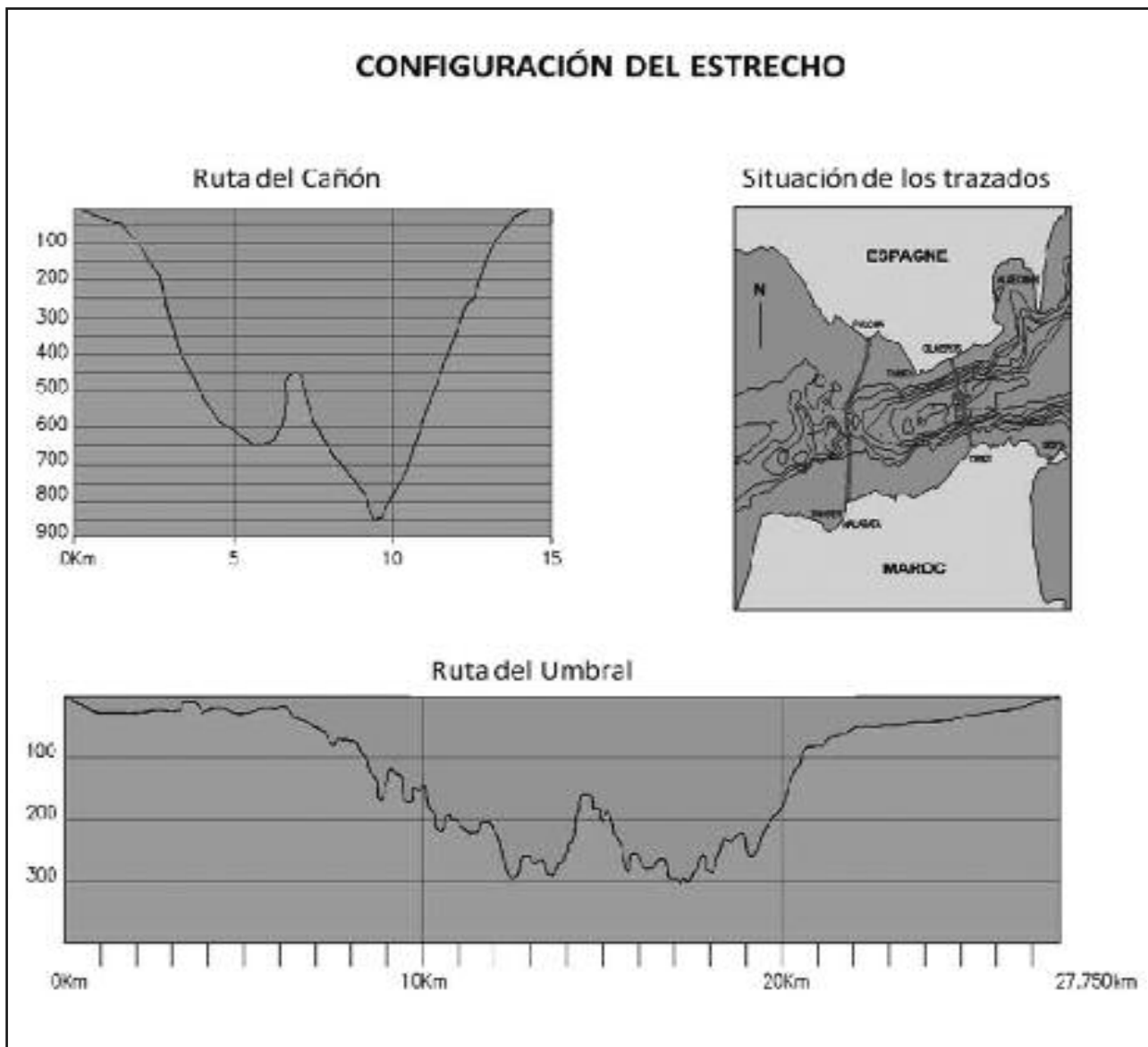


Imagen 2.- Batimetría general del estrecho de Gibraltar indicando la situación de las dos rutas más características y sus correspondientes perfiles batimétricos norte-sur.

La meteorología y oceanografía del Estrecho y, en particular, el régimen de vientos y las corrientes marinas, mareas y oleaje.

La compleja geología del arco de Gibraltar en el área del Estrecho, una vez comprobada la homología litológica y estructural existente en ambas orillas.

La importante tectónica regional existente en esta zona límite entre las placas euroasiática y africana y por donde transcurre la supuesta falla transformante “Azores-Gibraltar”.

En relación con el punto anterior, hay que considerar la actividad sísmica que puede presentarse en el Estrecho, consecuencia de la colisión de las placas tectónicas antes citadas y la influencia de la subplaca de Alborán.

El estudio geotécnico de los terrenos afectados, principalmente en lo relativo a las características constructivas de los mismos (“flyschs”

y brechas, términos que se definirán más adelante); la permeabilidad de las formaciones que deberá atravesar el túnel y la posibilidad de emanaciones de gas durante la excavación del mismo.

Configuración del estrecho de Gibraltar

El estrecho de Gibraltar, en sentido geográfico amplio, presenta una morfología compleja, tanto por lo que respecta a los fondos marinos como a sus orillas continentales y, en ambos casos, está muy ligada a las características litológicas y estructurales de los diversos materiales que en ellas afloran. La abrupta batimetría del Estrecho es un condicionante básico para la elección del posible trazado de la obra.

Existen dos corredores característicos, de gran significación para el proyecto (Imagen 2):

El denominado « Cañón del Estrecho », situado entre punta Canales (España) y punta Cires

(Marruecos), de 14 kilómetros entre orillas y una profundidad máxima de unos 900 metros, no siendo en consecuencia apto para la construcción de una solución túnel dada su gran profundidad. Constituye la ruta más corta entre Europa y África y fue considerado de interés hasta 1995, cuando todavía se contemplaba una solución puente; y

El «Umbral del Estrecho o Umbral de Camarinal », situado entre punta Paloma (España) y punta Malabata (Marruecos), de 28 kilómetros entre orillas y profundidad máxima de 300 metros. Se trata de la ruta menos profunda entre los dos continentes, con posibilidad de albergar el trazado del proyecto tanto para puente como para túnel, siendo el “Umbral” la única ruta posible en el Estrecho para una obra en túnel.

Meteorología y oceanografía

La dinámica atmosférica en el área del Estrecho viene determinada por su propia configuración topográfica, caracterizada por la existencia de importantes relieves en ambos márgenes y la escasa separación entre sus costas. La variable meteorológica con mayor incidencia para el proyecto es el viento, por su importancia para las soluciones tipo

Para alcanzar el equilibrio geostrofico del Estrecho, las corrientes sufren periódicas oscilaciones en su velocidad

puente y para la realización de las campañas oceanográficas, fundamentalmente en la estabilización de los buques con posicionamiento dinámico.

Los vientos predominantes tienen dirección este (Levante), con velocidades medias entre 30 y 60 kilómetros/hora, siendo el valor medio anual de la racha de viento máxima en el observatorio de Tarifa de 127 kilómetros/hora. Las rachas máximas registradas superan los 170 kilómetros/hora.

En cuanto a la dinámica marina, la incidencia de las mareas en el proyecto sería irrelevante, pero al ser uno de los factores que controlan el sentido y velocidad de las corrientes marinas, hacen que su estudio resulte fundamental para la ejecución de campañas oceanográficas, especialmente en la perforación de sondeos.

En el Estrecho, las corrientes marinas presentan una importante variabilidad en velocidad y dirección, manifestada tanto en el tiempo como en el espacio (principalmente en profundidad). La génesis de las mismas se debe a dos tipos de procesos:

Corrientes generadas por gradientes de presión.

Se producen al encontrarse el agua atlántica



Imagen 3.- Esbozo general del mapa geológico de la orilla española del estrecho de Gibraltar, donde puede observarse la complejidad tectónica existente en el área.

entrante, fluyendo en superficie hacia el Mediterráneo, con temperaturas entre 13,5 y 16°C y salinidades inferiores al 3,7% y el agua mediterránea saliente hacia el Atlántico, que circula en las zonas más profundas con una temperatura media de 12,9°C y salinidades superiores al 3,7%. La interfase entre ambas aguas, de varias decenas de metros de espesor, está sujeta a importantes oscilaciones en profundidad en función de los ciclos de marea, generándose importantes procesos de mezcla, turbulencias y ondas internas.

Corrientes de origen mareal. A la estructura general de flujo bicapa antes expuesto, se superponen fenómenos de tipo astronómico, de los cuales el más importante es, sin duda, la marea oceánica. También influyen, de manera esporádica, otros factores tales como el viento, la presión atmosférica, los ciclos de evaporación o la morfología del fondo marino.

Para alcanzar el equilibrio geostrofico del Estrecho, las corrientes sufren periódicas oscilaciones en su velocidad, llegándose, ocasionalmente, a superar los 6 nudos durante las mareas vivas, así como bruscos cambios de sentido.

Dada la importancia que las corrientes suponen para la ejecución de los trabajos en mar (operaciones de estabilización del buque, descenso de varillajes de perforación y deformaciones y vibraciones por efecto de su fuerza de arrastre, etc.), el Departamento de Física Aplicada de la Universidad de Cádiz (UCA) y SECEGSA han realizado un importante modelo de previsión de corrientes para el área del Umbral, que ha resultado de gran utilidad para el desarrollo de las operaciones en mar.

Geología del estrecho de Gibraltar

La compleja geología del estrecho de Gibraltar sólo puede entenderse y justificarse dentro del marco regional de la historia del Mediterráneo occidental, es-

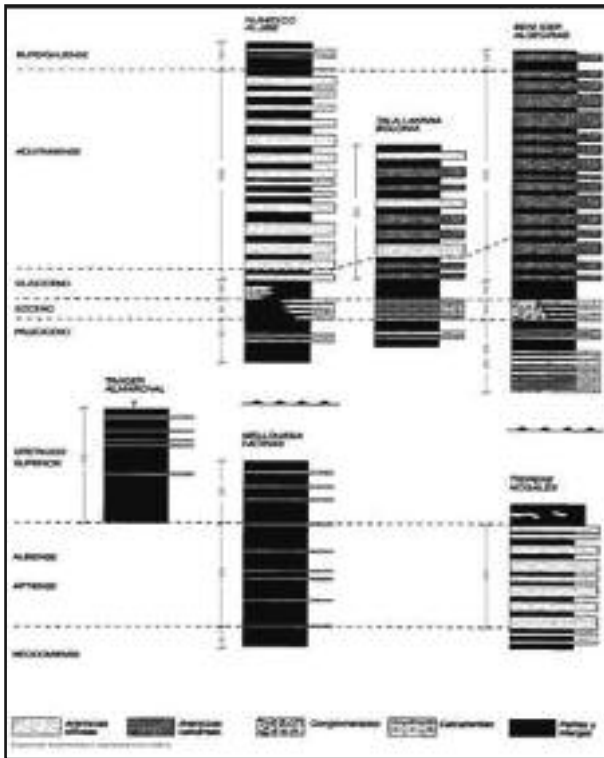


Imagen 4.- Columnas litológicas de las distintas unidades de los flyschs del Campo de Gibraltar.

pecialmente de las cadenas bético-rifeñas. El Estrecho es un accidente geográfico importante por cuanto separa dos continentes pero, desde el punto de vista geológico, el rasgo más importante que presenta es la homología entre sus dos orillas ya que a ambos lados afloran las mismas formaciones geológicas y se encuentran con idéntico estilo estructural.

Geológicamente, en el área del proyecto aflora, al igual que en prácticamente todo el Campo de Gibraltar (Imagen 3), el dominio de los *flyschs* con presencia de algunos recubrimientos más recientes (formaciones post-orogénicas).

Los *flyschs* constituyen un apilamiento tectónico de un conjunto de distintas unidades constituidas por alternancias rítmicas de bancos competentes (calizas/areniscas) y niveles blandos (arcillas/margas), de espesores variables (centimétricos a decimétricos), cuya edad va desde el Cretácico inferior al Mioceno (Burdigaliense).

Están distribuidos en 4 grandes unidades tectónicas (Imagen 4): Beni Ider/Algeciras (y su diverticulación Tisirène/Nogales); Numidiense/Aljibe (y su diverticulación Melloussa/Facinas); Talaa Lakraa/Bolonia y Tánger/Almarchal ; todas bien representadas en ambas orillas del Estrecho. En general, salvo la unidad Numidiense/Aljibe (que constituye las sierras presentes en el área), los *flyschs* tienen una naturaleza predominantemente arcillosa/margosa.

La zona de sedimentación de los *flyschs* corresponde a un surco profundo de corteza adelgazada instalado en una zona transformante, activa durante el Mesozoico. Paleogeográficamente estaría situado, más al Este de su posición actual, entre los dominios

de Alborán y Magrebí, recibiendo de ambos lados aportes turbidíticos que constituyen potentes series (esto se ha verificado en la revisión de las muestras extraídas en los sondeos petroleros antiguos realizados en la zona de Tarifa en la década 1956-66), posteriormente desplazadas hacia el Oeste en las sucesivas fases paroxismales de la orogenia alpina estructurándose en un complejo edificio de mantos de deslizamiento de más de 4 kilómetros de espesor que, posteriormente, fue sometido a nuevas fases tectónicas generándose retrocabalgamientos y estructuras internas muy complejas (arqueadas, fracturadas e incluso invertidas).

Las formaciones post-orogénicas afloran poco en tierra y están constituidas, en general, por depósitos de materiales granulares (arenas bio-litoclásticas, calcarenitas...), de edad Pliocena y Cuaternaria. En el Mioceno superior, la zona actual del Estrecho se encontraba emergida y la comunicación entre el Atlántico y el Mediterráneo se realizaba a través de los estrechos Bético y Rifeño.

Los fondos marinos del Estrecho presentan formaciones post-orogénicas recientes recubriendo el sustrato de *flyschs*. A partir de la isobata -150 metros se desarrollan formaciones coralinas que generan una costra calcárea, ocasionalmente potente, que recubre las zonas profundas del Umbral, sin alcanzar las cotas que pudieran afectar al trazado del túnel.

En la zona central y más profunda del Umbral, las campañas de perforación de sondeos profundos (1997, 1998-99 y 2005) pusieron de manifiesto la existencia de dos paleocanales profundos y transversales al trazado (Imagen 5), rellenos de materiales cuaternarios (caliza coralina, conglomerados, arenas bio-litoclásticas y brechas arcillosas), cuya profundidad máxima, actualmente no conocida, sobrepasa los 600 metros bajo el nivel del mar. Las brechas tienen la misma naturaleza que los *flyschs*, pero con aspecto caótico, y se interpretan como materiales desprendidos de los abruptos taludes de los paleocanales.

La formación de los paleocanales puede ser explicada por el siguiente proceso geológico: 1) erosión de dos estrechos y profundos canales, de dirección Este-Oeste, en los *flyschs* durante la inundación del Atlántico hacia el Mediterráneo durante el Plioceno, hace unos 5 millones de años; 2) relleno de los canales por brechas arcillosas generadas por colapsos submarinos; 3) erosión de las brechas en el canal meridional, abriéndose un nuevo canal; 4) relleno de este nuevo canal erosivo por arenas bio-litoclásticas (ningún sondeo realizado en el canal septentrional cortó estas arenas); 5) depósito de conglomerados cantos de *flyschs* muy rodados y rodolitos, que fosilizan las arenas y las brechas, y 6) desde la glaciación del Würm hasta la actualidad, la zona profunda del Estrecho se colonizó por corales hermatípicos que generan una costra caliza coralina muy dura, que

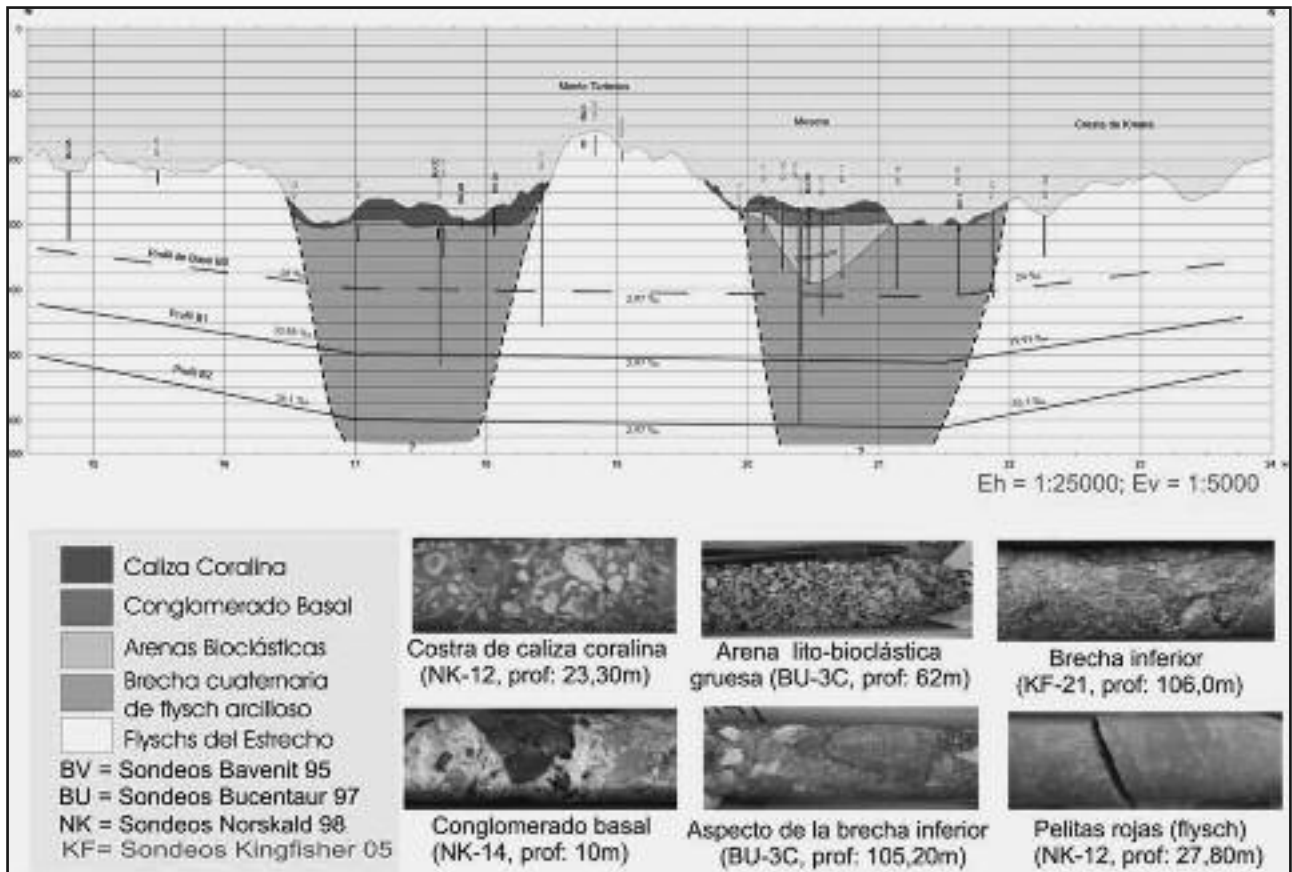


Imagen 5.- Paleocanales en el área central del umbral de Camarinal descubiertos e investigados durante la ejecución de las campañas de sondeos marinos profundos y litologías atravesadas por dichas perforaciones.

recubre todo, protegiendo el Umbral de nuevos procesos erosivos.

Tectónica regional y sismicidad

La cartografía geológica de los dominios geológicos regionales (Alborán o Zonas Internas, Sudibérico y Magrebí o Zonas Externas y Surco de los *flyschs*) muestra una disposición en planta con forma de arco, el denominado "Arco de Gibraltar", en cuya clave se localiza el Estrecho (Imagen 6). Esta estructura ha sido interpretada de formas muy diversas. Actualmente se considera que el "Arco de Gibraltar" representaría el frente del cabalgamiento hacia el Oeste del bloque de corteza continental del dominio de Alborán. Este bloque, ya estructurado, comenzó su traslación (evaluada probablemente en más de 200 kilómetros) a partir del Oligoceno, hace unos 22-25 millones de años. En varias etapas, continuó avanzando hacia el Oeste afectando en primer lugar al surco de los *flyschs* y, posteriormente, a los dominios externos ibéricos y magrebíes, que a su vez experimentaban una aproximación Norte-Sur. En el límite Mioceno medio-superior, hace 15 millones de años, se bloquea dicha traslación, resultando que la zona del Estrecho se constituye en un punto, donde convergen tres dominios litosféricos de corteza continental: las placas ibérica y africana y la cuña cortical de Alborán.

El estudio de la sismicidad en el área del Estrecho es importante, dado que es la zona donde convergen las placas euro-asiática y africana. En este sentido, hay un control sísmico en la zona a través de redes sísmicas controladas por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) y el Real Instituto y Observatorio de la Armada (ROA).

Es significativo que: 1) la zona del Estrecho se caracteriza por ser un área de baja-nula actividad sísmica; 2) los epicentros de sismos importantes se localizan en el golfo de Cádiz y el mar de Alborán y 3) la microsismicidad reciente en tierra responde a reajustes de fallas de desgarre ya conocidas.

Actualmente se considera que no existe evidencia real de ninguna gran falla activa Este-Oeste que afecte a la corteza terrestre en el estrecho de Gibraltar, y que parece ser que la convergencia entre las placas euro-asiática y africana, y por tanto la liberación de energía, se produce a través de una amplia zona de deformación, limitada por las alineaciones de la falla del Guadalquivir y la que transcurre por el Sur del Atlas.

Geotecnia de los terrenos afectados por el proyecto

Este apartado puede ser considerado como una bisagra entre el Medio Físico y la Ingeniería, al examinar aspectos que podrían incluirse en esas dos áreas.

Los *flyschs* a los que afecta el proyecto han

los 80 metros, perforada con una tuneladora sin escudo. Su objetivo fue estudiar el comportamiento y las características geotécnicas de 3 unidades de *flyschs* (Almarchal incluida), muy representativas en el ámbito geológico del proyecto, así como dos importantes accidentes tectónicos. La galería está operativa, realizándose ensayos geotécnicos en la misma y medidas de convergencia de los terrenos.

La obra de Malabata se sitúa en la orilla meridional del Estrecho. Fue construida en 1994/96 y se ubica al Este de Tánger, a escasos metros de la orilla y próxima al trazado previsto para el túnel. La obra consta de un pozo vertical de 160 metros de profundidad que da acceso a un primer nivel de experimentación con una red de galerías submarinas de 216 metros de longitud y de un segundo pozo excavado a partir de una de estas galerías que accede a un segundo nivel de experimentación (a 300 metros bajo el nivel del mar) con una galería para ensayos geomecánicos *in situ* y auscultaciones del terreno a gran profundidad y bajo el nivel del mar. En estos momentos, no se encuentra operativa, si bien se está estudiando su posible reapertura para llevar a cabo nuevos estudios.

Sobre los *flyschs*, de forma general, se puede concluir que: 1) se ha confirmado la baja permeabilidad de masa de todas sus unidades, incluso las que se presentan fuertemente tectonizadas y 2) es importante considerar que estos *flyschs* pueden contener gas, tal como se ha comprobado en las campañas de sondeos en tierra y obras experimentales. En cualquier caso, la escasa permeabilidad de estos materiales hace que su drenaje sea lento y de escaso caudal y volumen.

En cuanto a las brechas arcillosas que rellenan los paleocanales y debido a su importante profundidad, tendrán que ser atravesadas por el túnel. Su delimitación longitudinal y su caracterización geotécnica y geomecánica constituyen, hoy día, elementos totalmente necesarios para el planteamiento técnico de la obra.

Los ensayos geotécnicos de laboratorio realizados sobre las brechas con motivo del estudio "Anteproyecto Primario 2007 (APP-07)", muestran que: 1) las brechas presentan una muy baja permeabilidad, lo que implica la imposibilidad de tratamientos y drenajes en el terreno; 2) los resultados de laboratorio son dispares e incluso es incierto el estado de consolidación de las brechas, sugiriéndose la realización de ensayos geotécnicos *in situ* en la próxima campaña de sondeos profundos o incluso la ejecución de una galería submarina de reconocimiento que alcance e investigue las brechas *in situ*.

Ingeniería

Desde el inicio de su actividad, las sociedades han

venido estudiando las diferentes alternativas estructurales para dar forma al enlace fijo entre ambas orillas del Estrecho (puentes sobre apoyos fijos, puente sobre apoyos flotantes, túnel apoyado sobre el fondo, túnel flotante, túnel excavado). Todas ellas fueron finalmente comparadas, utilizando para ello un análisis multicriterio, que incorporaba los diferentes factores determinantes para su selección, debidamente ponderados. Todo este proceso desembocó en la elección, en 1995, de un túnel ferroviario excavado bajo fondo marino como solución de base, por considerarse la más ventajosa de las contempladas hasta ese momento.

Dicha elección se basó fundamentalmente en las razones siguientes:

- Permite su construcción con técnicas accesibles y probadas;
- Su explotación se desarrolla en ausencia de interferencias con la navegación marina y sin riesgo de colisión;
- Produce un mínimo impacto sobre el medio ambiente en la zona, al discurrir en su mayor parte soterrado;
- Su construcción y explotación se pueden programar por fases, adaptando el proyecto a la demanda y permitiendo diferir las inversiones en el tiempo;
- Tiene un coste significativamente menor.

Los estudios en los que se trabaja en la actualidad se basan en datos obtenidos en diferentes ámbitos y a través del prisma de múltiples enfoques (conocimientos geológicos, oceanográficos, sísmicos, estudios de ingeniería).

El proyecto contempla que su ejecución y explotación se realice en dos fases: la primera, con un solo túnel ferroviario (monotubo) por el que está previsto que circulen los trenes en ambas direcciones de forma alternativa en tandas de 12 convoyes, y la segunda, con dos túneles ferroviarios de dirección única, que entraría en servicio cuando la demanda lo requiriera.

En ambas fases, el enlace estará dotado de una galería de servicio y seguridad de menor diámetro para soportar los servicios, facilitar el mantenimiento durante la explotación y, sobre todo, para garantizar la seguridad de los usuarios y personal, usándose ésta como acceso de los equipos de rescate y como vía de evacuación, llegado el caso.

Características funcionales

El proyecto permitirá el tránsito de trenes convencionales de pasajeros (tipo AVE) y de mercancías procedentes de las redes ferroviarias generales, así como de lanzaderas que circularán entre las dos terminales ubicadas, una en la orilla norte del Estrecho y otra en la orilla sur. Las lanzaderas transportarán vehículos acompañados y serán de dos tipos:

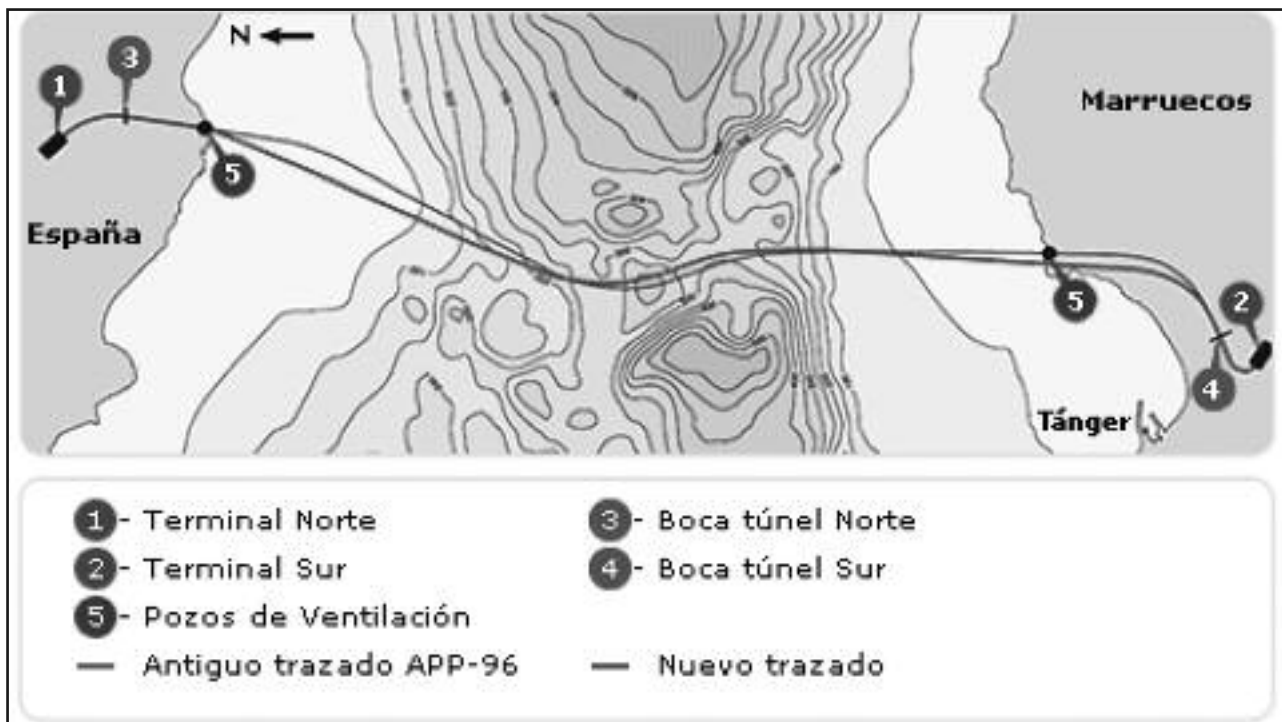


Imagen 8.- Planta esquemática mostrando dos trazados alternativos estudiados.

- Lanzaderas de pasajeros:
formadas por diez vagones para turismos, caravanas y autocares, diez vagones de dos pisos para turismos solamente y tres vagones de dos pisos para acompañantes.

- Lanzaderas de mercancías:
dieciocho vagones para camiones y trailers y un vagón para acompañantes.

Estos trenes podrán circular a una velocidad máxima de 120 km/h, siendo la duración del trayecto entre ambas terminales de treinta minutos.

Si nos centramos en otros datos de explotación durante la fase en que tiene un solo tubo destinado al tráfico, el ciclo completo de ida y vuelta de una unidad es de 126 minutos, con un tiempo de espera sin salidas de 93 minutos. Esta explotación se haría con tandas de doce convoyes combinados (trenes convencionales y lanzaderas) en un solo sentido, separados tres minutos cada uno de ellos y otros 12 a continuación en sentido contrario. La capacidad total de este sistema de explotación sería de 120 convoyes de trenes y lanzaderas por sentido y día.

En lo que se refiere a la seguridad durante la explotación, además de la galería de servicio y seguridad, el proyecto prevé una zona de parada de seguridad (ZAS) en el centro, que es al mismo tiempo el punto más bajo del trazado, que estará dotada de los medios necesarios para la lucha antiincendios y la evacuación, en su caso, de los usuarios. Los túneles ferroviarios estarán conectados con la galería de servicio y seguridad mediante galerías transversales de acceso ó evacuación cada trescientos cuarenta metros a lo largo de todo el recorrido, siendo esta se-

paración de cien metros en la zona de parada de seguridad.

Características geométricas

En planta, el trazado del futuro túnel discurre, como ya se ha indicado, por la zona menos profunda del estrecho de Gibraltar, siguiendo lo que se ha denominado el “Umbral del Estrecho” (ya citado), entre punta Paloma, en la orilla norte, y punta Malabata en la orilla sur.

El Estrecho, por sus características batimétricas y profundidades importantes, ofrece este pasillo como alternativa única viable, donde la profundidad máxima alcanza “sólo” 300 metros de agua. Estas condiciones obligan a que el punto más bajo del perfil longitudinal del trazado esté a, prácticamente, 500 metros por debajo del nivel del mar, si se suman los casi 200 metros bajo el fondo marino.

En la imagen 8, se muestra el trazado en planta. Se han representado dos muy similares, el que se ajustó en el anteproyecto del 2007 (APP-07), y el del trazado del anteproyecto inicial de 1996 (APP-96), cuyo ajuste dio lugar al primero, mediante un ligero desplazamiento al Oeste.

Planta

Este trazado tendría una longitud entre estaciones terminales de 42 kilómetros, de los que 27,7 kilómetros discurrirían en túnel submarino y 11 kilómetros en túnel bajo tierra exclusivamente (38,7 kilómetros en total). Se ha diseñado de tal forma que la montera mínima del túnel submarino fuese de 100 metros (175 metros en el punto más bajo). Estas condicio-

nantes obligan, en principio, a una pendiente máxima en rampa de 30%.

La imagen 9 representa el trazado en alzado del túnel, mostrándose más en detalle la parte central, en donde se ubica la zona de parada de seguridad (ZAS).

Perfil

En cuanto a su sección transversal (Imagen 10), consta de dos galerías ferroviarias de vía única de 7,9 metros de diámetro interior cada una, así como de una galería de servicio y seguridad de 6 metros de diámetro, centrada entre ambas galerías ferroviarias y comunicando con ellas por pasadizos transversales a intervalos regulares de 340 metros (100 metros en la zona de parada de seguridad).

Aspectos socioeconómicos

Las relaciones a través del estrecho de Gibraltar

Tal como se ha dicho, la situación geográfica singular del estrecho de Gibraltar lo convierte en uno de los nudos estratégicos de intercambios de toda índole en el ámbito universal.

Es difícil, si no imposible, proponer otro punto igualmente propicio al tránsito – tanto entre continentes como entre mares – de migraciones y transacciones de todo género: biológicas, físicas, antropológicas, culturales, comerciales, ...

No podría afirmarse con total seguridad que el Estrecho haya constituido la ruta occidental de tránsito del hombre paleolítico durante el Pleistoceno final, desde su primigenia cuna africana, hacia el que sería continente europeo, si bien diversos investigadores aprecian concordancias significativas de industrias humanas en una y otra ribera que podrían ser indicio suficiente para suponer la existencia de un intercambio entre ambas orillas.

Ya en tiempos históricos, el Estrecho ha presenciado el paso repetido –en uno u otro sentido– de navegantes de distintos pueblos, religiones y culturas.

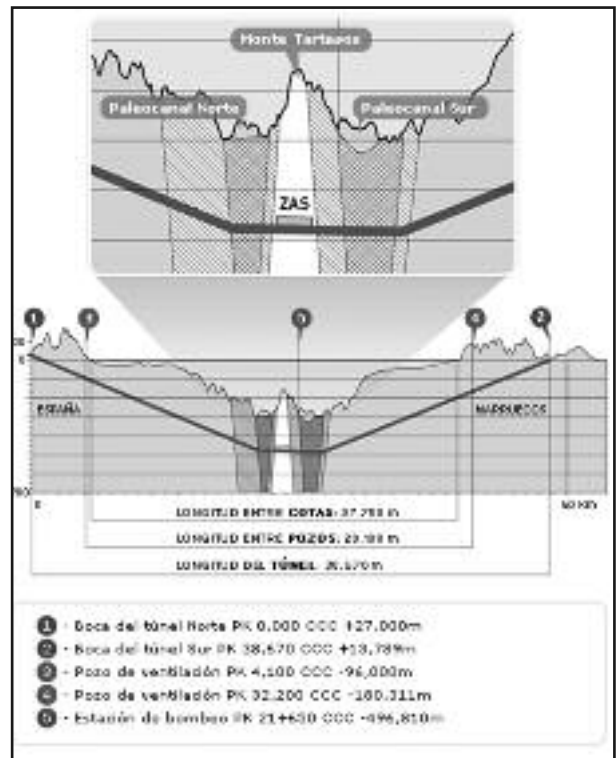


Imagen 9.- Perfil longitudinal (ZAS = Zona de parada de seguridad).

En el dominio puramente físico, el Estrecho actúa, a través de gradientes de temperatura, salinidad, nivel y topografía y evapotranspiración como gran regulador de la cuenca mediterránea. En ese sentido transversal conduce también los flujos de numerosas especies de la fauna marina.

Así mismo, numerosas especies voladoras y alguna anfibia (*Hippopotamus antiquus* entre otras) han penetrado por ese camino.

En el ámbito de la navegación, ha constituido históricamente la salida al Océano de las potencias mediterráneas, como posteriormente la vía de penetración de los productos americanos. Hoy puede decirse que a estas funciones une la de articulación de

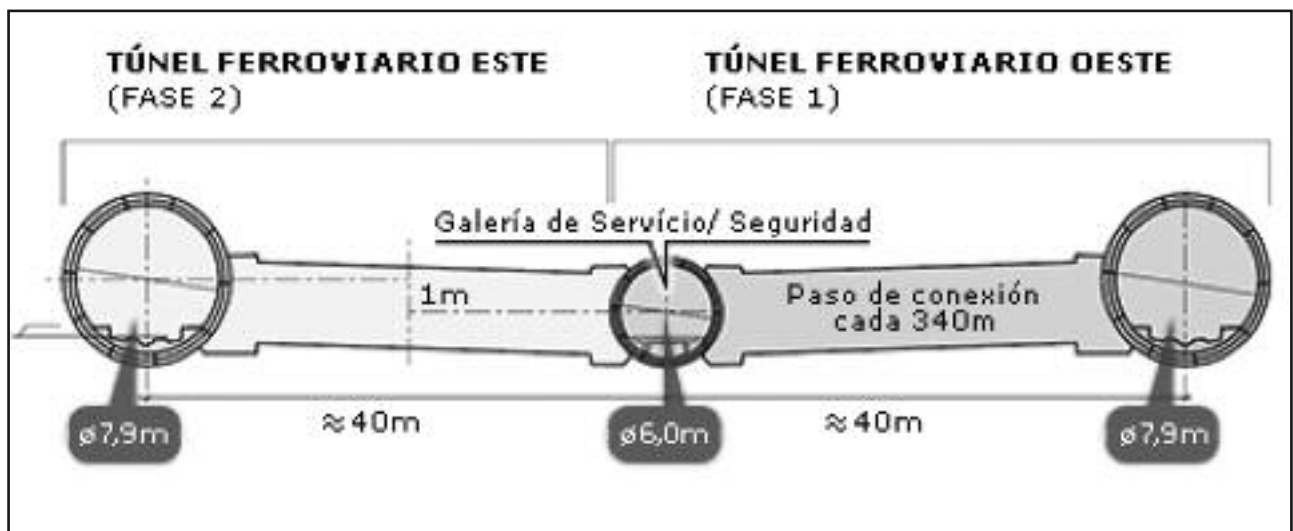


Imagen 10.- Sección transversal.

las rutas atlánticas y mediterráneas, en especial por lo que respecta al tráfico comercial de contenedores.

Tráfico en el estrecho de Gibraltar

El proyecto de un enlace fijo entre Europa y África mediante túneles ferroviarios, implica un sistema – considerablemente más eficiente y rápido– que entraría en competencia con el del trasbordo marítimo en un cierto estado futuro. Una buena parte de los demandantes de servicio apreciaría una ventaja comparativa sustancial, pasando a ser usuarios del nuevo sistema. Importa por ello ofrecer unas nociones sumarias de esa demanda, en sus configuraciones actual y futura.

El tráfico actual

Por lo que respecta a las relaciones de comunicación entre los continentes europeo y africano en el momento actual, éstas se vienen realizando a través de los ferrys y embarcaciones rápidas del sistema de trasbordo del Estrecho.

Según datos recientes (2009) del Centro de Salvamento Marítimo de Tarifa, el número de buques identificados y seguidos durante dicho año en el Estrecho se cifra en 104.312.

En la figura adjunta se representa el tráfico – en los dos sentidos– a través del estrecho de Gibraltar durante los últimos años.

El tráfico de pasajeros alcanzó el valor de unos cinco millones en los años 2006 y 2007, para descender en 2008 y 2009, tendencia que muy probablemente continuará en 2010. Ello parece consecuencia inequívoca de la muy compleja crisis económica que viene padeciendo nuestra sociedad en los últimos tiempos.

El tráfico de mercancías alcanzó los dos millones de toneladas en 2007, para irse igualmente retrayendo en los años siguientes.

Hasta 2007, el tráfico conjunto de pasajeros del Estrecho crecía a una tasa anual relativamente estable del orden de 3,9% –y hasta del 7% el desplazado entre Algeciras/Tarifa y Tánger– en tanto que el existente entre Algeciras/Tarifa y Ceuta tan sólo progresaba a razón del 1,1%.

A lo largo de los años se ha asistido a un cambio muy apreciable en la orientación del tráfico en el Estrecho, pues si durante los años del entorno del 2000 el dirigido hacia –o procedente de– Ceuta era del 60% del conjunto, en el curso de los últimos esta proporción se ha reducido al 45-50%.

De acuerdo con las encuestas y estudios desarrollados por las sociedades SECEGSA y SNED, los pasajeros del sistema de trasbordo son residentes en España en un 50-55%, en Francia en un 25-30%, en otros países europeos en un 12-15% y en Marruecos en alrededor de un 5%. Sin embargo, por lo que respecta a su distribución por nacionalidades, se cuenta un 50-53% de marroquíes y un 40-43% de españoles.

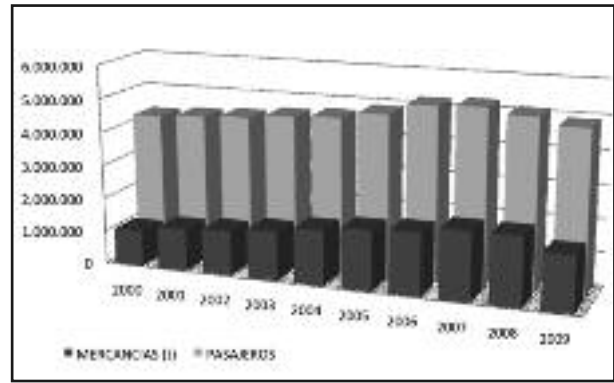


Imagen 11.- Evolución del tráfico en el Estrecho.

El tráfico en el Estrecho es marcadamente estacional, registrando los meses de verano julio-septiembre el 40-42% del tráfico anual.

Respecto de los intercambios de mercancías, cabe señalar que se trata de productos alimentarios en un 68%, de automóviles, otros vehículos y maquinaria en un 15%, en un 9% de materiales de construcción y productos semi elaborados y en un 7-8% de productos energéticos y materiales.

Los modelos de tráfico en el enlace fijo

Las sociedades SECEGSA y SNED han desarrollado modelos rigurosos y complejos de comportamiento y predicción del tráfico sobre las redes de transporte actuales y futuras de las áreas europeas y africanas del Mediterráneo occidental. Para ello se han seguido las prácticas comúnmente aceptadas, consistentes de forma sumaria –entre otros aspectos– en: Análisis de la situación en un año de referencia (adoptado convencionalmente el 2005). A partir de estadísticas, las encuestas ejecutadas previamente por las sociedades y otros datos objetivos llegan a determinarse:

- Intercambios de pasajeros y mercancías, según origen/destino, motivo del viaje, estación del año, segmento de demanda y modo de transporte.

- Identificación y caracterización de los elementos integrantes de las redes, por sus tiempos y costes de transporte.

- Calibrado de los modelos, de suerte que los viajes asignados a sus diferentes elementos o (o arcos), entre modos en competencia, reproduzcan razonablemente los registros de transporte existentes.

Predicciones de tráfico futuras en los elementos de mayor trascendencia, y particularmente en el Enlace Fijo y en el sistema de trasbordo marítimo concurrente. Ello comporta, entre otras muchas particularidades:

- ▶ Estudio prospectivo de las variables demográficas y socioeconómicas que incide en la demanda de transporte. Construcción de escenarios de evolución (tendencial, de integración, de crecimiento débil, entre otros).

- ▶ Análisis económico-empresarial de la flota de

buques del sistema de trasbordo en competencia con el nuevo modo.

► Identificación y caracterización de las redes futuras en toda el área objeto de estudio (Europa occidental y África noroccidental).

► Asignaciones a dichas redes en los escenarios seleccionados, para una serie de “años horizonte” (en principio, 2030, 2040 y 2050).

Se reproducen en la imagen adjunta las predicciones globales relativas al denominado “escenario tendencial”, o consecuente con la evolución registrada históricamente, en el supuesto de que mantuviera sus pautas genéricas.

Dentro de los estudios relativos a la previsión de tráfico, se han efectuado los oportunos análisis de evaluación económica (coste-beneficio) y de simulación financiera de la explotación en régimen de participación público-privada. No obstante, dada la extraordinaria complejidad de esta cuestión, precisará más adelante del desarrollo de modelos específicos de ayuda a la decisión.

Los efectos regionales del proyecto

Los efectos que provocaría el proyecto en sus zonas de influencia han sido así mismo objeto de estudio, contemplando fundamentalmente su incidencia en las regiones próximas (Andalucía y en particular el Campo de Gibraltar, y las provincias marroquíes de Tánger y Tetuán, además de Larache y Xauen).

Con objeto de contribuir a la definición del marco de actuación, se desarrolló un análisis de *benchmarking* (o comparación analítica por los diversos atributos o aspectos en presencia) referido a los proyectos: Túnel de La Mancha; Puente de Öresund y Puente de Fehmarn Belt (Gran Belt).

El estudio en cuestión ha considerado, como sus principales aspectos, las tendencias y escenarios futuros en el ámbito regional español y marroquí, en relación con los globales, así como los impactos económicos o socioeconómicos, como el empleo, el valor añadido y el comercio exterior.

Resultaría excesivamente aventurado anticipar en este momento una cifra plausible de los empleos que podría generar el proyecto, dado que los medios de perforación a emplear en la obra habrán evolucionado en la fecha en que se acometa el proyecto. En cualquier caso, el proceso de perforación en sí, es poco intensivo en utilización de mano de obra.

Sí es de esperar, en cambio, una alta participación de medios humanos en los capítulos de instalaciones eléctricas y mecánicas, tendidos y equipamiento ferroviarios y construcción de terminales, que por otra parte podrían encontrar ventajas comparativas en la utilización de recursos locales.

Además, esta clase de actuaciones requiere, como apoyo a los empleos directos generados (en los sectores de construcción/obras públicas e indus-

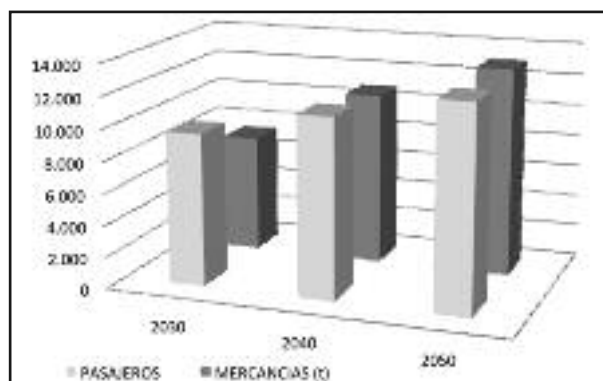


Imagen 12.- Previsión de tráfico en el enlace fijo.

trias metalúrgicas y eléctricas), la creación de numerosos empleos indirectos. Los estudios económicos más solventes acostumbran a estimar su porcentaje en un 60-70% de los directos, alcanzando sus efectos a los propios sectores de la construcción y de la industria, de la zona de los servicios, del comercio y de la hostelería, e incluso en menor medida del sector primario (agricultura, pesca, industrias extractivas).

Respecto del valor añadido local (considerado como la suma de los ingresos salariales y de los beneficios de las empresas generados en las zonas de afección del proyecto), producido por el proceso de construcción del túnel, éste podría estimarse en un porcentaje de un 40-50% de la inversión total, incluyendo tanto los impactos directos como los indirectos. Dicho valor añadido se repartiría entre las áreas andaluzas y normarroquíes en proporción a sus potenciales económicos.

En otro orden de cosas, se han determinado así mismo los impactos sobre el transporte y sus redes y las infraestructuras, así como sobre los usos del suelo y el territorio.

Finalmente, se ha procedido a establecer un censo preliminar de las medidas de acompañamiento del proyecto, tanto en cuanto a infraestructuras, como a servicios, formación, y otros.

El proyecto y el medio ambiente

En el marco del estudio “Actualización del Anteproyecto Primario de la Solución Túnel y Estudio del Impacto sobre el Medio Ambiente” realizado entre 2007 y 2009 (APP-07), ya citado, se desarrolló un capítulo importante sobre los condicionantes medioambientales en ambas orillas del Estrecho, los posibles impactos del proyecto durante su construcción y explotación y, finalmente, las medidas preventivas correctoras y compensatorias a aplicar y que permitirán mantener e incluso aumentar el valor ambiental de la zona.

El medio ambiente en la zona del Estrecho y los efectos del proyecto sobre el mismo, en todas sus fases, ha sido un aspecto decisivo. La solución de base, el túnel excavado bajo el lecho marino, se eligió, entre otras razones, porque es más respetuosa

con el medio ambiente que las soluciones tipo puente, en particular en lo que se refiere al entorno marino.

En todos los estudios se está poniendo una especial atención en buscar soluciones que tengan el mínimo impacto sobre el medioambiente y que no causen alteraciones irreversibles en las zonas protegidas.

En el estudio se identifica el marco institucional y jurídico en Marruecos y España para la gestión y protección del medio ambiente, así como la normativa de la Unión Europea, nacional, regional y local. También se detallan las instituciones competentes en medio ambiente en ambos países.

Así mismo, se incluye una descripción del medio físico, biológico, socio-económico y perceptual (paisaje) en las dos zonas, norte y sur, y una identificación de los impactos medioambientales del proyecto tanto en fase de obra, como con posterioridad, con un inventario de estos elementos y su sensibilidad. Para llevar a cabo esta descripción se hizo una consulta a instituciones y organizaciones relacionadas con el medio ambiente.

Una vez hecho este inventario y un análisis del mismo, se determinaron los diferentes impactos que sufrió el medio ambiente, tanto positivos como negativos, y durante las diferentes fases, tanto de construcción como de explotación. De sus conclusiones, cabe destacar que de entre los negativos, ninguno alcanzaba la categoría de "crítico", pudiendo ser el resto minimizado mediante medidas correctoras. Asimismo, el estudio propone diversas medidas compensatorias que permiten mantener el valor ambiental de la zona afectada. En cualquier caso, se ha evitado toda afección a las zonas protegidas, incluidas en la Red Natura 2000.

De entre las medidas a adoptar, se relacionan las siguientes:

- definición de zonas excluidas donde no se producirán actividades de cualquier tipo por su fragilidad;
- gestión de los residuos, escombros y excedentes de obra;
- gestión y tratamiento de los residuos líquidos;
- control de contaminación atmosférica y de ruidos;
- protección de la red hidrográfica, del litoral, de las zonas de utilidad pública, de la flora y la fauna y las zonas húmedas;
- rehabilitación de las áreas de préstamos y vertederos;
- conservación del patrimonio cultural;
- integración paisajística; y otros.

Se prevé el establecimiento de un programa de vigilancia ambiental para la fase de construcción y explotación con los siguientes objetivos principales:

- verificar la correcta ejecución del proyecto de

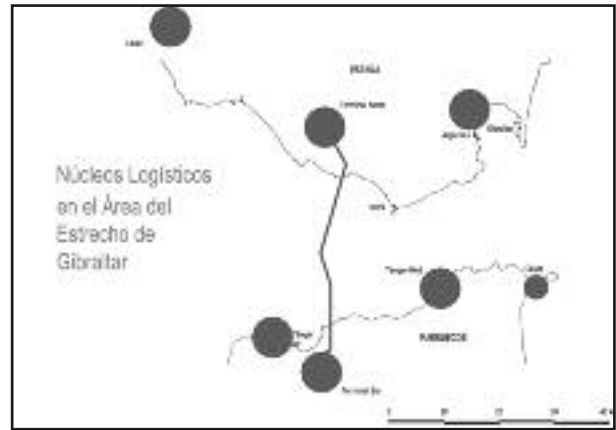


Imagen 13.- Núcleos logísticos actuales y previsibles.

restauración y el cumplimiento de las medidas preventivas, correctoras y/o compensatorias previstas, así como de los estándares de calidad de los materiales utilizados (plantas, tierra vegetal, etc.).

- detectar impactos no previstos y proyectar las medidas correctoras para reducirlos o eliminarlos.
- comprobar la eficacia de las medidas adoptadas, así como de otras medidas que pudieran desarrollarse en la fase de ejecución. En caso negativo, determinar las causas del fracaso y establecer nuevas medidas.

Potencial del entorno del proyecto como plataforma logística

Las plataformas logísticas pueden definirse como puntos o zonas de ruptura de las cadenas de transporte o logísticas, en las que se concentran actividades y funciones técnicas y de valor añadido.

Deben sustentarse sobre tres principios decisivos: a) ordenación del territorio y racionalización de las infraestructuras; b) calidad del transporte y de la cadena logística; c) desarrollo de la intermodalidad del transporte.

Las condiciones del Estrecho y de su área circundante son a estos efectos bastante singulares, e incluso únicas en el mundo.

Cinco puertos, tres de ellos de mayor importancia y dos de entidad media, se concentran en un área comparativamente pequeña, en la que convergen los corredores marítimos del Atlántico y del Mediterráneo. En el futuro, la aparición del enlace fijo comportará un crecimiento espectacular de la accesibilidad del conjunto, muy superior a la oferta susceptible de ser servida por los ferrys (Imagen 13).

Las sociedades que se ocupan de los estudios del enlace fijo se proponen profundizar en el análisis de este trascendental aspecto, generador de considerable actividad en las áreas próximas al proyecto.

Principales conclusiones

Existe un interés mutuo de España y Marruecos en

avanzar en los estudios sobre el enlace fijo a través del estrecho de Gibraltar. Los estudios llevados a cabo sobre el medio físico han desvelado los siguientes aspectos:

La configuración batimétrica del Estrecho hace inviable cualquier trazado en túnel que no discorra por el “Umbral de Camarinal”.

Las principales variables físicas que condicionan el proyecto, son: El viento, de gran intensidad, y las corrientes marinas, que presentan una importante variabilidad en velocidad y dirección. Ambas condicionan la solución puente y afectan a los estudios de viabilidad del túnel excavado, principalmente a la ejecución de sondeos marinos profundos.

Las formaciones geológicas aflorantes en ambas orillas presentan una gran homología litológica y estructural y corresponden a un apilamiento tectónico de distintas unidades de tipo *flyschs* (constituidas por alternancias rítmicas de bancos competentes y niveles blandos de espesores variables), que en los fondos marinos presentan algunos recubrimientos de arenas y formaciones coralinas recientes. Esta uniformidad se interrumpe en dos tramos, que se corresponderían con dos paleocanales erosivos, cuya profundidad supera los 600 metros bajo el nivel del mar, lo que obliga a su excavación en la obra del túnel. Estos paleocanales se sitúan en la zona central y más profunda del “Umbral de Camarinal”, y están rellenos por unas brechas arcillosas formadas por los propios materiales de los *flyschs*, rotos y desordenados, con aspecto caótico. Los datos de que actualmente se dispone, apuntan a que la anchura a atravesar por el túnel ronda los 2,5 kilómetros entre los dos paleocanales.

La zona del Estrecho se caracteriza por ser un área de baja-nula actividad sísmica, y no existen evidencias de la supuesta falla Azores-Gibraltar.

Geotécnicamente, se ha confirmado que los *flyschs* parece que tienen una muy baja permeabilidad, al igual que las brechas que rellenan los paleocanales, si bien éstas presentan aún fuertes incertidumbres en cuanto a su comportamiento geomecánico en su excavación y revestimiento, así como sobre su grado de consolidación.

En cuanto a la Ingeniería, se pueden destacar los siguientes puntos:

De las diferentes alternativas estructurales estudiadas para la materialización del enlace fijo (puente sobre apoyos fijos, puente sobre apoyos flotantes, túnel apoyado sobre el fondo, túnel flotante, túnel excavado, etc.), se ha elegido la de túnel ferroviario excavado bajo el fondo marino. Para su elección, se ha llevado a cabo un análisis multicriterio de las diferentes alternati-

vas, con elección de la más ventajosa.

Su ejecución y explotación se realizaría en dos fases, con un sólo túnel ferroviario primero, construyendo el segundo cuando el crecimiento de la demanda así lo justificase. En ambos casos, se construiría una galería de servicio, mantenimiento y seguridad, con un menor diámetro, conectada con los túneles.

Los convoyes circularían con una velocidad máxima de 120 km/hora, con una duración del trayecto de 30 minutos.

El trazado discurrirá por la zona menos profunda del Estrecho, el denominado “Umbral del Estrecho” entre punta Paloma y punta Malabata, bajo una lámina de agua máxima de 300 metros. Su longitud entre terminales será de 42 kilómetros, siendo el túnel de 38,7 kilómetros, 27,7 de ellos bajo el mar. Tiene una montera mínima de 100 metros, y unas rampas de 30‰. Su sección transversal en fase bitubo constará de dos galerías ferroviarias de vía única de 7,9 metros de diámetro cada una, siendo la galería de servicio, mantenimiento y seguridad, de 6 metros de diámetro. Se comunicará con las otras dos con conexiones transversales, a intervalos regulares de 340 metros.

Los elementos socioeconómicos más destacados son los siguientes:

El número de buques que han circulado por el Estrecho, en 2009, fue de 104.312. El de pasajeros vino a ser de unos cinco millones en 2007, con un ligero descenso en 2008 y 2009, y el de mercancías de dos millones de toneladas en 2007, con análogos decrecimientos en 2008 y 2009.

Los efectos de la construcción y la explotación del proyecto tanto sobre el valor añadido local como sobre la generación de empleo, en sus vertientes directa e indirecta y en cuanto a su distribución entre las áreas andaluzas y normarroquies, serán considerables. Su estimación resulta sin embargo muy difícil de evaluar en el momento presente.

La solución elegida es la más respetuosa con el medio ambiente, no produciendo ninguna afectación a la Red Natura 2000. Las afecciones a otras zonas con menor grado de protección ambiental en ningún caso tendrán el carácter de “crítica”. En cualquier caso, están previstas medidas correctoras y compensatorias, para no disminuir el valor ecológico de la zona afectada.

El proyecto podrá facilitar la conversión de ambos márgenes del Estrecho en plataformas logísticas, en las que se concentrarían actividades y funciones técnicas que aportasen a las mercancías transportadas por el túnel, un valor añadido. ■