

LOS PROYECTOS DE DESARROLLO DE LÍNEAS DE ALTA VELOCIDAD EN ESTADOS UNIDOS (VII): DEL PACÍFICO AL GRAN LAGO SALADO POR LA MESETA DE COLUMBIA

SEATTLE CONNECTION

LUIS FORT LÓPEZ-TELLO Y CARMEN FORT SANTA-MARÍA

El anteproyecto “Waoridnevut (Washington-Oregón-Idaho-Nevada-Utah) Project: Seattle Connection” se ocupa de la conexión por Nevada/Utah de la Unidad Estructural VIII₂ (Condominio de Oregón-Columbia Tableland Way (CTW) con la Unidad Estructural II (Intercoasts Way) del desarrollo de la Alta Velocidad Ferroviaria en los Estados Unidos (USHRS). La Unidad Estructural VIII₂ permitirá el acceso “Canada Pacific” de la red de alta velocidad ferroviaria de Estados Unidos desde Seattle (Washington) a la red de alta velocidad ferroviaria de Canadá en Vancouver.

Es objeto de este anteproyecto el corredor Columbia Tableland Way, de 1300 km y formado por las líneas “CTW Idaho Line: Seattle (WA)-Boise (Idaho)”, de 670 km, y “CTW Utah Line: Boise (Idaho)-Salt Lake City (Utah)”, de 630 km, de los que 450 km discurren desde Boise a la Fork Station de Bonneville (Nevada), donde conecta con la “Great Basin Line (GBL): Reno (Nevada)-Salt Lake City (Utah)”, identificándose con ésta en 180 km para llegar ambas a la Terminal Station (Salt Lake City) después de atravesar la parte sur del Great Salt Lake, con plataforma de vía sobre escollera, viaductos de tramo recto de 100 m de luz y el gran viaducto “Great Salt Lake MultiSuspension Bridge”, de 11,2 km de longitud y con tramos centrales “tipo” de 800 m de luz, diseñado así ante la posibilidad de licuefacción de los sedimentos modernos de este lago por sismos relacionados con las principales fallas de la “Wasatch Range”.

Aproximación histórica

Seattle es la ciudad más grande del estado de Washington, cuya capital es Olympia, en el extremo noroeste de los Estados Unidos. El área metropolitana de la ciudad comprende Seattle, Tacoma y Bellevue, la mayor del noroeste del Pacífico, con una población de 3.300.000 habitantes.

La ciudad está situada entre el lago Washington y la bahía Puget Sound, comunicada con el océano Pacífico y a 155 km al sur de la frontera de Estados Unidos y Canadá.

Los primeros asentamientos europeos en la zona datan de mediados del siglo XIX, estando habitada antes por los indios *duwamish* y *suquamish*. Uno de los primeros colonos, Doc Maynard, fue el principal promotor en nombrar a la ciudad, fundada como Duwamps, con el nombre del gran jefe indio Seattle, de los *duwamish*. (Se reproduce a continuación, traducido, el último pá-

rrafo del discurso pronunciado por el jefe indio Seattle ante la asamblea de las tribus del noroeste de los Estados Unidos en Port Elliott, hacia 1854, dirigido a Franklin Pierce, presidente de EE.UU., como respuesta a la petición de compra por el gobierno norteamericano de una gran zona del territorio indio, unida a la promesa de crear una reserva. Estas palabras, a nuestro criterio, constituyen una de las manifestaciones más bellas y profundas de la consideración humana del territorio, como soporte de su propia naturaleza y de su desarrollo: "Cuando el último piel roja haya desaparecido de la tierra y su memoria sea solamente la sombra de una nube cruzando la pradera, estas costas y estas praderas aún contendrán los espíritus de mi gente; porque ellos aman esta tierra como el recién nacido ama el latido del corazón de su madre. Si nosotros vendemos a ustedes nuestra tierra, ámenla como nosotros la hemos amado. Cuídenla, como nosotros la hemos cuidado. Retengan en sus mentes la memoria de la tierra tal y como se la entregamos. Y con todas sus fuerzas, con todas sus ganas, consérvenla para sus hijos, ámenla así como Dios nos ama a todos. Una cosa sabemos: nuestro Dios es el mismo Dios de ustedes, esta tierra es preciosa para él. Y el hombre blanco no puede estar excluido de un destino común". Fdo: Noah Seathl, Jefe de la Tribu Suwamisu. SEATTLE (EE. UU.).

La construcción del proyecto Seattle Connection requerirá de una inversión estimada en torno a 65.878 M\$

Seattle se encuentra entre la ensenada Puget Sound, al oeste, y el lago Washington, al este. El puerto de la ciudad (uno de los más importantes de Estados Unidos), en la bahía Elliot, se localiza en una entrada del Puget Sound. Hacia el oeste, más allá del Puget Sound, se ubican la península Kitsap y las Montañas Olímpicas, en la península Olímpica. Al este, más allá del lago Washington, se encuentran el lago Sammamish y la cordillera de las Cascadas. Las aguas del lago Washington fluyen hacia Puget Sound a través del canal de navegación del lago Washington, el lago Unión y las esclusas Hiram en la bahía Salmón, que se extiende hasta la bahía Shilshole. Muchas de las zonas más elevadas se encuentran cerca del centro de la ciudad: Capitol Hill, First Hill y Beacon Hill, juntas, constituyen una especie de cresta a lo largo de un istmo entre la bahía Elliott y el lago Washington. La ruptura de la cresta entre First Hill y Beacon

Hill fue consecuencia de los muchos proyectos de nivelación que reconfiguraron la topografía del centro de la ciudad. Debido a su ubicación en el llamado cinturón de fuego del Pacífico, Seattle se encuentra en una zona de gran actividad sísmica. A pesar de que la falla de Seattle pasa justo al sur del centro de la ciudad, ni dicha falla, ni la zona de subducción de "Cascadia" han causado un terremoto desde la fundación de la ciudad. No obstante, esta zona presenta un riesgo de terremotos de magnitud 9, que pueden afectar gravemente a construcciones situadas en la ciudad, sobre todo en zonas construidas sobre vertidos, por lo que se deben tener precauciones y criterios de diseño en la estación Terminal y en los viaductos de los primeros kilómetros de vía, de forma similar a los tenidos en cuenta en el Great Salt Lake y en el diseño de la Great Basin Line a su llegada a la terminal de Salt Lake City.

La mayoría de las calles de Seattle discurren tanto en sentido norte-sur como este-oeste. Sin embargo, esta orientación no prevalece en una de las zonas más antiguas y más densas de la ciudad: la delimitada por la bahía Elliott al oeste, Bradway al este, Yesler Way al sur y Denny Way hacia el norte. Esa excepcional área incluye todo el distrito central de negocios (CBD), la parte más septentrional de la plaza Pioneer, el barrio del sur del CBD, First Hill al este del CBD y Belltown Denny Regrade al norte del CBD. La red está orientada 32 grados oeste en la parte sur de esta zona excepcional y 49 grados oeste en la parte norte. El resultado han sido tres modelos de red, provocado por el desacuerdo entre Doc Maynard, cuyas tierras se extendían al sur de Yesler Way, y Arthur A. Denny y Carson D. Boren, cuyas tierras lo hacían al norte. Denny & Boren preferían que sus calles siguieran el litoral de Elliott Bay, mientras que Maynard eligió una red basada en los puntos cardinales.

Esta circunstancia tendrá una especial incidencia en el diseño de las obras lineales que se proyecten en la zona central de la ciudad, como pasa al situar así la Terminal HSR de Seattle y el inicio noroccidental de la USHSRS.

Según se esquematiza en los planos 1 y 2, en la Unidad Estructural VIII₂, HSR Seattle-Salt Lake City, se pueden hacer algunos apuntes, como se indican a continuación:

La gran terminal de Seattle se sitúa, como se ha dicho antes, en la parte central de la ciudad, lo que hace necesario que la plataforma de vía vaya en estructura elevada y se salven los importantes cuerpos de agua existentes con puentes colgantes (los más recomendables en ubicaciones con riesgo sísmico de licuefacción de sedimentos y vertidos) que, con la tipología característica elegida (800 m de luz central), evidencia en este majestuoso marco la traza de la Alta Velocidad Ferroviaria USA (USHSRS) en su extremo más noroeste. Desde la terminal se conecta con la red ferroviaria existente y con la capital del estado de Washington, la ciudad de Olympia.

Tabla Resumen: USHSRS-Seattle Connection (Unidad Estructural VIII-2 : Columbia Tableland Way

		"CTW Idaho Line"		"CTW Utah Line"		WAORIDNEVUT (Northwest II) Project	
Unidades	Secciones	HSL SEATTLE (WA)-BOISE (ID) WASHINGTON-OREGON-IDAHO Connection		HSL BOISE (ID)-BONNEVILLE (NV)-SALT LAKE CITY (UT) IDAHO-NEVADA-UTAH Connection		SEATTLE CONNECTION SEATTLE-BOISE-BONNEVILLE-SALT LAKE CITY	
Km	Longitud Total	670,0	(471mile)	630(450+180)	(392mile)	1.300,0	(808mile)
Km (%)	Longitud a cielo abierto (Desmontes y Terraplenes)	334,5	(49,93%)	476(311+165)	(75,55%)	810,5	(62,35%)
Km (%)	Longitud Total de Túneles	296,5	(44,25%)	128(128+0)	(20,32%)	424,5	(32,65%)
Km (%)	Longitud Total de Viaductos	39,0	(5,82%)	26(11+15)	(4,13%)	65,0	(4,89%)
Estaciones	Localización estaciones Intermedias	Ellensburg-Kennewick-Pendleton-Weiser-Emmett		Mountain Home-Grasmere-ELKO-BONNEVILLE-Timpe		SEATTLE-Ellensburg-Kennewick-Pendleton-Weiser-Emmett-BOISE-Mountain Home-Grasmere-ELKO-BONNEVILLE-Timpe-SALT LAKE CITY	
Número (E/Sint)	TSAP/PIB/(Línea + estación) (PAET/BIP)	8	(6+2)	7	(3+4)	15	(9+10)
Km/h	Velocidad Media	276 (con TAVs potencia para V=430 km/h)		222 (1 Stop en Grasmere)		250	
Mm²	Movimientos de Tierras (Total)	607,68		635,51		1243,19	
Mm²	Excavación	84,5		5,64		90,14	
Mm²	Relleno	483,13		612,57		1095,7	
Mm²	Túneles	40,05		17,3		57,35	
Mm²	Tras compensaciones	-398,63		-606,93		-1005,56	
Mm²	Déficit (-)	-407,09		-607,49		-1014,52	
Mm²	Exceso a Vertedero (+)	8,46		0,56		9,02	
Number	Total Túneles	9		4		13	
nb (Km)	Túneles Gran Longitud (≥ 6 Km)	9	(296,5)	4	(128,0)	13	424,50
nb (Km)	Túneles menores (≤ 1,25 Km)	0		0		0	
Km	Longitud grandes túneles	19-26-28-28,5-31,5-34-34-43-52,5		21-25-30-52		19-21-25-26-28,5-30-31,5-34-34-43-52-52,5	
m²	Total Estructuras	719.050		198.830		917.880	
nb	Viaductos	23		12		35	
nb-m²	Otros Puentes	36	149.400	14	58.600	50	208.000
nb-Km	Puentes colgantes (800 m de luz)	17	27,20	3	4,80	20	32,00
M\$	Presupuesto (A+B+C+D+E+F+G)	35.295		30.523		65.888	
M\$	Movimiento de tierras (a)	16.938		21.616		38.544	
M\$	Túneles (b)	9.674		4.178		13.852	
M\$	Estructuras (c)	3.065		680		3.745	
M\$	A - Infraestructuras (a+b+c)	29.677		26.474		56.151	
M\$	B - Superestructuras	1.906		1.383		3.289	
M\$	C - Instalaciones	2.104		1.413		3.517	
M\$	D - Protección medioambiental	596		518		1.114	
M\$	E - Proyecto, Garantía de Calidad, Dirección de obra	857		745		1.602	
M\$/Km	F -Suplemento por Estaciones y Edificios en PAETs	155		60		215	
M\$/Km	Coste unitario (Incluido estaciones)	52,40/52,68		48,46/(48,56)		50,52/(50,68)	
M\$/Km	Coste medio de eficiencia Ministerio español de Fomento (ref. 2010)	53,45		44,15		48,94	
FOM(2010) M\$/Km	Relleve - Tipo - Naturaleza	VS-2-Surb		VS-2-RuSurb		VS-2-RuSurb	
M\$/estados	Imputación de Costes	17118 WASHINGTON 11484 OREGON 6693 IDAHO		12442 IDAHO 18151 NEVADA		17118 WASHINGTON 11484 OREGÓN 19135 IDAHO 18151 NEVADA	

Desde Seattle hasta pasado Kennewick, el trazado, muy accidentado (ver planos 1 y 2), con grandes túneles de fuertes pendientes, llega a Ellensburg en las márgenes del Yakima River, después de atravesar los "Wenatchee y Saddle Mountains", de 1.800 m de altitud, y luego continúa en el estado de Washington, perforando la cadena "Yakima Ridge" a cotas similares a las iniciales en el terreno ondulado de "Horse Heaven Hills", cruzando repetidamente el gran Columbia River.

En el pk 325, el trazado pasa al estado de Oregón, en el que atraviesa las estribaciones de las Blue Mountains y de las Elkorn y Wallowa Mountains, que alcanzan cotas de 1.500 m. En el pk 543 el trazado cruza el Snake River, pasando al estado de Idaho, unos kilómetros antes de llegar a la población de Weiser, en cuyas inmediaciones cruza el Weiser River.

A partir de entonces, el trazado discurre por el Boise Basin. En el pk 670 llega a la estación de Boise, final de

la “CTW Idaho Line” y principio de la “CTW Utah Line”. Boise es la capital y ciudad más poblada (≈ 220.000 hab) del estado de Idaho. Está situada a orillas del Boise River, afluente del Snake River, que lo es a su vez del Columbia River, y unos kilómetros al sur del río Payette (afluente del Snake River) y al pie de las Montañas Rocosas.

Antes de llegar a Boise, a la altura de la ciudad de Emmett, circundada por el Payette River, se proyecta un PAET (TSAP)-Apeadero, por ser esta ciudad cruce de carreteras y disponer de ferrocarril y aeródromo local, formando parte del Boise-Nampa Idaho Metropolitan Area. El río Payette lo llamaron así los indios nativos por el comerciante de pieles de Quebec, François Payette, que fue encargado del viejo Fort Boise en 1818 y viajó por toda el área.

Con suave pendiente el trazado asciende de nuevo a la meseta de Columbia y desciende ligeramente a la llanura del Snake River, en la que un poco al norte de la orilla derecha del curso medio de este río se encuentra la ciudad de Mountain Home. Desde aquí, con pendiente media asciende hasta Grasmere (≈pk 815) a la cota 1.551m sobre nivel del mar, y continúa con pendiente algo más suave hasta entrar en el estado de Nevada en el pk 853. Con pendiente moderada y mediante dos grandes túneles que perforan la Sheep Creek Range, que presenta elevaciones de 2.100 m y 1.750 m sucesivamente, desciende el trazado desde su punto más alto en el pk 870, Mountain City hasta Elko River y la ciudad de Elko, a una altitud de 1.544m, donde se localizaba el final del tramo ferroviario construido por Central Pacific Railroad, de California a Utah. Elko es la ciudad más grande entre Reno (Nevada) y Salt Lake City (Utah), tiene una estación de la línea de Amtrak, la California Zephyr, y un aeropuerto, por lo que se prevé disponer en ella un PAET (TSAP), con apeadero/estación HSR.

A partir de Elko la traza pasa por Spring Creek y enfilada Ruby Mountain y Bute Hills, que atraviesa con un gran túnel de 52 km en doble pendiente. A la salida de este, y tras cruzar dos cursos de agua, afluentes o procedentes del Snow Water Lake y de las proximidades de Carrie, mediante otro gran túnel de 21 km, con fuerte pendiente descendente, accede a la Fork Station de Bonneville (pk 1.120), donde se unifica con la “Great Basin Line”, procedente de Reno (Nevada) y, tras pasar en el pk 1.151 al estado de Utah, siguen ambas líneas en plataforma única en suave rampa hasta el PAET de Timpie, y finalmente, por la parte sur del Great Salt Lake, llega a través del MultiSuspension Bridge GSL, de 11,2 km de longitud, a la Terminal Station de Salt Lake City, en el pk 1.300.

.\ Descripción del proyecto

En la tabla resumen adjunta se desglosan por líneas las características morfológicas, así como las previsiones constructivas y económicas manejadas para este

proyecto. Puede destacarse, de forma general, que requerirá la construcción de 1.300 km (808 millas) de plataforma de vía, de los cuales 424,5 km discurren en túnel (13 grandes túneles), 65 km en viaducto (20 puentes colgantes, con 32,0 km de longitud) y 810,5 km a cielo abierto (1186 Mm³ de movimiento de tierras, más 57 Mm³ de excavación en túneles). La explotación de esta conexión, en condiciones de seguridad y adecuado servicio, se proyecta hacerla con cinco estaciones (tres grandes terminales: Seattle, Boise y Salt Lake City) y quince puestos de adelantamiento y estacionamiento de trenes (PAETs/TSAPs).

Este proyecto supone una inversión total de 65.888 M\$, con un coste unitario de 50,68 M\$/km, 3,5% superior al de eficiencia FOM (coste que el Ministerio de Fomento del Gobierno de España aprobó en 2010 para la ejecución de obras públicas de infraestructura ferroviaria de alta velocidad), en condiciones medias aplicables por analogía.

El coste total imputable a cada uno de los cuatro estados por los que discurre esta infraestructura ferroviaria interestatal (la parte que discurre por el quinto, Utah, está contabilizada en el Proyecto Nevut, en la línea “Great Basin Line”, al utilizar la misma plataforma de vía) es de 17.118 M\$ (325 km) a Washington (25,98%), 11.484 M\$ (218 km) a Oregón (17,43%), 19.135 M\$ (310 km) a Idaho (29,04%) y 18.151 M\$ (278 km) a Nevada (27,55%).

Se planifica la construcción de la conexión Seattle, desde el Work Pole 2, instalado en Seattle, en un plazo de 15 años.

A continuación se describen con algún detalle las dos líneas que forman parte del Waoridnevut Project, esquematizándose su trazado en planta y en perfil (planos 1 y 2).

.\ Línea SEATTLE (WA)– BOISE (ID)

Con la solución propuesta, Columbia Tableland Way: Idaho Line, el trazado de esta HSL parte de la estación terminal de Seattle (40 m), en el estado de Washington, y termina en la estación de Boise (860 m), en el pk 670.

Se proyectan en total ocho PAETs: dos en el estado de Washington, situados en los pk 160 (Ellensburg) y pk 290 (Kennewick); dos en el estado de Oregón, en los pk 353 (Pendleton) y pk 429 (La Grande), y dos en el estado de Idaho, en los pk 570 (Weiser) y pk 630 (Emmett), además de los situados en las terminales HSR de Seattle (Washington) y de Boise (Idaho).

Por lo accidentado del trazado, más del 44% de la línea discurre en túnel, con un total de nueve grandes túneles, de longitudes comprendidas entre 19 km y 52,5 km, siendo éste último el más largo, con una pendiente superior a 22 milésimas y situado a la salida de Seattle, lo que obliga a disponer, en el tramo Seattle-Ellensburg,

de suplemento de tracción. Aun así, la velocidad media operativa en esta línea es de 276 km/h, con un tiempo de recorrido entre Seattle y Boise de 2h 26m.

La existencia de los lagos Washington y Sammamish en el tramo urbano de Seattle, a ambos lados de Mercier Island y en el acceso a Bellevue, aconsejan dispo-

Bibliografía

- ▶ Fort, L. & Fort, C. (2016) "España y la red de Alta Velocidad en Estados Unidos" *Revista de Obras Públicas (ROP)* nº 3580 Octubre 2016 Madrid, España.
- ▶ Fort, L. & Fort, C. (2016) "Los Proyectos de desarrollo de Líneas de Alta Velocidad en Estados Unidos (I): Del Pacífico a las Rocosas" *Revista del Ministerio de Fomento, Febrero 2016, Nº 658, Madrid, España.*
- ▶ Fort, L. & Fort, C. (2016) "Los Proyectos de desarrollo de Líneas de Alta Velocidad en Estados Unidos (II): El descenso de Las Rocosas" *Revista del Ministerio de Fomento, Septiembre 2016, Nº 664, Madrid, España.*
- ▶ Fort, L. & Fort, C. (2016) "Los Proyectos de desarrollo de Líneas de Alta Velocidad en Estados Unidos (III): Por las Grandes Llanuras al Golfo de México" *Revista del Ministerio de Fomento, Octubre 2016, Nº 665, Madrid, España.*
- ▶ Fort, L. & Fort, C. (2016) "Los Proyectos de desarrollo de Líneas de Alta Velocidad en Estados Unidos (IV): Por las Llanuras de la antigua Florida Española" *Revista del Ministerio de Fomento, Diciembre 2016, Nº 667, Madrid, España.*
- ▶ Fort, L. & Fort, C. (2017) "Los Proyectos de desarrollo de Líneas de Alta Velocidad en Estados Unidos (V): La Alta Velocidad llega a Nueva York" *Revista del Ministerio de Fomento, Abril 2017, Nº 671, Madrid, España.*
- ▶ Fort, L. & Fort, C. (2017) *Anteproyecto "Misilino Project: Chicago Connection"* Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos(Ref.152452) Mayo 2017, Madrid, España.
- ▶ Fort, L. & Fort, C. (2017) "Los Proyectos de desarrollo de Líneas de Alta Velocidad en Estados Unidos (VI): Chicago Connection "Desde El Mississippi a Los Grandes Lagos" *Revista del Ministerio de Fomento, Septiembre 2017, Nº 675, Madrid, España.*
- ▶ Fort, L. & Fort, C. (2017) *Anteproyecto "Waoridnevut Project: Seattle Connection "* Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (Ref.152694) Agosto 2017, Madrid, España.

ner la plataforma de vía sobre tres viaductos con tipología de MultiSuspension Bridges, con una longitud total próxima a los 15 km, que hacen espectacular este tramo inicial del corredor noroccidental de la USHSRS.

Se proyectan otros cinco viaductos con la tipología característica de puentes colgantes, de 800m de luz central, sobre los ríos Columbia (3), Powder y Snake, y otros grandes viaductos en arco y tramo recto, con luces superiores a 100m, hasta totalizar 39 km de longitud (5,82% de la longitud total).

.\ Línea BOISE (ID)-SALT LAKE CITY (UT)

Para la solución propuesta, Columbia Tableland Way: Utah Line, el trazado de esta HSL parte de la estación terminal de Boise (Idaho, 860m), en el pk 670, y termina en la estación terminal de Salt Lake City (Utah, 1.340m), en el pk 1.300, discurriendo los últimos 180 km, desde la Fork Station de Bonneville (Nevada, 1.360m), en el pk 1.120, por la plataforma de la Great Basin Line: Reno (Nevada)- Salt Lake City (Utah), definida en el Nevut Project.

Se proyectan en total siete PAETs: dos en el estado de Idaho, situados en los pk 729 (Mountain Home) y pk 815 (Grasmere); otros dos en el estado de Nevada, en los pk 983 (estación de Elko) y pk 1.120 (Fork Station Bonneville), y uno en el estado de Utah, en el pk 1.237 (Timpie), además de los situados en las terminales HSR de Boise (Idaho) y de Salt Lake City (Utah).

Más del 20% de la línea discurre en túnel (128 km), con un total de cuatro grandes túneles, de longitudes comprendidas entre 21 km y 52 km (este con doble pendiente que permite el ataque desde sus dos bocas, del lado Elko y lado Bonneville).

Se proyectan tres viaductos con tipología característica de puente colgante de 800 m de luz central, uno a la salida de la estación de Boise y otros dos sobre el Snake River y sobre el Elko River. Además, serán necesarios otros grandes viaductos en arco y tramo recto con luces superiores a 100 m, hasta totalizar veintiséis kilómetros de longitud (4,13 % de la longitud total). En el tramo común a la Great Basin Line se cruza el Great Salt Lake con un MultiSuspension Bridge de tipología característica de 800 m de luz central, con 12 km de longitud y otros 3 km de viaductos de tramo recto de 100 m de luz. ■