

Alta Velocidad Ferroviaria en California (USA): Tercera Parte (III) Fresno–Los Ángeles–San Diego

High Speed Railway in California (USA): Third Part (III) Fresno–Los Angeles–San Diego

MANUEL DÍAZ DEL RIO JÁUDENES (*), LUIS FORT LÓPEZ-TELLO (**) y CARMEN FORT SANTA-MARÍA (***)

RESUMEN Este artículo, tercera parte de la serie que describe la red de Alta Velocidad Ferroviaria de California (CHSRS), se ocupa de la línea Fresno–Los Angeles Airport–San Diego Airport, con el trazado propuesto en la Alternativa “Missions Trail” del Proyecto FARWEST, caracterizada por el paso directo de las montañas de Tehachapi, mediante dos grandes túneles de 27,5 Km (17 mile) y 25,6 Km (15,9 mile) de longitud. También por el emplazamiento de la estación terminal de Los Angeles, junto al Aeropuerto Internacional de Los Angeles y la sustitución de la circunvalación ferroviaria de la aglomeración urbana de Los Angeles, a través de “Inland Empire”, por el ramal Anaheim–Riverside, que da acceso a esa región, y que es cabecera de la futura “Dessert Express” a Las Vegas.

ABSTRACT *The third of a series describing the California High Speed Railway (CHSRS), this article refers to the Fresno–Los Angeles Airport–San Diego Airport line, with the alignment as proposed in the “Missions Trail” Alternative of the FARWEST Project, characterized by the direct Tehachapi mountain pass through two large tunnels 27.5 Km (17 miles) and 25.6 Km (15.9 miles) long and also to the siting of the Los Angeles terminal station next to the Los Angeles International Airport and the replacement of the Los Angeles urban conglomeration railway by-pass through “Inland Empire”, by the Anaheim–Riverside branch providing access to that region and which is the head of the future “Desert Express” to Las Vegas.*

Palabras clave: Alta Velocidad, California, Seguridad en Túneles Ferroviarios, Grandes Viaductos, Potencial Geotérmico, Sostenibilidad, ARTMS.

Keywords: High Speed, California, Railway Tunnel Safety, Large Viaducts, Geothermic potential, Sustainability, ARTMS.

1. INTRODUCCIÓN

La Línea Fresno–Los Angeles–San Diego del Proyecto FARWEST (MISSIONS TRAIL Alternative) tiene una longitud de 502 Km (312 mile), (más 55 km del ramal a Riverside) for-

1. INTRODUCTION

The Fresno–Los Angeles–San Diego line in the FARWEST (MISSIONS TRAIL Alternative) Project is 502 Km (312 miles), (plus 34 mile branch to Riverside) long, formed by

(*) Dr Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Ex Director de Infraestructuras, de Planificación, y de Operaciones Internacionales de Renfe. Ex Presidente de la Commission “Tunnels”, Union Internationale des Chemins de Fer (UIC). París. Catedrático Jubilado de la UPM. Professor “at large” Berkeley Univ. (Institute for Transportation Studies). California. Jury au Doctorat. École Polytechnique Fédérale de Lausanne (Suisse). E-mail: mdrio@telefonica.net

(**) Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Dr. Ingeniero Agrónomo. Ministerio de Fomento. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. Laboratorio de Geotecnia. Profesor Titular excedente de la UPM. E-mail: lfort@ciccp.es

(***) Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. DEA en Ingeniería del Terreno. Eptisa, S.I. División de Infraestructura del Transporte. Madrid. E-mail: cfort@eptisa.com

PHASE I CALIFORNIA HIGH-SPEED TRAIN PROGRAM (CHSTP)													
	ANAHUAC (mi)	BAKERSFIELD (mi)	FRESNO (mi)	LOS ANGELES (mi)	LOS ANGELES (mi)	LOS ANGELES (mi)	LOS ANGELES (mi)	LOS ANGELES (mi)	LOS ANGELES (mi)	LOS ANGELES (mi)	LOS ANGELES (mi)	LOS ANGELES (mi)	LOS ANGELES (mi)
ANAHUAC (mi)	0	142	179	241	281	321	361	401	441	481	521	561	601
BAKERSFIELD (mi)	142	0	166	228	268	308	348	388	428	468	508	548	588
FRESNO (mi)	179	166	0	161	201	241	281	321	361	401	441	481	521
LOS ANGELES (mi)	241	228	161	0	41	81	121	161	201	241	281	321	361
LOS ANGELES (mi)	281	268	201	41	0	41	81	121	161	201	241	281	321
LOS ANGELES (mi)	321	308	241	81	41	0	41	81	121	161	201	241	281
LOS ANGELES (mi)	361	348	281	121	81	41	0	41	81	121	161	201	241
LOS ANGELES (mi)	401	388	321	161	121	81	41	0	41	81	121	161	201
LOS ANGELES (mi)	441	428	361	201	161	121	81	41	0	41	81	121	161
LOS ANGELES (mi)	481	468	401	241	201	161	121	81	41	0	41	81	121
LOS ANGELES (mi)	521	508	441	281	241	201	161	121	81	41	0	41	81
LOS ANGELES (mi)	561	548	481	321	281	241	201	161	121	81	41	0	41
LOS ANGELES (mi)	601	588	521	361	321	281	241	201	161	121	81	41	0
LOS ANGELES (mi)	641	628	561	401	361	321	281	241	201	161	121	81	41
LOS ANGELES (mi)	681	668	601	441	401	361	321	281	241	201	161	121	81
LOS ANGELES (mi)	721	708	641	481	441	401	361	321	281	241	201	161	121
LOS ANGELES (mi)	761	748	681	521	481	441	401	361	321	281	241	201	161
LOS ANGELES (mi)	801	788	721	561	521	481	441	401	361	321	281	241	201
LOS ANGELES (mi)	841	828	761	601	561	521	481	441	401	361	321	281	241
LOS ANGELES (mi)	881	868	801	641	601	561	521	481	441	401	361	321	281
LOS ANGELES (mi)	921	908	841	681	641	601	561	521	481	441	401	361	321
LOS ANGELES (mi)	961	948	881	721	681	641	601	561	521	481	441	401	361
LOS ANGELES (mi)	1001	988	921	761	721	681	641	601	561	521	481	441	401
LOS ANGELES (mi)	1041	1028	961	801	761	721	681	641	601	561	521	481	441
LOS ANGELES (mi)	1081	1068	1001	841	801	761	721	681	641	601	561	521	481
LOS ANGELES (mi)	1121	1108	1041	881	841	801	761	721	681	641	601	561	521
LOS ANGELES (mi)	1161	1148	1081	921	881	841	801	761	721	681	641	601	561
LOS ANGELES (mi)	1201	1188	1121	961	921	881	841	801	761	721	681	641	601
LOS ANGELES (mi)	1241	1228	1161	1001	961	921	881	841	801	761	721	681	641
LOS ANGELES (mi)	1281	1268	1201	1041	1001	961	921	881	841	801	761	721	681
LOS ANGELES (mi)	1321	1308	1241	1081	1041	1001	961	921	881	841	801	761	721
LOS ANGELES (mi)	1361	1348	1281	1121	1081	1041	1001	961	921	881	841	801	761
LOS ANGELES (mi)	1401	1388	1321	1161	1121	1081	1041	1001	961	921	881	841	801
LOS ANGELES (mi)	1441	1428	1361	1201	1161	1121	1081	1041	1001	961	921	881	841
LOS ANGELES (mi)	1481	1468	1401	1241	1201	1161	1121	1081	1041	1001	961	921	881
LOS ANGELES (mi)	1521	1508	1441	1281	1241	1201	1161	1121	1081	1041	1001	961	921
LOS ANGELES (mi)	1561	1548	1481	1321	1281	1241	1201	1161	1121	1081	1041	1001	961
LOS ANGELES (mi)	1601	1588	1521	1361	1321	1281	1241	1201	1161	1121	1081	1041	1001
LOS ANGELES (mi)	1641	1628	1561	1401	1361	1321	1281	1241	1201	1161	1121	1081	1041
LOS ANGELES (mi)	1681	1668	1601	1441	1401	1361	1321	1281	1241	1201	1161	1121	1081
LOS ANGELES (mi)	1721	1708	1641	1481	1441	1401	1361	1321	1281	1241	1201	1161	1121
LOS ANGELES (mi)	1761	1748	1681	1521	1481	1441	1401	1361	1321	1281	1241	1201	1161
LOS ANGELES (mi)	1801	1788	1721	1561	1521	1481	1441	1401	1361	1321	1281	1241	1201
LOS ANGELES (mi)	1841	1828	1761	1601	1561	1521	1481	1441	1401	1361	1321	1281	1241
LOS ANGELES (mi)	1881	1868	1801	1641	1601	1561	1521	1481	1441	1401	1361	1321	1281
LOS ANGELES (mi)	1921	1908	1841	1681	1641	1601	1561	1521	1481	1441	1401	1361	1321
LOS ANGELES (mi)	1961	1948	1881	1721	1681	1641	1601	1561	1521	1481	1441	1401	1361
LOS ANGELES (mi)	2001	1988	1921	1761	1721	1681	1641	1601	1561	1521	1481	1441	1401
LOS ANGELES (mi)	2041	2028	1961	1801	1761	1721	1681	1641	1601	1561	1521	1481	1441
LOS ANGELES (mi)	2081	2068	2001	1841	1801	1761	1721	1681	1641	1601	1561	1521	1481
LOS ANGELES (mi)	2121	2108	2041	1881	1841	1801	1761	1721	1681	1641	1601	1561	1521
LOS ANGELES (mi)	2161	2148	2081	1921	1881	1841	1801	1761	1721	1681	1641	1601	1561
LOS ANGELES (mi)	2201	2188	2121	1961	1921	1881	1841	1801	1761	1721	1681	1641	1601
LOS ANGELES (mi)	2241	2228	2161	2001	1961	1921	1881	1841	1801	1761	1721	1681	1641
LOS ANGELES (mi)	2281	2268	2201	2041	2001	1961	1921	1881	1841	1801	1761	1721	1681
LOS ANGELES (mi)	2321	2308	2241	2081	2041	2001	1961	1921	1881	1841	1801	1761	1721
LOS ANGELES (mi)	2361	2348	2281	2121	2081	2041	2001	1961	1921	1881	1841	1801	1761
LOS ANGELES (mi)	2401	2388	2321	2161	2121	2081	2041	2001	1961	1921	1881	1841	1801
LOS ANGELES (mi)	2441	2428	2361	2201	2161	2121	2081	2041	2001	1961	1921	1881	1841
LOS ANGELES (mi)	2481	2468	2401	2241	2201	2161	2121	2081	2041	2001	1961	1921	1881
LOS ANGELES (mi)	2521	2508	2441	2281	2241	2201	2161	2121	2081	2041	2001	1961	1921
LOS ANGELES (mi)	2561	2548	2481	2321	2281	2241	2201	2161	2121	2081	2041	2001	1961
LOS ANGELES (mi)	2601	2588	2521	2361	2321	2281	2241	2201	2161	2121	2081	2041	2001
LOS ANGELES (mi)	2641	2628	2561	2401	2361	2321	2281	2241	2201	2161	2121	2081	2041
LOS ANGELES (mi)	2681	2668	2601	2441	2401	2361	2321	2281	2241	2201	2161	2121	2081
LOS ANGELES (mi)	2721	2708	2641	2481	2441	2401	2361	2321	2281	2241	2201	2161	2121
LOS ANGELES (mi)	2761	2748	2681	2521	2481	2441	2401	2361	2321	2281	2241	2201	2161
LOS ANGELES (mi)	2801	2788	2721	2561	2521	2481	2441	2401	2361	2321	2281	2241	2201
LOS ANGELES (mi)	2841	2828	2761	2601	2561	2521	2481	2441	2401	2361	2321	2281	2241
LOS ANGELES (mi)	2881	2868	2801	2641	2601	2561	2521	2481	2441	2401	2361	2321	2281
LOS ANGELES (mi)	2921	2908	2841	2681	2641	2601	2561	2521	2481	2441	2401	2361	2321
LOS ANGELES (mi)	2961	2948	2881	2721	2681	2641	2601	2561	2521	2481	2441	2401	2361
LOS ANGELES (mi)	3001	2988	2921	2761	2721	2681	2641	2601	2561	2521	2481	2441	2401
LOS ANGELES (mi)	3041	3028	2961	2801	2761	2721	2681	2641	2601	2561	2521	2481	2441
LOS ANGELES (mi)	3081	3068	3001	2841	2801	2761	2721	2681	2641	2601	2561	2521	2481
LOS ANGELES (mi)	3121	3108	3041	2881	2841	2801	2761	2721	2681	2641	2601	2561	2521
LOS ANGELES (mi)	3161	3148	3081	2921	2881	2841	2801	2761	2721	2681	2641	2601	2561
LOS ANGELES (mi)	3201	3188	3121	2961	2921	2881	2841	2801	2761	2721	2681	2641	2601
LOS ANGELES (mi)	3241	3228	3161	3001	2961	2921	2881	2841	2801	2761	2721	2681	2641
LOS ANGELES (mi)	3281	3268	3201	3041	3001	2961	2921	2881	2841	2801	2761	2721	2681
LOS ANGELES (mi)	3321	3308	3241	3081	3041	3001	2961	2921	2881	2841	2801	2761	2721
LOS ANGELES (mi)	3361	3348	3281	3121	3081	3041	3001	2961	2921	2881	2841	2801	2761
LOS ANGELES (mi)	3401	3388	3321	3161	3121	3081	3041	3001	2961	2921	2881	2841	2801
LOS ANGELES (mi)	3441	3428	3361	3201	3161	3121	3081	3041	3001	2961	2921	2881	2841
LOS ANGELES (mi)	3481	3468	3401	3241	3201	3161	3121	3081	3041	3001	2961	2921	2881
LOS ANGELES (mi)	3521	3508	3441	3281	3241	3201	3161	3121	3081	3041	3001	2961	2921
LOS ANGELES (mi)	3561	3548	3481	3321	3281	3241	3201	3161	3121	3081	3041	3001	2961
LOS ANGELES (mi)	3601	3588	3521	3361	3321	3281	3241	3201	3161	3121	3081	3041	3001
LOS ANGELES (mi)	3641	3628	3561	3401	3361	3321	3281	3241	3201	3161	3121	3081	3041
LOS ANGELES (mi)	3681	3668	3601	3441	3401	3361	3321	3281	3241	3201	3161	3121	3081
LOS ANGELES (mi)	3721	3708	3641	3481	3441	3401	3361	3321	3281	3241	3201	3161	3121
LOS ANGELES (mi)	3761	3748	3681	3521	3481	3441	3401	3361	3321	3281	3241	3201	3161
LOS ANGELES (mi)	3801	3788	3721	3561	3521	3481	3441	3401	33				

- *LAV Fresno-Los Angeles (Airport)-San Diego (Airport)* "Missions Trail Alternative" (cuya descripción es objeto del presente artículo).
- *LAV Fresno-Sacramento Roseville* ("Stockton Arch Alternative", por el lado Este de la Bahía, que será descrita en otro artículo).

2. TRAYECTO FRESNO-BAKERSFIELD

En este trayecto, sin especiales problemas constructivos, se alcanzan las velocidades de recorrido más altas de la red, con una media de 327 Km/h (202 mph) y un tiempo de viaje inferior a media hora (Tabla 1).

En la primera columna de la Tabla 2 se reflejan las principales características de este tramo, de las que se mencionan las siguientes:

- Se proyectan dos PAETs de 2,3 Km de longitud, intermedios: Corcoran-Tulare (pk 55+000), con acceso desde la 137 Road y Wasco-Famoso (pk 125+000), con acceso desde la multilane 46 Road, además de los dos situados en las estaciones de Fresno y Bakersfield.

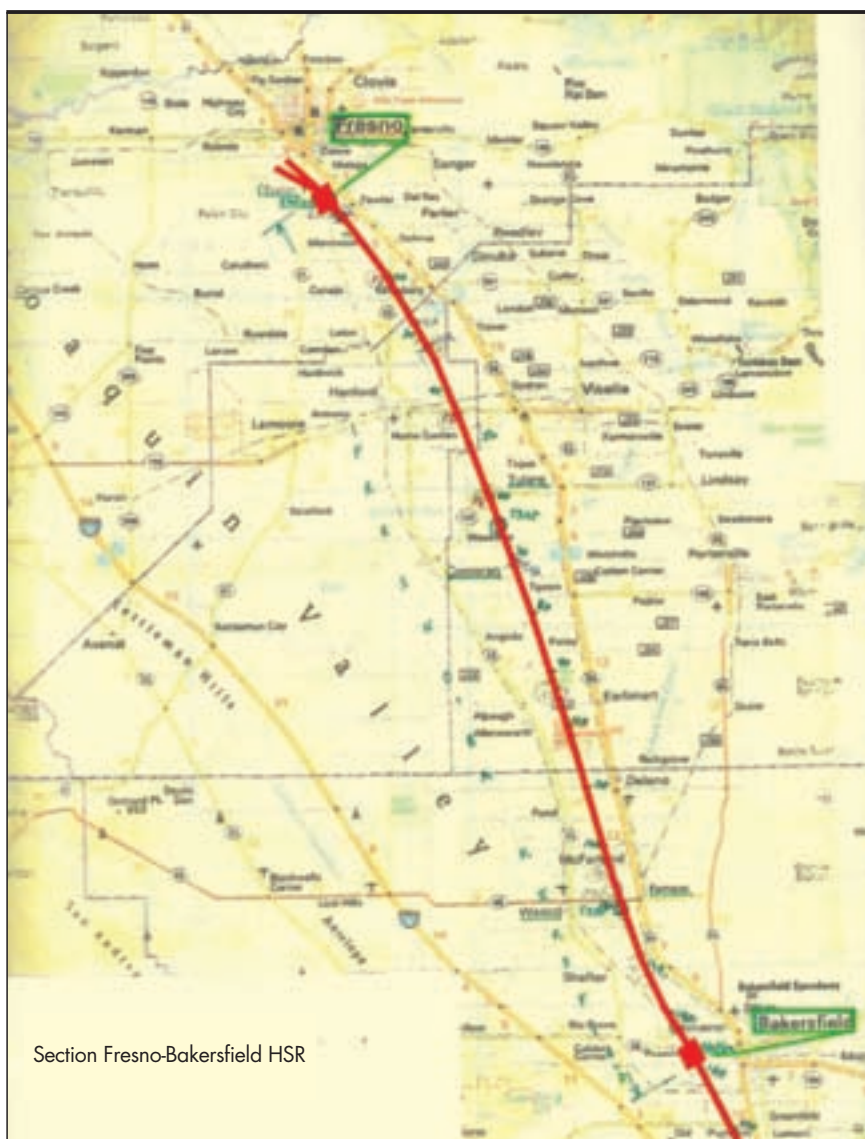
- *Fresno-Los Angeles HSL (Airport)-San Diego (Airport)* "Missions Trail Alternative" (which is being described in this article).
- *Fresno-Sacramento Roseville HSL* ("Stockton Arch Alternative", on the Bay's East side, which will be described in a further article).

2. FRESNO-BAKERSFIELD ALIGNMENT

With no special construction problems in this alignment, the highest running speeds in the system are reached with an average of 327 Km/h (202 mph) and less than half an hour's journey time (Table 1).

The first column of Table 2 shows the main characteristics of this section, of which the following are mentioned:

- Two 2.3 Km long, intermediate TSAPs (post of passing and stabling train) are designed: Corcoran-Tulare (P.K. 55+000), with access from Road 137 and Wasco-Famoso (P.K. 125+000), with access from multilane Road 46, apart from the two located in the Fresno and Bakersfield stations.



Section Fresno-Bakersfield HSR

FIGURA 1. Trazado línea HSR Fresno-Bakersfield /Fresno - Bakersfield HSR Line alignment.

[illegible]

TABLE 2. CHSRS – Resumen (Proyecto FARWEST – Miles y M\$) / CHSRS – Summary (FARWEST Project – Miles and M\$).

- La traza de esta línea HSR discurre en el interior del corredor, anexo a San Joaquín Valley, limitado por la Hwy 99 al Este y por la multilane road 43 y el ferrocarril Fresno-Bakersfield al Oeste, sobre siete viaductos (uno con un tramo en arco de tablero intermedio de 200m de luz) sobre los ríos Kings River, Kaweah River, Elk Bayon, Tule River, Friant Kern Canal, y pasos sobre carreteras estatales y secundarias y sobre los ferrocarriles a Visalia, Tehachapi y Río Bravo (Figura 1).
- El trazado, prácticamente todo en terraplén de pequeña a mediana altura para permitir el paso de ríos, carreteras y ferrocarriles que discurren por el Valle del río San Joaquín, con un movimiento de tierras de 43,82 Mm³, de los que 42,22 Mm³ de déficit.
- Se propone las inmediaciones de la localidad de Corcoran para emplazamiento de las instalaciones de obra iniciales de la red, como tiene previsto la CHSRA, con trámites avanzados de disponibilidad de terrenos, dado su posición centrada en este trayecto, con acceso al ferrocarril y a la 43 road que comunican actualmente Fresno con Bakersfield.

3. TRAYECTO BAKERSFIELD-LOS ANGELES (AIRPORT)

Este trayecto, en el Proyecto Farwest, se plantea con un trazado valiente, con dificultades constructivas, pero directo, especialmente concebido para formar parte de una línea de alta velocidad, la comercialmente más importante de la red, por la concentración de población a la que dará servicio cuando esté operativa (Figura 2).

Igualmente, la Tabla 2 sintetiza en su quinta columna las principales características de este trayecto, identificada como Section IV de la CHSTP. Se destacan a continuación, las siguientes:

- El 58% de la longitud de este trayecto discurre en túnel, atravesando las montañas de Tehachapi (Figura 2) mediante dos grandes túneles, TU 1 L=27,5 Km en su vertiente norte y TU 2 L=25,6 Km en su vertiente sur, adentrándose en "Angeles National Forest", que no obstante sus longitudes presentan fuertes inclinaciones. El TU 1 en dirección Los Ángeles, con rampa de 16,9 milésimas, baja la velocidad media de marcha a 80 Km/h (con locomotoras de última generación previstas para este proyecto con potencia de diseño para velocidad máxima de 380 Km/h) y 21 min de tiempo de recorrido en túnel. En este mismo sentido de marcha, el TU 2 con pendiente de 21,9 milésimas, velocidad media de marcha de 130 Km/h y 12 min de recorrido en túnel, hace de este tramo, uno de los más característicos y difíciles de la red y a su vez de los de mayor interés de puesta en operación (Figura 3).
- Potencial geotérmico

Al igual que en el tramo Oroloma-Gilroy, descrito en el artículo anterior de esta serie, la construcción de este Trayecto Bakersfield-Los Ángeles, en el tramo Metler-Valencia, puede aportar una potenciación de impactos positivos en la excavación de dos grandes túneles para atravesar las montañas de Tehachapi, con la utilización del potencial geotérmico de este macizo montañoso, a través de las aguas subterráneas drenadas por los túneles.

En función de las alturas medias de montera, la longitud de los túneles y mediante correlación con los valores estimados en los túneles del Trayecto Fresno-Gilroy, se deduce un poten-

- *This HSR line's alignment runs inside the corridor, next to San Joaquín Valley, limited by Hwy 99 to the East and by multilane road 43 and the Fresno-Bakersfield railway to the West, over seven viaducts (one with a section of a 200 m span intermediate arch deck over the Kings River, Kaweah River, Elk Bayon, Tule River, Friant Kern Canal and overpasses State and secondary roads and the railways to Visalia, Tehachapi and Río Bravo (Figure 1).*
- *Practically all on small to medium height embankment to allow for rivers, roads and railways running through the San Joaquin river Valley to pass under, with 43.82 Mm³ earthworks of which 42.22 Mm³ are deficit.*
- *The vicinity of Corcoran is proposed for siting the system's initial construction work facilities, as the CHSRA has provided for, with advanced negotiations on land availability, in view of its central position on this alignment, with access to the railway and to the 43 road which currently connect Fresno to Bakersfield.*

3. BAKERSFIELD-LOS ANGELES (AIRPORT) ALIGNMENT

In the Farwest Project, this route is proposed with a daring alignment with construction problems, but direct, especially conceived to form part of a high speed line, the most commercially important in the system because of the population concentration which it will service when operative (Figure 2).

Likewise, in its fifth column, Table 2 synthesizes the main characteristics of this alignment, identified as Section IV of the CHSTP. The following may be highlighted:

- *58% of this alignment's length is tunneled, through the Tehachapi mountains (Figure 2) through two large tunnels, TU 1 L=27.5 Km on its north side and TU 2 L=25.6 Km on its south side, entering the "Angeles National Forest", which, despite their lengths, are steeply sloping. In the Los Angeles direction, TU1, with a slope of 16.9 thousandths, reduces the average running speed to 80 Km/h (with the latest generation of locomotives provided for this Project with a design rating for a maximum speed of 380 Km/h) and 21 min journey time in the tunnel. TU 2, in this same running direction with a gradient of 21.9 thousandths, average running speed of 130 Km/h and 12 min journey time in the tunnel, makes this section one of the most characteristic and difficult on the system and, in turn, of the greatest interest as to its coming into operation (Figure 3).*
- *Geothermal energy*

As in the Oroloma-Gilroy section, described in the previous article of this series, the construction of this Bakersfield-Los Angeles route, in the Metler-Valencia section, may strengthen positive impacts in excavating the two large tunnels to run through the Tehachapi mountains, by using geothermal energy from this mountain massif through the groundwater drained off by the tunnels.

In terms of the average overburden heights, from the length of the tunnels and by correlating the estimated figures in the Fresno-Gilroy Alignment's tunnels, an effective



FIGURA 2. Trazado línea HSR
Bakersfield-Los Ángeles /
Bakersfield-Los Angeles
HSR line alignment.

cial geotérmico eficaz de 6,6 Mwt, según se especifica a continuación:

- TU 1.....L= 27,5 km Montera media M = 350 m.
- TU 2.....L= 25,6 km Montera media M = 350 m.

Valores medios TU1, TU2 y TU3 del Trayecto Fresno-Gilroy:

Σ TU (1 a 3).....L= 44,6 Km Montera media M= 350 m.
Caudal suma medio aguas en portales de túneles361,6 l/s.
Potencial geotérmico suma medio eficaz.....5,53 Mwt.
Ratio caudal/frente drenantec.....23,16 l/s km².
Ratio potencial geotérmico/frente drenante.....
.....0,354 Mwt/km².

Túneles Trayecto Bakersfield-Los Angeles.

TU1 (Tehachapi Norte).

Caudal medio aguas drenadas: Q $\approx$ 230 l/s.

Potencial geotérmico eficaz: W_t = 3,40 Mwt.

geothermal energy of 6.6 Mwt can be inferred, as specified below:

- TU 1.....L= 27.5 km Average overburden M = 350 m.
- TU 2.....L= 25.6 km Average overburden M = 350 m.

Average values TU1, TU2 and TU3 on the Fresno-Gilroy Alignment:

Σ TU (1 to 3).L= 44.6 Km Average overburden M = 350 m.
Average total water flow at tunnel portals.....
.....361.6 l/s.
Total effective geothermal energy.....5.53 Mwt.
Flow / drain front ratio.....23.16 l/s km².
Geothermal energy / drain front ratio.....
.....0.354 Mwt / km².

Bakersfield-Los Angeles Alignment Tunnels.

TU1 (Tehachapi North).

Average drained water flow: Q $\approx$ 230 l/s.

Effective geothermal energy: W_t = 3.40 Mwt.

TU2 (Tehachapi Sur).

Caudal medio aguas drenadas: $Q \approx 210$ l/s.

Potencial geotérmico eficaz: $W_t = 3,20$ Mwt.

Línea Golden Gate (Túneles largos):

- TU 1.....L= 16,2 km Montera < M = 200 m (+ 7,16‰).
- TU 2.....L= 19,2 km Montera > M = 500 m. (4 km al +2,75‰ y 10,45 km al -10,45‰).
- TU 3.....L= 9,2 km Montera M = 300 m. (al -6,5‰).

Potencial geotérmico.

TU1	$Q \approx 74,2$ l/s	$W_t = 690$ Kw	$LxM = 3,24$ km ²
TU2	$Q \approx 30,7$ l/s	$W_t = 350$ Kw	$LxM = 9,60$ km ²
	$Q \approx 182,9$ l/s	$W_t = 3640$ Kw	$W_t = 3990$ kw
TU3	$Q \approx 73,8$ l/s	$W_t = 850$ Kw	$LxM = 2,76$ km ²
	361,6 l/s	5.530 kw	Montera media 350 m.
	8,1 l/s	124 Kw/Km	354 Kw/Km ²

Línea Missions Trails:

a) Bakersfield – Los Ángeles (Túneles largos)

- TU 1.....L= 27,5 km Montera < M = 350 m. (+16,9‰)
 $LxM = 9,62$ km² Tehachapi
- TU 2.....L= 25,6 km Montera < M = 500 m. (-21,9‰)
 $LxM = 8,96$ km²

Potencial geotérmico: 6.577 kw
18,58 km²

- TU 3.....L= 6,5 km Montera M = 50 m. (al 0,0‰)
 $LxM = 0,33$ km²
- TU 4.....L= 16,1 km Montera M = 100 m. (al -11,6‰)
 $LxM = 1,61$ km²
- TU 5.....L= 12,2 km Montera M = 50 m. (al -5,8‰)
 $LxM = 0,61$ km²

Potencial geotérmico: 903 kw
2,55 km²

b) Anaheim – San Diego

- c) TU 3.....L= 12,3 km Montera M = 100 m. (+y -‰)
 $LxM = 1,23$ km²
- d) TU 8.....L= 11,3 km Montera M < 50 m. (+y -‰)
 $LxM = 0,57$ km²
- e) TU 5.....L= 12,2 km Montera M = 50 m. (+y -‰)
 $LxM = 0,38$ km²

Potencial geotérmico: 772 kw
2,18 km²

Total 23,31 km² x 354 kw / km² ≈ 8.250 Kw

— También en este trayecto, con traza próxima y paralela a la Hwy 5, se proyectan los túneles TU 3 (6,5 Km), TU 4 (16,1 Km) y TU 5 (12,2 Km), para seguir atravesando el primero de ellos, de forma respetuosa con el entorno natural, el “Angeles National Forest”. El TU 4 pasa bajo Los Angeles Aqueduct, Six Flag Magic Mountain, la población de Santa Clarita y la Hwy 5 en su entronque con la Hwy 14. Los TU 3 y TU 4 tienen rasante con pendientes mínimas para permitir la evacuación de las aguas subterráneas por ellos drenadas, con lo que la velocidad media de marcha se recupera a niveles superiores a los 265 Km/h. El TU 5 discurre bajo Beverly Hills ya en plena aglomeración urbana de Los Angeles, con su portal norte en Burbank. La rasante ha aumentado la pen-

TU2 (Tehachapi South).

Average drained water flow: $Q \approx 210$ l/s.

Effective geothermal energy: $W_t = 3.20$ Mwt.

Golden Gate Line (Long tunnels):

- TU 1.....L= 16.2 km Overburden < M = 200 m (+ 7.16‰)
- TU 2.....L= 19.2 km Overburden > M = 500 m. (4 km at +2.75‰ and 10.45 km at -10.45‰).
- TU 3.....L= 9.2 km Overburden M = 300m. (at -6.5‰).

Geothermal energy.

TU1	$Q \approx 74.2$ l/s	$W_t = 690$ Kw	$LxM = 3.24$ km ²
TU2	$Q \approx 30.7$ l/s	$W_t = 350$ Kw	$LxM = 9.60$ km ²
	$Q \approx 182.9$ l/s	$W_t = 3640$ Kw	$W_t = 3990$ kw
TU3	$Q \approx 73.8$ l/s	$W_t = 850$ Kw	$LxM = 2.76$ km ²
	361.6 l/s	5.530 kw	Average overburden 350m.
	8.1 l/s	124 Kw / Km	354 Kw / Km ²

Missions Trails Line:

a) Bakersfield–Los Ángeles (Long tunnels)

- TU 1.....L= 27.5 km Overburden < M = 350 m. (+ 16.9‰)
 $LxM = 9.62$ km² Tehachapi
- TU 2.....L= 25.6 km Overburden < M = 500 m. (-21.9‰)
 $LxM = 8.96$ km²

Geothermal energy: 6.577kw
18.58 km²

- TU 3.....L= 6.5 km Overburden M = 50 m. (at 0.0‰)
 $LxM = 0.33$ km²
- TU 4.....L= 16.1 km Overburden M = 100 m. (at - 11.6‰)
 $LxM = 1.61$ km²
- TU 5.....L= 12.2 km Overburden M = 50 m. (at -5.8‰)
 $LxM = 0.61$ km²

Geothermal energy: 903 kw
..2.55 km²

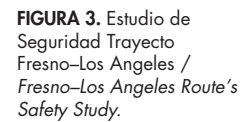
b) Anaheim San Diego

- c) TU 3.....L= 12.3 km Overburden M = 100 m. (+and -‰)
 $LxM = 1.23$ km²
- d) TU 8.....L= 11.3 km Overburden M < 50 m. (+y -‰)
 $LxM = 0.57$ km²
- e) TU 5.....L= 12.2 km Overburden M = 50 m. (+y -‰)
 $LxM = 0.38$ km²

Geothermal energy: 772 kw
..2.18 km²

Total 23.31 km² x 354 kw / km² $\approx 8,250$ Kw

— Also on this route, TU 3 (6.5 Km), TU 4 (16.1 Km) and TU 5 (12.2 Km) tunnels are designed, with an alignment close to and parallel with Hwy 5, for the first of them to continue crossing through the “Angeles National Forest”, with respect for the natural environment. TU 4 passes under Los Angeles Aqueduct, Six Flag Magic Mountain, the town of Santa Clarita and Hwy 5 where it joins with Hwy 14. The TU 3 and TU 4 tunnels have a grade line with minimum gradients to allow groundwater drained by them to discharge and, therefore, the average running speed is recovered at levels of more than 265 Km / h. TU 5 runs under Beverly Hills having entered fully into the Los Angeles urban conglomeration with its north gate in Burbank. The grade line has increased the gradient to



11.6 thousandths in the open air section between San Fernando and Burbank but it reduces to half, 5.8 thousandths, inside the tunnel, achieving an average running speed of 325 Km/h.

- TU 6, an 8.4 Km long urban tunnel, is planned from Culver City, under Huntington Park and Inglewood, for siting the major station on the system, Los Angeles (Airport) HSR Station, facing the Los Angeles International Airport (LAX), with scarce space availability for the large number of main and interconnection tracks with the existing railway lines, which leads to costly construction works that, nevertheless, are thought will offset the strategically, incomparable operating advantage as provided to high speed by intermodality with air traffic and the urban centre position of this station with over ten million passengers a year.
- The Bakersfield–Los Angeles route's safety study (Figure 3) is based on dividing it into four sections with three intermediate TSAPs and two ends included in the Bakersfield and Los Angeles Airport HSR Stations. The most critical section is the second in the Los Angeles direction, between the Metler (P.K. 195) and Valencia TSAPs (P.K. 263), which, with a continuous bed for auxiliary rescue train traffic (VAL) enables evacuation in case of accident in Tunnels 1, 2 and 3 to Bakersfield, Fresno or San Francisco from the Metler PAET via Hwy 99 or Hwy 5 and from the Valencia PAET via Hwy 5 to Los Angeles. The worst rescue conditions would relate to an accident in TU 3 with the (TAV) train detained 750 m from the exit in the Los



FIGURA 5. Trayecto Los Ángeles-Anaheim-Riverside / Los Ángeles-Anaheim-Riverside Alignment.

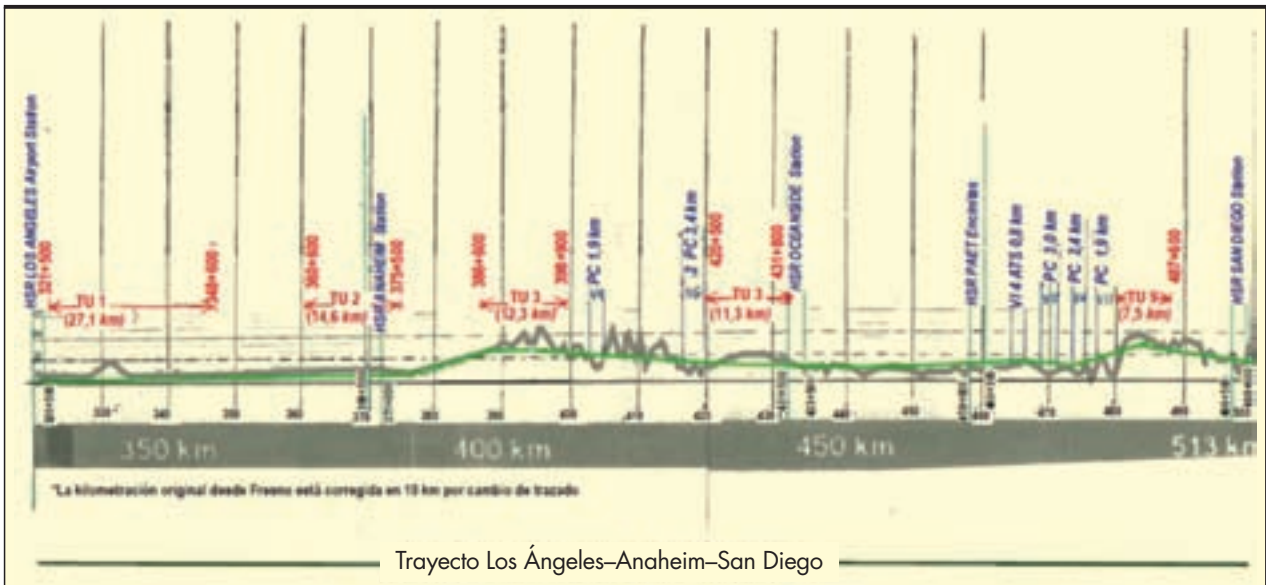


FIGURA 6. Trayecto Los Ángeles-Anaheim-San Diego / Los Ángeles-Anaheim-San Diego Alignment.

Esta estación aumenta su importancia, ya grande por su emplazamiento que sirve a una zona turística de primera categoría (quince millones de visitantes entraron en Disneyland en 2007), por servir de cabecera del ramal a Riverside y de partida para la línea a San Diego. (Figura 7).

Las características de estos trayectos se recogen en la Tabla 2 como Phase II Section VIII. Los recorridos actuales en coche desde Riverside y Los Angeles Airport (LAX) a Anaheim, de 1h a 1,5h pasarían a ser de quince minutos en trenes de alta velocidad. Desde Riverside podrá partir en el futuro la línea interestatal "Desert Express" a Las Vegas.

5. TRAYECTO ANAHEIM-SAN DIEGO AIRPORT

Este trayecto de 117 Km (73 mile), completa la LAV Fresno-Los Angeles-San Diego "MISSIONS TRAIL Alternative" del Proyecto FARWEST de la CHSR.

This station increases in importance, already great because of its position serving a top category tourist area (fifteen million visitors entered Disneyland in 2007), through serving as head of the branch to Riverside and starter for the San Diego line (Figure 7).

The characteristics of these alignments are shown in Table 2 as Phase II Section VIII. Current of 1h to 1.5h journey times by car from Riverside and Los Angeles Airport (LAX) to Anaheim, would become fifteen minutes in high speed trains. The interstate "Desert Express" to Las Vegas will be able to start from Riverside in the future.

5. ANAHEIM-SAN DIEGO AIRPORT ALIGNMENT

This 117 Km (73 mile) route completes the Fresno-Los Angeles-San Diego HSL "MISSIONS TRAIL Alternative" of the CHSR FARWEST Project.

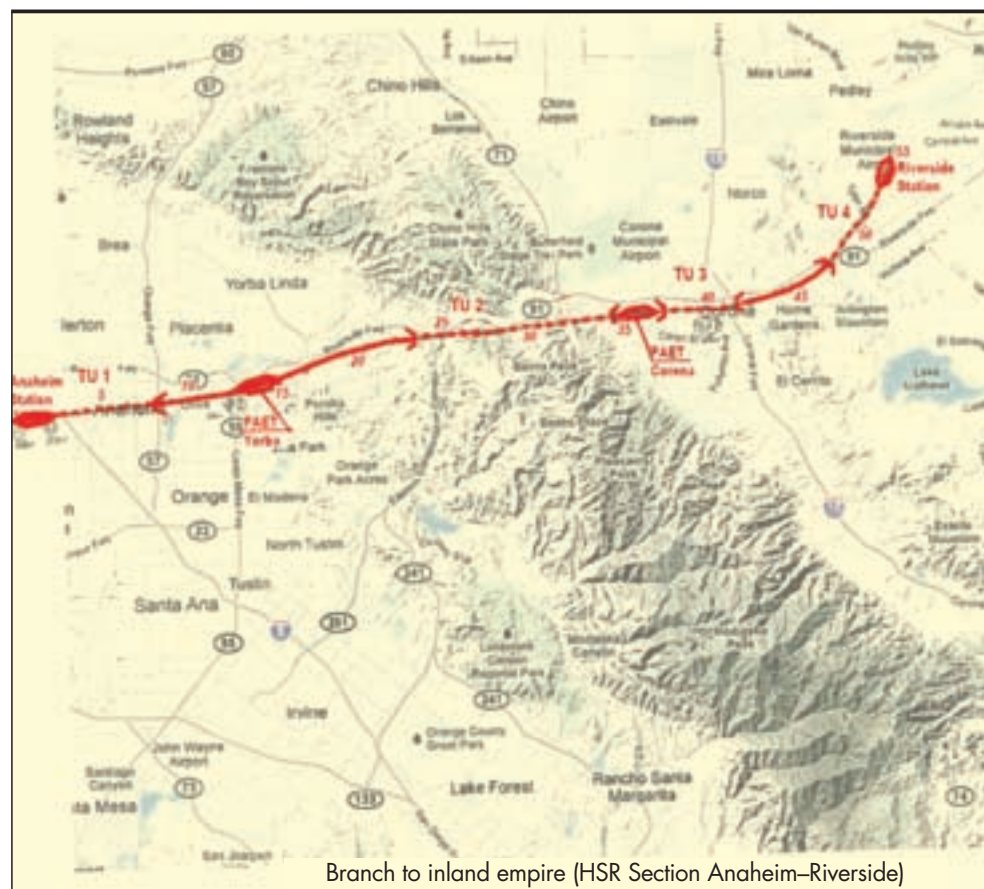


FIGURA 7. Ramal a Riverside
/ Branch to Riverside.

Branch to inland empire (HSR Section Anaheim-Riverside)

Comienza a la salida de la estación subterránea de Anaheim (TU 1), con un trazado en túnel (TU 2), que sigue en planta al de la Hwy 5 (Santa Ana Fwy) hasta su cruce con la Costa Mesa Fwy 55 en las proximidades de Tustin, desde donde se inicia un tramo de casi 12 Km en rampa a cielo abierto hasta entrar en el túnel TU 3 (12,3 Km), con cambio de rasante en su interior, bajo Aliso Viejo y Laguna Hills, y que tras otros túneles menores TU 4, TU 5, TU 6 y TU7, pasa por las inmediaciones de San Juan de Capistrano (donde permanece una de las más famosas misiones fundadas por franciscanos españoles en California) para continuar por la costa a la altura de San Clemente, primero en túnel (TU 8) de 11,3 Km por San Onofre y Camp Pendleton, para llegar a la estación HSR de Oceanside (Figura 8), cuyo emplazamiento se propone entre la Hwy5 y la Coast Hwy, entre San Luis Rey Mission Expwy y Oceanside Boulevard. En esta estación, que servirá de PAET, se plantea conexión con las líneas de AMTRAK.

La línea de alta velocidad continúa por la costa, con un trazado a cielo abierto, en tramos angostos, con vistas espectaculares hasta llegar al PAET de Encinitas, a partir del cual se complica aún más el trazado, requiriendo cuatro grandes viaductos, el primero de ellos con un arco de tablero superior de 200m de luz y los otros tres con puentes colgantes de 800m de luz principal. A la salida del último viaducto el trazado entra en un túnel de 7,5 Km (TU 9), con cambio de rasante, seguido de cinco túneles menores (TU 10 a TU 14), para finalmente llegar a San Diego. La gran estación terminal HSR de San Diego se emplaza adyacente al Aeropuerto Internacional de San Diego (Figura 9). La LAV llega a la estación terminal con un trazado paralelo y próximo a la

It commences at the exit of the underground Anaheim station (TU 1), with a tunnel alignment (TU 2) which follows Hwy 5's in plan (Santa Ana Fwy) to the intersection with the Costa Mesa Fwy 55 in the proximity of Tustin from where a section of almost 12 km commences in an open air slope until entering tunnel TU 3 (12.3 Km), with a change in grade inside, under Aliso Viejo and Laguna Hills, and which, after other lesser tunnels, TU 4, TU 5, TU 6 and TU7, passes by the vicinity of San Juan de Capistrano (where still remains one of the most famous missions founded by Spanish Franciscans in California) to continue along the coast at San Clemente, first in a tunnel (TU 8) 11.3 Km long via San Onofre and Camp Pendleton to arrive at the Oceanside HSR station (Figure 8), whose siting is proposed between Hwy 5 and the Coast Hwy, between San Luis Rey Mission Expwy and Oceanside Boulevard. Connection with the AMTRAK lines is proposed at this station, which will act as a TSAP.

The high speed line continues along the coast in an open to the sky alignment in narrow sections with spectacular views until arriving at the Encinitas TSAP, as from which the alignment becomes even more complicated, calling for four large viaducts, the first with an deck arch more than 200 m in span and the other three with suspension bridges with a main span of 800 m. At the exit from the 1st viaduct, the alignment enters in a 7.5 Km tunnel (TU 9), with a change of grade, followed by five smaller tunnels (TU 10 to TU 14) to finally arrive in San Diego. The large HSR San Diego terminal station is located adjacent to the San Diego International Airport (Figure 9). The HSL arrives in the terminal station with an alignment parallel and close to

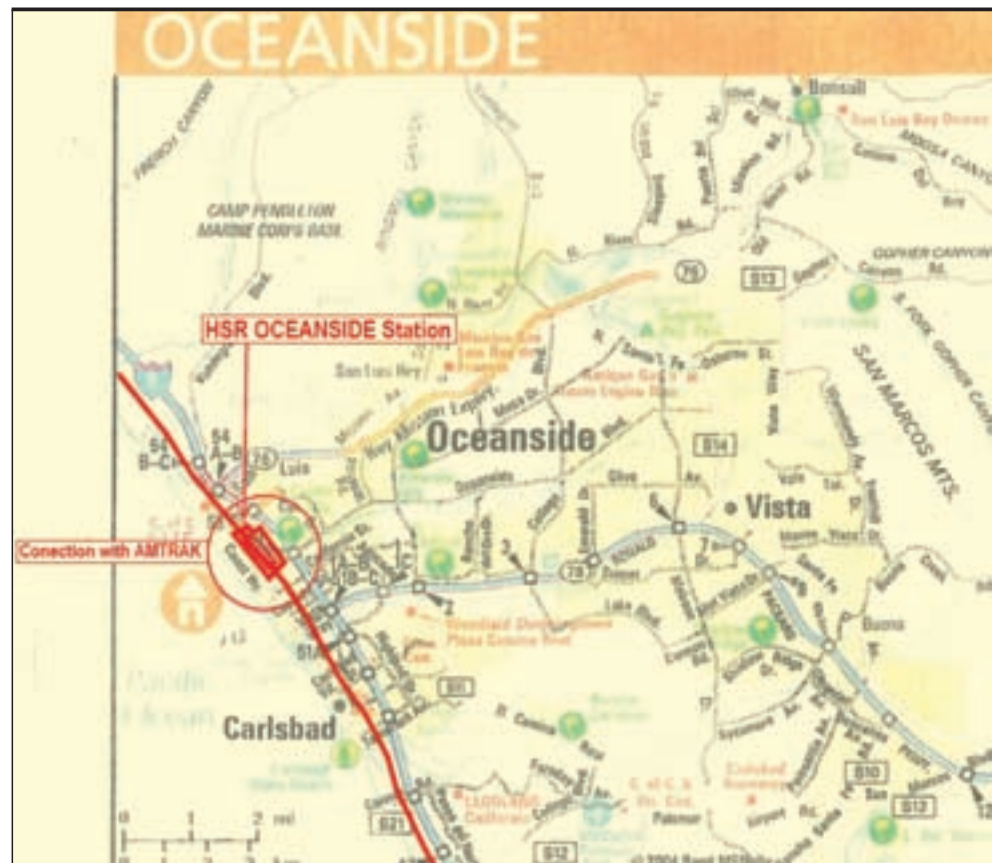


FIGURA 8. Oceanside HSR Station (Connection with AMTRAK lines) / Oceanside HSR Station (Connection with AMTRAK lines).

Hwy 5, a la Pacific Hwy y al Boulevard Morena, después de cruzar la Mission Valley Fwy. A partir de la estación HSR de San Diego, se prevén conexiones con las líneas AMTRAK de la próxima estación Santa Fe.

El estudio de seguridad de este trayecto (Figura 10) lleva a requerir el establecimiento de plataforma para trenes auxiliares VAL entre los PAET de Anaheim y de Oceanside (64 Km) y en los últimos Kms de la línea en el tramo entre los PAET de Encinitas y de San Diego (37 Km).

Las condiciones pésimas de rescate corresponden a un accidente en el túnel TU 8, con tren TAV detenido a 750 m de la salida. El rescate por tren VAL en sentido San Diego, requiere un tiempo de espera para iniciar la evacuación de 17 min 18 s, que se considera aceptable.

6. ESTACIONES SOSTENIBLES DE BAKERSFIELD Y OCEANSIDE

Siguiendo uno de los principales objetivos que se pretenden con el Proyecto Farwest, que es el desarrollo sostenible del Programa de Alta Velocidad Ferroviaria de California, y teniendo en cuenta las especiales condiciones climáticas del Valle Central y del Sur de California se considera interesante y adecuada la aplicación del concepto "Estación Sostenible 360°" a las estaciones de Bakersfield y de Oceanside, dotándolas de instalación geotérmica de forma similar a como lo ha hecho ADIF en España en las estaciones de Cuenca y Requena-Utiel de la LAV Madrid-Valencia/Albacete, en explotación desde Diciembre de 2010.

El concepto de "Estación Sostenible 360°" tiene en cuenta criterios sociales, ambientales y económicos en todo el proceso de diseño, construcción y gestión de una estación de ferrocarril.

Hwy 5, to the Pacific Hwy and to Boulevard Morena, after crossing the Mission Valley Fwy. Connections with the AMTRAK lines of the next station, Santa Fe, are planned as from the San Diego HSR station.

The safety study on this alignment (Figure 10) calls for an auxiliary train (VAL) roadbed to be established over a minimum 47.5 Km between the Anaheim and Oceanside TSAPs (64 Km) and over the last 20 Km of the line in the section between the Encinitas and San Diego TSAPs (37 Km).

The worst rescue conditions relate to an accident in tunnel TU 8, with a HST train detained 750 m from the exit. Rescue by a HSL train in the San Diego direction requires a waiting time of 17 min 18 sec for commencing evacuation which is deemed acceptable.

6. SUSTAINABLE STATIONS OF BAKERSFIELD AND OCEANSIDE

In accordance with one of the main objectives seeking to in the Farwest Project, that is the sustainable development of the **CHSRP**, and considering the special climatic conditions in the Central Valley and Southern of California, it looks interesting and adequate the application of the "360° Sustainable Station" concept to the stations of Bakersfield and Oceanside, giving it's a dowry of geothermal equipment, like has been ADIF in Spain, in the cities of Cuenca and Requena/Utiel on the HSRL Madrid-Valencia/Albacete, in operation since 2010 December.

The "360° Sustainable Station" keeps in mind social, environmental and economic criteria into the all process of design, construction and management of a railway station,



FIGURA 9. San Diego HSR Station (Conexión con AMTRAK líneas) / San Diego HSR Station (Conexión con AMTRAK líneas).

rril, mediante la incorporación de criterios de edificación sostenible, como los que se especifican a continuación:

- Diseño que contemple el uso estratégico de recursos en la ejecución y en la explotación.
- Aprovechamiento del entorno y de los recursos naturales, sin dañar el medio ambiente y reduciendo el consumo de recursos no renovables.
- Optimización del diseño estructural y arquitectónico del edificio terminal en busca de la solución formal y constructiva más eficiente.
- Reducción de las demandas de iluminación y climatización, tanto en invierno como en verano.
- Reducción de costes de construcción y explotación, asegurando las condiciones ambientales y la calidad exigible para la clasificación y certificación de edificios sostenibles (según normativa nacional o internacionalmente reconocida, como por ejemplo LEED).

La aplicación de estos criterios se debe hacer sobre los cuatro componentes principales de las estaciones de ferrocarril: Edificio-Andenes-Aparcamiento-Viales de acceso.

by means of the incorporation of sustainable building criteria, like those which are specified below:

- *Design considering the strategic use of resources in the execution and operation.*
- *Environment and natural resources exploitation, preserving it and reducing the consumption of non renewable resources.*
- *Optimization of architectonic and structural station building design in search of the most efficient formal and constructive solution.*
- *Reduction of lighting and air conditioning demands, as in winter as in summer.*
- *Construction and operation costs reduction, making sure the environment conditions and the quality requirements for the classification and certification as sustainable buildings (according to national standard or international acknowledged, as for instance LEED standard).*

The application of these criteria must be made on the four main elements of the railway stations: Building-Platforms-Parking-Access ways.

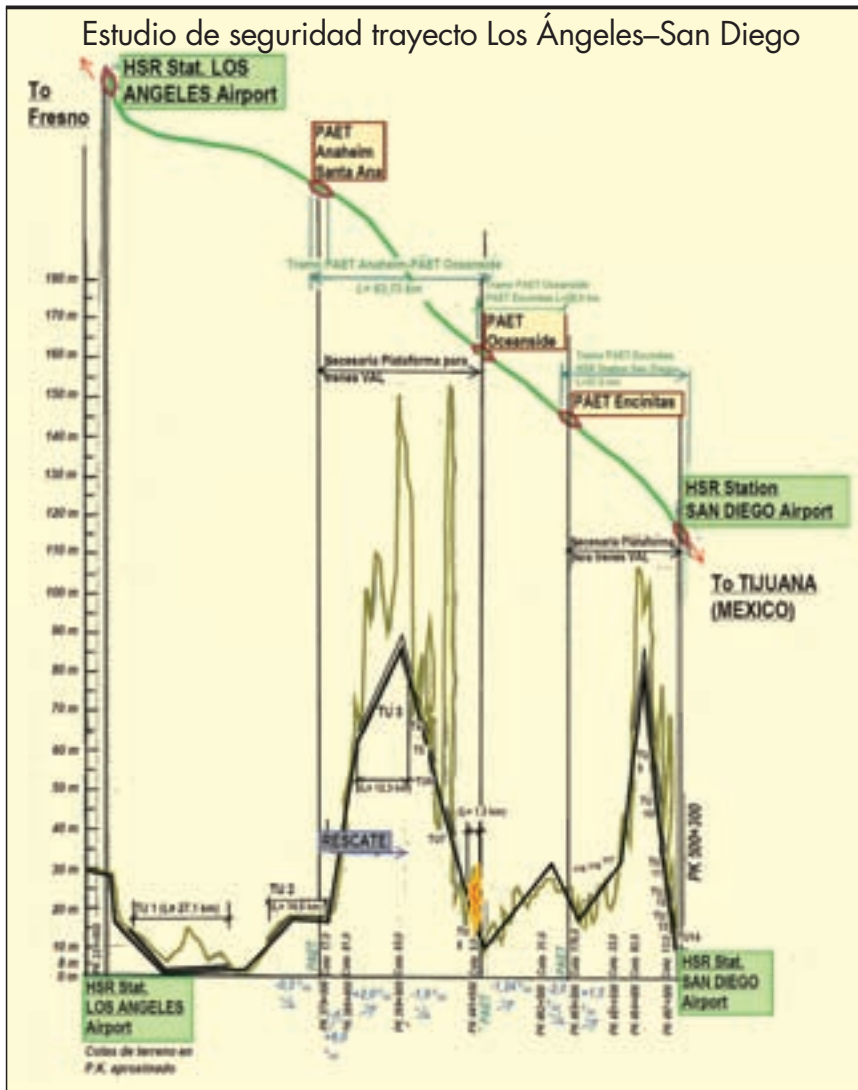


FIGURA 10. Estudio de Seguridad Trayecto Los Angeles-San Diego / Los Angeles-San Diego Route's Safety Study.

Entre las energías renovables cuyo aprovechamiento podría ser objeto de los proyectos de diseño de las estaciones de Alta Velocidad de Bakersfield y de Oceanside se consideran como especialmente indicadas la térmica solar y la geotérmica.

La caracterización climática de los emplazamientos de las dos estaciones consideradas, viene dado por los siguientes valores de las variables correspondientes:

	BAKERS-FIELD	OCEAN-SIDE
Latitud/ Longitud/ Altitud	35,43N/ 119,05W/124m	33,21N/ 117,35W/9m
Temperatura máxima media anual	26,0°C	21,0°C
Temperatura mínima media anual	11,6°C	10,6°C
Temperatura máxima media Julio	37,0°C	23,6°C
Temperatura mínima media Enero	5,1°C	5,6°C
Temperatura media anual	18,4°C	15,4°C
Humedad relativa media Julio	31,3%	74,6%
Humedad relativa media Enero	79,1%	71,9%
Velocidad media viento Julio	10,0 Km/h	6,1 Km/h
Velocidad media viento Enero	6,9 Km/h	5,3 Km/h

Between the renewable energies that could be used in the design projects of the Bakersfield and Oceanside HSR stations, the sun-thermal and the geothermal energies shows up the most indicated.

The climatic characterization of the locations of the considered stations, comes giving by the next values:

	BAKERS-FIELD	OCEAN-SIDE
Latitude / Longitude / Altitude	35,43N / 119,05W / 124m	33,21N / 117,35W / 9m
Yearly average maximal temperature	26,0°C	21,0°C
Yearly average minimal temperature	11,6°C	10,6°C
July average maximal temperature	37,0°C	23,6°C
January average minimal temperature	5,1°C	5,6°C
Yearly average temperature	18,4°C	15,4°C
July average relative humidity	31,3%	74,6%
January average relative humidity	79,1%	71,9%
July average wind speed	10,0 Km / h	6,1 Km / h
January average wind speed	6,9 Km / h	5,3 Km / h

Precipitación total media anual	325 mm	610 mm
Precipitación total media Julio	6 mm	2 mm
Precipitación total media Enero	48 mm	108 mm
Media anual de días con lluvia	64	57
Media anual de días con niebla	17	24
Vel. máx. sostenida del viento Julio	21,4 Km/h	74,1 Km/h
Vel. máx. sostenida del viento Enero	20,3 Km/h	42,4 Km/h
Velocidad ráfagas máx. viento Julio	37,0 Km/h	92,4 Km/h
Velocidad ráfagas máx. viento Enero	79,5 Km/h	81,3 Km/h

Las necesidades funcionales de edificación y elementos auxiliares de vías, equipamientos y accesos de estas estaciones son:

	<u>BAKERSFIELD</u> (350.000 hab)	<u>OCEANSIDE</u> (185.000 hab)
• Edificio estación	5.400 m ²	4.100 m ²
Necesidades funcionales	1.800 m ²	1.500 m ²
Necesidades técnico-oficinas	2.400 m ²	2.000 m ²
Necesidades suplementarias	900 m ²	600 m ²
(PAET / Conexiones AMTRAK)		
• Andenes	25.400 m ²	21.700 m ²
Parte cubierta	14.600 m ²	12.500 m ²
Parte descubierta	10.800 m ²	9.200 m ²
• Aparcamiento	14.000 m ²	6.000 m ²
Vehículos particulares	(400 plazas) 10.000 m ²	(200 plazas) 5.000 m ²
Transporte público	4.000 m ²	1.000 m ²

La carga térmica dimensionante de los edificios de estas estaciones, se estima en 1.075 Kw frigoríficos para la estación de Bakersfield y 260 Kw frigoríficos para la estación de Oceanside, adaptándose estos valores según los acabados finales.

Para la correcta climatización de estas estaciones, se selecciona un sistema que produzca bajo consumo eléctrico y tenga un alto rendimiento, que en principio y por homogeneidad con otras instalaciones en esta línea y en la de Fresno-San Francisco, en túneles, podría ser de tipo geotérmico.

Teniendo en cuenta el subsuelo de los emplazamientos: depósitos sedimentarios no consolidados y semiconsolidados cuaternarios en Bakersfield y sedimentos costeros mayormente bien consolidados con afloramientos de lutitas, areniscas, y conglomerados con presencia de margas y calizas en Oceanside, se elige para ambos un sistema de Geotermia a muy baja temperatura (18°C) por circuito cerrado de pozos verticales. El valor de transferencia térmica del terreno, a determinar en proyecto, con ensayos de campo, puede estimarse con valores medios de 50 w/ml y 60 w/ml respectivamente, lo que supone que se precisaran por tanto del orden de 21.500 ml de circuito de intercambio geotérmico en Bakersfield y 4.500 ml en Oceanside. Limitando la profundidad de los pozos a 150 m en Bakersfield y a 75 m en Oceanside, resultan necesarios 140 unidades y 60 unidades respectivamente. El conjunto de sondas se localiza, en ambos casos, bajo el aparcamiento exterior, con áreas de influencia de 100 m² para cada sonda.

Con un diseño como el indicado, cumpliendo los requisitos exigidos para la obtención de la certificación de edificio sostenible, se pueden obtener ahorros energéticos del orden del 50% respecto a edificios similares convencionales (≈3.500 Mwh térmicos/año en la estación de Bakersfield y ≈1000 Mwh térmicos/año en la estación de Oceanside, lo que representa una reducción de unos 200.000 \$/año en consumo energético, considerando un COP de 4 para las bombas de calor de la instalación geotérmica). En cuanto a las emisiones de CO₂ se reducen ≈ 500 T/año en Bakersfield y 125 T/año en Oceanside.

Yearly average total rainfall	325 mm	610 mm
July average total rainfall	6 mm	2 mm
January average total rainfall	48 mm	108 mm
Yearly average rainfall days	64	57
Yearly average fog days	17	24
July average sustained maximal wind speed	21,4 Km / h	74,1 Km / h
January average sustained maximal wind speed	20,3 Km / h	42,4 Km / h
July average maximal gust of wind	37,0 Km / h	92,4 Km / h
January average maximal gust of wind	79,5 Km / h	81,3 Km / h

The functional necessities of building and track auxiliary elements, equipments and access of these stations are:

	<u>BAKERSFIELD</u> (350.000 inhab)	<u>OCEANSIDE</u> (185.000 inhab)
• Building station	5.400 m ²	4.100 m ²
Functional necessities	1.800 m ²	1.500 m ²
Technical-Offices necessities	2.400 m ²	2.000 m ²
Supplementary necessities	900 m ²	600 m ²
(TSAP / Amtrak connections)		
• Platforms	25.400 m ²	21.700 m ²
Covered side	14.600 m ²	12.500 m ²
Uncovered side	10.800 m ²	9.200 m ²
• Parking	14.000 m ²	6.000 m ²
Private vehicles	(400 places) 10.000 m ²	(200 places) 5.000 m ²
Public transport	4.000 m ²	1.000 m ²

The design thermal load of the buildings of these stations, can be estimated in 1.075 frigorific kw for Bakersfield's station and 260 frigorific kw for Oceanside's station, getting used these values according final finishing.

For the correct air conditioning of these stations, it must be selected a system with low electric consumption and high efficiency. At first, and for homogeneity reasons, could be of geothermal type, like in others installations in tunnels on this line and on the Fresno-San Francisco HSRL.

Bearing in mind the subsoil of the stations locations: Unconsolidated and semiconsolidated sedimentary deposits, (Q), in Bakersfield; and Eocene deposits of shale, sandstone, conglomerate, minor limestone, mostly well consolidated (E) in Oceanside, an Geothermal system at low temperature (18°C) by closed circuit of vertical well is chosen. The ground thermal transfer value, to determine in project behalf field testing, can be estimated, as average, like 50 w/m and 60 w/m respectively. That's mind that it will required some 21.500 m of geothermal interchange circuit in Bakersfield and 4.500 m in Oceanside. If the maximum depth of the wells is limited to 150 m in Bakersfield and 75 m in Oceanside, are required 140 units and 60 units each. The whole of the bores is located, in both cases, under the parking, with 100 m² of influence area each one.

It can be obtained an energetic savings of 50% in regard to conventional similar buildings (≈3.500 tMwh/yr in Bakersfield and ≈1.000 tMwh/yr in Oceanside), with an incidence near 200.000 \$/yr in energetic consumption, counting a COP (Coefficient of Performance)= 4 for the heat-pumps of the geothermal installation. The CO₂ emissions fall down 500 Ton/yr in Bakersfield and 125 Ton/yr in Oceanside.

7. SEÑALIZACIÓN Y CONTROL DE TRENES

Tanto en esta Línea (de forma especial por su dificultad de trazado, con una gran parte del mismo en túnel, de gran longitud en muchos de ellos), como en el conjunto de la red de alta velocidad ferroviaria de California, se propone adoptar como sistema de señalización y control de trenes, un sistema que podría llamarse **ARTMS** (American Railway Traffic Managing System) equivalente al europeo ERTMS (del que España es el país con mayor nivel de implantación del mismo), que permita la interoperabilidad de las líneas ferroviarias de alta velocidad de las redes de los diferentes estados de USA (y de Canadá y México, si estos países lo adoptaran también en su momento), según se fueran desarrollando y que, mejorando los sistemas de señalización convencionales y de comunicación por telefonía móvil, con la utilización de sistemas de comunicación radio, permita la circulación de trenes a velocidades superiores a 350 Km/h y gran frecuencia.

El sistema ARTMS comprende (al igual que el europeo) dos elementos fundamentales:

- **ATCS** (American Train Control System) que engloba los aspectos relativos a la señalización ferroviaria (tanto en vía como en trenes).
- **GSM-R** (Global System for Mobile Communications-Railway), sistema de comunicaciones móviles empleado para las comunicaciones entre trenes y centros de control.

Aprovechando la experiencia europea en las especificaciones de los niveles de operación contemplados hasta el momento para el control de trenes y la de ensayos de certificación de las mismas, llevadas a cabo por los laboratorios de referencia, como el español LIF (Laboratorio de Interoperabilidad Ferroviaria) del CEDEX, se considera la conveniencia de adoptar un ATCS Nivel 3 (de operación compatible con los niveles 1 y 2), en el que la comunicación radio se utilizaría tanto para realizar el control de trenes como el posicionamiento de los mismos, con un sistema de auscultación de balizas instaladas en la vía, para la transmisión de información fija a los trenes y para reposicionar los mismos, corrigiendo las posibles desviaciones generadas. El perfil dinámico de velocidad y autorizaciones de movimientos de un tren se establece con la posición del tren que le precede, como si se tratara de cantones móviles, fundamentalmente para la gestión del tráfico y estrategias de escape entre PAETs que limitan tramos con grandes túneles y viaductos, como pasa en esta línea, singularmente con el tramo PAET Mettler-PAET Valencia (72,5 Km) en el trayecto Fresno-Los Angeles y el tramo PAET Anaheim-PAET Oceanside (63,75 Km) en el trayecto Los Angeles-San Diego.

El sistema de señalización de los 557 (502+55) Km de la LAV Fresno-Los Angeles-San Diego/Riverside "Missions Trail Alternative" se compone básicamente de los siguientes subsistemas: Enclavamientos (**ENCs**); Sistema de protección del tren (**ATP**) y Telemando centralizado (**CRC**). Todos estos subsistemas se relacionan entre ellos mediante una red de telecomunicaciones fijas y móviles y están soportados por una red de energía específicamente dedicada.

El Enclavamiento (**ENC**) es el corazón del sistema de señalización, encargado de establecer los itinerarios de los trenes, evitando conflictos en los mismos que pudieran poner en riesgo la seguridad. Para ello los enclavamientos accionan electrónicamente los aparatos de vía y las señales luminosas. Bien con circuitos de vía y sensores de rueda o auscultación de balizas, se detecta la presencia del tren en un determinado tramo de vía, comunicándose su estado al enclavamiento, que se encarga de procesarlo y sitúa el tren en la línea.

Los sistemas automáticos de protección de tren (**ATP**) supervisan la circulación de trenes a la velocidad adecuada, res-

7. SIGNALLING AND TRAIN CONTROL

*As on this Line (specially by its difficult alignment, with a lot of long tunnels), as on the whole of the High Speed Railway System of California, it proposes to adopt an signaling and train control system that could be named **ARTMS** (American Railway Traffic Managing System) equivalent to the European ERTMS (of which Spain is the country with largest level of selfsame implantation) that allows the interoperability of the HSRLs of the systems of the different states of the USA (and of Canada and Mexico, if these countries also adopt it at its moment) according as its development and that, improving the conventional signaling systems and communication mobile-telephony systems, by the use of radio communication systems, allow the traffic trains at higher speed of 350 Km/h and high frequency.*

The ARTMS system comprises (the same that the European) two fundamental elements:

- **ATCS** (American Train Control System) joining the aspects relatives to the railway signaling (as in track as in trains)
- **GSM-R** (Global System for Mobile Communications-Railway), mobile communication system between trains and control centers.

Taking advantage of the European experience in the specifications of the operation levels contemplates until the moment for the trains control and it of the trials of selfsame certifications, carried forward by the reference laboratories, like the Spanish LIF (Laboratorio de Interoperabilidad Ferroviaria) from the CEDEX, it is considered adequate to adopt an ATCS Level 3 (of operation compatible with the levels 1 and 2). In this element the radio communication would be used to realize so much the trains control as its self position, by a track-beacons sounded system, installed for the transmission of fixed information to the trains and for itself repositioning, correcting the possible generated deviations. The speed dynamic profile and the a train movement authorizations is established with the position of the train that it precede, like a type of "mobile sectors" essentially for the traffic management and escape strategies between TSAPs ending sections with long tunnels and viaducts, as it happens in this Line, singularly with the stretch TSAP Mettler-TSAP Valencia (72,5 Km) in the section Fresno-Los Angeles and with the stretch TSAP Anaheim-TSAP Oceanside in the section Los Angeles San Diego.

*The signaling system of the 557 (502+55) Km of the HSRL Fresno-Los Angeles-San Diego/Riverside "Missions Trail Alternative" is composed basically of the following sub-systems: Interlocking system (**ENCs**); Train Protection system (**ATP**) and Centralized Remote Control (**CRC**). All these sub-system are interconnected by fixed and mobile telecommunication networks and supported by a dedicated power supply system.*

*The Interlocking system (**ENC**) is the heart of the signaling system, in charge of establish the trains routes, avoiding self-conflicts that could be put in risk the security. For it, the interlocks, electronically controlled, operate the crossings and the light signals. Well with track circuits and sensors for wheel or auscultation of beacons, detects the presence of the train in a particular stretch of line, communicating their status to the interlock, which is responsible for processing it and located the train on the line.*

*Automatic protection of train (**ATP**) systems monitor the movement of trains at the appropriate speed, respecting the*

petando las restricciones que imponen los enclavamientos y la vía. Estos sistemas disponen de equipamiento a lo largo de la vía y a bordo de los trenes. Se superponen a los ENC's, reciben de éstos la información, la procesan y envían al tren la información necesaria (autorizaciones de movimientos, estado de las señales, limitaciones en vía, detenciones en caso de accidente de otro tren, desvío en túneles, etc).

Para la LAV Fresno-Los Angeles-San Diego/Riverside y en general para la CHSRs, se propone, como se ha expresado anteriormente, crear el sistema automático de protección de tren **ARTMS**, que permita la interoperabilidad de los **HSRS** y otras redes ferroviarias, entre estados federales de USA (California con Nevada, vía Riverside en esta línea) y, en su caso, con los países fronterizos (México, vía San Diego, también en esta línea).

Los principales componentes del equipamiento en vía del sistema **ARTMS**, son:

- **AMB** Ameribalizas. Dispositivos de transmisión puntual instalados en la vía, que al paso de los trenes son energizados por su antena captadora, enviando un mensaje al equipo de a bordo.
- **LEU** Unidad electrónica de vía. Puede controlar varias balizas conmutables. A su vez, pueden centralizarse los LEUs en CLCs (Control centralizado de LEUs).
- **RBC**. Centro de Bloqueo por radio.
- **GSM-R**. Sistema de comunicaciones vía radio.

Los principales componentes del equipamiento de a bordo del sistema **ARTMS** son:

- **AVC**. Sistema **ATCS** embarcado o americabina (American Vital Computer). Procesa los datos recibidos del equipamiento de vía y envía las órdenes a las distintas partes del tren, así como información al maquinista a través del **DMI** (Driver Machine Interface).
- **BTM**. Módulo de Transmisión de la Baliza. Se encarga de la lectura de las balizas en vía.
- **OS**. Sistema de odometría. Mide la distancia recorrida a través de un tacogenerador y un radar dopler.
- **JRU**. Unidad de registro jurídico. Es la parte embarcada del sistema de radio GSM-R.
- **STM**. Módulos específicos de transmisión para poder operar con los sistemas de señalización propios de cada estado o nación.

8. CRC (CENTRO DE REGULACIÓN Y CONTROL)

Las instalaciones de señalización se gobiernan de manera centralizada desde un Puesto de Mando, que no solo dispone de telemando de las instalaciones de señalización, **ENCs** y **ARTMS**, sino también de energía, comunicaciones y detectores (caída de objetos, viento lateral, calentamiento de equipos, etc). Cuando el Puesto de Mando integra todos estos telemandos se denomina CRC.

En la LAV Fresno-Los Angeles-San Diego/Riverside "Missions Trail Alternative", el CRC principal se sitúa en Los Angeles, disponiendo en las Terminales de Fresno y de San Diego de unos Puestos de Mando Auxiliares de Apoyo. El telemando de las instalaciones lo realizan los operadores de circulación. La LAV se divide en seis sectores, en función de la longitud de vía y de la complejidad del trazado y de las estaciones que los separan (Figura 11).

Los telemandos propios de las instalaciones de señalización son el **CTC** (Control de Tráfico Centralizado) y el **PCA** (Puesto Central de **ARTMS**).

restrictions imposed by the interlocks and via. These systems have equipment along the route and on-board trains. Overlap to the ENC's, receive from these the information, process it and sent to train the necessary information (authorization of movements, state of signals, route limitations, stops in case another train accident, diversion in tunnels, etc).

For the **HSRL** Fresno-Los Angeles-San Diego/Riverside and in general for the **CHSRs**, intends, as indicated above, to create the automatic protection system of train **ARTMS**, enabling the interoperability of the **HSRS** and other rail networks between federal States of USA (California with Nevada, Riverside way, on this line) and, where appropriate, with border countries (Mexico, San Diego way, also in this line).

The main track equipments components of the **ARTMS** system, are:

- **AMB**. American Beacons. Timely transmission devices installed on the track, which with the passage of trains are energized by its receiving antenna, sending a message to the equipment on-board.
- **LEU**. Electronic Line unit. It can control several switchable beacons. In turn, it can centralize the LEUs in **CLCs** (Centralized Control of LEUs).
- **RBC**. Radio Locking Center.
- **GSM-R**. Radio Communication system.

The main components of the equipment on-board of the **ARTMS** system are:

- **AVC** (American Vital Computer). **ATCS** On-board system or American-booth. Processes the data received way equipment and sends orders to different parts of the train, as well as information to the driver through the **DMI** (Driver Machine Interface).
- **BTM** (Beacon Transmission Module). Handles the reading of the beacons in way.
- **OS**. (Odometry System). Measures the distance traveled through a tachogenerator and a radar Doppler.
- **JRU**. (Legal Registration Unit). It is the onboard system **GSM-R** radio part.
- **STM**. (Specific Transmission Modules). To operate with the signaling systems of each State or Country.

8. CRC (CONTROL REGULATION CENTER)

The signaling installations are governed centrally from a Command Post, which not only provides remote-control of signaling facilities, **ENCs** and **ARTMS**, but also energy, communications and sensors (fall of objects, side wind, heating equipment, etc). When the Command Post integrates all these remote controls is called CRC.

At the **HSRL** Fresno-Los Angeles-San Diego/Riverside "Missions Trail Alternative", the main CRC is located in Los Angeles, and in Fresno and San Diego there are Command Auxiliary Posts, like support terminals. Circulation operators perform the remote control of the installations. The **HSRL** is divided into six sectors, depending on the length of route and the complexity of the layout and stations that separate them (Figure 11).

The own signaling facilities remote controls are the **CTC** (Centralized Traffic Control) and the **PCA** (**ARTMS** Central Post).



FIGURA 11. Esquema de Señalización de la LAV Fresno-Los Angeles-San Diego/Riverside / Signalling Schema on the Fresno-Los Angeles-San Diego/Riverside HSRL.

El CTC es el telemando encargado de centralizar los elementos del sistema de señalización en el Puesto de Mando. Desde el CTC se puede actuar remotamente sobre los enclavamientos de la línea y recibir información de todos ellos.

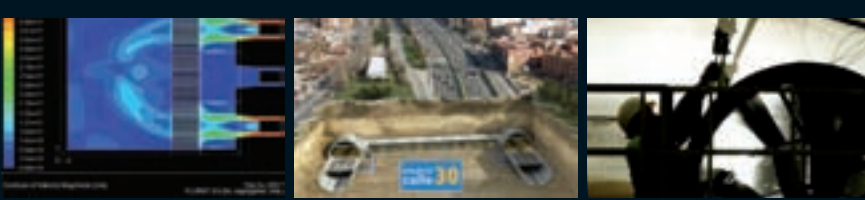
El PCA es el telemando encargado de centralizar los elementos del sistema ARTMS en el Puesto de Mando. En el caso de que no se pudieran telemandar centralizadamente las instalaciones de señalización, en cada edificio técnico donde se sitúa un ENC, se encuentra el PLO (Puesto Local de Operación) y el PLA (Puesto Local de ARTMS) que garantizan telemandar localmente las instalaciones.

The CTC is the remote control in charge of centralizing elements of signaling system in the Command Post. From the CTC it can act remotely on the interlocks of the line and receive information from all of them.

The PCA is the remote control in charge of centralizing elements of ARTMS system in the Command Post. In the case that not it could perform the remote-control signaling installation, centrally, in each technical building where an ENC is located is the PLO (Local operation position) and PLA (Local post of ARTMS) guaranteeing perform the remote-control of installation locally.

9. REFERENCIAS

1. Lomnitz, C. and Rosembueth, E. (1.976). "Seismik risk and engineering decisions". ISBN 0-444-41494-0 Elsevier Science Publishers BV. Amsterdam, The Netherlands.
2. Howard, Arthur D. (1.979) "Geologic History of Middle California" ISBN 0-520-03874-6 University of California Press. Berkeley, California U.S.A.
3. Waggoner, P.E. (1.990) "Climate Change and U.S. Water Resources" American Association for the Advancement of Science, New York, U.S.A.
4. Arrojo, P. y Naredo, J.M. (1.997) "La gestión del agua en España y California" Bakeaz Coagret. Vitoria, Spain.
5. Díaz del Río, M. (2.003) "MOU". *EL PAIS*, 11 de Julio de 2003; *EXPANSION*, 9 de Julio de 2003 y *CINCO DIAS*, 8 de Julio de 2003.
6. Fort, L. (2.004) "Safety in High Speed Railway Tunnels" ISBN 84-89456-23-2 2nd Edition (Presented in Praga) Cersa. Madrid, Spain.
7. Stein, Ross S. (2008) "The Uniform California Earthquake Rupture Forecast, Versión 2" California Geological Survey and Southern California Earthquake Center U.S. Geological Survey, Menlo Park. California, U.S.A.
8. Benson, S; Averbuck, A and Balfour, A.C. (2009) "California" ISBN 978-84-08-08289-7 Lonely Planet. Barcelona, Spain.
9. Fort, C. (2.010) "Caracterización geotécnica de base de los suelos de España". DEA ETSICCP Madrid, Spain.
10. Vega, A; Ramos, A.; Reina, P y Conde, E (2010) "Guía Técnica de Generación Eléctrica de Origen Geotérmico" ISBN 978-84-614-0086-7 Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. Madrid, Spain.
11. Widerin, B (2011) "Experiencias de intercambio geotérmico en túneles y redes subterráneas de transporte en Austria y Suiza". Guía sobre aprovechamiento energético de las infraestructuras subterráneas. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. Madrid, Spain.
12. Fort, L y Fort, C (2011) "Earth Moving Geoenvironmental workability in California" Geocongress 2012. Oakland, California, U.S.A.
13. Fort, L y Fort, C (2011) " Soil reinforcement vegetation effect. Analysis applied to the earth moving volume of the California High Speed Railway Sistem" International Symposium on Ground Improvement IS-GI 2012. Brussels, Belgium.
14. Díaz del Río, M ; Fort, L y Fort, C (2011) "Anteproyecto /Preliminary Design LAV Fresno – San Francisco CHSRS Golden Gate Alternative".



All you need is **zitron**



"The biggest certified
test tunnel in the world"

The result of our experience

Over 45 years of experience, a high degree of technological competence and highly qualified staff endorse our work which is among the most valued and acknowledged in our sector.

zitron@zitron.com
www.zitron.com