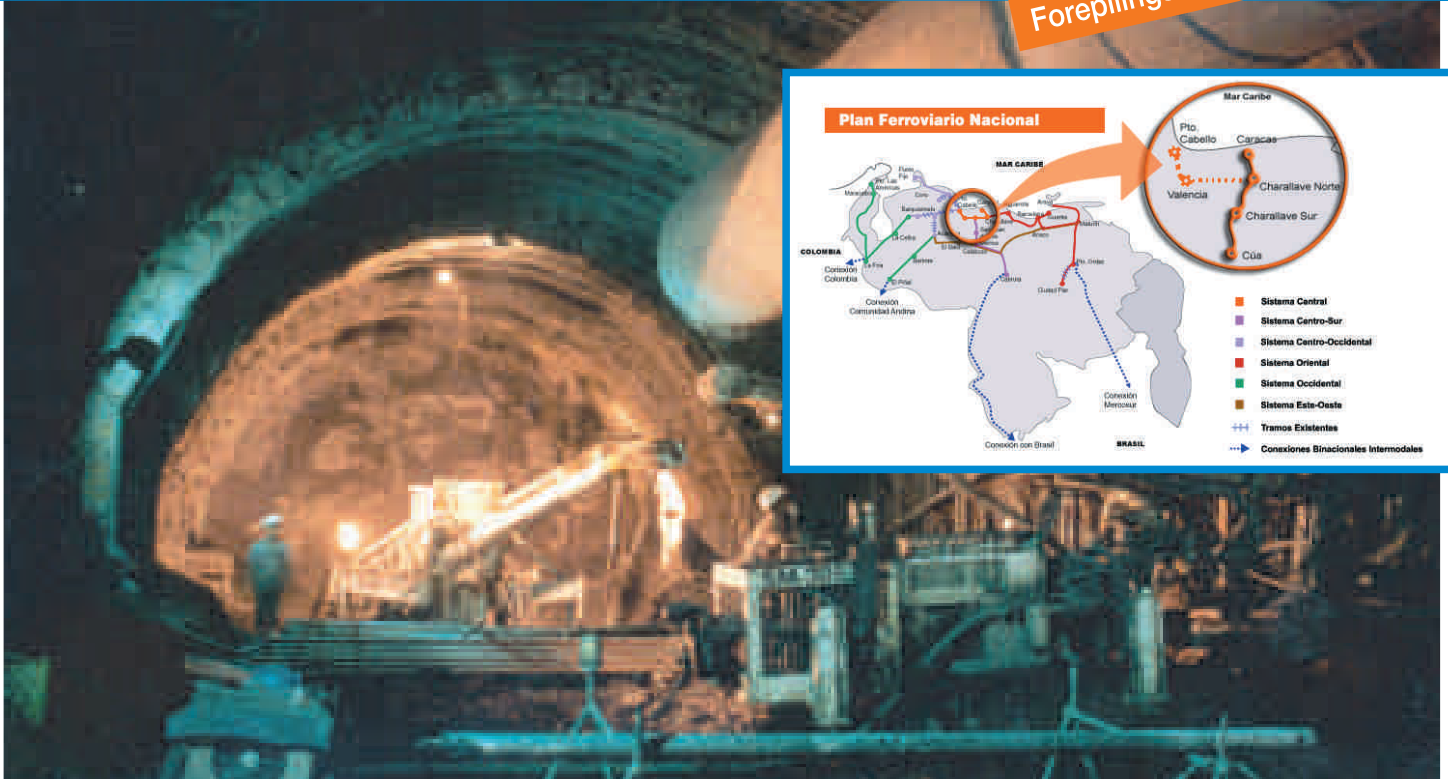


# Ferrocarril Caracas - Cúa Venezuela

Pilotes de Gran Diámetro  
Large Diameter Piles

Pantallas Atirantadas  
Tie-Rod-Reinforced Diaphragm Walls

Micropilotes Subhorizontales  
Forepilings



## INFORMACION GENERAL DEL PROYECTO

El sistema de transporte ferroviario para la Región Central, que comprende los enlaces Caracas, Tuy Medio, Maracay, Valencia, Puerto Cabello contempla la interconexión de Caracas con el Valle del Tuy y los Valles de Aragua, Valencia y Puerto Cabello a través de trenes alimentados con energía eléctrica para el transporte de pasajeros y carga de corta y larga distancia.

El enlace Caracas - Cúa, que representa la primera etapa de dicho sistema de transporte, cubre solamente la conexión de Caracas con los Valles del Tuy, para aliviar el congestionamiento de la ciudad capital vinculando una zona mayor al área metropolitana, con servicios públicos y terrenos aptos para el desarrollo urbano. Para la realización de ésta primera etapa, el Instituto Autónomo de Ferrocarriles del Estado (IAFE), previa convocatoria y licitación internacional, suscribió un contrato con el Consorcio Contuy Medio (28 de febrero de 1992) que a su vez subcontrató los trabajos especializados recayendo en Trevi SpA y Trevi Cimentaciones C.A todas las actividades relacionadas con: Pilotes de fundación para pilas de viaductos y protección de trincheras, Pantallas Atirantadas para protecciones de cortes y portales de túneles, tratamiento con Micropilotes Subhorizontales, Micropilotes y Vitroresina para protección de la excavación de túneles etc.

## GENERAL INFO. ON THE PROJECT

The rail transport system in the Central region, which includes the Caracas, Tuy Medio, Maracay, Valencia and Puerto Cabello connections, envisages to carry out the interconnection between Caracas and the Valle del Tuy, as well as the Valles de Aragua, Valencia and Puerto Cabello by means of electrically-powered trains for the long and short-distance transport of cargos and passengers. The Caracas - Cúa railway, which represents the first stage of said transport system, only covers the distance between Caracas and the Valles del Tuy, thus enabling to relieve most traffic congestion of the chief town by linking a main district to the urban area through public transport services and exploitation of territories suitable for urban development.

In order to carry out the first stage, the Instituto Autónomo de Ferrocarriles del Estado (IAFE) signed a Contract with the Consorcio Contuy Medio (28<sup>th</sup> February 1992) and, subsequently, the latter subcontracted all special works, entrusting Trevi SpA and Trevi Cimentaciones C.A. with the performance of the following activities: Foundation piles for viaducts and protection of excavations, tie-rod-reinforced Diaphragm Walls intended for protection of slopes and tunnels' entrances, Forepilings, Micropiles and plastic Reinforced by incorporated Fibreglass for the protection of tunnels' excavation, and so on.



Ente Contratista:  
Owner:

Instituto Autonomo de  
Ferrocarriles del Estado (IAFE)

Contratista Principal:  
Main Contractor:

Consorcio CONTUY MEDIO  
(Impregilo - Astaldi - Ghella - Otaola)

Duración de los trabajos:  
Duration of works:

1997 - 2005

El punto de origen de ésta etapa, se encuentra en la Rinconada, en la zona sur de Caracas, donde inicialmente se construirá una estación para trenes de cercanía (corta distancia) que se conectará a la estación La Rinconada de la línea 3 de C.A Metro de Caracas y sucesivamente se construirá una estación para trenes de larga distancia. A partir de ese punto la línea férrea se extiende hacia el Valle del Tuy a lo largo de aproximadamente 41,4 km, atravesando 20,1 km de túnel para poder superar los sectores montañosos, 13,0 km de terraplenes en los sectores semiplanos, y aproximadamente 8,3 km entre puentes y viaductos que permitirán una vía expedita sin interferencias.

El proyecto contempla la ejecución de las obras en seis tramos y un tramo adicional según el trazado definitivo a considerar:

- **Tramo 0:** tramo adicional con origen en la estación Terminal de Caracas en la progresiva 0+000 y terminación en la progresiva 1+440; comprende la estación de Caracas, dos trincheras cubiertas y los túneles La Rinconada y Las Mayas.
- **Tramo 1:** tiene su origen en la progresiva 1+440 y termina en la progresiva 1+080 (ecuación de empalme 2+090=0+750); comprende un viaducto, el falso túnel en correspondencia del portal Norte del túnel Tazón y los movimientos de tierra en el área de Fuerte Tiuna de aprox. 80.000 m<sup>3</sup>.
- **Tramo 2:** se inicia en la progresiva 1+080 y termina en la progresiva 7+844; básicamente comprende la construcción del Túnel Tazón.
- **Tramo 3:** se desarrolla desde la progresiva 7+844 hasta la progresiva 14+951 y está constituido por 8 viaductos, 8 túneles y 866 m de cortes y terraplenes.
- **Tramo 4:** se extiende desde la progresiva 14+951 hasta la progresiva hasta 22+589 y comprende la construcción de 7 viaductos, 8 túneles y 1.184 m de cortes y terraplenes.
- **Tramo 5:** se extiende a partir de la progresiva 22+506 (ecuación de empalme) hasta la progresiva 30+600 y comprende la construcción de 6 viaductos, 3 túneles, 3.755 m de cortes y terraplenes, las Estaciones Charallave Norte y Sur y los Patios de Talleres del Sistema.
- **Tramo 6:** se desarrolla entre las progresivas 30+600 y 39+970 y comprende la construcción de 7 viaductos, 2 túneles, 5.924 m de cortes y terraplenes por un total de aproximadamente 2.050.000 m<sup>3</sup> y la Estación Cúa.

The plan is to have La Rinconada, south of Caracas, as a starting point for this first stage. Here, a station for short-distance trains is expected to be built and subsequently linked to La Rinconada station, line 3 of Caracas subway. Eventually, a station for long-distance trains will be constructed.

The railway line starting from that very point runs for about 41,4 km to Valle del Tuy (20,1 km under tunnels, in order to cross mountain areas). It also crosses some embankments (13,0 km) in half level grounds, as well as bridges and viaducts (about 8,3 km) which will allow the trains to go faster and avoid any possible obstacles.

Works are expected to be executed in six sections, plus an additional section, whose outline shall be eventually set according to the definitive route.

- **Section 0:** additional stretch starting from Caracas Terminal Station at the 0+000 chainage and ending at the 1+440 chainage; it comprises Caracas station, two covered cuts-and-covers and La Rinconada and Las Maya tunnels.
- **Section 1:** it starts at the 1+440 chainage and ends at the 1+080 one (connection equation 2+090 = 0+750); it envisages the construction of a viaduct, a tunnel next to Tazon tunnel's northern entrance and earth movings in Fuerte Tiuna area (approx. 80.000 m<sup>3</sup>).
- **Section 2:** it starts at the 1+080 chainage and ends at the 7+844 one; basically, it comprises the Tazon tunnel.
- **Section 3:** it winds its way from the 7+844 chainage to the 14+951 and it is made up of 8 viaducts, 8 tunnels and 866 m. of slopes and embankments.
- **Section 4:** it runs from the 14+951 chainage to the 22+589 one and it includes the construction of 7 viaducts, 8 tunnels and 1.184 m. of slopes and embankments.
- **Section 5:** it winds its way from the 22+506 chainage (connection equation) to the 30+600 one and it includes the construction of 6 viaducts, 3 tunnels, 3755 m of slopes and embankments, the Charallave Norte y Sur Stations and the railway's building yard.
- **Section 6:** it runs between the 30+600 and 39+970 chainages and includes the construction of 7 viaducts, 2 tunnels, 5924 m of slopes and embankments - totalling about 2.050.000 m<sup>3</sup> - and the Cúa Station.



## LITOLOGIA GENERALES

Pilotaje: si bien la traza del ferrocarril es muy larga (41,4 km) se puede decir que en general las fundaciones de los viaductos que ameritan pilotaje tienen una estratigrafía consistente en arenas a arenas gravosas de 0 a 15 mt, luego arcilla a limos arcillosos hasta los 20 mt, en esa profundidad suele encontrarse el contacto con el esquisto que aparece muy alterado y fracturado en los primeros metros aumentando su consistencia con la profundidad quedando la punta de los pilotes en el orden de los 25 m.

Los portales y cortes laterales en la montaña muestran una cobertura arenosa en su parte superior pasando a limo arcilloso, ambos en espesores acotados de aproximadamente 2 m, por debajo aparecen los esquistos con la variación típica de alterados virando a consistentes y más sanos a medida que la cota de corte disminuye.

Los sectores de los túneles que fueron reforzados con Micropilotes Subhorizontales se caracterizan por tener una escasa cobertura que requiere de ese tratamiento o en su defecto por encontrarse el túnel en zona de falla o en sectores con una calidad de rocas insuficiente. Los terrenos encontrados están formados por esquistos de resistencia variable, cuando éste aparece alterado y fracturado se realizan las intervenciones.

## LITHOLOGY

*Piling works: although the railway trail is very long (41,4 km) we can easily affirm that the foundations of viaducts requiring piling works are characterised by a stratigraphy consisting of sand and heavy sand (from 0 to 15 mt) and of clay and clayey mud down to 20 mt. At such a depth schist is likely to be found; it turns out to be very altered and fragmented along the very first metres, while its consistency improves as piles are driven deeper down, with their end being stuck about 25 mt. underground.*

*The entrances and lateral slopes on the mountain reveal a sandy covering on its upper part which soon turns into clayey mud, whose thickness is about 2m; schists are encountered lower down and, as cutting depth decreases, their altered consistency changes to a more compact one.*

*The tunnels' sectors which were reinforced by means of Forepiling are characterised by a slight ground covering which, as a consequence, calls for the above treatment; the latter is also employed whenever the tunnel is located in a faulty area or in sectors marked out by a poor quality of rocks.*

*The encountered soils are made up of schists with a variable resistance; when the latter show alterations and fractures, some interventions are carried out.*

## TRABAJOS ESPECIALIZADOS

### PILOTES DE GRAN DIÁMETRO

Su ejecución consiste en excavar en diámetros variables desde 0,60 a 1,50 m ( en el caso de Ferrocarril Caracas - Cúa el diámetro mas utilizado fue 1,20 m) por las profundidades que se indiquen, hasta encontrar estratos duros donde se pueda fundar la punta del pilote. La excavación se hace con perforadoras tipo Soilmec R-515 en seco o utilizando lodo bentonítico, si el terreno tiene agua. Terminada la perforación se coloca una jaula o armadura de acero diseñada especialmente para cada caso en toda la longitud del pilote formando un cilindro que permite bajar luego en su interior

## SPECIAL WORKS

### LARGE DIAMETER PILES

*They are executed by performing excavations with variable diameters, from 0,60 up to 1,50 m (with regard to the Caracas - Cúa railway the most used diameter was 1,20 m) down to a specified depth until tough layers are found and piles' ends are stuck into them.*

*Drilling operations are performed through the Soilmec R-515 rig by using a bentonite mud, if needed or without.*

*Once drilling operations are completed, a specially designed steel reinforcement cage is placed along the pile's whole length, thus forming a cylinder which enables to insert a pipeline for concrete casting.*

*During the final stage, the concrete with variable resistances - as indicated by the project - is finally cast into the pipeline; it is necessary to make sure that the pipeline used for casting does not come out of the concrete body in order to avoid any possible "pile cutting". This is achieved by employing the "Tremie" method.*

*Along the Caracas - Cúa railway route, the piles were used to construct the viaducts' piers, since the ground herein present could hardly support any direct foundations.*



una tubería de vaciado de concreto a través de la cual se va a colar, en la etapa final, el concreto con resistencias variables según lo indique el proyecto. Es muy importante que durante la etapa del vaciado la tubería de colado no se salga del cuerpo del concreto para evitar un eventual "corte del pilote", esto se logra utilizando el método "Tremie".

En el Tramo Caracas - Cúa del ferrocarril los pilotes se utilizaron para fundar las Pilas de los viaductos donde los terrenos así lo requerían por no tener suficiente capacidad de soporte para hacer fundación directa.

Con ésta finalidad se construyeron pilotes en todos los viaductos del tramo 5 y 6. En el tramo 2 (Tazón Norte) los pilotes, en vez, se utilizaron para proteger la excavación de la trinchera.



## PANTALLAS ATIRANTADAS

Consisten en protecciones de concreto proyectado de resistencias variables, (en el caso del Ferrocarril Caracas - Cúa se utiliza 300 kg/cm<sup>2</sup>) que se construyen simultáneamente con las etapas de cortes del terreno. Inicialmente después de un corte en el terreno se realiza un perfilado a mano, se perforan e inyectan los anclajes de ese sector utilizando **perforadoras tipo Soilmec SM-305 e inyectoras tipo Soilmec GS-1**, se coloca la doble cuadrícula de acero de refuerzo según diseño, se lanza el concreto proyectado en mezcla seca utilizando gunitadoras tipo Aliva 262, y una vez fraguado el concreto se realiza el tensado de los anclajes completando así el ciclo del trabajo que nos va a habilitar para comenzar un nuevo corte donde se repetirán las etapas mencionadas hasta llegar a la cota inferior del Portal o Corte Lateral. Se protegieron cortes y portales utilizando ésta tecnología en los tramos 0, 2, 3, 4 y en parte del tramo 5.

## MICROPILOTES SUBHORIZONTALES

Tecnología aplicada para proteger la excavación de los túneles evitando que la roca se derrumbe hacia el interior. Consiste en perforar micropilotes de manera equidistante y muy cercanos entre si en posición subhorizontal y ascendente a lo largo del túnel formando un troncocónico de seguridad en el avance, en cuya parte inferior se apoyarán posteriormente las costillas de protección del Túnel. Se utiliza **una perforadora tipo Soilmec SM-505 creada especialmente para éste tipo de trabajo por la fábrica Soilmec del Grupo Trevi**. Luego de completada la perforación de diámetro 140 mm se coloca un tubo de armadura de diámetro 114 mm constituido por dos partes roscadas con una longitud de 11,60 m y posteriormente se realiza la inyección utilizando inyectoras tipo Soilmec GS-1. Es muy importante destacar que la perforadora SM 505 de última tecnología dispone de dos gatos hidráulicos en sus partes anterior y posterior que permiten graduar perfectamente el ángulo que se quiere utilizar y además mantenerlo por toda la duración de cada corrida completa de Micropilotes Subhorizontales. Las corridas utilizadas en el Ferrocarril Caracas - Cúa tienen entre 32 y 46 micropilotes cada una.

Se utilizó ésta tecnología en los sectores más inestables geológicamente de los túneles de los tramos 0, 2, 3, 4 y parte del 5. Esta tecnología fue acompañada por un tratamiento de Vitrosina que consiste en perforaciones equipadas con éste material e inyectadas, en el frente del Túnel para facilitar las tareas de excavación.

## TIE-ROD-REINFORCED DIAPHRAGM WALLS

*They consist of protections made up of shotcrete with variable resistances (as for the Caracas - Cúa railway line, 300 kg/cm<sup>2</sup> are employed), which are completed at the same pace as the soils' cutting stages. After performing soil cutting operations, a final trimming is carried out. Anchors are drilled and injected by means of Soilmec SM-305 drilling rig and Soilmec GS-1 grouting machines. The steel-reinforced double grid is placed as per instructions and the shotcrete is cast through a dry mixture by using Aliva 262 shotcrete machines. Once concrete sets, anchors are stressed and the working cycle is finally ended, thus making it possible to start a new cutting (which shall consist of the same stages mentioned above), until the entrance's or lateral slope's lower level is finally reached.*

*Slopes and entrances were protected by using said technology along the 0, 2, 3 and 4 section, as well as in part of the fifth.*

## FOREPILINGS

*This technology is applied in order to protect the tunnels' excavation and prevent the rock from sliding down inside. The procedure consists in drilling and placing micropiles equidistant and very close from one another in a sub-horizontal and upward position along the tunnel; in this way they form a safety conic section in advance, on whose bottom the tunnel's protection steel ribs will be subsequently placed. In order to carry out such operation, a Soilmec SM 505 drilling rig was employed; this machine was specially designed by SOILMEC to perform this type of works. After completing the 140 mm Ø drilling, a 114 mm Ø steel-reinforced pipe (made up of two 11,60 metres-long threaded parts) is subsequently inserted. Eventually, grouting operations are carried out by means of Soilmec GS-1 grouting machines. It is worth highlighting that the high-technology SM 505 drilling rig is equipped with two hydraulic jacks in its front and rear parts; these enable to perfectly graduate the angle that shall be used, as well as to keep it for the whole duration of each working phase complete with forepilings. Each of the working phases in the Caracas - Cúa railway resorts to a minimum of 32 up to 46 micropiles. The above technology was employed in the most geologically unstable sectors of the tunnels pertaining to section n. 0, 2, 3, 4 and part of n. 5. This technology also benefited from a treatment which consists in applying plastic reinforced with incorporated Fibreglass. Said treatment envisages the execution of drilling operations - employing the above-mentioned material - as well of grouting operations to be carried out in the Tunnel's front section, in order to facilitate digging procedures.*





## ASPECTOS TECNICOS GENERALES

El presente documento trata de ilustrar en forma sencilla y breve las actividades que Trevi Cimentaciones en relación directa con Trevi S.p.A realizó y está aún realizando a lo largo de la traza de éste tramo. A modo de introducción queremos decir que para poder mantener la traza de diseño de la vía férrea en un tramo tan accidentado topográficamente como el Caracas - Cúa evitando curvas y pendientes pronunciadas (máxima pendiente aceptada 2,3 %), se deben sortear fundamentalmente dos tipos de obstáculos: quebradas y montañas. Las quebradas requieren de la construcción de viaductos dando origen a la ejecución de Pilotes o, si las condiciones de la roca son suficientemente resistentes, Pozos de Fundación que a su vez se protegen con concreto proyectado. Para superar sectores montañosos se generan Túneles cuya excavación, si la roca lo amerita, requiere de tecnologías de protección del interior por medio de Micropilotes Subhorizontales, Micropilotes y Vitroresinas. A su vez la construcción de un túnel genera cortes laterales de las laderas y cortes ortogonales a la traza en los llamados portales de los mismos, que se protegen con Pantallas Atirantadas.



## GENERAL TECHNICAL FEATURES

*This document provides a brief and exhaustive description of the activities that Trevi Cimentaciones carried out together with Trevi SpA along this traced route.*

*Firstly, we should point out that, in order to keep to the original outline of the railway line along a topographically uneven route (that is, the Caracas - Cúa route) avoiding bends and steep slopes (maximum accepted slope: 2,3%), it is necessary to overcome*

*two kinds of obstacles: canyons and mountains. Canyons require the construction of viaducts, thus making it necessary to execute piles or foundation shafts (provided that rocks are sufficiently tough), the latter being protected by means of shotcrete.*

*In order to cross mountain areas, it is necessary to resort to tunnels, whose excavation requires the use of technologies aimed at protecting the inner surfaces by means of Forepilings, Micropiles and plastic reinforced by incorporated Fibreglass.*

*Moreover, the construction of Tunnels generates lateral cuttings on the slopes,*

*as well as orthogonal cuttings on the so called tunnels' entrances, which are protected by means of tie-rod-reinforced Diaphragm Walls.*

## MICROPILOTES PARA SOSTÉN DE COSTILLAS

Después de colocadas las costillas de protección del túnel, sus laterales y sus patas son fijadas al terreno por medio de Micropilotes de longitudes de 5,8 m. Estos trabajan a tracción ya que, una vez terminados, se fijan a las bases de las costillas con soldadura evitando el cierre de las mismas en su parte inferior. Se perforan con perforadoras tipo Soilmec SM-305 e inyectan en un procedimiento similar al Micropilotes Subhorizontales utilizando inyectoras tipo Soilmec GS-1. El diámetro de perforación es de 140 mm y el tubo de armadura es de 114 mm.

Igualmente que la tecnología de Micropilotes Subhorizontales se utilizó en los tramos 0, 2, 3, 4 y parte del 5 del ferrocarril.

## MICROPILES FOR STEEL RIBS' SUPPORT

After placing the tunnel's protection steel ribs, their bottom parts and sides are secured to the ground by means of 5,8 mt. long micropiles.

They are drilled by means of Soilmec SM-305 drilling rigs and perform grouting operations through a procedure similar to forepilings by using Soilmec GS-1 grouting machines. The drilling diameter is 140 mm and the steel-reinforced pipe is 114 mm.

Such technology was employed - just like the forepilings - in the section n. 0, 2, 3, 4 and in part of section n. 5 of the railway line.



### Candidades approx. de obras ejecutadas / Approx. quantities of executed works

#### Pilotes / Piles

Pilotes de gran diametro / Large diameter piles

Ø 1200 mm

60.000 m

#### Pantalla atirantada / Tie-rod-reinforced Diaphragm Wall

Concreto proyectado / Shotcrete

50.000 mc

Anclajes de 30 a 60 tn. / 30 to 60 tn. anchors

230.000 m

Pernos pasivos / Tie rods

66.000 m

#### En tunel / Inside tunnels

Micropilotes Subhorizontales / Forepilings

110.000 m

Micropilotes / Micropiles

60.000 m

Perforaciones con Vitroresina / Drilling with plastic reinforced by incorporated fibreglass

95.000 m

**TREVI CIMENTACIONES**  
VENEZUELA  
a TREVI Group company

Quinta San Antonio, 6ª Av. Altamira - Entre 5ª y 6ª Transversal - Caracas (Venezuela)  
Tlfs. 0058.212.261.08.30 / 261.49.26 / 262.19.66 - Fax 0058.212.261.59.50  
e-mail: [gerencia@treviven.com](mailto:gerencia@treviven.com)

**TREVI**

Head Quarter

47023 Cesena (FC) Italy - 5819, via Dismano  
Tel. +39.0547.319311 - Fax +39.0547.319313  
e-mail: [trevi@trevispa.com](mailto:trevi@trevispa.com)  
web site: [www.trevispa.com](http://www.trevispa.com)