

worldwide leader in the foundation engineering field



REFERENZA TECNICA - TECHNICAL REFERENCE

"Atlantic" side



Proyecto de ampliación Canal de Panamá

Panama Canal Expansion project

Panamá, Panamá



Investigación geotécnica
Soil Investigations
Pilotes LDP
Bored Piles
Pantallas plásticas
Diaphragm Walls
Inyección
Grouting

Cliente :
Owner :

ACP (Autoridad del Canal de Panama)

Contrattista principale :
Main Contractor :

1st Lot - GUPC (Grupo Unidos por el Canal) SACYR - SALINI - IMPREGILO - JAN DE NULA - CUSA
2nd Lot - PAC 4 ICA-FCC-MECO consortium

Durata dei lavori :
Duration of work :

2010 - 2016

Introducción

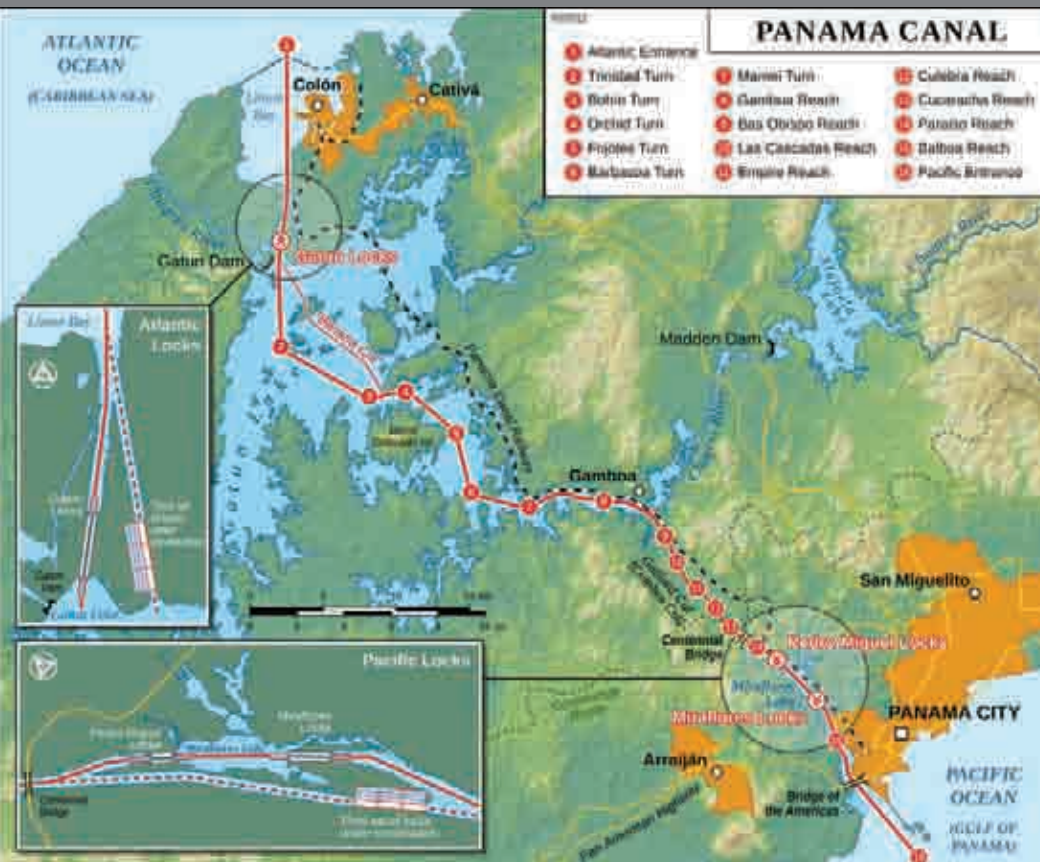
El Canal de Panamá es un canal de navegación de 80 kilómetros de largo aproximadamente que conecta el puerto de Colón en el Océano Atlántico al Puente de las Américas, cerca de la Ciudad de Panamá, en el Océano Pacífico. El canal corta el Istmo de Panamá y es una vía fundamental para el comercio marítimo internacional. **El Canal de Panamá sirve más de 144 rutas de transporte marítimo que conectan 160 países y alcanzan 1700 puertos en el mundo. Se calcula que, cada año, alrededor de 13.000/14.000 buques se sirven del canal.**

La cámara de la esclusa se utiliza para subir y bajar las embarcaciones y los buques entre los diferentes niveles en los cursos de agua del río y del canal. La esclusa actual, que mide 33,5 metros de ancho y 304,8 metros de largo, permite el tránsito de buques cuyo tamaño

Introduction

The Panama Canal is an approximately 80 km-long ship canal that connects the port of Colón on the Atlantic Ocean to the Bridge of the Americas, near Panama City, on the Pacific Ocean. The canal cuts across the Isthmus of Panama and is a key route for international maritime trade. **The Panama Canal serves more than 144 maritime routes connecting 160 countries and reaching some 1,700 ports in the world; it is estimated that between 13,000 and 14,000 ships use the canal every year.**

The lock chamber is used for raising and lowering boats and ships between different levels on river and canal waterways. 33.5 meters wide by 304.8 meters long, the current lock allows the transit of ships with maximum dimensions of 32 meters in beam and 294 meters long. The water used to raise and lower vessels in each set



máximo es 32 metros de ancho y 294 metros de largo. El agua utilizada para subir y bajar las embarcaciones en cada juego de esclusas baja por gravedad desde el Lago Gatún (26 s.n.m.) mediante un sistema de canales subterráneos.

La geología

La geología general del Canal depende en gran medida de las formaciones sedimentarias que remontan a hace unos 3 millones de años tras la subducción de la Placa Pacífica por debajo de la Placa del Caribe.

La cuenca yace sobre rocas volcánicas pre-terciarias asociadas a la formación de un arco volcánico que se extiende desde el Pacífico hasta el Atlántico a través del istmo formando una pared interconectada de cuencas delgadas y alargadas. **Toda el área está caracterizada por una composición litológica variada y compleja, de material de grano fino (sedimentos, arena y barro) a roca dura con una resistencia superior a 50 MPa.**

of locks comes from Gatun Lake (26 meters above sea level) by gravity through a system of culverts.

Geology

The general geology of the Canal strictly depends on the sedimentary basin that was formed about 3 million years ago when the Pacific Plate slid slowly under the Caribbean Plate.

The basin sits on top of pre-tertiary volcanic rocks associated with the formation of the volcanic arc that extends from the Pacific to the Atlantic, across the isthmus, forming an interconnected wall of thin and elongated basins. **The entire area is characterized by various and complex lithological composition, from fine grainy matter (sediments, sand and mud) up to hard rock with resistance above 50 Mpa.**

El **área Atlántica** está constituida principalmente por sedimentos llamados Formación Gatún. El terreno está formado esencialmente por limo y arcilla, areniscas y limolitas calcáreas en capas con diferentes inclinaciones, toba volcánica con textura de grano fino intercalado, en ciertas zonas, con capas de conglomerado. Extraordinariamente, la Formación Gatún cuenta con fósiles megascópicos y microscópicos bien conservados.

El **sector del Pacífico** está caracterizado por rocas sedimentarias (piedra calcáreas, areniscas, arcilla) y volcánicas (magmáticas, extrusivas, basalto, depósitos calcáreos). El 70% aproximadamente de la nueva esclusa del Pacífico se construirá sobre basalto de moderadamente duro a muy duro (de RH-3 a RH-5).

El Proyecto

La ampliación del Canal de Panamá es el proyecto más grande desde

The **Atlantic area** mainly consists of sedimentary formations named Gatun Formation. The ground consists essentially of silt and clay, variably calcareous sandstone and siltstone, fine grained textured volcanic tuff, occasionally intercalated with conglomerate strata. The Gatun Formation contains unusually well preserved megascopic and microscopic fossils.

The **Pacific sector** is dominated by sedimentary (limestone, sandstone, clay) and volcanic (igneous, extrusive, basalt, limestone deposits) rocks. Approximately 70% of the new Pacific locks will be founded on basalt from a medium hard to very hard RH-3 to RH-5.

The Project

The Panama Canal Expansion is the largest project ever since



su construcción original. El proyecto prevé un nuevo carril de tráfico a lo largo del Canal mediante la construcción de un nuevo juego de esclusas que duplicará la capacidad del canal de navegación. **El costo total de la obra es de 5,25 mil millones de dólares estadounidenses y consta de cuatro proyectos principales: la construcción de las nuevas esclusas, el nuevo canal de acceso al Pacífico, el dragado del canal de navegación y el aumento del nivel operativo máximo del lago Gatún.**

Las obras para la ampliación del Canal iniciaron oficialmente en 2007 con la excavación en seco de un cauce de acceso de 6,1 km de largo, con la eliminación de 50 millones de metros cúbicos de terreno, que conectará el nuevo juego de esclusas en el Pacífico con el Corte Culebra, es decir un canal artificial que se conecta con el lago Gatún.

El nuevo cauce de acceso al Pacífico permitirá evitar el lago Miraflores y funcionará a 9 metros por encima del canal existente. Por esta razón, también se construirá una presa de 2,3 km de longitud para separar las aguas del lago de las del nuevo cauce.

its original construction. The project will create a new lane of traffic along the Canal thanks to the construction of a new set of locks, doubling the waterways capacity. **The overall work has a cost of US\$ 5.25 billion and consists in four main projects: construction of the new locks, building the new Pacific access channel, dredging the waterway and raising the Gatun lake maximum operational level.**

The Canal expansion work officially began in 2007 with dry excavations of a 6,1 km long access channel with 50 million m³ of material hollowed, that will link the new set of locks on the Pacific side to Culebra Cut, a man-made channel linking up Gatun lake.

The new Pacific access channel allows to bypass the Miraflores lake and will operate 9 meters above the existing channel; for this reason a 2.3 km-long dam is also being built to separate lake waters from those of the new channel.

LADO ATLÁNTICO - Vista General / ATLANTIC SIDE - General Overview



LADO PACÍFICO - Vista General / PACIFIC SIDE - General Overview





Las actividades de dragado fueron programadas para permitir la navegación, en condiciones de seguridad, de embarcaciones de gran tamaño e involucra todas las partes del Canal. Los accesos en el lado Pacífico y en el lado Atlántico se ampliarán hasta 255 metros de ancho y 15/16 metros de profundidad desde el nivel de bajamar medio con el dragado de más de 25 millones de metros cúbicos de material del fondo marino. Incluso los canales internos del lago Gatún y del Corte Culebra se ampliarán y serán más profundos con la eliminación de unos 30 millones de metros cúbicos del material.

Se realizarán trabajos de suministro de agua subiendo el nivel operativo máximo del lago Gatún de 45 cm para mejorar la aducción de agua y el calado del Canal. El proyecto permitirá un almacenaje adicional de unos 200 millones de metros cúbicos de agua, lo que posibilitará unos 1.100 pasos al año.

La construcción de las dos esclusas que dará lugar a un tercer carril de

The dredging activities were planned with the purpose of ensuring the safe navigation of very big vessels and involve all the Canal sections. Both Pacific and Atlantic entrances will be widened to a minimum of 225 m and deepened to 15/16 m below mean low water level with more than 25 million m³ of underwater material dredged also in the inland waterways channels of Gatun lake. Culebra Cut will be widened and deepened with the removal of some 30 million m³ of material.

The Gatun lake max operational level will be increased by 45 cm to improve the canal water supply and draft dependability. The project will enable additional water storage capacity by nearly 200 million cubic meters, which will allow for approximately 1,100 additional transits every year.

The construction of two lock complexes will create a third lane of traffic and will allow to handle vessels of a cargo capacity up to



navegación y permitirá el tránsito de buques cuya capacidad es hasta 13000-14000 TEU (unidad equivalente a veinte pies), llamadas Post-Panamax, con respecto a los buques actuales con tonelaje igual a 5000 TEU, incrementando la capacidad de tránsito del Canal.

Una esclusa se ubicará en el lado Pacífico, a suroeste de la esclusa Miraflores existente. La otra se ubicará al este de la esclusa Gatún existente. **Las cámaras de las esclusas tendrán una longitud de 247 metros, un ancho de 55 metros y una profundidad de 18,3 metros.** La construcción de las nuevas esclusas prevé el uso de acero reforzado, una tecnología que nunca se había utilizado en la construcción del actual Canal de Panamá. **Para completar las dos esclusas, serán necesarios 4,3 millones de metros cúbicos de hormigón.** Al ser un 60% más grandes, las nuevas esclusas necesitarán más hormigón con respecto a los 3,4 millones de metros cúbicos utilizados para el canal de Panamá existente.

13,000-14,000 TEU's (twenty-foot equivalent units), named Post-Panamax, with respect to current 5,000 TEU class vessels, thus raising the Canal transport capacity.

*One lock complex will be located on the Pacific side of the existing Miraflores Locks. The other complex will be located to the east of the existing Gatun Locks. **Lock chambers will be 427 meters long by 55 meters wide and 18.3 meters deep.** The construction of the new locks includes the use of reinforced steel, a technology that did not exist when the current Panama Canal was built. **Completing both new lock complexes will require a total of 4.3 million cubic meters of concrete.** The new lock complexes will require more concrete than the 3.4 million cubic meters used for the current Panama Canal, since they are 60% bigger.*

Las Obras

Trevi Panama S.A., juntos con GUPC (Grupo Unidos por el Canal), obtuvo la adjudicación de un contrato para los trabajos de fundación relativos al proyecto del Canal de Panamá. Dichos trabajos involucran toda la nueva área del Canal y están repartidos entre las nuevas esclusas en los lados Pacífico y Atlántico, de conformidad con un esquema especular. Los criterios del proyecto de las fundaciones y las condiciones de carga han sido desarrollados con el objetivo de cumplir con los requisitos para un uso de los buques Post-Panamax que implicó la necesidad de adoptar numerosas técnicas y tecnologías. La sinergia del Grupo Trevi expresada en el saber-hacer de Trevi Panama y en el uso de las máquinas Soilmec posibilitó la realización de pilotes de fundación, muros pantalla, inyección y sondeos necesarios para las estructuras de fundación destinadas

The work

Trevi Panama S.A. was awarded a contract by GUPC (Grupo Unidos por el Canal) for the foundation work of the Panama Canal project. The foundation work involves the entire new Canal area both along the Pacific and the Atlantic new locks, in a specular scheme. The foundation design criteria and loading conditions were developed to be consistent with the requirements for a Post-Panamax use, which made it necessary to adopt many methods and technologies. The synergy of the Trevi Group expressed by the Trevi Panama knowledge with Soilmec equipment made it possible to execute the foundation piles, diaphragm walls, grouting and soil investigations necessary for the foundation structures that must ensure solid support, good stability and water-tightness.



a proporcionar soporte, estabilidad e impermeabilidad excelentes.

Investigación geotécnica

Han sido inspeccionados unos **6.000 metros lineales de terreno** (2500 m en el Atlántico y 3.500 m en el Pacífico) para analizar y evaluar las características geológicas y geotécnicas correspondientes. Para determinar el tipo de formación, el terreno ha sido sometido a ensayo de penetración estándar (SPT), mientras que para verificar la tasa de permeabilidad han sido realizados ensayos Lugeon para las rocas y ensayos Lefranc para el terreno. Para perforar e instalar los piezómetros necesarios para monitorear la presión líquida y los inclinómetros para garantizar la verticalidad del proyecto, se han utilizado las perforadoras para micropilote SM-305, SM-5 y SM-8.

En total, se han analizado **1.000 metros lineales de terreno** en cada lado oceánico.

Soil Investigation

Approximately **6,000 linear meters of soil** (2,500 m on the Atlantic side and 3,500 m on the Pacific side) were **subjected to soil investigation** in order to analyse it and evaluate the geological and geotechnical features. The SPT (Standard Penetration Test) was carried out to determine the soil type formation, whereas in order to verify the ground permeability rate, the Lugeon test was performed for rocks and the Lefranc test for the soil. The SM-305, SM-5 and SM-8 multipurpose microdrilling rigs were used to drill and install piezometers to monitor the liquid pressure, and inclinometers to check for the project verticality.

Roughly 1,000 linear meters of soil were involved in the soil investigations on each Ocean side.

Pilotes de cimentación

La técnica de los pilotes perforados es muy utilizada en las fundaciones profundas que soportan nuevos edificios y construcciones. Los pilotes de hormigón armado tienen que soportar las cargas verticales y horizontales de las estructuras por encima de ellos y transferirlos al terreno circundante, en las áreas en las que se instalan los pilotes individuales o grupos de pilotes. **A Trevi Panama fue encomendada la construcción de pilotes profundos para las esclusas, las cuencas, los puentes, etc. por un total de más de 14.000 metros lineales de terreno excavado con la técnica de los pilotes perforados de gran diámetro.** Para la realización de estas obras, Trevi Panama ha optado por las perforadoras hidráulicas de tamaño mediano de Soilmec: SR-60, SR-70, R-825 y R-930.

Foundation Piles

*Deep drilled piles are commonly used in ground foundations to withstand new buildings and constructions. Made of reinforced concrete, the piles have to carry the vertical and horizontal loads of the structures above and transfer it to the surrounding ground in the areas in which single piles or a pile group are installed. **Trevi Panama was entrusted with the construction of deep piles for locks, docks, bridges etc. accounting for more than 14,000 linear meters of ground drilled using the large diameter bored pile method.** For the said works Trevi Panama decided to use Soilmec medium-large size hydraulic drilling rigs SR-60, SR-70, R-825 and R-930.*

*Fully cased piles with **1,500 mm diameter** were drilled for the construction of the new dock near the Gatun lake entrance, for the*



Para la construcción del nuevo muelle cerca de la entrada del lago Gatún, se han excavado pilotes encamisados de **1.500 mm de diámetro** para

la ampliación de la zona de aparcamiento del Canal y las salidas de las presas en el Atlántico, mientras que en el área de trabajo adyacente a la calle Thelma King, ubicada en el Atlántico, se han realizado **1.300 m de pilotes encamisados de 1.500 mm de diámetro** para la construcción de un puente de 4 carriles que conectará la ciudad de Colón con la costa opuesta, una zona de parada para los camiones y la instalación de una báscula puente. Con una SR-60 equipada con barra Kelly, se excavaron **500 metros lineales de pilotes de 1.200 mm de diámetro** para el faro.

En el lado Pacífico también se excavaron **450 m de pilotes para las fundaciones** del nuevo edificio de control de los accesos con un **diámetro de entre 800 y 1.200 mm**, **2.400 metros lineales de pilotes encamisados con un diámetro de 1.500 mm** para el muelle

*expansion of the Canal parking area and for the Atlantic spillway gates. On the Atlantic side **1,300 m of cased piles with 1,500 mm diameter** were made in the working area adjacent to Thelma King Road for the construction of a four-lane road bridge that will connect the city of Colon to the opposite bank, and a waiting area for trucks, and for the installation of a weighbridge.*

*An SR-60 rig was used to realise **500 linear meters of 1,200mm-diameter piles** with kelly bar technology for the lighthouse. On the Pacific side, **450 m of foundation piles** were drilled for the new entrance control building **with a diameter ranging from 800 to 1,200 mm**; **2,400 m of linear cased piles with 1,500 mm diameter** for the Pacific side dock and **2,800 linear drilled piles with 1,500 mm diameter** for the Pacific approach channel evenly distributed in the inlet and outlet parts.*

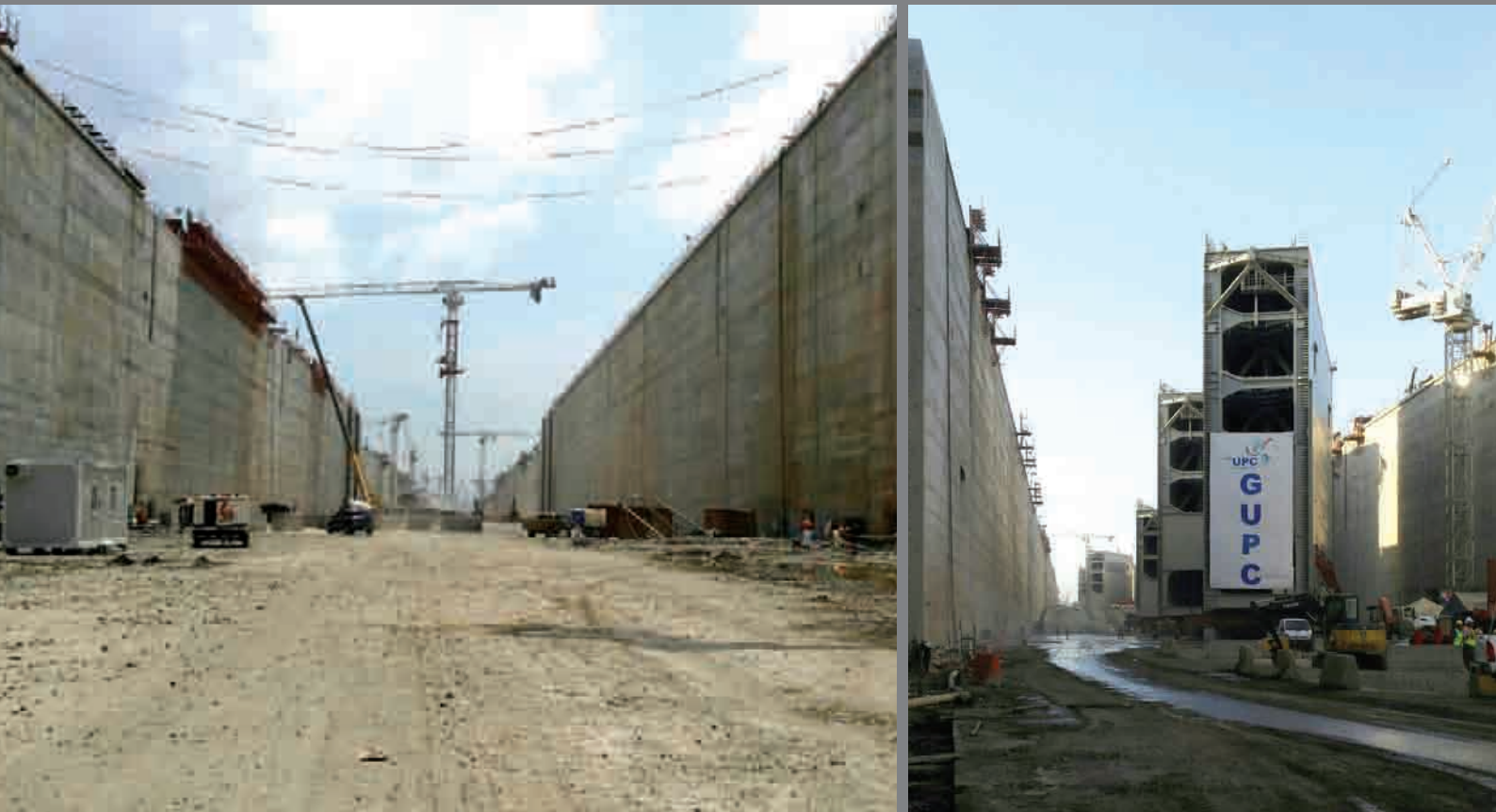
del lado del Pacífico y **2.800 metros lineales de pilotes perforados con un diámetro de 1.500 mm** para el canal de aproximación en el Pacífico distribuidos de manera uniforme en las partes de entrada y salida.

Muros pantallas

En las estructuras hidráulicas, los muros pantalla se utilizan como mamparos impermeables para evitar la percolación por debajo de presas de tierra, muelles, diques de carena y esclusas y, normalmente, están incorporados en la estructura principal. Los elementos de construcción de la pared deben ser perfectamente conectados entre ellos para evitar infiltraciones entre las juntas de contacto. **A Trevi Panama fue encomendado el sellado de 9.000**

Diaphragm Walls

*In hydraulic structures diaphragm walls are used as impermeable cutoffs to prevent seepage below earth dams, basins, dry docks and locks, and are usually integrated with the main structure. The wall construction elements must be perfectly connected to prevent any infiltration between the contact joints. **Trevi Panama was entrusted with the sealing of 9,000 square meters of soil by means of a plastic concrete diaphragm wall.** The panels were constructed using Soilmec hydraulic grab BH-7. On the Pacific side, panels to a **depth of 18 m** and of a **thickness of 800 mm** were dug as a foundation wall for a 1.8 km-long cofferdam to separate Miraflores Lake from the construction area for the new access channel. 4,000 m² of plastic concrete cut-off wall with maximum penetration depth up to 20 m were executed for the locks water-saving basins.*



metros cuadrados de terreno con pantalla plástica de hormigón.

Los paneles se han realizado con cuchara hidráulica Soilmec BH-7. En el lado Pacífico se ha realizado una pared de fundación con paneles excavados a una **profundidad de 18 metros y 800 mm de espesor** para para la realización de la ataguía de 1,8 km de largo para separar el Lago Miraflores del área de construcción para el nuevo canal de acceso y se han realizado 4.000 m² de mamparo plástico de hormigón con una profundidad máxima de penetración de 20 metros para las balsas de retención de las esclusas. Las nuevas esclusas serán más eficientes y fáciles de gestionar con respecto a las existentes. Sus balsas de retención necesitarán un 7% menos de agua con respecto a las existentes y volverán a utilizar el 60% del agua necesaria para cada tránsito.

En el lado Atlántico, en el área Gatún, ha sido excavado un mamparo plástico hasta una profundidad de 25 metros que actuará como barrera contra la percolación para el sistema de esclusas principal.

The new locks will be more efficient and easier to service than current ones.

Their water-saving basins will require 7% less water than current ones, and will reuse 60% of the water needed for each transit. On the Atlantic side, in the Gatun area, a plastic concrete cut-off wall was realised up to a depth of 25 m that will serve as seepage barrier to the main lock system.

Inyección

Como parte del Tercer Juego de Esclusas del Proyecto de Ampliación del Canal de Panamá, las presas Borinquen permitirán el tránsito a través del Canal de Aproximación al Pacífico hacia las nuevas Esclusas del Pacífico. Las tres presas del proyecto que llegan a las estructuras de las Esclusas del Pacífico son la 1W, 2W y la 2E. Debido a que estos terraplenes artificiales contendrán el Lago Gatún y los cursos de agua que se encuentran aguas arriba del Canal de Panamá, se han diseñado y construido para conseguir un alto nivel de fiabilidad. Las tres presas son terraplenes de unos 35 m de altura, con escollera de piedras en zonas. La construcción de las presas ha sido dividida en tres fases: excavación, preparación de las fundaciones y construcción pura y dura. Otra presa adicional llamada 1E se realizará con un contrato separado. Dicho contrato, PAC 4, (Canal de Acceso al pacífico), ha sido encomendado a la Empresa Conjunta ICA – FCC – MECO.



Grouting

As part of the Third Set of Locks of the Panama Canal Expansion Project, the Borinquen Dams will allow navigation access through the Pacific Approach Channel to the new Pacific Locks. The project includes three dams leading into the Pacific Locks structures, named 1W, 2W and 2E. As these embankments will retain the Gatun Lake and upstream waterways of the Panama Canal, they have been designed and constructed to achieve a high level of reliability. The three dams are zoned rockfill central core embankments up to approximately 35 m high. The construction of dams involves three stages: excavation, preparation of foundation and construction of dam.

Another dam called 1E will be constructed under a separated contract. This contract named PAC 4 (Pacific Access Channel) will be awarded to the J.V. ICA - FCC - MECO.

The injection curtain was drilled and injected, to guarantee a



La cortina de inyección ha sido excavada e inyectada para garantizar el sellado impermeable de todas las fisuras de las rocas de la fundación. **Trevi Panama SA se ha adjudicado los contratos de excavación e inyección de mamparos hidráulicos para las fundaciones de presas.** La obra prevé la **excavación de 132.000 metros lineales de terreno y la inyección de 6.200 toneladas de hormigón** en dos líneas en la fundación de la presa, colocadas a 3 metros de distancia la una de la otra. La longitud total del tratamiento a lo largo de la fundación de la presa ha sido dividida en tres secciones de acuerdo con el plan general de obras.

Como se ha mencionado, las obras de excavación e inyección empiezan con la perforación de los pilotes primarios a una distancia de 24 m el uno del otro. La inyección se lleva a cabo de abajo arriba, en tramos de 6 metros de longitud, mediante un sellado sencillo de 600 mm de longitud. Para llevar a cabo esta operación se han utilizado las perforadoras Soilmec para micropilotes SM-5 y SM-8 y las bombas de inyección GS-1 y GI ET 8.

waterproof sealing of all rock cracks in the foundation. **Trevi Panama SA was awarded contracts for the drilling and injection of waterproof screens in the foundation of the dams.** The work involves **drilling 132,000 linear meters of soil and injecting 6,200 tons of cement** in two lines in the foundation of the dam, spaced apart by 3 m. The total length of treatment along the dam foundation is divided into three sections, according to the general work program.

As it is specified, drilling and injection start by drilling or be super primary which are spaced every 24 m. Injection is performed in the ascending order, and in 6m-long sections, using simple sealing of a length of 600 mm. Soilmec micro-drilling rigs SM-5 and SM-8 and the injection plants GS-1 and GI ET 8 were used.

Construcción del tercer juego de esclusas del Canal de Panamá

El cliente GUPC decidió realizar una instalación de barras de acero con el fin de reforzar, a nivel estructural, las esclusas en los lados Atlántico y Pacífico. Para los trabajos se utilizaron 15 equipos de perforación SOILMEC al mismo tiempo. El Grupo Trevi hizo un esfuerzo importante ya que, además de los equipos, involucró a un grupo de ingenieros, capataces y encargados de la perforación procedentes de Colombia, Argentina e Italia.

La fotografía muestra el inicio de la perforación en el Pacífico, LH1, con la SM-305, SM-103 y PSM-8 y es posible observar el equipo para la LH3; detrás de la esclusa en la fotografía, el agua tiene una profundidad de 35 metros.

Construction of the 3rd set of Panama Canal locks

The client GUPC requested steel rods to be installed in order to structurally reinforce the locks both on the Pacific and the Atlantic side. Work was carried out simultaneously using 15 Soilmec drilling rigs. Not only the TREVI Group brought the drilling equipment to the jobsite, but they also set up a team of engineers, technicians and operators from Colombia, Argentina and Italy.

The photos show the initial drilling in LH1 on the Pacific side using SM-305, PSM-8 and SM-103 equipment, and a view of LH3 – behind the lock shown in the photo, water reaches the height of 35 m.



source: www.reporternuovo.it

"Pacific" side



Panama project in figures / *El proyecto Panamá en cifras*

Soil investigation / Investigación geotécnica	6,000 m
Instrumentation / Instrumentación (Piezometers and Inclimeters / <i>piezómetros e inclinómetros</i>)	2,000 m
Drilling and Grouting / Perforación y Inyección	Drilling/Perforación 152,300 m
	Cement grouted/Inyección 6,200 t
Plastic diaphragm walls / Pantalla plástica	6,100 m²
Large diameter bored piles / Pilotes perforados	14,170 m



5819, via Dismano - 47522 **Cesena** (FC) - Italy
Tel. +39.0547.319311 - Fax +39.0547.318542
e-mail: intdept@trevispa.com
www.trevispa.com



Vía Transistmica - Milla 11 - **Las Cumbres** - Panama
Tel. (507) **268.0809 / 268.0807** - Fax (507) **268.0818**