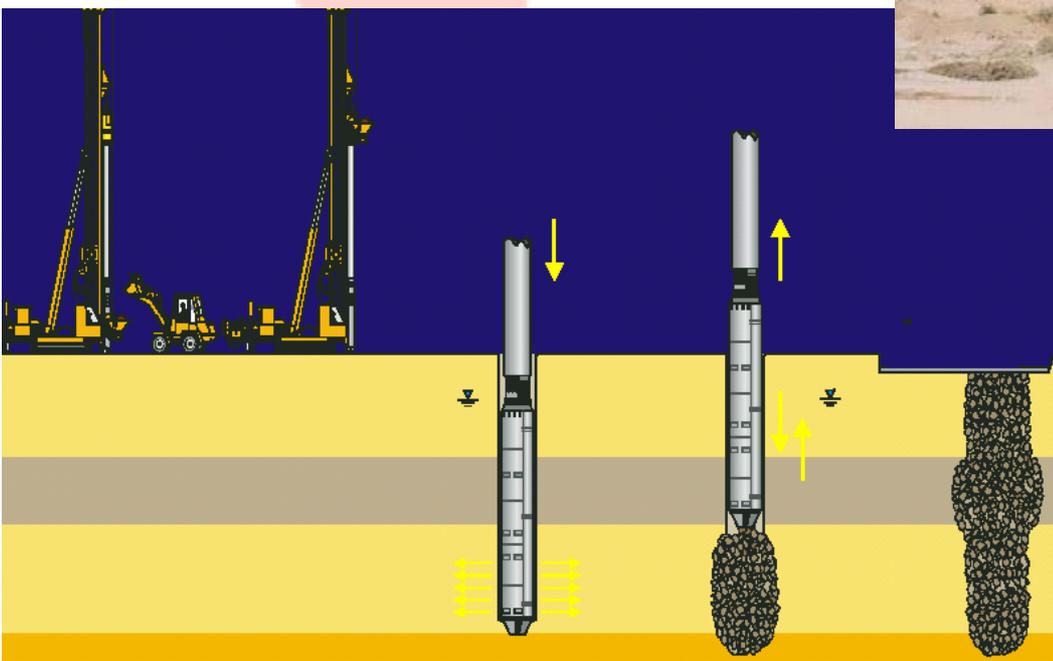


COLUMNAS DE GRAVA

TÉCNICA DE MEJORA DE SUELOS



COLUMNAS DE GRAVA

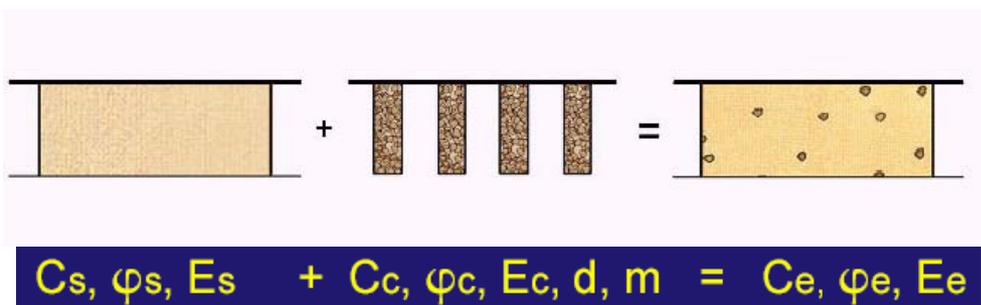
Desde el año 2002, **IFC Cimentaciones Especiales, S.A.** está asociada a la empresa **KellerTerra**, especialista en la ejecución de múltiples técnicas relacionadas con la **Mejora de Suelos**. Dentro de estas técnicas, destaca de manera notable las **Columnas de Grava**, que presentan una serie de ventajas, tanto constructivas como económicas, que en el presente documento detallaremos.

Las columnas de grava como sistema de mejora de suelos son una técnica utilizada desde los años 30 en que se inventara el primer vibrador. En un principio se ejecutaban mediante la aportación de agua como apoyo para la penetración del vibrador en el terreno en lo que se denominaba vía húmeda.

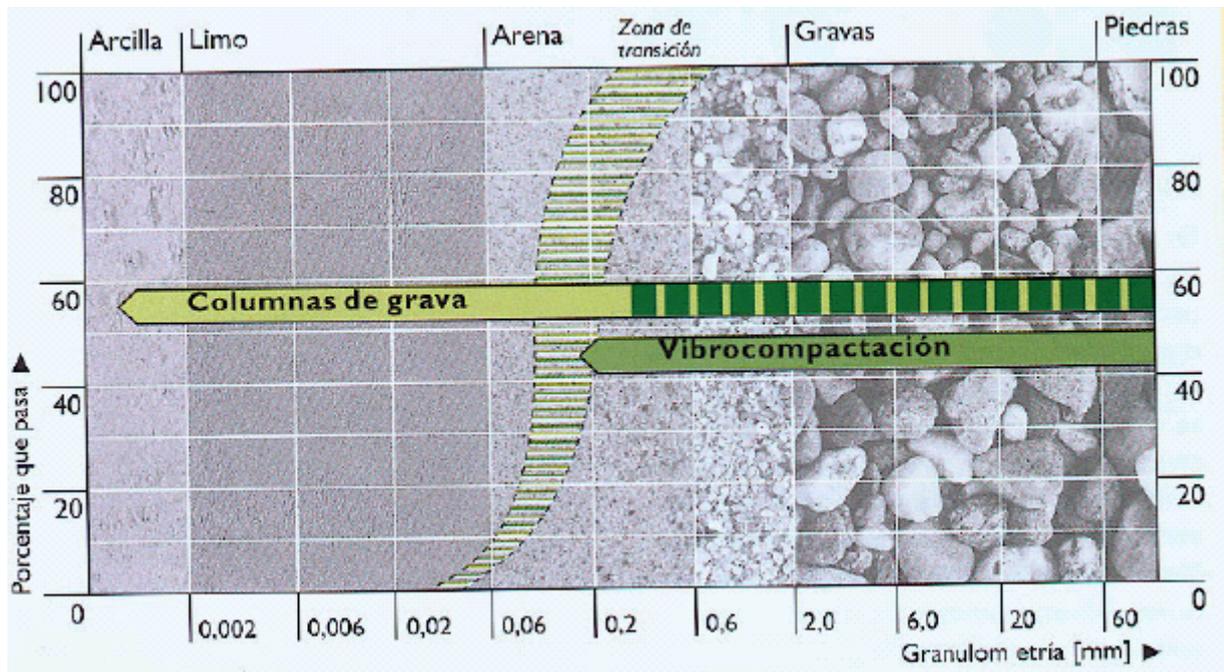
Con el tiempo se ha impuesto la ejecución de estos trabajos mediante la vía seca que no necesita el empleo de agua debido a la mejora de los equipos que han permitido que tanto la capacidad de penetración como de rendimientos sean equiparables a la vía húmeda. La última generación de vibradores además de ser más potentes incorporan la descarga inferior e interior de la grava, lo que asegura una continuidad en las columnas que antes no existía, a la vez que permite una adecuada compactación de la misma dentro de la perforación.

En la actualidad los sistemas de cimentación mediante técnicas de mejora de suelos, y muy especialmente las columnas de grava, tienen un éxito creciente como complemento de otras formas de cimentación, y en algunos casos incluso las han sustituido con éxito. De amplia utilización en países de nuestro entorno como Francia y Alemania, en España se emplean desde hace más de 10 años en casos puntuales. En la actualidad son cada vez más vigentes debido a su versatilidad y facilidad de ejecución. A diferencia de las cimentaciones profundas que atraviesan las capas de suelos blandos hasta alcanzar un estrato competente al que transmitir las cargas, las técnicas de mejora de suelos se basan en mejorar una cierta profundidad de este sustrato blando de tal forma que una vez actuado sobre él pueda resistir las cargas transmitidas.

De forma simplificada, el diseño mediante la mejora de suelos consiste en obtener un suelo tratado con características geotécnicas equivalentes: módulo de deformación, ángulo de rozamiento y cohesión resultantes de sumar los efectos de las reales del suelo sin tratar con las que aporta la columna de grava. Aunque el comportamiento del suelo mejorado con columnas de grava no es homogéneo en toda la superficie tratada, desde un punto de vista teórico es válida la aproximación para entender el concepto frente a la forma de cálculo y trabajo de otro tipo de cimentaciones.



Ámbito geotécnico de aplicación



Ámbito de aplicación (tipo de obra)

- ✓ Terraplenes, carreteras, ferrocarriles
- ✓ Obras hidráulicas estancas (depuradoras)
- ✓ Silos y depósitos de cualquier tipo
- ✓ Refuerzos de fondos marinos, lacustres o fluviales
- ✓ Naves industriales y comerciales
- ✓ Almacenes
- ✓ Oficinas, residencial colectivo e individual

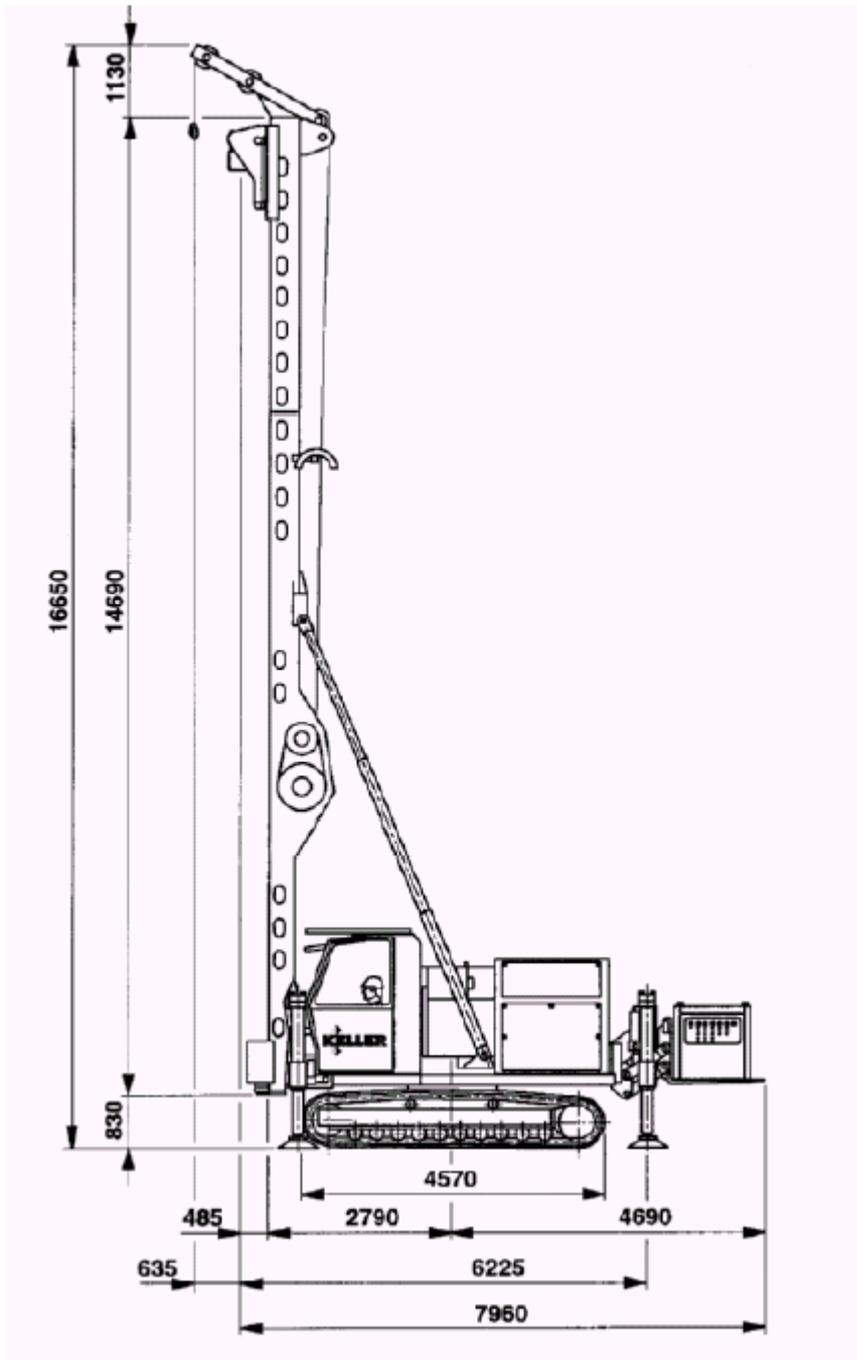
Maquinaria

Un equipo completo para la ejecución de columnas de grava consiste en una máquina con mástil, un vibrador, un compresor, un generador, una tolva móvil y una pala cargadora.

a). Máquina con mástil o vibrocat

Se trata de una máquina de orugas dotada de un mástil de hasta 12 metros. Es la que permite la sujeción e hincado del vibrador a la vez que transmite el empuje necesario adicional (hasta 30 toneladas de empuje estático) para hacer posible la hincado a las profundidades de proyecto.

En el caso de superar 10-12 metros de profundidad, existen algunas máquinas que permiten cierta extensión del mástil hasta los 20 metros, y a partir de estas profundidades se emplea una grúa con pluma de la que cuelga el vibrador.



Detalle de Vibrocat o máquina de orugas con mástil para la ejecución de columnas de gravas

b). Vibrador

El vibrador es otro de los elementos fundamental para la correcta ejecución de este tipo de cimentaciones.

Hasta hace poco los vibradores compactos sin descarga inferior han sido los más empleados al tener mayores capacidades y rendimientos, pero en la actualidad la evolución de los vibradores con carga interior han conseguido equipararse lo que ha hecho que se impongan en este tipo de obras dadas las ventajas que proporcionan al asegurar la continuidad estructural de la columna.

Los elementos que componen el vibrador de descarga inferior y que son de suma importancia para su correcto funcionamiento son:



- Excéntrica: permite la vibración y que el vibrador puede hacer el péndulo durante la hinca.

- Motor eléctrico: para su funcionamiento. La utilización de motores eléctricos ha supuesto el que se pueda proporcionar una mayor energía frente a los sistemas hidráulicos.

- Junta antivibratoria: es fundamental para absorber las vibraciones producidas y evitar que se transmitan al resto del equipo.

- Sistema de descarga: compuesto por la cámara de descarga, tubo alimentador y orificio de salida, permiten la toma de la grava en la parte superior y una alimentación continua hasta el orificio de salida. Es muy importante el que la grava sea de la granulometría especificada y que esté limpia para evitar que se obture el tubo alimentador.

Detalle del vibrador con alimentación interior y descarga inferior

c). Tolva Móvil

La tolva móvil es el alimentador de grava de los vibradores con alimentación interior y descarga inferior. La tolva se carga con una pala cargadora y se eleva unos 4 metros apoyada sobre el mástil hasta la cámara de descarga superior del vibrador desde la que sale el tubo alimentador que llega hasta el orificio de salida. Una vez descargado todo el material, la tolva vuelve a su posición inicial a la espera de una nueva carga.



Carga de Tolva mediante pala cargadora

d). Otros elementos necesarios

Para la ejecución de columnas de grava por vía seca es necesario disponer de un compresor. Si el vibrador empleado es eléctrico se necesita un generador y un cuadro eléctrico.
etc.

Procedimiento de Ejecución de Columnas de Grava mediante Vía Seca con descarga inferior

El procedimiento de ejecución de columnas de grava mediante la vía seca no se diferencia en mucho de la vía húmeda salvo que no es necesaria la utilización de agua durante la perforación.

Esto implica un ahorro tanto en el coste propio del agua empleada y de su traída, como en un laborioso sistema para su gestión una vez utilizada, sistema que necesita la construcción y utilización de balsas de decantación antes de su vertido, el tratamiento de los lodos decantados y la restitución de toda la zona de decantación una vez terminados los trabajos.

La ejecución de las columnas de grava tiene las siguientes fases:

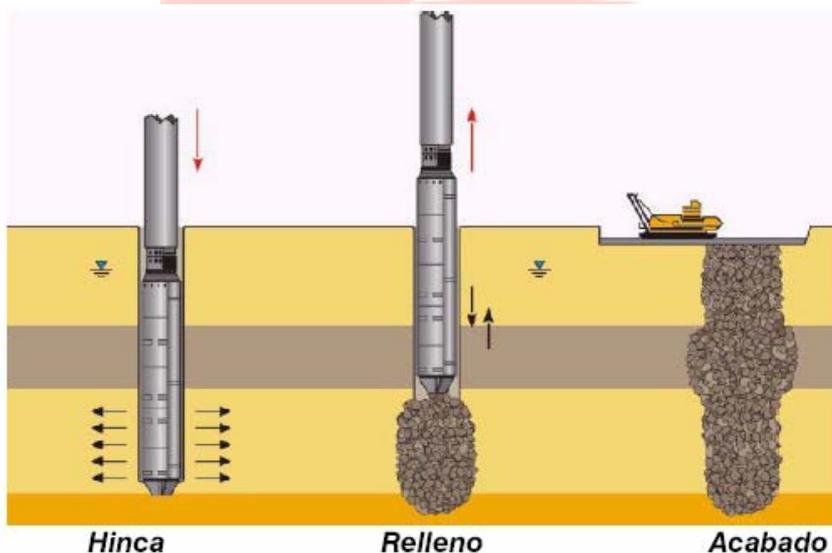
El vibrador se sujeta mediante el vibrocát o la máquina de orugas. El vibrador se posiciona sobre el punto de hinca y se introduce en el terreno gracias al peso propio del vibrador, a las vibraciones, y al aire comprimido que es el fluido empleado. La hinca se lleva hasta la profundidad de diseño o hasta rechazo si éste se produce antes.

Relleno de la perforación mediante grava. Por medio de la tolva que se carga a nivel del suelo con la pala cargadora, que se eleva por el mástil hasta alcanzar una trampilla superior del vibrador por el que se descarga la grava y a través del tubo alimentador interior llega hasta la punta inferior del vibrador donde se encuentra el orificio de salida.

Alcanzada la profundidad de hinca, el vibrador se eleva ligeramente a la vez que la grava aportada a través del orificio de salida inferior ocupa el espacio que queda libre. El vibrador vuelve a bajar sobre el material aportado que es compactado por medio de la presión ejercida por el útil así como por la vibración que éste transmite. Mediante pasadas sucesivas de poca amplitud (generalmente 30-50 cm) se consigue rellenar toda la perforación hasta alcanzar la superficie.

Con esta sistemática se consigue:

- Asegurar la continuidad de la columna en todo su desarrollo
- Asegurar una adecuada compactación que permita a la columna desarrollar la capacidad de carga para la que ha sido dimensionada



Secuencias en la ejecución de las columnas de grava



Aspecto final de la columna de grava ejecutada

5. Referencias de Obras

OBRA	PROVINCIA	CLIENTE	MEDICION
NAVES INDUSTRIALES PROLOGIS 4 Y 5	Alcalá De Henares (Madrid)	Prologis / GSE	7.000 MI
DECATHLON LOS BARRIOS	Algeciras (Cádiz)	Decathlon	1.500 MI
CTRA CREVILLENTE - TORREVIEJA	Alicante	Cubertas Y MZOV	8.360 MI
EJE VIARIO TORREVIEJA-CREVILLENTE	Alicante	Cubiertas Y MZOV	62.000 MI
RONDA CALLOSA DE SEGURA	Alicante	Generalitat Valenciana/Pavasal	50.000 MI
VARIANTE SUR DE ALMORADÍ	Almoradí (Alicante)	Generalitat Valenciana/Pavasal	15.000 MI
TORRE DE CONTROL DEL AEROPUERTO DE BARCELONA	Barcelona	Aena	2.500 MI
AMPLIACIÓN DEL PUERTO DE BARCELONA	Barcelona	Adm Puerto / Ute Sato - Comsa	25.788 MI
DIQUE "CABEZUELA"	Cádiz	Bruce Development	7.097 MI
EDIFICIO DE VIVIENDAS EN C/ MARQUINA	Calatayud (Zaragoza)	Dragados	4.268 MI
CIMENTACIÓN LÍNEA FEVE EN CANTABRIA	Cantabria	Feve	2.900 MI
AUTOVÍA MINERA (ALTO DE LA MADERA)	Gijón (Asturias)	Principado De Asturias / Fcc	7.900 MI
CTRA. ORCE-GALERA	Granada	Probisa	7.000 MI
EDAR DEL ALJARAFE	Huelva	Ginés Navarro	550 MI
APARCAMIENTO AV. MONTENEGRO	Huelva	Jv Montenegro	6.181 MI

OBRA	PROVINCIA	CLIENTE	MEDICION
RONDA SUR-SURESTE DE HUELVA	Huelva		35.000 MI
CIMENTACIÓN SILOS CEMENTO - PUERTO DE HUELVA	Huelva	Puerto De Huelva	7.500 MI
ENLACE CORRALES EN LA A-497	Huelva	Salvador Rus	En Ejecución
MEJORA DE RELLENO PARA APARCAMIENTO	Lérida	Kronsa	1.000 MI
PUENTE SOBRE EL RÍO GENIL	Loja (Granada)	Giasa / Ohl	5.000 MI
A-6 MADRID - LA CORUÑA KM 525	Lugo	Dragados	3.783 MI
A-6 MADRID - LA CORUÑA 2ª FASE	Lugo	Dragados	3.409 MI
AVENIDA DE LA ILUSTRACIÓN	Madrid	Dragados	7.466 MI
CUARTO CARRIL DE LA N-IV	Madrid	Ministerio De Obras Públicas	1.600 MI
M-50 BOADILLA (1ª FASE)	Madrid	Acesa / Fcc-Acs-Ohl-Sacyr	25.000 MI
M-50 BOADILLA (2ª FASE)	Madrid	Acesa / Fcc-Acs-Ohl-Sacyr	En Ejecución
VIAL 2 CENTRO COMERCIAL PLAZA MAYOR	Málaga	Mace / Construcciones Vera	13.500 MI
ALMACÉN CENTRAL FECSA	Molins De Rey (Barcelona)	Fecsa	1.886 MI
ESCUELA SECUNDARIA	Peñacastillo (Cantabria)	Ministerio De Educación	6.900 MI
CONCESIONARIO RENAULT	Pol. Ind. La Paz (Huelva)	Detea	2.700 MI

OBRA	PROVINCIA	CLIENTE	MEDICION
DECATHLON CARBAJOSA DE LA SAGRADA	Salamanca	Decathlon	1.500 MI
PUERTO DE PASAJES: MUELLE BUENAVISTA	San Sebastián (Guipúzcoa)	Dekai: Dragados / Entrecanales	16.000 MI
NAVES INDUSTRIALES PROLOGIS 1, 2 Y 3	Sant Boi De Llobregat (BCN)	Prologis / GSE	16.000 MI
NAVES INDUSTRIALES PROLOGIS 4 Y 5	Sant Boi De Llobregat (BCN)	Prologis / GSE	8.900 MI
CIMENTACIÓN DE LA CASCADA	Sevilla	Expo-92	1.200 MI
N-II. VARIANTE DE MEDINACELLI	Soria	Cubiertas Y MZOV	50.000 MI
EDAR VILAFRANCA DEL PENEDES	Tarragona	Dragados	2.783 MI
AUTOVÍA DEL CANTÁBRICO	Unquera (Cantabria)	Dragados	45.591 MI
AMPLIACIÓN DEL PUERTO	Valencia	Adm Puerto Valencia / Dragados	28.775 MI
CTRA. AYORA-LÍMITE DE PROVINCIA V-801	Valencia	Antonjo Serrano Aznar	2.700 MI
AMPLIACIÓN DEL PUERTO 2ª FASE	Valencia	Adm Puerto Valencia / Dragados	12.500 MI
INSTALACIONES PETROVAL PUERTO DE VALENCIA	Valencia	Petroval	20.000 MI
AVE MADRID - ZARAGOZA	Villalbilla (Madrid)	Gif/ Ute Dragados - Tecsca	6.966 MI
VARIANTE DE CALATAYUD (1ª FASE)	Zaragoza	Mº Fomento/ Aldesa	20.000 MI
VARIANTE DE CALATAYUD (2ª FASE)	Zaragoza	Mº Fomento / Aldesa	En Ejecución
EXPLANADA IPE - CALATAYUD	Zaragoza	Mº Defensa / Cimsa	En Ejecución

Prologis Sant Boi de Llobregat (Barcelona)

PROPIEDAD:	PROLOGIS
CONTRATISTA:	GSE (BARCELONA)
PERIODO DE EJECUCIÓN:	LAS COLUMNAS DE GRAVA SE EJECUTARON EN DOS FASES, ENTRE MAYO 2001 Y DICIEMBRE 2002

El proyecto en cifras:

Se ejecutaron 25.000 ml de columnas de grava en vía seca, bajo zapatas y bajo solera de 5 naves industriales de un total de 110.000 m² construidos.

El terreno a tratar consistía en una capa de 3 metros de relleno compacto, sobre el que realizó una preperforación, y por debajo una capa de unos 8 metros de arcillas limosas.

Se trabajó con dos máquinas a doble turno diario.

Siete meses antes, Keller había hincado 280.000 ml de drenes verticales con objeto de acelerar los asentamientos del relleno sobre el que se construirían las naves.

Ensayos y controles:

Se realizaron cinco ensayos de carga en columnas de grava, uno por nave, para comprobar los asentamientos realmente producidos al someter a la columna de grava al 150 % de la carga nominal, obteniéndose asentamientos inferiores a 5 mm.



Ejecución de los trabajos