



Procedimiento de ensayo con Georradar en pavimentos

Versión 1.2

1 Objetivo de este documento

El objetivo de este documento es establecer el procedimiento, general, seguido para realizar el ensayo de determinación de espesores del pavimento con Georradar (GPR). En base a la información suministrada por el propietario, ensayos realizados en el sitio, datos del proyecto (composición del paquete estructural), los requisitos de control de calidad establecidos y las normas internacionales, se proponen los siguientes criterios y procedimientos para los ensayos con GPR en pavimentos.

2 Generalidades

El ensayo de Georradar o GPR, aplicado a pavimentos, es un método no destructivo que tiene por objeto determinar los espesores de las capas del paquete estructural. El GPR proporciona una imagen del subsuelo gracias a los cambios en la constante dieléctrica de los materiales que lo componen.

3 Normativa

- ASTM D 4748-98 Standard Test Method for Determining the Thickness of Bound Pavement Layers Using Short-Pulse Radar
- ASTM 6432-99 Standard Guide for Using the Surface Ground Penetrating Radar Method for Subsurface Investigation

4 Procedimiento de ensayo GPR

4.1 Descripción del método

El GPR puede pasarse sobre cualquier pavimento circulado. Un transmisor emite ondas electromagnéticas de determinada frecuencia (frecuencia central de la antena utilizada) que reflejan parte de su energía al atravesar las diferentes capas del pavimento. El receptor capta esas reflexiones generando un registro de las mismas en un gráfico profundidad (ns) – distancia (m). La profundidad está dada por el tiempo que tarda la onda (o parte de ella) en salir del transmisor y llegar al receptor.

La señal se adquiere mediante el software Malå GroundVision, generándose como archivo principal un .rd3. Este archivo se analiza con un software adecuado donde, mediante distintos filtros, se distinguen y marcan las interfaces entre materiales.



La profundidad en metros correspondiente al cambio de capa se obtiene a través de las velocidades de onda de los materiales atravesados. La velocidad de la onda en un material depende de la constante dieléctrica del mismo, la cual varía con diversos factores, principalmente con la humedad.

4.2 Equipo de prueba

Antenas

- 1) Antena de baja frecuencia. Frecuencia central: 500 MHz.
- 2) Antena de alta frecuencia. Frecuencia central: 1.600 MHz.
- 3) Antena de alta frecuencia. Frecuencia central: 2.300 MHz.

Unidad de control

Malå GPR ProEx System. Tiene capacidad para conectar una antena de baja frecuencia y una de alta frecuencia.

Software de adquisición de datos

Malå GPR GroundVision 2. Este software recomienda las siguientes características para la adquisición de datos:

- Frecuencia de muestreo: aproximadamente 10 a 12 veces la frecuencia central de la antena.
- Número de muestras: debería ser aproximadamente 500 para un mejor desempeño.

Las antenas, la unidad de control y el software de adquisición de datos son de la empresa sueca Malå Geoscience (Skolgatan 11, SE-930 70 Malå, Suecia; <http://www.malags.com>; e-mail: sales@malags.com; teléfono: +46 953 345 50).

Carro de transporte

Se cuenta con dos carros, uno acoplado al equipo FWD y otro manual. En general, para mediciones en pavimento se utilizará el primero, a menos que sea un estudio puntual en una cantidad acotada de metros.

Software de procesamiento de datos

Actualmente se utiliza el Gpr_analyzer, software desarrollado por la empresa sueca Kuab, específico para el tratamiento de datos adquiridos de pavimentos con exportación de datos al programa PVD. El PVD es un producto también de la empresa Kuab, que permite la incorporación de resultados de distintos equipos en un mismo programa.

4.3 Personal de prueba

El ensayo debe ser realizado por un técnico que haya recibido la formación correspondiente. El análisis de las señales debe ser realizado por un técnico con experiencia en interpretación de señales, cuyo resultado debe ser aprobado por el ingeniero responsable.



4.4 Preparación de la prueba

Deben verificarse todas las conexiones: las antenas a la unidad de control, la unidad de control a la computadora. En caso de utilizar en carro manual, verificar la conexión del odómetro con la unidad de control.

Antes de realizar el ensayo deben establecerse los parámetros de medición en el Software de adquisición de datos, de acuerdo a las recomendaciones establecidas por el mismo, mencionadas en el apartado 4.3. Para cada antena se establece:

- Frecuencia de muestreo: 12 veces la frecuencia central de la antena.
- Número de muestras: Aproximadamente 500.

Para el relevamiento de varios kilómetros, se tomarán medidas cada un metro. El odómetro a utilizarse debe estar bien calibrado; el software tiene guardados los carros utilizados con sus constantes de calibración. Se deberá hacer una prueba previa a las medidas a modo de verificación de dicha constante.

Debe verificarse que el sistema funcione correctamente: esto se consigue desarrollando un archivo de prueba que registre señales en el tiempo, en vez de una señal cada un metro.

4.5 Realización del ensayo

Cuando se utiliza el GPR acoplado al FWD, el desarrollo del ensayo requiere de al menos dos operarios: un chofer y un técnico que controle el registro de los datos. Es recomendable que cada archivo de GPR no supere los 10 km, para que los mismos no ocupen tanta memoria y sean fácilmente procesables. El archivo principal generado será en formato .rd3.

Se debe controlar la velocidad mediante el indicador que posee el software. Se debe registrar la progresiva de inicio y fin de cada archivo de medición.

La información sobre testigos en el tramo a medir es importante para poder calibrar los resultados del ensayo. En caso de visualizar el lugar de extracción de un testigo, se debe registrar dicha progresiva. Si los testigos se extraerán después de la medición, elegir un lugar de progresiva conocida (preferentemente cerca de un poste kilométrico) y marcar con aerosol el punto; registrar la progresiva.

4.6 Procesamiento de datos

Los archivos generados se analizan e interpretan, obteniéndose los tiempos para los cuales se dan las reflexiones de las distintas capas. Una vez que se tiene la profundidad de la capa en tiempo (ns), se transforma a metros a través de la velocidad de onda en el material considerado. En el programa Gpr-analyzer se ingresan las velocidades de cada capa y la transformación se realiza de forma automática. Si se hace en una planilla de cálculo, debe tenerse en cuenta que el tiempo correspondiente a una capa estará influido por las capas superiores.



Carpeta de rodadura

Si se extraen testigos se obtiene una velocidad de onda promedio de la carpeta de rodadura. Se promedia una por sentido de tramo medido y por día de medición, en caso de que el relevamiento se realice en más de un día. Cuando se tienen más de 10 testigos para un mismo tramo, debe realizarse una depuración de datos:

- 1) se obtiene el promedio (λ) de las velocidades correspondientes a cada testigo y la desviación estándar (σ) asociada;
- 2) se descartan los testigos cuyas velocidades asociadas no se encuentren en el intervalo $[\lambda - 2\sigma, \lambda + 2\sigma]$;
- 3) se obtiene un nuevo promedio de velocidades y desviación estándar asociados a los testigos no descartados.

Los errores en cuanto a la estimación de la velocidad del material a partir de testigos vienen dados por la ubicación de los mismos y la medida de los testigos, tareas que en general son realizadas por otra empresa.

Si no se tienen datos de testigos, se estima la velocidad de onda en el material de acuerdo a la normativa mencionada en este protocolo o bibliografía complementaria. En general, para asfaltos de nuestro medio se puede adoptar una velocidad de 0,137 m/ns con un error del entorno del 10%.

Base – Sub-base

Para el resto de los componentes del paquete estructural se tienen en cuenta los espesores de proyecto y los ensayos realizados en sitio.

Si no se realizan ensayos se obtiene una velocidad promedio tal que el espesor promedio dado sea el establecido por proyecto, y se verifica que la velocidad obtenida sea coherente con los valores recomendados por las normativas.

Debe tenerse en cuenta que la diferencia entre las propiedades dieléctricas entre dos capas granulares puede no ser lo suficientemente notoria como para distinguir con claridad el límite entre las mismas en todo el tramo relevado.

4.7 Presentación de resultados

Los resultados del ensayo serán presentados mediante gráficos progresiva (m) – profundidad (cm). Las capas se representan con distintos colores, cuya intensidad varía de acuerdo a la calidad del reflejo de la capa. Se reportarán las antenas utilizadas y los métodos para la obtención de las velocidades de las capas registradas.

Se definirán valores medios de espesor y desviaciones estándar correspondientes a cada tramo de estudio. Los tramos pueden ser definidos por el propietario u obtenidos mediante la metodología ASHTO-93 aplicada a los datos de GPR.



Laboratorio de Control de Calidad de Fundaciones
Instituto de Estructuras y Transporte
Tel.: 2711 0524 - 2711 2643
lccfiet@fing.edu.uy
Facultad de Ingeniería - Universidad de la República



5 Aceptación y rechazo

La aceptación o rechazo final de cada tramo analizado es responsabilidad del propietario. Todos los errores o malos procedimientos empleados durante la construcción del pavimento deberán ser observados y reportados a él. Cada anomalía importante o defecto observado en el pavimento deberá generar una observación que podría generar el rechazo de un tramo. Los resultados del GPR, en este sentido, son datos complementarios para los procedimientos de recepción.

Para el caso de tramos dudosos, se recomienda la extracción de testigos adicionales como confirmación de las medidas con GPR.

PROYECTO	Este Procedimiento se produjo en el marco de la Beca ANII INI_X_2013_1_101020.
A N I I	