



Gestión de Infraestructuras de Andalucía, S.A.
CONSEJERÍA DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES

MANUAL PARA LA ELABORACIÓN DE LOS GRÁFICOS DE CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES

DEPARTAMENTO DE PRODUCCION
UNIDAD DE GARANTIA DE CALIDAD

Versión abril de 2004.

1. GRUPO DE TRABAJO

Equipo Redactor:

| | |
|------------------------------------|----------------------|
| - Manuel Atienza Díaz | Coordinador |
| - M ^a José Sierra López | Ponente |
| - María Megía Cardeñoso | Coponente |
| - Silvestre Hernández Sánchez | Vocal |
| - Basilio Navarro Oña | Vocal |
| - José Antonio de la Osa Galapero | Vocal |
| - Luis Quintana de Juan | Vocal |
| - José Luis Candau Chacón | Vocal |
| - José Manuel García Fernández | Vocal |
| - Marta Beatriz Zarzo Varela | Coordinación Técnica |
| - Marta Sánchez Fernández | Asesor Estadístico |

Secretaría:

- Ester Lineros Nogales
- Rebeca Cáceres Echazarra

Obras donde se han probado los diseños:

- Autovía A-381 Jerez- Los Barrios. Tramo 1.
- Refuerzo del firme de la Autovía A-92. Tramo: P.K. 42 al P.K. 80.

2. PREÁMBULO

Una obra de infraestructura debe proyectarse, ejecutarse y controlarse para que en la misma se consigan las especificaciones de calidad definidas en el proyecto. Para ello, dentro de la organización de GIASA, corresponde a la Unidad de Garantía de Calidad a través de sus funciones de auditoría técnica y apoyo a las obras, detectar en el proceso constructivo aquellos aspectos que deben mejorarse para conseguir los altos objetivos de calidad de nuestra empresa.

Una vez que se tiene conciencia de la necesidad de actuar ante un determinado problema o que un proceso es manifiestamente mejorable, se crea un PROYECTO DE MEJORA DE LA CALIDAD, se constituye un grupo de trabajo y se le dota de medios para la consecución de los objetivos.

En la actualidad se están desarrollando nueve Proyectos de Mejora de la Calidad en los que intervienen 67 personas, y es el Proyecto de este Manual, en el cual se comenzó a trabajar en el mes de Noviembre pasado, el primero que finaliza.

Los resultados del control de calidad se han venido presentando de manera tradicional en forma de tablas, lo que hacía difícil la retención de aquellos ensayos que se salían de los límites establecidos y en que porcentaje lo hacían, dificultando la visión global del proceso.

Así, para mejorar la calidad de la presentación de los resultados se ha elaborado el presente manual, cuyo objetivo es marcar las pautas para la representación gráfica de aquellos resultados de ensayos que se realicen en número suficientemente representativo, para que de una manera sencilla y rápida se pueda comprender la marcha del proceso.

En la redacción de este manual se han utilizado conceptos de “medias móviles” empleados en la Industria para analizar el proceso productivo, además de criterios estadísticos de “niveles de confianza” o “percentiles”, los cuales se ajustan a las necesidades de este estudio.

El cálculo del “nivel de confianza del 95%” se exige actualmente a los Laboratorios de Control de Calidad de Recepción en los Pliegos de Prescripciones Técnicas Particulares de GIASA, y ahora se incorpora a la representación gráfica.

Los diseños iniciales de los gráficos se han utilizado a modo de prueba en dos obras de GIASA, habiéndose ido reformando en las reuniones del Equipo Redactor a medida que se iban utilizando, hasta llegar a la configuración definitiva de este manual.

En los gráficos se representan los elementos individuales y sus límites de aceptación según las especificaciones del Proyecto, así como las medias móviles y sus respectivos límites. Cuando éstos no existan en Normativa, deberán definirse en el futuro en los Pliegos de Prescripciones Técnicas Particulares o marcarlos en su defecto el Director de las Obras.

Con estas representaciones gráficas, los Directores de Obra podrán comprobar al día la marcha del proceso para poder actuar con celeridad cuando éste se desajuste, y a posteriori tener una fácil comprensión de la calidad obtenida a lo largo de la obra, para el parámetro analizado. Esto permitirá una mejor evaluación de la calidad de la obra ejecutada, que deberá reflejarse en las puntuaciones del grado de cumplimiento del contratista para los siguientes concursos.

Como final de este preámbulo, quiero agradecer a todos los que han participado en el Grupo de Trabajo, así como a los Equipos de Dirección y Control de las obras donde se han desarrollado las pruebas, su dedicación desinteresada y buen hacer, esperando que el trabajo realizado sirva para mejorar la calidad de nuestras obras.

Manuel Atienza Díaz
Coordinador del Grupo

3. OBJETO DE ESTE MANUAL

El objeto de este documento es el de establecer las pautas a seguir en la elaboración de los gráficos de Control de Calidad y las tablas de datos en las obras promovidas por GIASA.

Para ello merece especial atención:

- Especificar los ensayos de los materiales que, por tener un número de muestras suficientemente alto, deben estar sujetos a control por medio de gráficos, así como el formato y elementos que deben reflejarse en ellos.
- Fijar los procedimientos a seguir a la hora de representar las distintas características en los gráficos de control.

4. DEFINICIONES

En este apartado se incluyen las definiciones de aquellos elementos que aparecen en los gráficos de control y en las tablas de datos correspondientes.

4.1. TABLAS DE DATOS Y TABLAS RESUMEN

Las **Tablas de Datos** de control son cuadros que deberán recoger todos los resultados obtenidos en los ensayos. El formato será el de una Hoja de Cálculo Excel del programa Microsoft Office '97.

Junto a los resultados se indicará su fecha de ensayo y trazabilidad, entendida esta última como el conjunto de códigos o referencias que permiten situar el ensayo en el lugar de la obra donde se realizó en el caso de los efectuados "in situ", o donde se obtuvo el material para su posterior ensayo en laboratorio en otros casos.

En las **Tablas Resumen** se calcularán a partir de los datos anteriores los valores que se citan a continuación, para lo cual se indica la función de la Hoja de Cálculo Excel a emplear en cada caso.

En estas tablas, los cálculos que así lo permitan deberán obtenerse tanto a origen como en el mes actual, ambos por separado.

4.1.1. Número de Muestras Ensayadas:

Es el tamaño de la muestra sometida a ensayos.

Se puede definir la **muestra** como un subconjunto de elementos de una **población**, que son sometidos a estudio y análisis para obtener resultados aplicables a la totalidad de la población de donde fueron extraídos, la cual se estima por medio de ellos.

De esta manera, los resultados obtenidos en el Control de Calidad constituyen una **muestra**, siendo la **población** el conjunto de las características de la totalidad de los elementos en obra.

Parámetros de la Hoja de Cálculo Excel:

| | |
|--------------------------|---|
| Categoría de la función: | Estadística |
| Nombre de la función: | CONTAR |
| Ref. 1: | Precisar la columna de resultados que se quiere contar. |

4.1.2. Valor Medio:

Es la media aritmética de todos los resultados de la muestra.
Las unidades son las mismas que las de la magnitud a la que se refiere.

Parámetros de la Hoja de Cálculo Excel:

| | |
|--------------------------|---|
| Categoría de la función: | Estadística |
| Nombre de la función: | PROMEDIO |
| Número 1: | Precisar la columna de resultados de la que se quiere obtener el valor medio. |

4.1.3. Desviación Típica:

Es una medida de la dispersión de los valores individuales respecto al valor medio.

Las unidades son las mismas que las de la magnitud a la que se refiere.

Parámetros de la Hoja de Cálculo Excel:

Categoría de la función: Estadística
Nombre de la función: DESVESTP
Número 1: Precisar la columna de resultados de la que se quiere obtener la desviación típica.

4.1.4. Coeficiente de Variación:

Da una medida de la dispersión que existe entre los valores individuales de la muestra.

No tiene unidades, se expresa en tanto por uno.

Parámetros de la Hoja de Cálculo Excel:

Categoría de la función: Estadística
Función a Introducir: = Desviación Típica / Valor Medio

4.1.5. Nivel de Confianza del 95%:

Es el Nivel de Confianza (Superior y/o Inferior) que con el porcentaje especificado en los Pliegos de Prescripciones Técnicas particulares de GIASA (tomamos en este caso como referencia el 95%) y con una distribución de tipo Normal, se alcanza en la población en estudio.

Las unidades son las mismas que las de la magnitud a la que se refiere.

En el caso de que se represente **un sólo nivel de confianza**, éste se puede definir por separado como:

-El *Nivel Superior* es un valor que indica que un determinado porcentaje de la población es inferior a él (el que indique el P.P.T.P. de GIASA).

-El *Nivel Inferior* señala que el porcentaje en cuestión de la población es superior a él.

Parámetros de la Hoja de Cálculo Excel:

-Nivel Inferior:

El *Nivel Inferior* señala en este caso, que el 95% de la población es superior a él.

| | |
|--------------------------|-----------------------|
| Categoría de la función: | Estadística |
| Nombre de la función: | DISTR.NORMAL.INV(...) |
| Probabilidad: | 0,05 |
| Media: | Valor Medio |
| Desv. Estandar: | Desviación Típica |

-Nivel Superior:

El *Nivel Superior* señala en este caso, que el 95% de la población es inferior a él.

| | |
|--------------------------|-----------------------|
| Categoría de la función: | Estadística |
| Nombre de la función: | DISTR.NORMAL.INV(...) |
| Probabilidad: | 0,95 |
| Media: | Valor Medio |
| Desv. Estandar: | Desviación Típica |

En el caso de que se representen los **dos niveles de confianza**, éstos se pueden definir como:

- Los Niveles Superior e Inferior son los valores que indican que un determinado porcentaje de la población (el que indique el P.P.T.P. de GIASA) se encuentra entre ellos.

Parámetros de la Hoja de Cálculo Excel:

-Nivel Inferior:

| | |
|--------------------------|-----------------------|
| Categoría de la función: | Estadística |
| Nombre de la función: | DISTR.NORMAL.INV(...) |
| Probabilidad: | 0,025 |
| Media: | Valor Medio |
| Desv. Estandar: | Desviación Típica |

-Nivel Superior:

| | |
|--------------------------|------------------------|
| Categoría de la función: | Estadística |
| Nombre de la función: | DISTR.NORMAL.INV.(...) |
| Probabilidad: | 0,975 |
| Media: | Valor Medio |
| Desv. Estandar: | Desviación Típica |

4.1.6. Longitud del Intervalo de Confianza del 95%, al estimar la Media:

Indica la longitud del intervalo donde se va a encontrar la Media de toda la población, con una probabilidad del 95%.

Las unidades son las mismas que las de la magnitud a la que se refiere.

Parámetros de la Hoja de Cálculo Excel:

| | |
|--------------------------|----------------------------|
| Categoría de la función: | Estadística |
| Nombre de la función: | INTERVALO, CONFIANZA (...) |
| Alfa: | 0,05 |
| Desv. Estandar: | Desviación Típica |
| Tamaño: | Media |

4.1.7. Valor de referencia:

Es el valor especificado en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del Proyecto y/o Normativa de aplicación, el que fija la fórmula de trabajo o bien cualquier otro obtenido por medio del procedimiento que al efecto se determine, al que debe tender la característica sometida a control.

Las unidades son las mismas que las de la magnitud a la que se refiere.

4.2. GRÁFICOS DE CONTROL

Son gráficos para la representación y análisis de los resultados que proporcionan testimonio visual de que un proceso está bajo control.

Se realizarán gráficos siempre y cuando el número de datos sobre el material sometido a control sea suficiente como para dar lugar a un estudio estadístico representativo.

Los elementos a representar en los gráficos serán los siguientes:

4.2.1. Resultados del Ensayo:

En la leyenda del gráfico se anotarán como “Valores Individuales”.

Son los resultados individuales empleados en la determinación de la aceptación de un material. En algunos casos, cada resultado de ensayo está formado por el valor medio de los resultados de dos o más ensayos, según la normativa vigente para el mismo. El número de ensayos necesarios para obtener un resultado depende del tipo de ensayo.

Estos resultados individuales obtenidos en el Control de Calidad constituyen una **muestra**, siendo la **población** el conjunto de las características de la totalidad de los elementos en obra.

También se puede definir la **muestra** como un subconjunto de elementos de una **población**, que son sometidos a estudio y análisis para obtener resultados aplicables a la totalidad de la población de donde fueron extraídos, la cual se estima por medio de ellos.

4.2.2. Media Móvil:

En la leyenda del gráfico se anotará como “Media Móvil”.

El primer valor de la media móvil coincidirá con el primer resultado de ensayo, siempre y cuando se acepte el material, calculándose el segundo valor y sucesivos de la siguiente manera:

- Segundo valor = Media aritmética de los dos primeros valores
- Tercer valor = Media aritmética de los tres primeros valores ...

y así hasta llegar a el quinto valor incluido.

A continuación se obtendrá la media móvil como el valor medio de cinco resultados de ensayo: los cuatro últimos efectuados del material ya aceptado más el resultado de ensayo del material cuya aceptación se está considerando.

Estos resultados se redondearán con el mismo número de cifras significativas que en el caso del resultado de ensayo individual.

4.2.3. Valor de referencia:

En la leyenda del gráfico se anotará como “Valor de Referencia”.

Es el valor especificado en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del Proyecto y/o Normativa de aplicación, el que fija la fórmula de trabajo o bien cualquier otro obtenido por medio del procedimiento que al efecto se determine, al que debe tender la característica sometida a control.

4.2.4. Tolerancias del Resultado:

En la leyenda del gráfico se anotarán como “Límite Superior” y “Límite inferior” (siempre que sean de aplicación; si no se anotará el que prescriba).

Son el máximo y el mínimo valor permitido que se considera aceptable para la característica del material en estudio, y se fijarán en su caso tanto para la media móvil como para los valores individuales. Para su definición se atenderá a lo especificado por las Prescripciones Técnicas Particulares del Proyecto y/o Normativa vigente, o bien a cualquier otro documento que se determine al efecto.

4.2.5. Niveles de Confianza:

En la leyenda del gráfico se anotarán como “Niveles de Confianza Superior e Inferior”.

Son los Niveles de Confianza (Superior e Inferior) que con el porcentaje especificado en los Pliegos de Prescripciones Técnicas particulares de GIASA y con una distribución de tipo Normal, se alcanzan en la población en estudio.

Si se aplica una sola tolerancia del resultado o límite, únicamente se representará el nivel de confianza correspondiente (según sea, inferior o superior), y los dos cuando sean de aplicación los dos límites, superior e inferior.

En el caso de que se represente **un sólo nivel**, éste se puede definir por separado como:

- El **Nivel Superior** es un valor que indica que un determinado porcentaje de la población es inferior a él (el que indique el P.P.T.P. de GIASA).
- El **Nivel Inferior** señala que el porcentaje en cuestión de la población es superior a él.

En el caso de que se representen los **dos niveles**, éstos se pueden definir como:

- Los Niveles Superior e Inferior son los valores que indican que un determinado porcentaje de la población (el que indique el P.P.T.P. de GIASA) se encuentra entre ellos.

5. MÉTODO A SEGUIR EN LA REPRESENTACIÓN DE DATOS

-En el gráfico de control se incluirán todos los ensayos realizados con el material empleado en obra, pero no se incluirán los ensayos realizados sobre material rechazado y no empleado en obra.

-El primer punto del gráfico de la **media móvil** coincidirá con el primer resultado de ensayo, siempre y cuando se acepte el material. A continuación se procederá al cálculo de la misma y a su representación.

No se incluirá en los cálculos de la media móvil, a efectos de su representación en los gráficos de control, un resultado de ensayo de un material rechazado.

Cuando el valor de la media móvil se salga de los límites establecidos para ella pero el último resultado individual de ensayo cumpla los límites de la media móvil, no será preciso detener la operación sino iniciar una nueva media móvil.

Así mismo se deberá iniciar una nueva media móvil cuando haya periodos de inactividad en la obra, cambios en los materiales, nuevas fórmulas de trabajo...

-Cuando un **resultado individual** de ensayo se salga de los límites para él establecidos, se puede optar por:

- Rechazar el material correspondiente a dicho ensayo.
- Aceptar el material, siempre que la media móvil se mantenga dentro de sus propios límites.
- Tomar dos muestras adicionales que representen al mismo material. Si una o ambas muestras dan resultados de ensayo que están fuera de los límites especificados para el resultado individual de ensayo, se rechazará el material. Si ambos resultados se encuentran entre dichos límites, se aceptará el material y los tres resultados de los ensayos se incluirán al calcular las medias móviles.

6. REPRESENTACIÓN GRÁFICA

En este apartado se van a enumerar los distintos elementos a incluir en los gráficos de control, junto con su simbología y una breve descripción de sus características.

Los gráficos se realizarán con formato de Hoja de Cálculo Excel (Microsoft Office'97) bajo un tipo de gráfico lineal, en el que se representen los dos ejes (X e Y) con líneas auxiliares paralelas al eje X, y una separación entre ellas (Escala Eje Y) según se precisa en el apartado 5. Así mismo se incluirá una leyenda en la parte de abajo del gráfico con la simbología utilizada.

En la parte superior izquierda de la hoja se localizará el nombre de la obra, y en la central un título tal como: " Gráfico de Resultados ...(del elemento o unidad de obra en estudio)". En la parte superior central del gráfico aparecerá un título con el ensayo representado.

Todo lo anterior vendrá escrito en mayúsculas y negrita.

Los elementos a incluir son:

- Valores Individuales:

Son puntos individuales.

Se representan como cuadrados de color rojo.

- Límites (Inferior y Superior) de los Valores Individuales:

Son dos líneas rectas horizontales (o una en el caso de que exista un sólo límite).

Se representan como líneas discontinuas de color rojo.

- Media Móvil:

Es una línea poligonal.

Se representa como una línea continua de color azul claro (turquesa).

- Límites (Inferior y Superior) de la Media Móvil:

Son dos líneas rectas horizontales (o una en el caso de que exista un sólo límite).

Se representan como líneas discontinuas de color azul claro (turquesa).

- Valor de Referencia:

Es una línea recta horizontal.

Se representa como una línea continua de color verde.

- Niveles de Confianza (Superior e Inferior):

Son dos líneas rectas (o una en el caso de que se represente un sólo nivel).

Se representan como unas líneas continuas de color azul oscuro (marino).

7. ENSAYOS A REPRESENTAR GRÁFICAMENTE

En este apartado se determinan los ensayos que deben representarse en los gráficos de control, según el elemento de que se trate.

-EJE DE ABCISAS (X):

En él se incluirá la trazabilidad del ensayo o material (Punto Kilométrico, calzada, carril, etc) y la fecha de ensayo.

-EJE DE ORDENADAS (Y):

En él se representarán los siguientes resultados:

7.1. Hormigones:

No se realizarán gráficos, a menos que se trate de grandes volúmenes.

7.2. Mezclas Bituminosas en Caliente (en el extendido):

Se representarán las siguientes características:

7.2.1. Contenido de ligante (%):

-Valores individuales

-Media Móvil

- Valor de referencia
- Límites (superior e inferior)
- Niveles de Confianza (superior e inferior)

Escala Eje Ordenadas (Y): Cada 0,1%*.
Ver Ejemplo 1, Gráfico 1.

7.2.2. Estabilidad (Kg. F.):

- Valores individuales
- Media Móvil
- Valor de referencia
- Límite (inferior)
- Nivel de Confianza (inferior)

Escala Eje Ordenadas (Y): Cada 50 Kg. F*.
Ver Ejemplo 1, Gráfico 2.

7.2.3. Deformación (mm.):

- Valores individuales
- Media Móvil
- Valor de referencia
- Límites (superior e inferior)
- Niveles de Confianza (superior e inferior)

Escala Eje Ordenadas (Y): Cada 0,1 mm*.
Ver Ejemplo 1, Gráfico 3.

* Son valores aconsejables, utilizándose en cualquier caso aquellos que marquen los Pliegos o resulten adecuados para la mejor comprensión del gráfico.

7.3. Mezclas Bituminosas en caliente (Testigos sobre obra terminada):

7.3.1. Compactaciones (%):

- Valores individuales
- Media Móvil
- Valor de referencia
- Nivel de Confianza (inferior)

Escala Eje Ordenadas (Y): Cada 0,5 %*.

Ver Ejemplo 2, Gráfico 1.

7.4. Reciclado “In Situ” con Emulsión Bituminosa:

7.4.1. Compactaciones (%):

- Valores individuales
- Media Móvil
- Valor de referencia
- Nivel de Confianza (inferior)

Escala Eje Ordenadas (Y): Cada 0,5%*.

Ver Ejemplo 3, Gráfico 1.

7.4.2. Inmersión-Compresión (I.C.R.%):

- Valores individuales
- Media Móvil
- Valor de referencia
- Límite (inferior)
- Nivel de Confianza (inferior)

Escala Eje Ordenadas (Y): Cada 0,1%*.

* Son valores aconsejables, utilizándose en cualquier caso aquellos que marquen los Pliegos o resulten adecuados para la mejor comprensión del gráfico.

7.5. Suelos y Materiales Granulares:

7.5.1. Compactaciones (%):

- Valores individuales
- Media Móvil
- Valor de referencia
- Nivel de Confianza (inferior)

Escala Eje Ordenadas (Y): Cada 0,5%*.

Ver Ejemplo 4, Gráfico 1.

7.5.2. Variación del porcentaje de Humedad respecto de la óptima(%):

- Valores individuales
- Media Móvil

- Valor de referencia
- Límites (superior e inferior)
- Niveles de Confianza

Escala Eje Ordenadas (Y): Cada 0,1%*.

7.5.3. Otras Características a concretar:

- Equivalente de Arena, desgaste de Los Angeles, Índice C.B.R.
... en función del volumen de tierras que se controle.

* Son valores aconsejables, utilizándose en cualquier caso aquellos que marquen los Pliegos o resulten adecuados para la mejor comprensión del gráfico.

7.6. Otros Ensayos a tratar gráficamente:

Con la misma metodología y gráficos definidos en este manual, GIASA y/o el Director de Obra dará instrucciones para representar gráficamente aquellos otros ensayos con población significativa o que se consideren de interés.

Manual para la elaboración de los Gráficos de Control de Calidad de Materiales. Versión abril de 2004

EJEMPLOS DE TABLAS Y GRÁFICOS

EJEMPLO 1:

- TABLA DE DATOS
- TABLA RESUMEN
- GRÁFICO 1: CONTENIDO DE LIGANTE
- GRÁFICO 2: ESTABILIDAD
- GRÁFICO 3: DEFORMACIÓN

EJEMPLO 2:

- TABLA DE DATOS
- TABLA RESUMEN
- GRÁFICO 1: COMPACTACIÓN

EJEMPLO 3:

- TABLA DE DATOS
- TABLA RESUMEN
- GRÁFICO 1: COMPACTACIÓN

EJEMPLO 4:

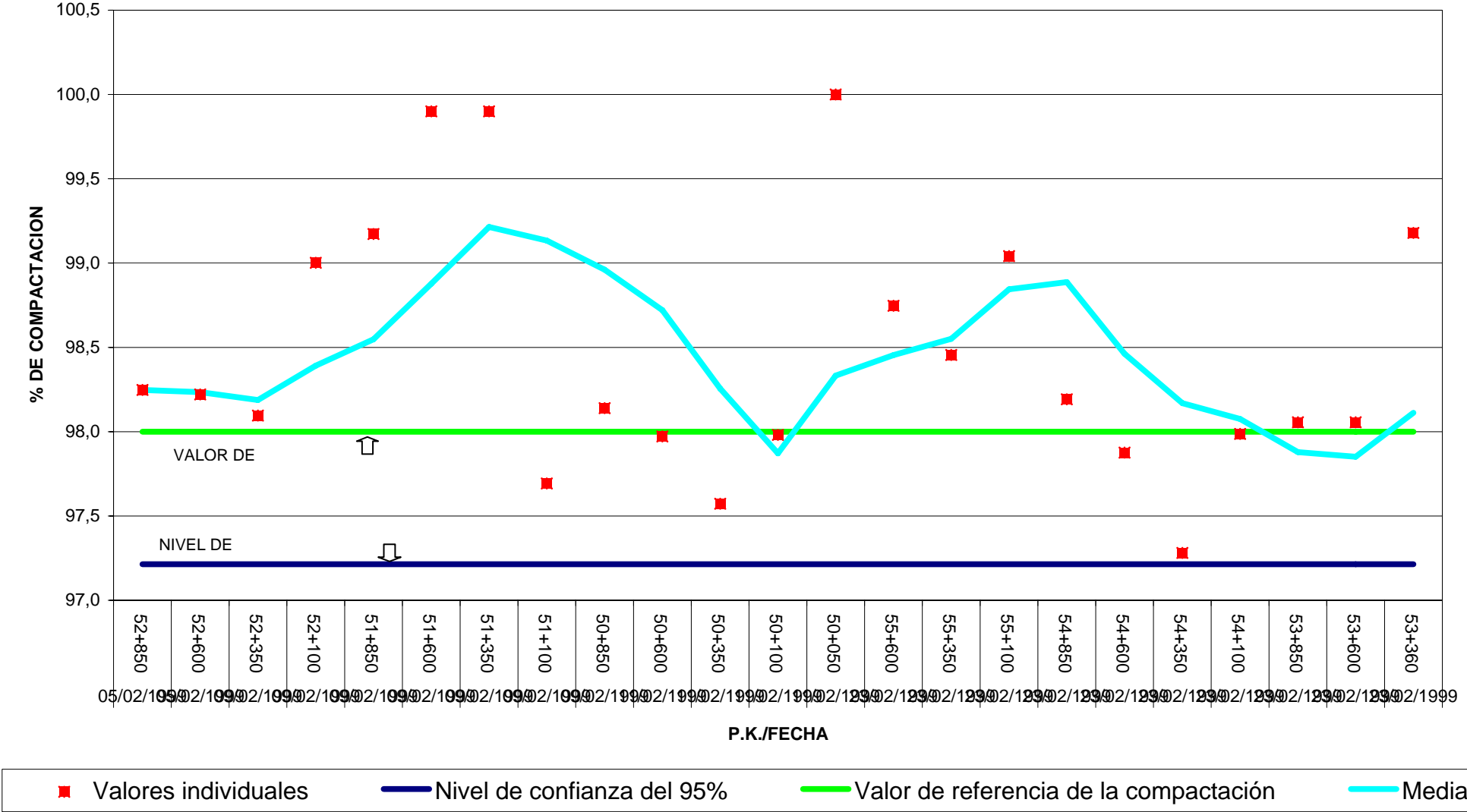
- TABLA DE DATOS
- TABLA RESUMEN
- GRÁFICO 1: COMPACTACIÓN

Gestión de Infraestructuras de Andalucía S.A.
CONSEJERÍA DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES

EJEMPLO 1:

- TABLA DE DATOS
- TABLAS RESUMEN
- GRÁFICO 1: CONTENIDO DE LIGANTE
- GRÁFICO 2: ESTABILIDAD
- GRÁFICO 3: DEFORMACIÓN

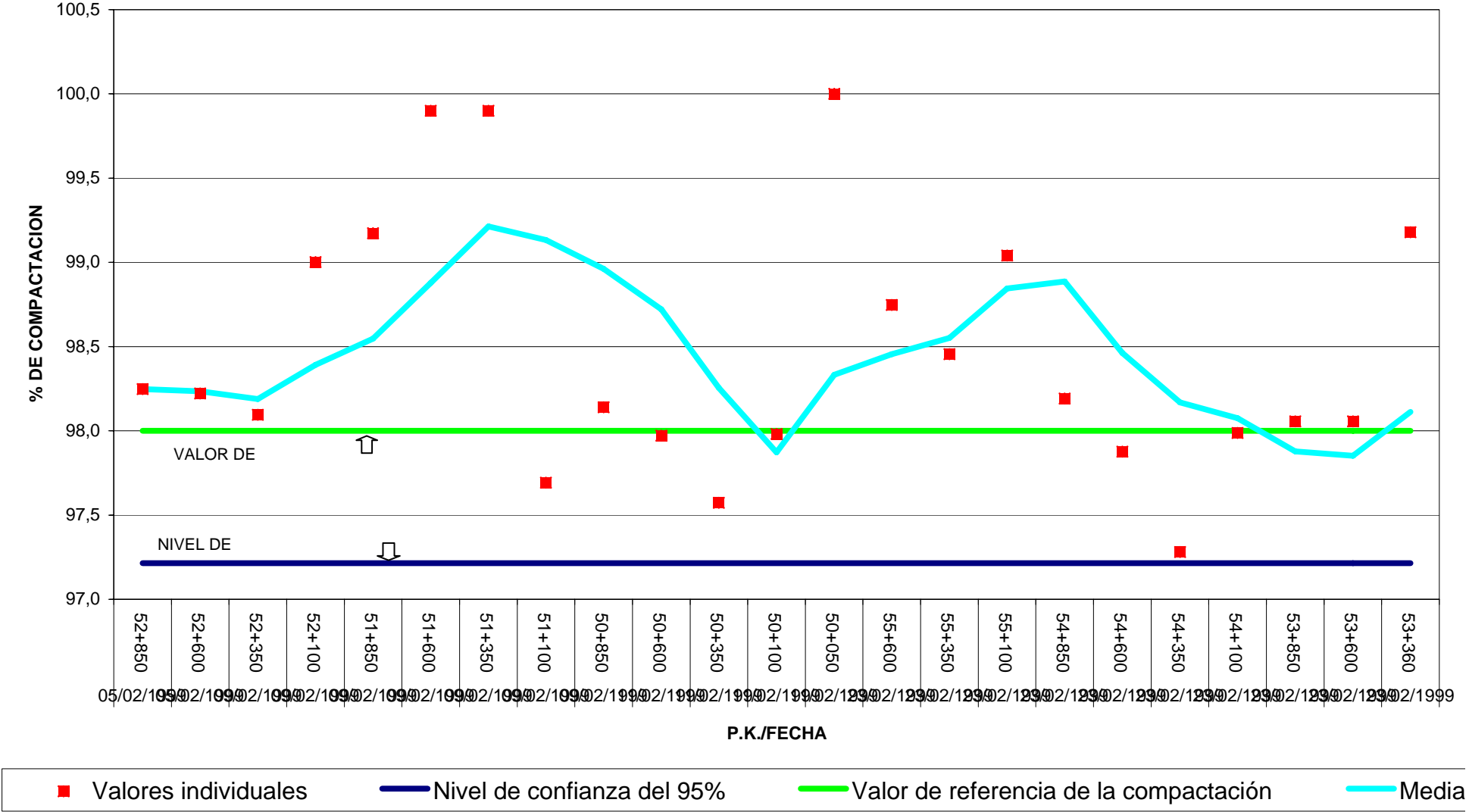
EXTRACCIÓN DE PROBETAS-TESTIGO
COMPACTACIONES



EJEMPLO 2:

- TABLA DE DATOS
- TABLA RESUMEN
- GRÁFICO 1: COMPACTACIÓN

EXTRACCIÓN DE PROBETAS-TESTIGO
COMPACTACIONES



EJEMPLO 3:

- TABLA DE DATOS
- TABLA RESUMEN
- GRÁFICO 1: COMPACTACIÓN



EJEMPLO 4:

- TABLA DE DATOS
- TABLA RESUMEN
- GRÁFICO 1: COMPACTACIÓN

COMPACTACIONES. ZAHORRA ARTIFICIAL

RELLENOS TRASDÓS Y BASE

