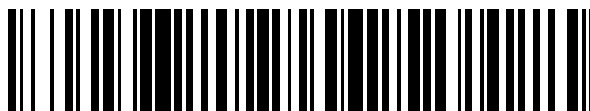


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 627 494**

51 Int. Cl.:

**G01N 29/04** (2006.01)

**G01N 29/44** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.06.2005 PCT/ES2005/070094**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.12.2006 WO06136622**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.06.2005 E 05765625 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.03.2017 EP 1903335**

54 Título: **Procedimiento de detección y control preventivo de la defectología en piezas de materiales compuestos**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**28.07.2017**

73 Titular/es:

**AIRBUS OPERATIONS S.L. (100.0%)  
Avenida John Lennon, s/n  
28906 Getafe, Madrid, ES**

72 Inventor/es:

**MATEO MARTÍNEZ, ANTONIO MARÍA**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 627 494 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento de detección y control preventivo de la defectología en piezas de materiales compuestos

### Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un procedimiento de detección y control preventivo de la defectología llevado a cabo en el marco de la inspección no destructiva de piezas de materiales compuestos y, más en particular, de piezas utilizadas en aeronaves.

### Antecedentes de la invención

Los materiales compuestos se emplean actualmente de forma intensiva en la fabricación de piezas para aeronaves gracias a sus excelentes características mecánicas.

10 Ahora bien, como los procesos de fabricación de esas piezas no garantizan la inexistencia de defectos en las piezas fabricadas es necesaria una inspección no destructiva de la totalidad de las piezas fabricadas, sometiéndolas a señales ultrasónicas para detectar defectos, especialmente de porosidad y delaminación.

15 Si se detecta algún defecto reparable durante la inspección, se lleva a cabo su reparación, tratándose de implementar a continuación alguna acción correctora en el proceso de fabricación de la pieza, intentando que no vuelva a producirse el defecto. Hay que tener en cuenta que no todos los defectos son reparables ya que puede darse el caso que algún defecto o grupo de ellos generen "inutilidades", atendiendo a criterios inaceptables de tamaño, área ocupada o clase de inspección de la zona en la que se encuentren.

Al aplicarse este proceso individualmente a cada pieza fabricada, el alcance de las medidas implementadas en el proceso de fabricación es tan sólo correctivo no pudiéndose evitar en la generalidad de la fabricación los altos costes de inspección y reparación generados.

20 A su vez el proceso requiere que se inspeccionen piezas o zonas de las mismas donde la probabilidad de existencia de defectos pueda ser muy baja, con el consiguiente incremento de costes.

25 WO 02/062206 A2, referida a "In-situ structural health monitoring, diagnostics and prognostics system utilizing thin piezoelectric sensors" (Sistema de seguimiento in situ de salud estructural, diagnóstico y prognosis mediante el uso de sensores piezoeléctricos delgados), muestra un método de detección de un elemento dañado en una estructura que incluye embeber una multitud de sensores piezoeléctricos cerámicos delgados en la estructura. Un primer sensor se excita de forma que el primer sensor produce una señal de recepción en la estructura. La señal de recepción se recibe en un segundo sensor. Se determina la presencia o la ausencia en la señal de recepción de al menos una característica predefinida de la señal, estando relacionada la característica predefinida de la señal con la existencia de un daño.

30 Se requieren pues procedimientos de control y detección adicionales y la presente invención se dirige a la atención de esa demanda.

### Sumario de la invención

35 La presente invención propone un procedimiento de detección y control preventivo de la defectología en el marco de la inspección no destructiva de piezas de material compuesto fabricadas en serie que comprende los siguientes pasos para cada pieza manufacturada:

40 a) Obtener de manera automática a partir de un escaneo ultrasónico de pulso eco parámetros representativos de los resultados de la señal de eco de fondo e intermedio en cada celda de una malla predefinida sobre la pieza o zonas predeterminadas de la misma. Se analizarán preferentemente zonas consideradas como "conflictivas", donde la ocurrencia del defecto es históricamente "repetitiva" pero también puede ser de interés el análisis global de toda la pieza por la propia aleatoriedad en la localización y generación del defecto, apareciendo análogamente en zonas históricamente "sanas".

b) Almacenar dichos parámetros en una base de datos.

c) Analizar estadísticamente los parámetros almacenados correspondientes a una zona determinada de una pieza determinada para:

5 c1) detectar cambios puntuales y significativos en el proceso de fabricación de la pieza que generan defectos de porosidad (generalizada y en capa) en cada zona analizada mediante gráficas de la media muestral y desviación estándar clásicas y la identificación de las zonas analizadas con cambios aisladas y significativas como zonas de probabilidad alta de generación de defectos,

10 c2) detectar cambios lentos y permanentes en el proceso de fabricación de la pieza que generan defectos de porosidad (generalizada y en capa) en cada zona analizada mediante gráficas de la media móvil (MA) o de la media exponencialmente ponderada (EWMA), de sensibilidad mejorada, e identificando las zonas analizadas con cambios lentos y permanentes como zonas de probabilidad alta de generación de defectos, c3) si no se detecta ningún cambio en los pasos c1) y c2), calcular el índice de capacidad de procesos "Cpk" en las celdas de mallado analizadas mediante las siguientes expresiones:

$$Cpk = \text{menor}\{Cpk_{(\text{superior})}, Cpk_{(\text{inferior})}\},$$

15 siendo  $Cpk_{(\text{superior})} = (LTS - X)/3\sigma$  y  $Cpk_{(\text{inferior})} = (X - LTI)/3\sigma$ ,

siendo LTS el límite superior de tolerancia;

LTI, el límite inferior de tolerancia;

X, la media de la muestra y

$\sigma$ , la desviación estándar,

20 para detectar zonas donde el proceso de fabricación presenta una probabilidad baja de que aparezcan defectos en poblaciones por amplitud de los ecos de fondo e intermedio almacenadas independientemente para identificarlas como zonas susceptibles de inspección por muestreo cuando  $Cpk > 1$ .

La reducción de la inspección debe incluir todos los defectos existentes en los materiales compuestos (porosidad, delaminación, desencolado, objetos extraños...). Este es un requisito para la viabilidad de cualquier muestreo.

25 El procedimiento según la invención tiene, pues, una finalidad preventiva y una finalidad de reducción de las necesidades de inspección.

El análisis preventivo se basa en el control estadístico de procesos mediante la utilización de gráficos de control de las señales de atenuación del eco de fondo y amplitud del eco intermedio, señales cuya variación puede ser considerada como "clave" por su alta ocurrencia y elevados costes derivados (reparaciones, HNC...).

30 El análisis de la posibilidad de reducción de las necesidades de inspección se basa en la medida del índice de capacidad de procesos.

Otras características y ventajas de la presente invención se desprenderán de la descripción detallada que sigue de la misma en relación con las figuras que se acompañan.

### Descripción de las figuras

En la Figura 1 se muestra un diagrama del procedimiento de detección y control preventivo de la defectología según la presente invención.

En la Figura 2 se muestra esquemáticamente la emisión de la señal ultrasónica sobre una pieza inspeccionada.

5 En la Figura 3 se muestra esquemáticamente la amplitud del eco de fondo, atenuado respecto al eco de inicio por el defecto una vez la señal ultrasónica atraviesa el espesor de la pieza en el área o punto inspeccionado.

En la Figura 4 se muestran esquemáticamente las franjas de estudio de la porosidad generalizada y la porosidad en capa en el procedimiento de detección y control preventivo según la presente invención.

10 En la Figura 5 se muestra un gráfico de control utilizado en el procedimiento de detección y control preventivo según la presente invención para analizar cambios puntuales y significativos.

En la Figura 6 se muestra un gráfico de control utilizado en el procedimiento de detección y control preventivo según la presente invención para analizar cambios lentos y permanentes en el proceso

15 En las Figuras 7 y 8 se muestran en gráficos de control "clásicos" dos casos estadísticos representativos de distintos estados de capacidad en el proceso valor cuantificado mediante el índice de capacidad de procesos (Cp/Cpk o Pp/Ppk) utilizado en el procedimiento de detección y control según la presente invención.

La Figura 9 muestra el mallado realizado en una zona predeterminada de una pieza y los gráficos de media muestral, media exponencialmente ponderada y desviación típica correspondientes a una de las celdas.

20 Las Figuras 10-13 muestran pantallas de ordenador con gráficos de control como los de las Figuras 5-8 correspondientes al control de variables "clave" definidas en "puntos o zonas" de la pieza, estando ambas, variable y zona, identificadas en la parte izquierda de la pantalla.

### Descripción detallada de la invención

Siguiendo el diagrama de bloques de la Figura 1, la primera etapa 100 del procedimiento de detección y control preventivo de defectología en piezas de material compuesto según la presente invención es la captación automática de datos

25 Las variables de control utilizadas en el procedimiento para detectar los defectos "potencialmente preventivos" de porosidad (generalizada y en capa) son las señales ultrasónicas de eco de fondo y eco intermedio y los valores que se captan son:

- Para el análisis de la porosidad generalizada el valor de la caída del eco de fondo o nivel de atenuación, expresado en dB o en % de altura en pantalla.

30 - Para el análisis de la porosidad en capa, el valor de la amplitud del eco intermedio, expresado generalmente en % de altura en pantalla.

35 El presente procedimiento podrá igualmente controlar todo aquel defecto inicialmente considerado como "no preventivo" (delaminación, objetos extraños, desencolados...) monitorizando en gráficos "clásicos", no así en sus correspondientes gráficos de sensibilidad mejorada / de tiempo ponderado (ya que no suelen ser prevenibles), las pautas "típicas" y "no aleatorias" asociadas a la variación de sus ecos ultrasónicos.

La captación de datos se lleva a cabo mediante una máquina conocida 1 que emite una señal ultrasónica 5 sobre una pieza 3 y capta la señal rebotada 7 a lo largo de su espesor E.

5 En el ejemplo de la Figura 3 se muestra la variación de la energía ultrasónica U de la señal a lo largo del espesor E de la pieza y se aprecia que el eco de fondo 9 está atenuado respecto al eco de inicio lo que generalmente indica la existencia de un defecto de porosidad generalizada en la pieza salvo existencia de ecos intermedios significativos (representativo de otro tipo de defectos) o identificación de señales de atenuación inherentes al proceso y no al defecto.

10 Los valores mencionados se obtienen de manera automática en cada pieza inspeccionada para una o varias zonas de la misma, de espesor constante, subdividida en celdas. La uniformidad del espesor en la celda analizada permite filtrar aquellas atenuaciones "falsas" ocasionadas por el rebote orientado de la señal ultrasónica en zonas de pendiente o cambio significativo de espesor.

Las zonas analizadas serán aquellas donde el estudio correctivo haya reflejado alta probabilidad de generación de defecto (comportamientos repetitivos). También puede analizarse la pieza completa cuando la aleatoriedad del proceso pudiese generar defectología en zonas históricamente "sanas".

15 Cada celda elemental del mallado definido por zona recoge los valores existentes de atenuación y eco intermedio a medida que el palpador de la máquina rastrea e inspecciona su área asociada. Cada "punto" o "elemental de área" inspeccionado, normalmente  $4 \text{ mm}^2$ , corresponde a un dato o medida dentro de la celda recogiendo mas o menos valores en función de su tamaño elemental.

20 El tamaño elemental de celda para cada zona o área analizada de espesor constante responderá al compromiso overflow del software-capacidad de detección, siendo una práctica habitual buscar tamaños lo más grandes "posibles" intentando generar área "sana" en la celda cuando el defecto evolucione en la misma.

Esta práctica confiere a la desviación típica (a su gráfico clásico) una gran capacidad de detección por los siguientes motivos:

25 -La mezcla de zona sana y defectuosa dentro de una misma celda provocará cambios significativos en la desviación standard de atenuaciones u ecos intermedios.

- Cuanto más grande sea la población muestreada (la de atenuaciones y ecos intermedios contenidos por celda elemental) mayor será la capacidad de la desviación típica para la detección de causas especiales de variación en el proceso.

De este modo la desviación típica proporcionará una alarma eficiente ante cualquier generación potencial de defecto.

30 El procedimiento aquí propuesto podrá obtener por tanto aquellos parámetros estadísticamente representativos (media, moda, mediana, desviación típica y población completa) de todos los valores obtenidos en la celda.

La etapa 100 de captación de datos puede llevarse a cabo en el marco del procedimiento de inspección de las piezas dirigido a determinar su conformidad o fuera de él, como una acción específica del procedimiento según la presente invención.

35 La segunda etapa 110 del procedimiento es el almacenamiento en una base de datos de los parámetros mencionados de cada celda asociados a una pluralidad de datos-índice como los siguientes:

- Característica a la que corresponden los parámetros (eco de fondo o eco intermedio).

- Código de la celda.

- Código de la zona a la que pertenece la celda.

- Datos de identificación de la pieza a la que pertenece la zona.

- Datos de identificación de factores relevantes del proceso de fabricación de la pieza (por ejemplo de útiles o máquinas utilizadas).

5 No se recogerán valores de atenuación superiores al máximo permisible por la “puerta” seleccionada en la máquina (ventana Lf en figura 4), sean por ejemplo los aproximadamente 18 dB de caída bajo puerta del 20% para el eco de fondo, límite superior de tolerancia representativo del defecto de porosidad generalizada “ya” generado. En el caso de existir valores significativos de atenuación o eco intermedio no relacionados con el defecto y “asignables” a factores varios como rugosidad, suciedad o efecto de borde, se captarán dichos datos pero no se tomarán en consideración en el tratamiento estadístico posterior.

15 Análogamente, se establecen límites inferiores de tolerancia de manera que el procedimiento según la presente invención se aplica a unas franjas predeterminadas. En el caso representado en la Fig. 4, la franja de estudio de la porosidad generalizada es la indicada por el intervalo lf, en el que se encuentra el valor representado de la atenuación del eco de fondo Ef, no siendo posible recoger valores superiores al límite fijado en la máquina (puerta Lf). La franja lf vendrá delimitada por la máxima altura en pantalla del eco de fondo cuando no exista atenuación (aspecto generalmente relacionado con la calibración inicial de la máquina) y el valor de puerta Lf seleccionado.

20 Por su parte, la franja de estudio de la porosidad en capa es la indicada por el intervalo l1, en el que se encuentra el valor de los ecos intermedios E1, E2,....., descartándose aquellos valores “falsos” (ruido o hierba) filtrados por la ventana L1. La franja de estudio de porosidad en capa l1 está delimitada entre la ventana L1 y el 30 % de altura en pantalla “ya” reportable como porosidad en capa.

La tercera etapa 120 del procedimiento es el análisis estadístico de la totalidad de los datos almacenados para una zona determinada de una pieza determinada o de parte de ellos (generalmente son todos los de la zona), elegidos con algún criterio significativo (por ejemplo solo de las piezas fabricadas utilizando una máquina determinada en un período determinado).

25 En una primera subetapa 130 se analizan los datos de la característica controlada (eco de fondo o eco intermedio) de cara a identificar posibles cambios puntuales y significativos del proceso de fabricación de la pieza mediante un gráfico “clásico” de media muestral como el de la Figura 5 en el que se identifica claramente un punto 11 fuera de unos límites de control LCS y LCI representativos de la variabilidad natural del proceso pero dentro del límite de tolerancia representativo del defecto “ya” generado. La identificación de tales cambios dará lugar a la acción preventiva correspondiente.

Análogamente se deberá identificar la existencia de cambios puntuales y significativos en los gráficos de dispersión como por ejemplo los gráficos de recorrido móvil mostrados en la parte inferior de las figuras 10 y 11. Los gráficos de dispersión son “siempre” analizados junto con sus correspondientes de mediciones individuales (o media muestral), conjunto de gráficos de control habitualmente conocidos como “clásicos”.

35 En caso de no detectarse ningún cambio puntual se pasa a la subetapa 140 en la que se analizan los datos de la característica controlada (eco de fondo o eco intermedio) de cara a identificar posibles cambios lentos y permanentes mediante un gráfico de sensibilidad mejorada de media móvil (MA) o media móvil exponencialmente ponderada (EWMA) como el de la Figura 6 en el que se detecta un problema a partir del subgrupo 28, pudiéndose conjeturar que las deficiencias del proceso de fabricación comenzaron “de nuevo” en el subgrupo 24 (Comportamiento mas o menos tendente). La identificación de tales tipos de cambios dará lugar a la acción preventiva correspondiente.

Nótese que el análisis de los gráficos de las Figuras 5 y 6 puede identificar tendencias relevantes en el proceso como la mostrada en la zona 15 de la Figura 6 (gráfico de sensibilidad mejorada), comportamiento no aleatorio igualmente detectado en su gráfico clásico asociado (Figura 5) mediante la identificación de pautas no aleatorias en la zona 13 (Reglas de la Western Electric).

Nótese igualmente la identificación de la zona 17 como frontera de aplicación de la acción preventiva, en particular a partir del subgrupo 28, primera observación “de nuevo” fuera de control sobre la tendencia clara y decreciente del gráfico de sensibilidad mejorada (EMWA) mostrado en la figura 6.

5 En caso de no detectarse ningún cambio habiéndose alcanzado el control estadístico en ambos gráficos (Clásicos y Sensibilidad Mejorada [EMWA]) se pasa a la subetapa 150 en la que se analizan los datos de la característica controlada (eco de fondo o eco intermedio) de cara a identificar posibilidades de reducción de la inspección por la baja probabilidad de aparición de defectos. Ello se lleva a cabo mediante el análisis del índice de capacidad de procesos en las celdas de mallado analizadas, índice denominado “Cp” o “Cpk” (para distribuciones no centradas) y calculado en distribuciones normales mediante las siguientes expresiones:

10 Procesos centrados respecto a límites de especificación:

$$Cp = \text{Variabilidad Especificada} / \text{Variabilidad Natural} = (LTS - LTI) / 6\sigma$$

Procesos descentrados respecto a límites de especificación:

$$Cpk = \text{menor}\{Cpk_{(\text{superior})}, Cpk_{(\text{inferior})}\},$$

$$\text{siendo } Cpk_{(\text{superior})} = (LTS - X) / 3\sigma \text{ y } Cpk_{(\text{inferior})} = (X - LTI) / 3\sigma,$$

15 LTI, el límite inferior de tolerancia;

X, la media de la muestra y

$\sigma$ , la desviación estándar.

20 Un proceso caracterizado por distribuciones “centradas” será capaz (Fig. 7) si su variabilidad natural entre unos límites naturales LNS y LNI, debida exclusivamente a las causas aleatorias del proceso, es inferior a la variabilidad especificada por los límites de tolerancia LTS y LTI.

Nótese que el “descentrado” del proceso respecto a la tolerancia según la invención disminuye su valor de capacidad teniéndose en cuenta este factor en el cálculo del índice “Cpk”, valor de referencia a analizar en este tipo de distribuciones.

25 Nótese igualmente que el centrado del proceso aumentará el índice Cpk hasta un valor máximo igual al índice Cp. Este es el motivo de que al índice Cp se le conozca también como “el potencial del proceso”

En términos de índice de capacidad:

Cpk >1: Proceso capaz

Cpk =1: Proceso estrictamente capaz

Cpk <1: Proceso no capaz

30 Todos aquellos casos bajo control en los que  $Cpk \gg 1$  serán susceptibles de ser inspeccionados por muestreo basándose en su ínfima probabilidad de generación de defecto.

5 La implementación de la etapa 120 del procedimiento se lleva a cabo en un ordenador dotado de medios apropiados para llevar a cabo los análisis estadísticos mencionados con los datos almacenados en la base de datos a partir de su captura por la máquina que lleva a cabo el escaneo ultrasónico. Como se ilustra en la Figura 9, los gráficos estadísticos que se utilizan en el análisis se corresponden a los datos obtenidos por el escaneo ultrasónico de la celda 25 perteneciente a la zona 23 en la pieza 21, habiendo sido previamente establecido el mallado apropiado de la zona 23 objeto de estudio con los criterios mencionados anteriormente. Nótese en la figura 9 el aviso preventivo del gráfico de sensibilidad mejorada en ejecuciones anteriores a la aparición del defecto, es decir, a la existencia de un valor fuera de tolerancia en el gráfico clásico de medias asociado.

En una realización preferente del procedimiento, se obtienen resultados como los mostrados en las Figuras 10 a 13.

- 10 Las Figuras 10 y 11 muestran en la parte derecha de la pantalla y en relación con la pieza 33 gráficos de control de la característica "clave" 31 identificada en su parte izquierda y con índices de capacidad 35 los indicados en la barra inferior. Analizando su contenido se observa que el gráfico de la Figura 10 representa un proceso capaz (índice de capacidad mayor que 1) mientras que el de la Figura 11 representa un proceso no capaz (índice de capacidad menor que 1).
- 15 Análogamente las Figuras 12 y 13 muestran gráficos de control de, respectivamente, la presencia de cambios aislados y significativos y cambios lentos y permanentes.

En las realizaciones que acabamos de describir pueden introducirse aquellas modificaciones comprendidas dentro del alcance definido por las siguientes reivindicaciones.



**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento de detección y control preventivo de la defectología en piezas de material compuesto fabricadas en serie, caracterizado porque comprende los siguientes pasos:

5 a) Obtener de manera automática a partir de un escaneo ultrasónico de pulso eco, parámetros representativos de los resultados de la señal de eco de fondo e intermedio en cada celda de una malla predefinida sobre la pieza o zonas predeterminadas de la misma (100);

b) almacenar dichos parámetros en una base de datos (110); y

c) analizar estadísticamente los parámetros almacenados correspondientes a zonas determinadas de una pieza determinada (120) para:

10 c1) detectar cambios puntuales y significativos en el proceso de fabricación de la pieza que generan defectos de porosidad, generalizada y en capa, en la zona analizada mediante gráficos clásicos de media muestral y desviación típica e identificar las zonas analizadas con cambios puntuales y significativos como zonas con una probabilidad de generación de defectos alta (130);

15 c2) detectar cambios lentos y permanentes en el proceso de fabricación de la pieza que generan defectos de porosidad, generalizada y en capa, en cada zona analizada mediante gráficos de sensibilidad mejorada de media móvil (MA) o de media móvil exponencialmente ponderada (EWMA) e identificar las zonas analizadas con cambios lentos y permanentes como zonas con una probabilidad de generación de defectos alta (140);  
c3) si no se detecta ningún cambio en los pasos c1) y c2), calcular el índice de capacidad del proceso Cpk de las celdas analizadas de la malla mediante la siguiente expresión:

20  $Cpk = \text{menor}\{Cpk_{(\text{superior})}, Cpk_{(\text{inferior})}\},$

siendo  $Cpk_{(\text{superior})} = (LTS - X)/3\sigma$  y  $Cpk_{(\text{inferior})} = (X - LTI)/3\sigma,$

siendo LTS el límite superior de tolerancia;

LTI, el límite inferior de tolerancia;

X, la media de la muestra y

25  $\sigma$ , la desviación estándar,

para detectar zonas donde el proceso de fabricación presenta una probabilidad baja de que aparezcan defectos en poblaciones por amplitud de los ecos de fondo e intermedio almacenadas independientemente para identificarlas como zonas susceptibles de inspección por muestreo cuando  $Cpk > 1$  (150).

30 2. Procedimiento de detección y control preventivo de la defectología en piezas de material compuesto según reivindicación 1, caracterizado porque las zonas sometidas a control son de espesor constante.

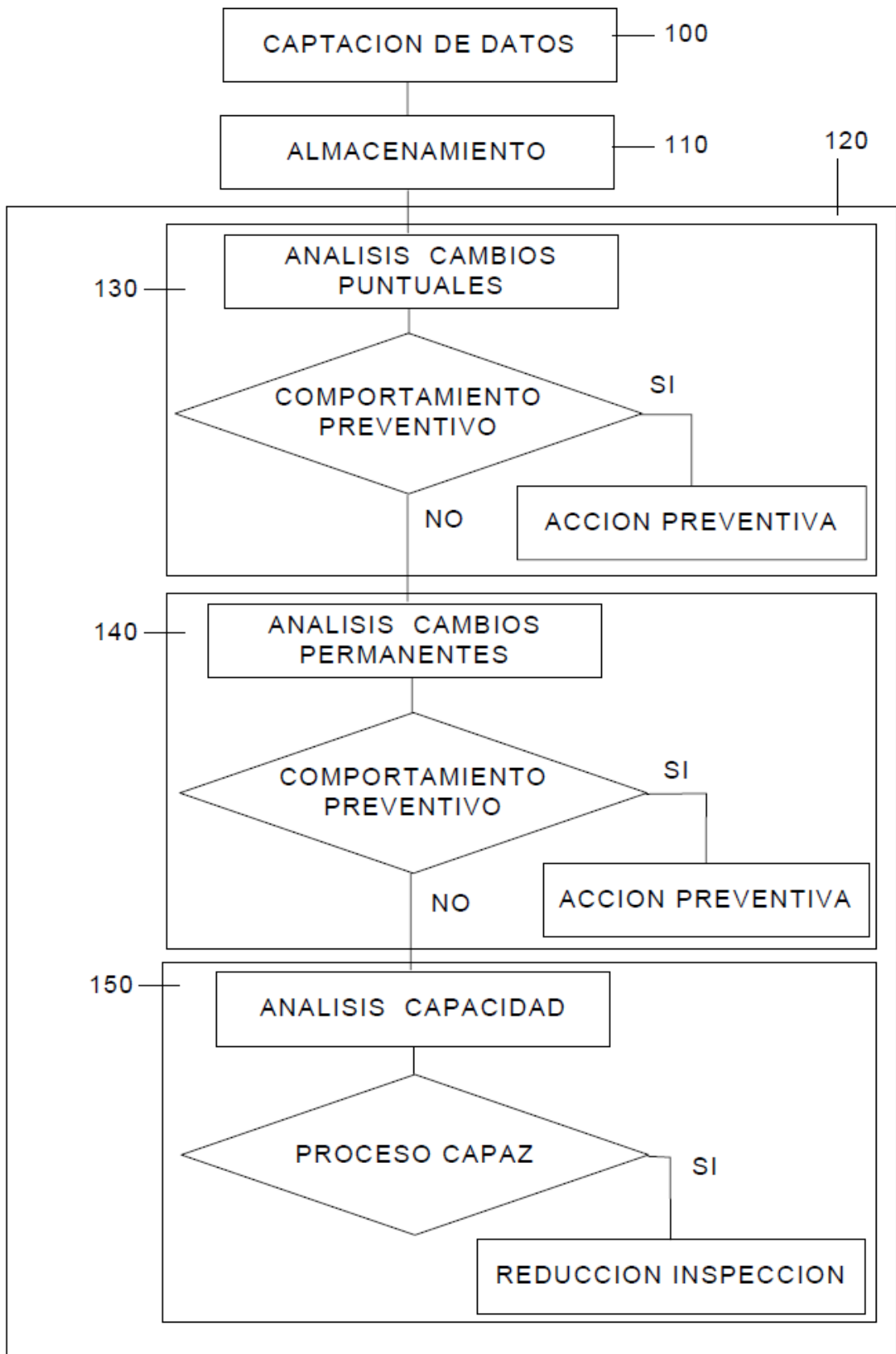


FIG. 1

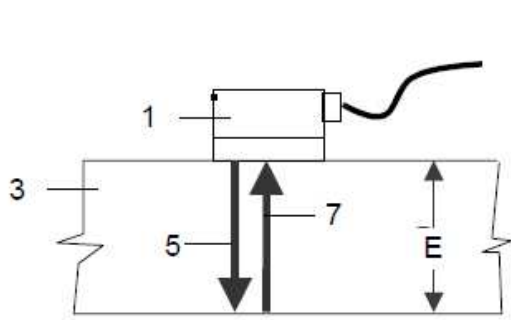


FIG. 2

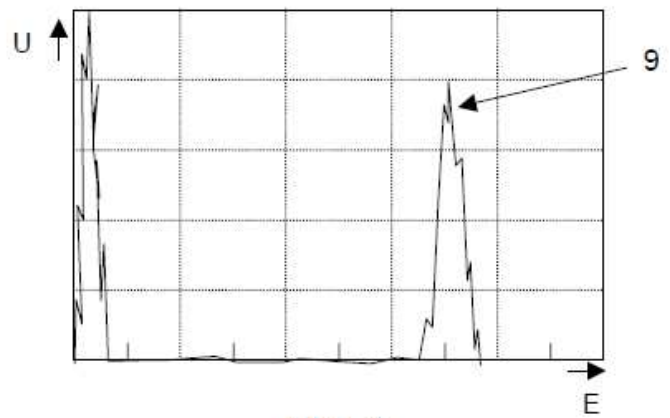


FIG. 3

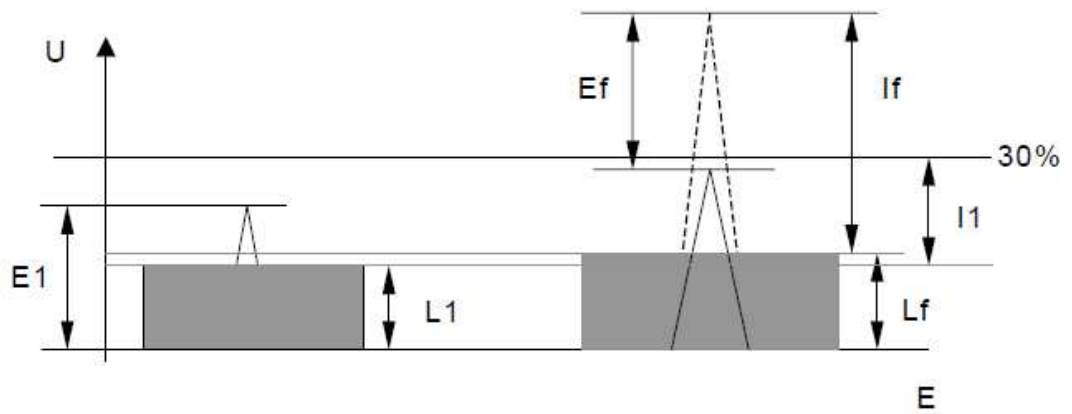


FIG. 4

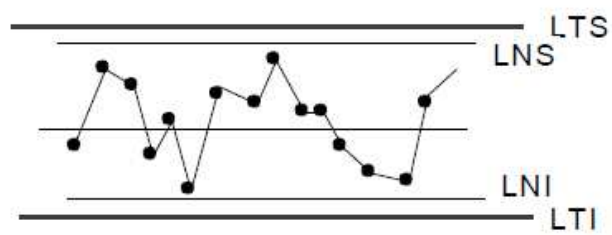


FIG. 7

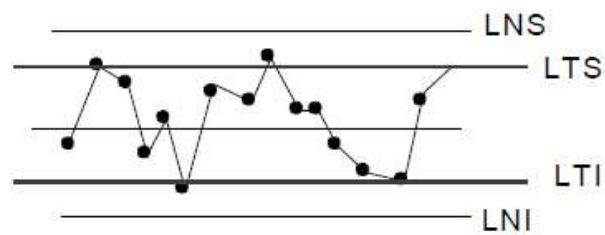


FIG. 8

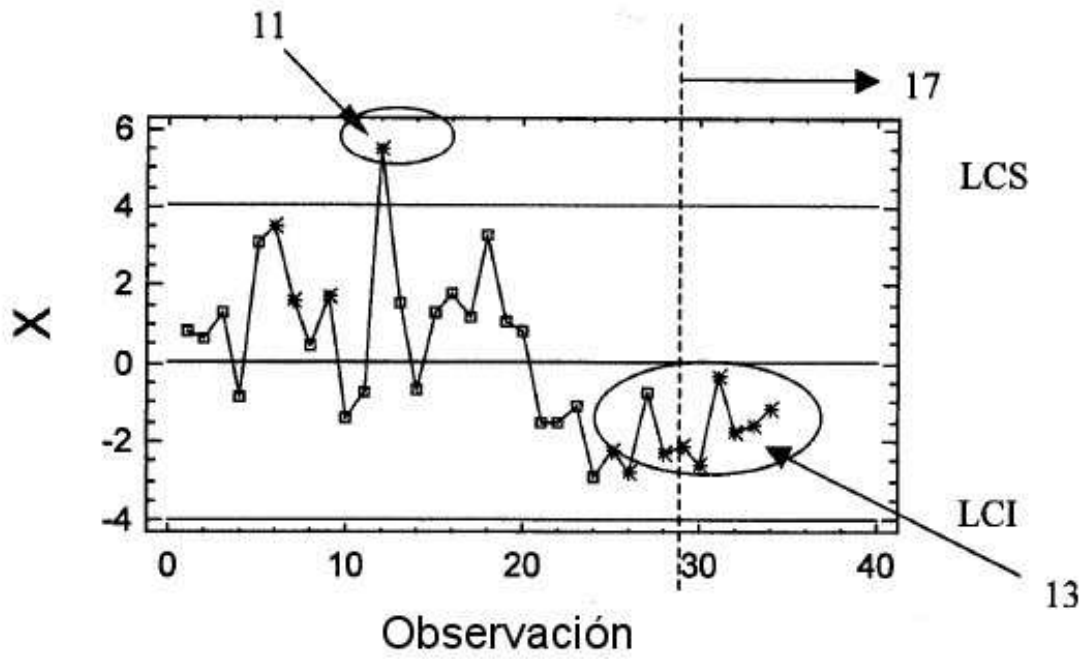


FIG. 5

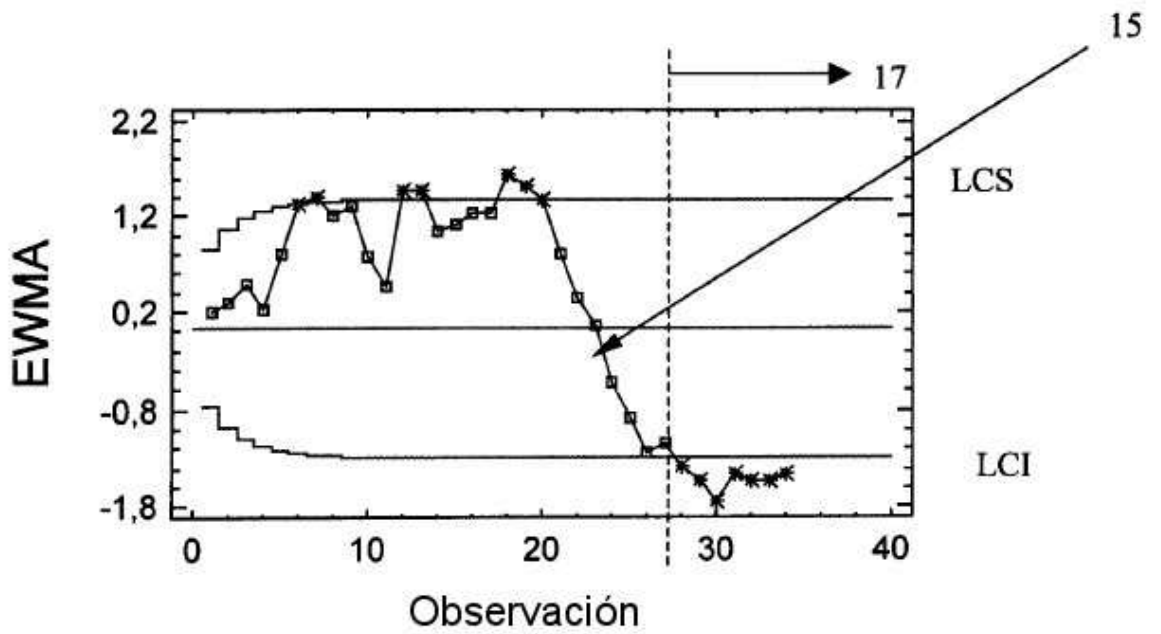


FIG. 6

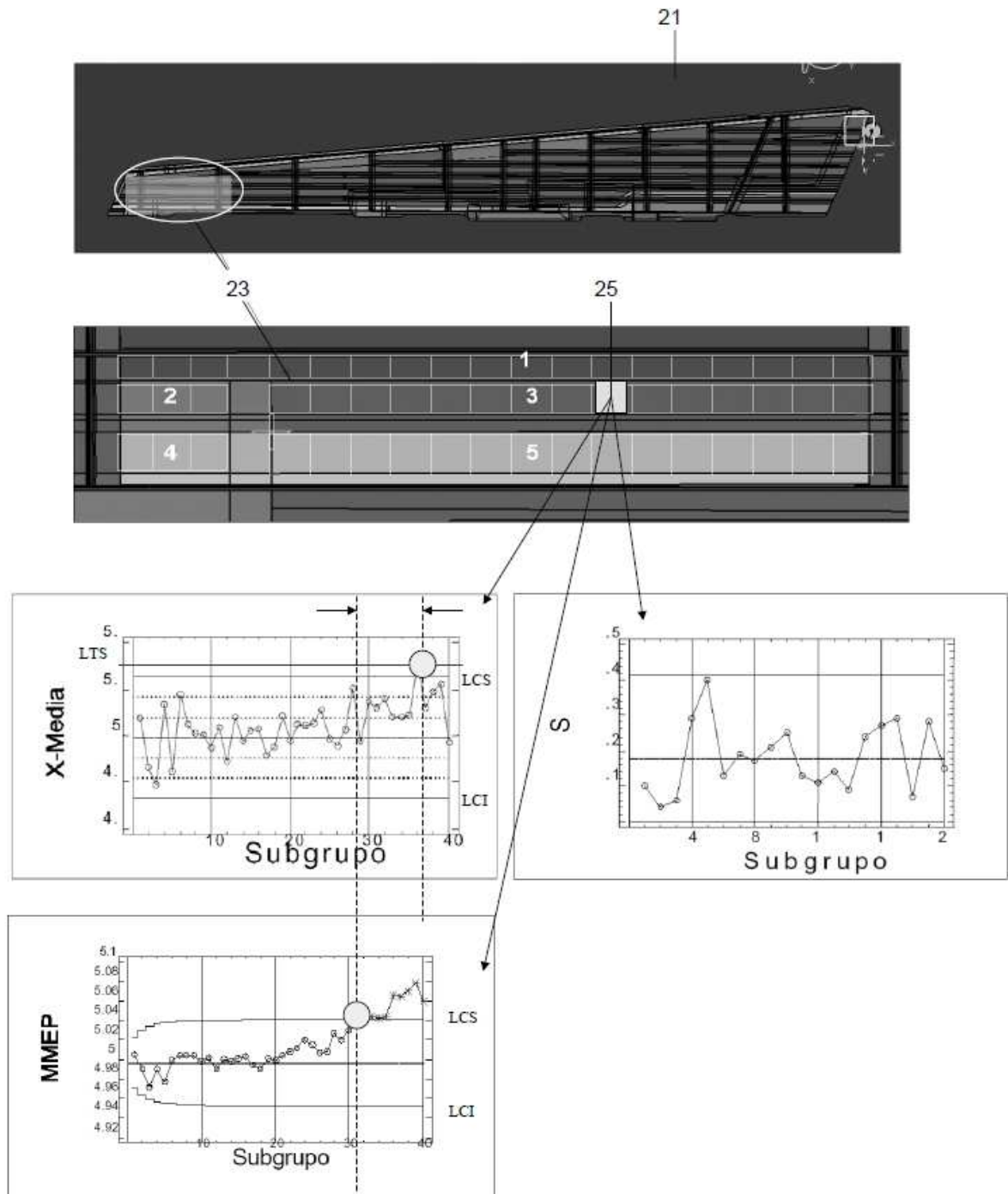


FIG.9

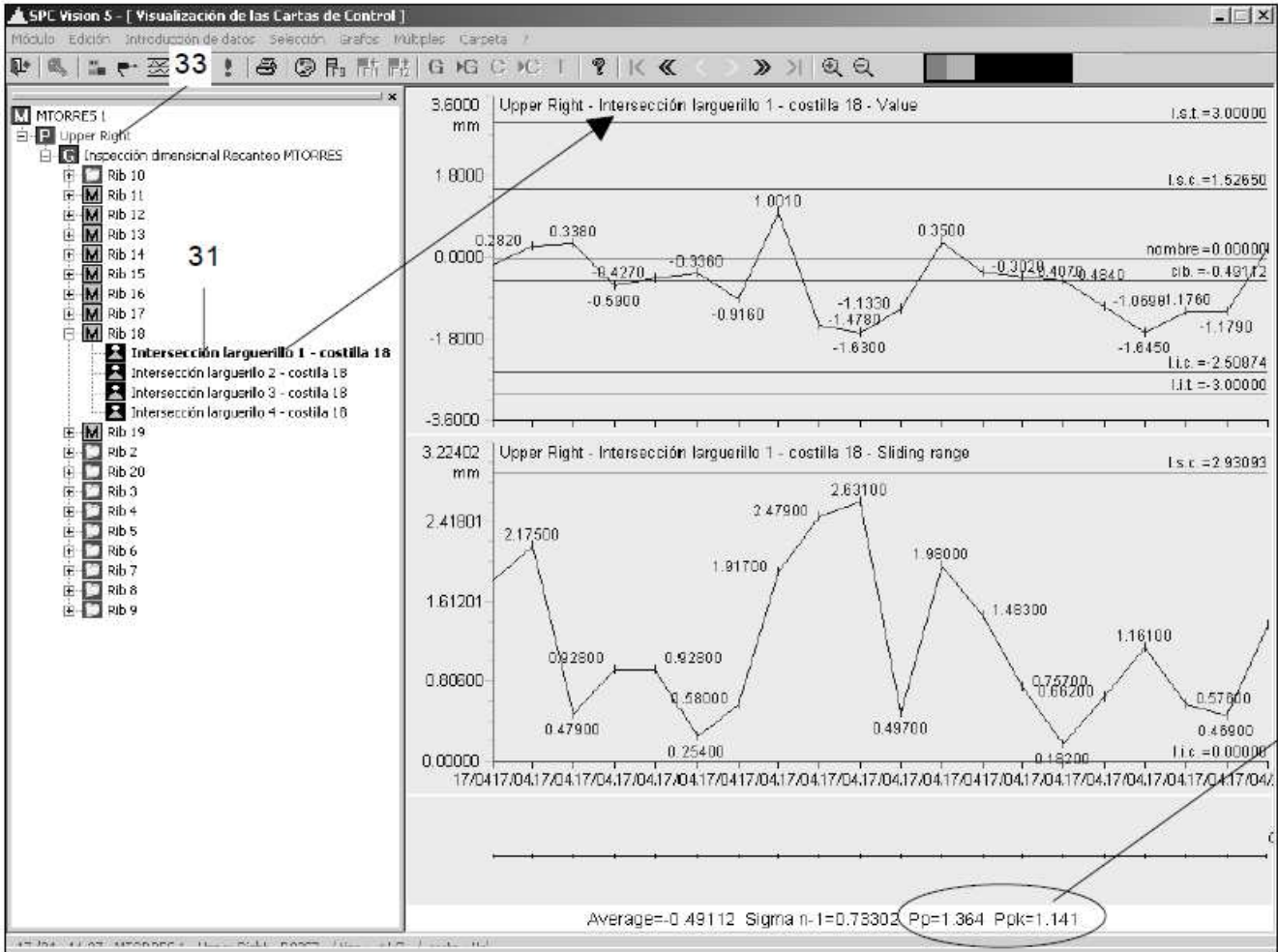
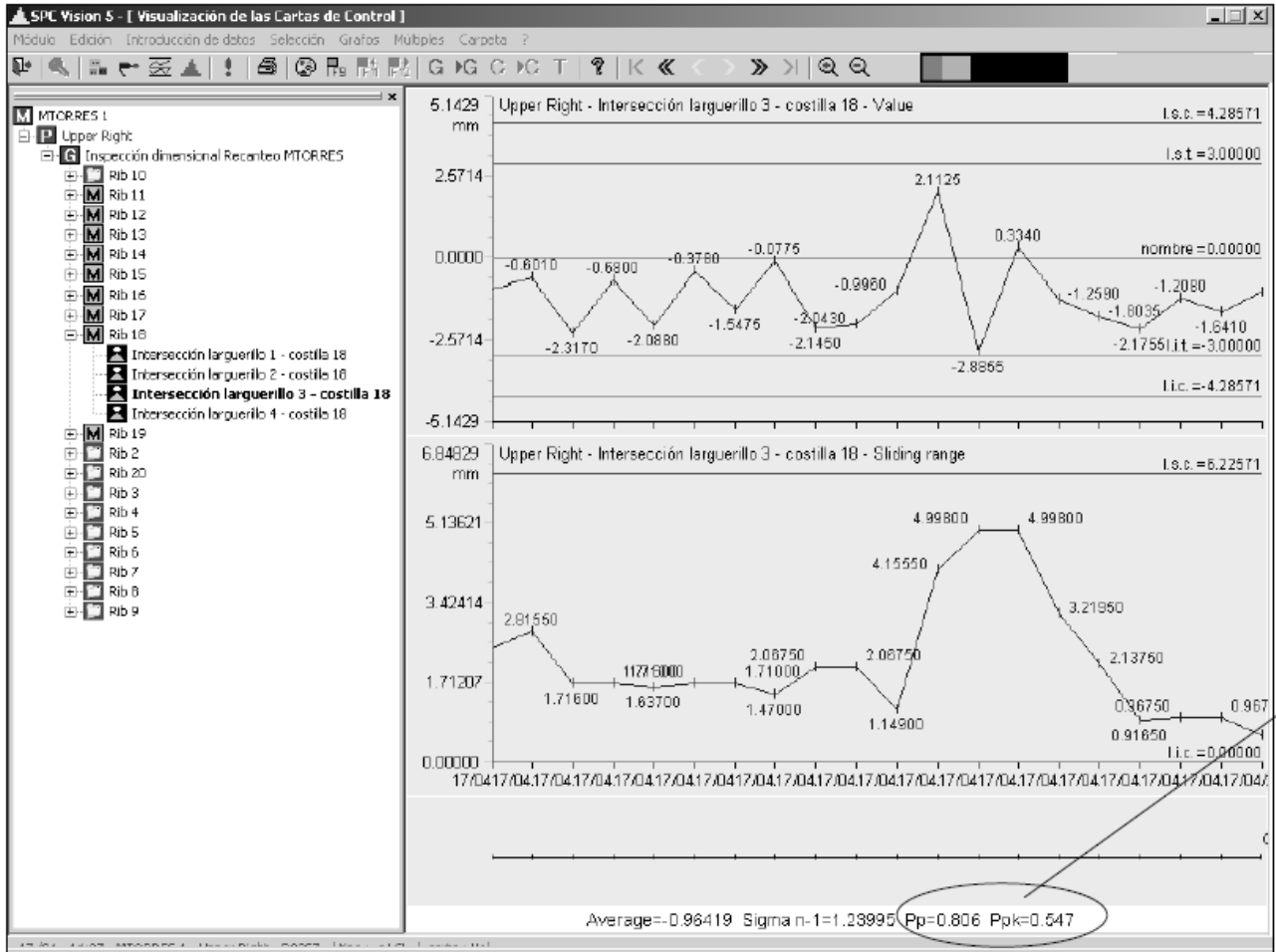


FIG. 10



35

FIG. 11

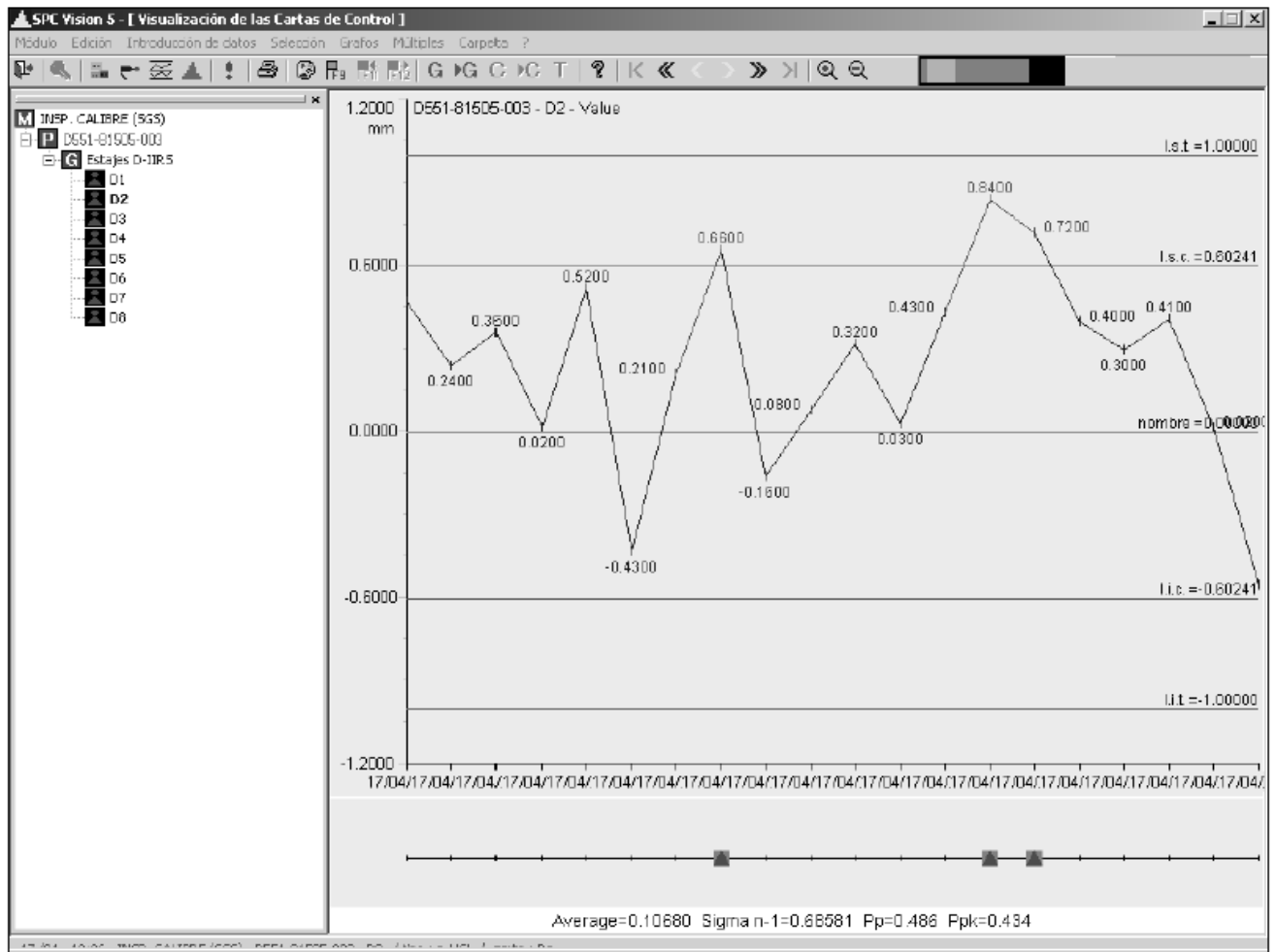


FIG. 12



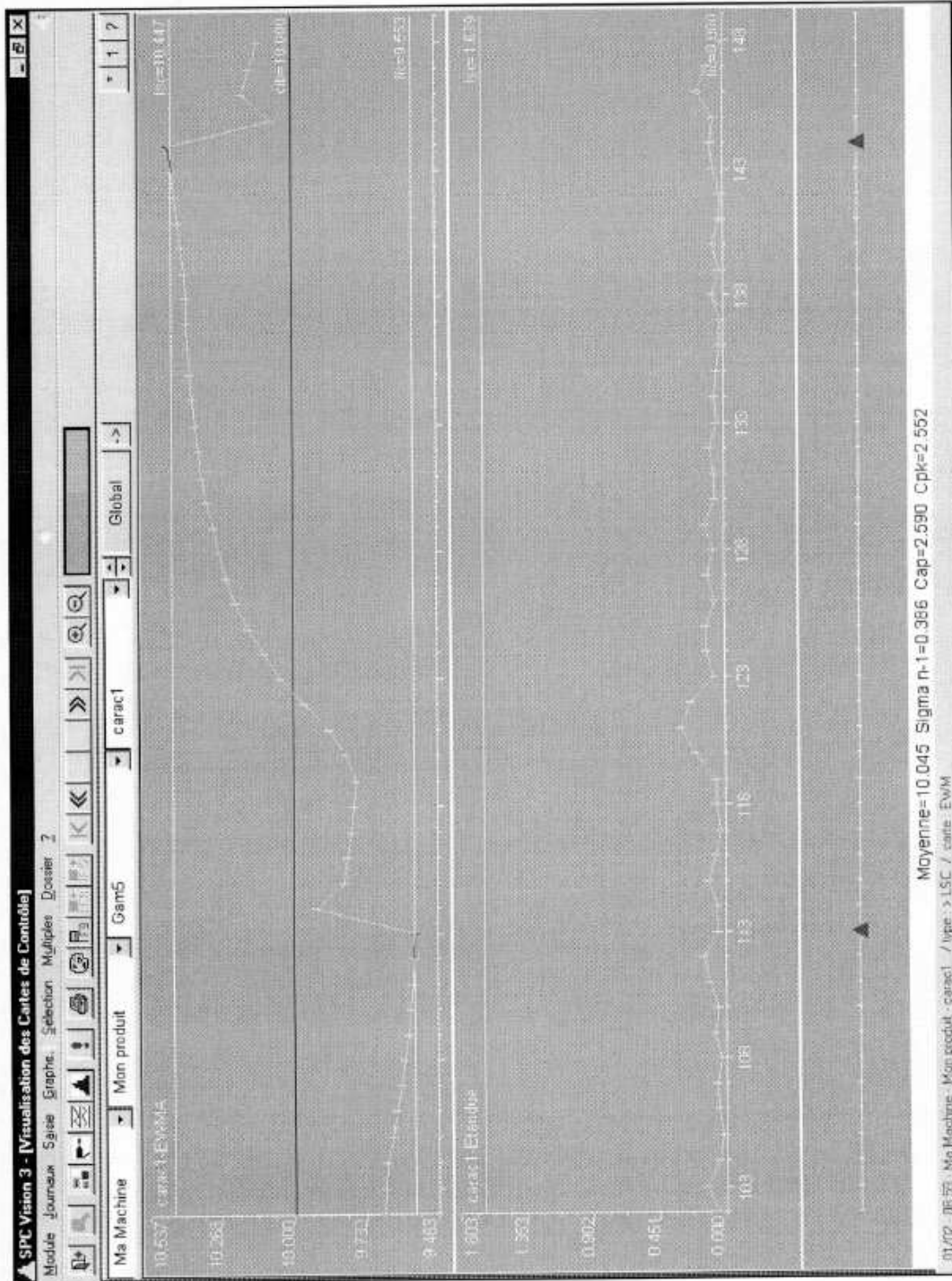


FIG. 13