



REPÚBLICA ARGENTINA
PODER EJECUTIVO NACIONAL
MINISTERIO DE PRODUCCIÓN

INSTITUTO NACIONAL de la PROPIEDAD INDUSTRIAL

TÍTULO DE PATENTE DE INVENCION

AR101273B1

LA ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE PATENTES, CONFORME LO RESUELTO EN EL EXPEDIENTE RESPECTIVO Y EN VIRTUD DE LO DISPUESTO POR LA LEY 24.481 (T.O.1996), Y SU DECRETO REGLAMENTARIO(DECRETO 260/96, ANEXO II), EXTIENDE EN NOMBRE DE LA NACIÓN ARGENTINA EL PRESENTE TÍTULO A CONSEJO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS Y TECNICAS (CONICET); COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA. INVENTOR / ES MIGUEL SOFO HARO; IVAN PEDRO SIDELNIK; MARTIN PEREZ; HERNAN PASTORIZA; JOSE LIPOVETZKY; JUAN JERONIMO BLOSTEIN; MARIANO GOMEZ BERISSO.

QUE ACREDITA LA CONCESIÓN DE PATENTE DE INVENCION SOBRE: DETECTOR DE PARTICULAS IONIZANTES BASADO EN SENSORES DE IMAGEN CMOS COMERCIALES Y TECNICA DE ANALISIS Y CLASIFICACION DE EVENTOS

CUYA DOCUMENTACIÓN ANEXA ES COPIA FIEL DE LA DEPOSITADA EN EL INSTITUTO NACIONAL DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL CONFORME A LO ESTABLECIDO EN EL ART. 35 DE LA LEY 24.481(DECRETO 260/96 - ANEXO I), EL TÉRMINO POR EL QUE SE ACUERDA LA PATENTE ES POR VEINTE AÑOS IMPRROROGABLES CONTADOS A PARTIR DE LA PRESENTACIÓN DE LA SOLICITUD, POR LO CUAL EXPIRARÁ EL DÍA: 21 DE JULIO DE 2035.

BUENOS AIRES, 30 DE MARZO DE 2022.



Patentes de Invención
Modelos de Utilidad



Marcas



Modelos y Diseños
Industriales



Transferencia de
Tecnología



Información
Tecnológica

Memoria Descriptiva de la Patente de invención.

Sobre:

“DETECTOR DE PARTÍCULAS IONIZANTES BASADO EN SENSORES DE IMAGEN CMOS
COMERCIALES Y TÉCNICA DE ANÁLISIS Y CLASIFICACIÓN DE EVENTOS”

Solicitada por:

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.(CONICET)
Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA)

Inventores:

Mariano Gómez Berisso; Juan Jerónimo Blostein; José Lipovetzky; Hernán
Pastoriza; Martín Pérez; Iván Pedro Sidelnik; Miguel Sofo Haro.

Domicilio:

Rivadavia 1917, (C.P.: 1033), Dirección de Vinculación Tecnológica;

Por el plazo de: **20** años.

DETECTOR DE PARTÍCULAS IONIZANTES BASADO EN SENSORES
DE IMAGEN CMOS COMERCIALES Y TÉCNICA DE ANÁLISIS Y
CLASIFICACIÓN DE EVENTOS.

5

CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a un detector de partículas ionizantes que
10 utiliza sensores de imagen CMOS basados en Sensores de Pixel Activo (APS por sus
siglas en inglés), y puede ser usado en radioprotección, medicina con aplicaciones en
radioterapia o radiodiagnóstico, instrumentación en farmacología, análisis clínicos,
industria metalúrgica, seguridad (aduanas, fronteras, lugares públicos), protección del
medioambiente (detección de contaminación, emisión de instalaciones que usen
15 radiación ionizante), y aplicaciones espaciales.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Los sensores de imagen CMOS basados en APS han sido creados para
detección de luz visible, y son ampliamente utilizados en la obtención de imágenes en
20 cámaras de bajo costo en sistemas embebidos como celulares, cámaras portátiles, y
sistemas de video. Como los APS pueden fabricarse en la misma clase de procesos que
los circuitos digitales CMOS, el costo de fabricación en grandes cantidades es muy
bajo.

Si bien los sensores APS están diseñados para detectar luz visible, se ha
25 encontrado que son también sensibles a partículas ionizantes. La carga depositada por

una partícula de alta energía al interactuar con el detector es capturada por las junturas en inversa de las áreas activas en el píxel, dando lugar a una lectura en tensión en uno o varios píxeles contiguos. La detección de partículas ionizantes usando estas cámaras presenta dificultades relacionadas con el ruido de patrón fijo (FPN). El FPN es la señal
5 que puede leerse en el sensor de imagen cuando no incide ningún tipo de radiación incidente, ni visible ni ionizante. Idealmente, esta lectura debería ser nula. Pero por la generación aleatoria de carga en las junturas de inversa debida a defectos en los píxeles se leen señales incluso aunque no incidan partículas sobre el sensor. Algunos píxeles defectuosos siempre presentes en los sensores pueden dar lecturas superiores a las que
10 generan partículas incidentes, lo cual podría generar la falsa detección de una partícula (falsos positivos). Debido a que el FPN se modifica con la temperatura y aumenta con la dosis total absorbida por el sensor, es decir con su uso, es preciso usar técnicas dinámicas que permitan mitigar este problema que en definitiva da lugar a una cantidad errónea de cuentas.

15 En el pasado, existieron desarrollos de sensores de imagen basados en APS para detectar radiación ionizante que, en lugar de usar chips normales fabricados para detectar luz visible, hacían chips especialmente diseñados para radiación ionizante [2], [3], [4]. A diferencia de las cámaras diseñadas para luz visible usaban técnicas especiales en el chip para mitigar efectos como el FPN. Además, algunas de ellas
20 buscaban alta resolución temporal [3], o tener un factor de llenado alto [4].

Otro ejemplo de circuitos integrados fabricados ad-hoc para detectar radiación ionizante es el de la patente US 2013/0256542 a nombre de Luxen Technologies, Inc., que reclama un circuito integrado ad-hoc en que cada pixel tiene autoganancia y umbral de disparo para la detección de partículas ionizantes. Dicha
25 patente lidia con el problema del FPN mediante dichos circuitos de autoganancia y

umbral integrados en cada píxel, lo que reduce el área activa y factor de llenado del detector. A diferencia de dicha patente de Luxen Technologies, en la presente, se propone usar un procesamiento numérico para eliminar problemas asociados al FPN que puede hacerse fuera del chip sensor de imágenes. De esa manera, no es necesario
5 fabricar un sensor ad-hoc.

Lo sensores fabricados ad-hoc para detectar radiación ionizante son por lo tanto mucho más caros que los sensores de imagen para luz visible fabricados en mayores volúmenes para el mercado de electrónica de consumo.

Respecto a otros tipos de detectores de partículas ionizantes de alta energía,
10 dado que el consumo de energía de los sensores basados en APS es bastante bajo --en el orden de milliwatts-- y su bajo costo, es posible utilizarlos para construir un detector portátil embebido accesible. En cambio los detectores de tradicionales basados en cámaras de ionización o tubos Geiger, o materiales de centelleo acoplados a tubos fotomultiplicadores son generalmente costosos, voluminosos y pueden requerir
15 consumos de potencia más elevados.

RESUMEN DE LA INVENCION

Es entonces un objeto de la presente invención proveer un detector de partículas basado en una técnica inmune al FPN. La técnica permite usar, a diferencia de
20 las referencias mencionadas anteriormente, cualquier sensor de imágenes CMOS basado en APS para detectar partículas ionizantes, con un muy bajo número de detecciones falsas causado por el FPN.

Es por lo tanto un objeto de la presente invención proveer un detector de partículas ionizantes que utiliza para la detección un sensor de imágenes CMOS basado
25 en sensores de pixel activos, en donde el detector comprende un sensor de imagen

CMOS, una unidad de procesamiento de imágenes, en donde dicha unidad aplica la eliminación del ruido de patrón fijo (FPN), detecta píxeles contiguos con valores por encima del umbral, calcula la carga generada, y emite como resultado la cantidad de carga total.

5

DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

Para mayor claridad y comprensión del objeto de la presente invención, se lo ha ilustrado en varias figuras, en las que se ha representado el mismo en una de las formas preferidas de realización, todo a título de ejemplo, en donde:

10 La figura 1 muestra un esquema simplificado de los bloques del detector propuesto;

La Figura 2 ilustra el problema del FPN, y representa los valores leídos en los píxeles de un sensor no expuesto ni a radiación ni a luz;

15 La Figura 3 muestra el resultado de aplicar el proceso de supresión de FPN y las lecturas que se obtienen cuando dos eventos ocurren en un lugar de la cámara;

La Figura 4 muestra histogramas de carga total colectada en eventos producidos por diferentes fuentes de radiación;

20 La Figura 5 muestra una foto de una implementación simple de un prototipo del sistema de detección, formada por una cámara de video basada en un detector CMOS APS y un sistema de adquisición de imágenes y una computadora para la adquisición de datos;

La Figura 6 es un gráfico de irradiación que ilustra el ejemplo de uso como un dosímetro portátil con una resolución de algunos micrograys.

25 La Figura 7 muestra un ejemplo de realización que permite construir al detector en un menor tamaño, menor costo y muy bajo consumo.

DESCRIPCION DETALLADA DEL EJEMPLO DE REALIZACION

Haciendo referencia a la figura 1, se muestra un esquema simplificado de los bloques del detector propuesto. El sistema está compuesto por un sensor de imagen CMOS, del que se toman periódicamente imágenes y se obtienen generalmente digitalizadas. Los datos son recibidos por una unidad de procesamiento de imágenes, que aplica la eliminación del FPN, detecta píxeles contiguos con valores por encima del umbral, calcula la carga generada, y emite como resultado la cantidad de carga total.

Como se observa en la figura 2, los valores leídos tienen un valor medio diferente a cero, y muchos píxeles arrojan valores elevados. La aplicación del método de reducción de FPN lleva los valores medios a cero, de manera que cualquier lectura por encima de cierto umbral, elegido algunos desvíos estándar del ruido por encima de cero, será muy probablemente resultado de un evento causado por una partícula ionizante incidente.

Haciendo referencia a la figura 3, claramente se aprecian dos grupos de píxeles contiguos en los que la lectura de carga colectada es muy superior al ruido. Sumando la carga leída en cada región se puede tener una estimación del tipo de partícula incidente.

En la figura superior de la figura 4, se muestra la irradiación con Uranio-235 y Americio-241 que emiten fotones de decenas de keV y partículas alfa de varios MeV. El gráfico inferior muestra el resultado de irradiar el sensor con diferentes fotones, que generan electrones por efecto fotoeléctrico o Compton, o partículas beta (electrones de alta energía). Se observa que en la figura superior hay un conjunto de eventos con carga total mayor a 1500 (en unidades arbitrarias) que no se observa en la figura inferior. Ello ocurre ya que las partículas alfa, presentes en las irradiaciones de la figura superior

poseen un poder de frenado mayor al de los electrones Compton, fotoeléctricos o Beta y por lo tanto depositan más carga por unidad de penetración. Mediante el análisis de cuánta carga depositan es posible determinar si se trató de partículas de bajo poder de frenado o alto poder de frenado.

5 Con el sistema de la Figura 5 se midió la cantidad de cuentas por segundo que se detectan durante el encendido de un reactor nuclear de investigación (RA6 en el Centro Atómico Bariloche). Se puede ver que la cantidad de eventos detectados por segundo es proporcional a la potencia del reactor, proporcional al flujo de partículas detectado.

10 La Figura 7 muestra otra posible implementación que permite construir al detector en un menor tamaño, menor costo y muy bajo consumo. La salida del sensor es procesada en una FPGA (Field Programmable Gate Array) o un microcontrolador o microprocesador, donde se aplica por hardware la supresión de FPN y procesa la imagen para detectar los eventos. La ocurrencia de eventos se informa en un display
15 (por ejemplo en eventos por segundo o tasa de dosis), o se transmite digitalmente a otros equipos o partes de un sistema mayor.

Tal como se puede apreciar, se presentan dos formas de llevar a cabo la implementación. La primera es la de la Figura 5. Se utiliza un detector de imagen CMOS basado en APS obtenido en una cámara de vigilancia de bajo costo. La salida de
20 la cámara es leída por un adquisidor de video que transmite los datos por USB a una computadora donde se implementa el método de mitigación de FPN. La cámara de esta implementación particular contiene un sensor de imagen CMOS.

La clave del detector propuesto está en la técnica para eliminar el FPN mostrado en la Figura 2. La técnica consiste en oscurecer el sensor con el agregado o
25 deposición de una capa opaca ya sea directamente sobre el sensor o encapsulándola en

una caja o recinto cerrado con paredes de espesor lo suficientemente delgado como para permitir el paso de las partículas a detectar. Luego, se toma la imagen generada por el detector con un sistema electrónico, y se la digitaliza eliminando una estimación del valor promedio del FPN.

5 Una forma de eliminar esta componente indeseada consiste en, a la imagen obtenida (que conforma en una matriz de números $I_{\text{actual}}[n]$) restarle un valor de cambio lento $I_{\text{prom}}[n]$ de manera que quede una señal sin FPN $I_{\text{limpial}}[n]$, actualizándose el valor de cambio lento a partir de su valor anterior $I_{\text{prom}}[n-1]$, según las ecuaciones:

10
$$I_{\text{prom}}[n] = I_{\text{prom}}[n-1] * (1 - \alpha) + I_{\text{actual}} * \alpha \quad (1)$$

$$I_{\text{limpial}}[n] = I_{\text{actual}}[n] - I_{\text{prom}}[n]. \quad (2)$$

Cualquier otra forma de estimación del valor medio del FPN es suficiente para la aplicación de la técnica propuesta. Algunas posibilidades pero no necesariamente todas son comparar con la lectura previa o sólo comparar con los valores de la lectura previa que superen un umbral.

15 Cuando una partícula ionizante interactúa con el chip, se obtienen las lecturas que una vez procesadas tienen características mostradas en la Figura 3. Una vez removido el valor medio del FPN, se considera que cualquier conjunto de píxeles contiguos con valores por encima de un umbral mayor a $1/\alpha$ es causado por una partícula incidente. Al sustraer el FPN se elimina también todo valor medio sumado durante las etapas de amplificación y conversión.

20 La técnica permite además distinguir entre diferentes tipos de partícula incidente. Para hacerlo, se debe sumar la carga total depositada en los píxeles contiguos que ha demostrado ser diferente para partículas con distinto poder de frenado. Mediante

25

una calibración es posible determinar parcialmente qué partícula incidió a través de su poder de frenado. Entonces, mediante la suma de la carga colectada en cada evento, se determina a partir de un umbral aproximadamente el poder de frenado de la partícula y se infiere qué tipo de partícula puede haber incidido.

5 Otra implementación del detector es mostrada en la Figura 7, en la cual la lectura del sensor de imágenes CMOS APS se realiza usando una FPGA o un microprocesador. En la FPGA o el procesador se aplican el método descrito líneas arriba para mitigar FPN y se determina la ocurrencia de cada evento y su posición sobre el sensor. Debido al bajo costo, y potencial bajo consumo del sistema formado por la

10 cámara CMOS y la FPGA, la potencia requerida para hacer funcionar al sistema es lo suficientemente pequeña como para construir un detector portátil, alimentado con una batería pequeña, que permita su uso continuado durante hasta varios días. Ello permitirá usarlo por ejemplo como dosímetro portátil para dosimetría personal, siendo su resolución de algunos micrograys según se vio en la irradiación de la Figura 6.

15

REIVINDICACIONES

1. Un método para detectar partículas ionizantes, que emplea un detector comprende un sensor de imagen CMOS y una unidad de procesamiento de imágenes, caracterizado porque dicho método comprende agregar o depositar una capa opaca sobre el sensor, eliminar un ruido de patrón fijo (FPN), detectar píxeles contiguos con valores por encima de un umbral, calcular una carga generada, y emitir como resultado una cantidad de carga total.

4. El método de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el sensor detecta radiación visible.

5. El método de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque para cada imagen leída en el sensor, se resta una estimación de un valor medio de al menos una de las imágenes leídas anteriores.

6. El método de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado porque la estimación del valor medio de al menos una de las imágenes se obtiene con un filtro recursivo o autoregresivo.

7. El método de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado porque la estimación del valor medio de al menos una de las imágenes anteriores es la imagen anterior.

8. El método de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado porque la estimación del valor medio de al menos una de las imágenes anteriores son los valores que superan un umbral de la imagen anterior.

9. El método de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque comprende además identificar la incidencia de una partícula a detectar cuando uno o varios píxeles contiguos arrojan una medición superior a un umbral seleccionable por un usuario.

10. El método de acuerdo una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque comprende sumar las lecturas de los píxeles contiguos, comparar dicho valor con valores obtenidos en una calibración previa y determinar qué tipo de partícula o radiación fue detectada.

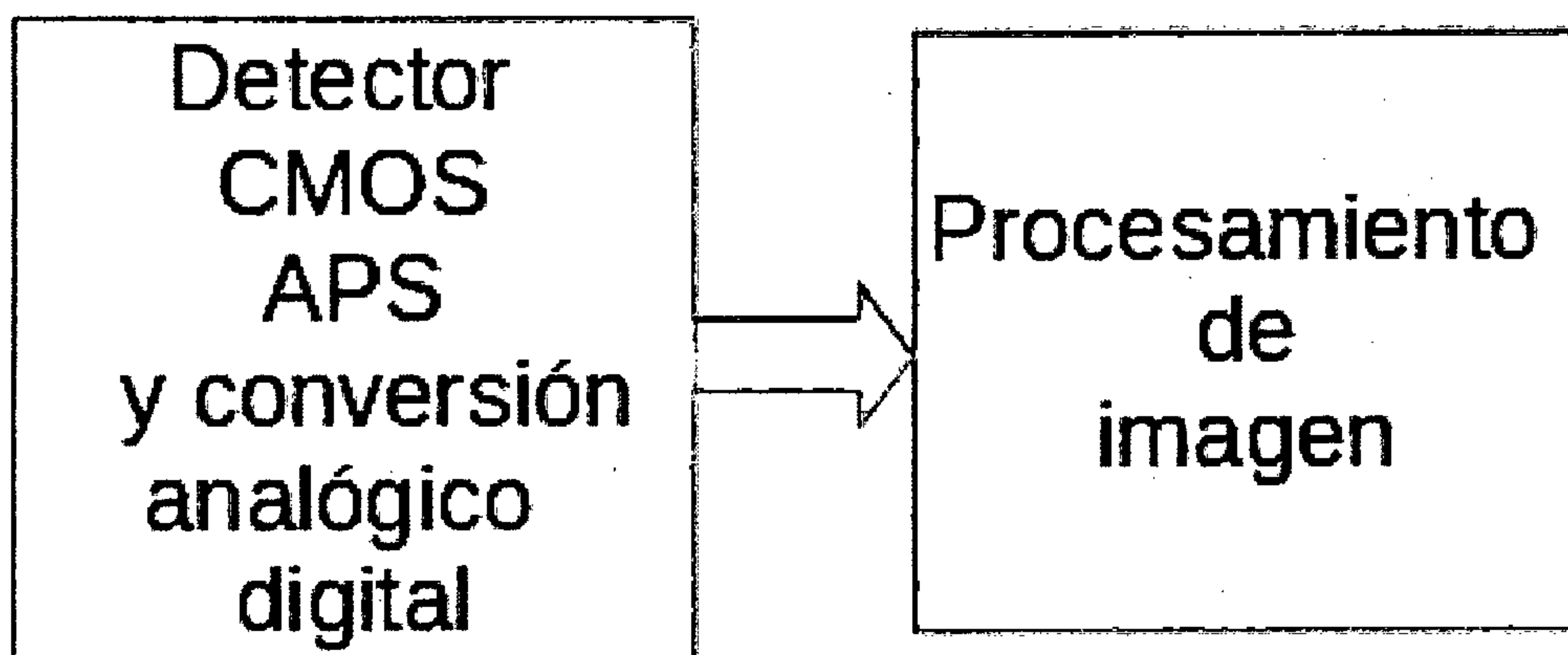


Fig 1

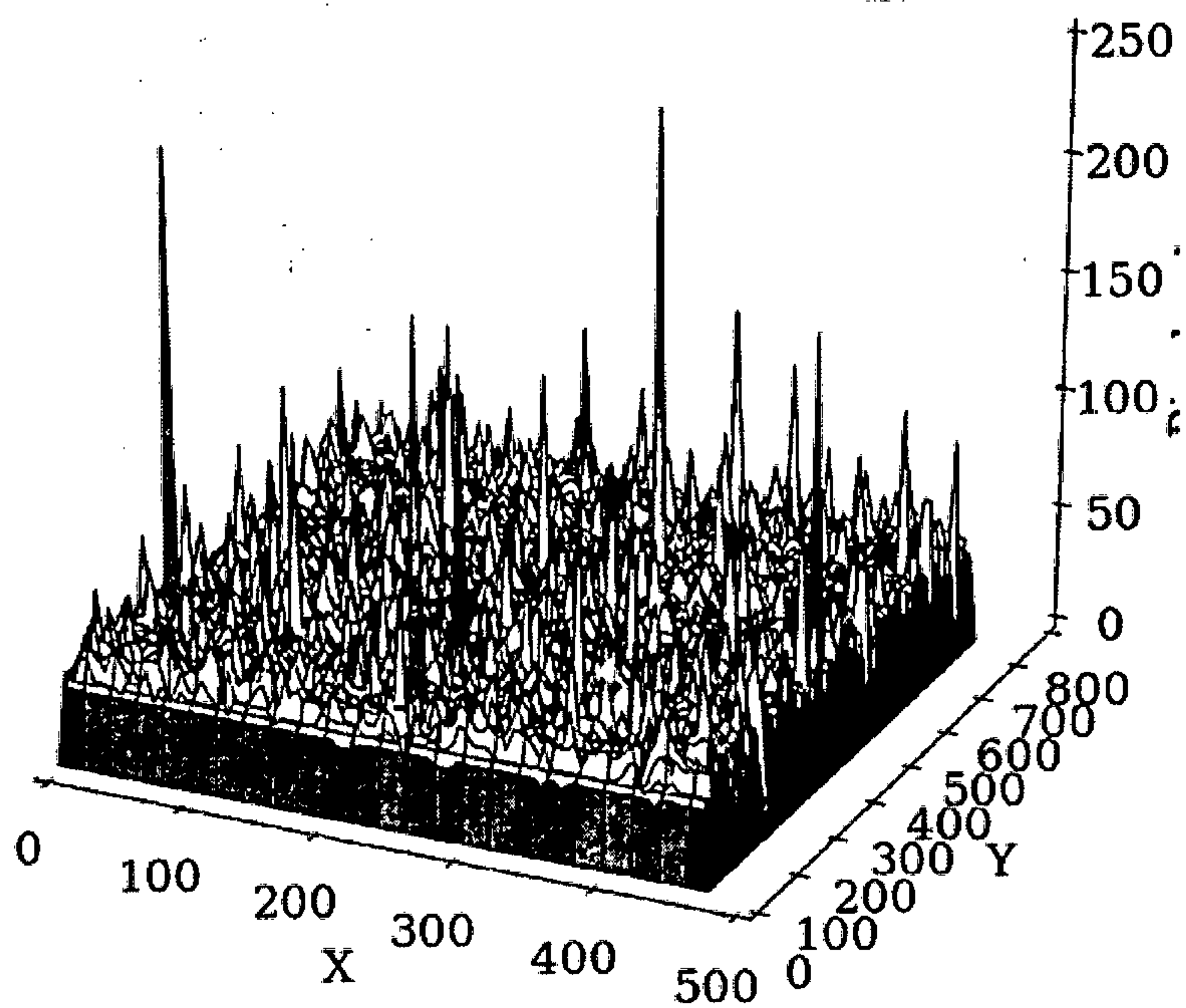


Fig 2

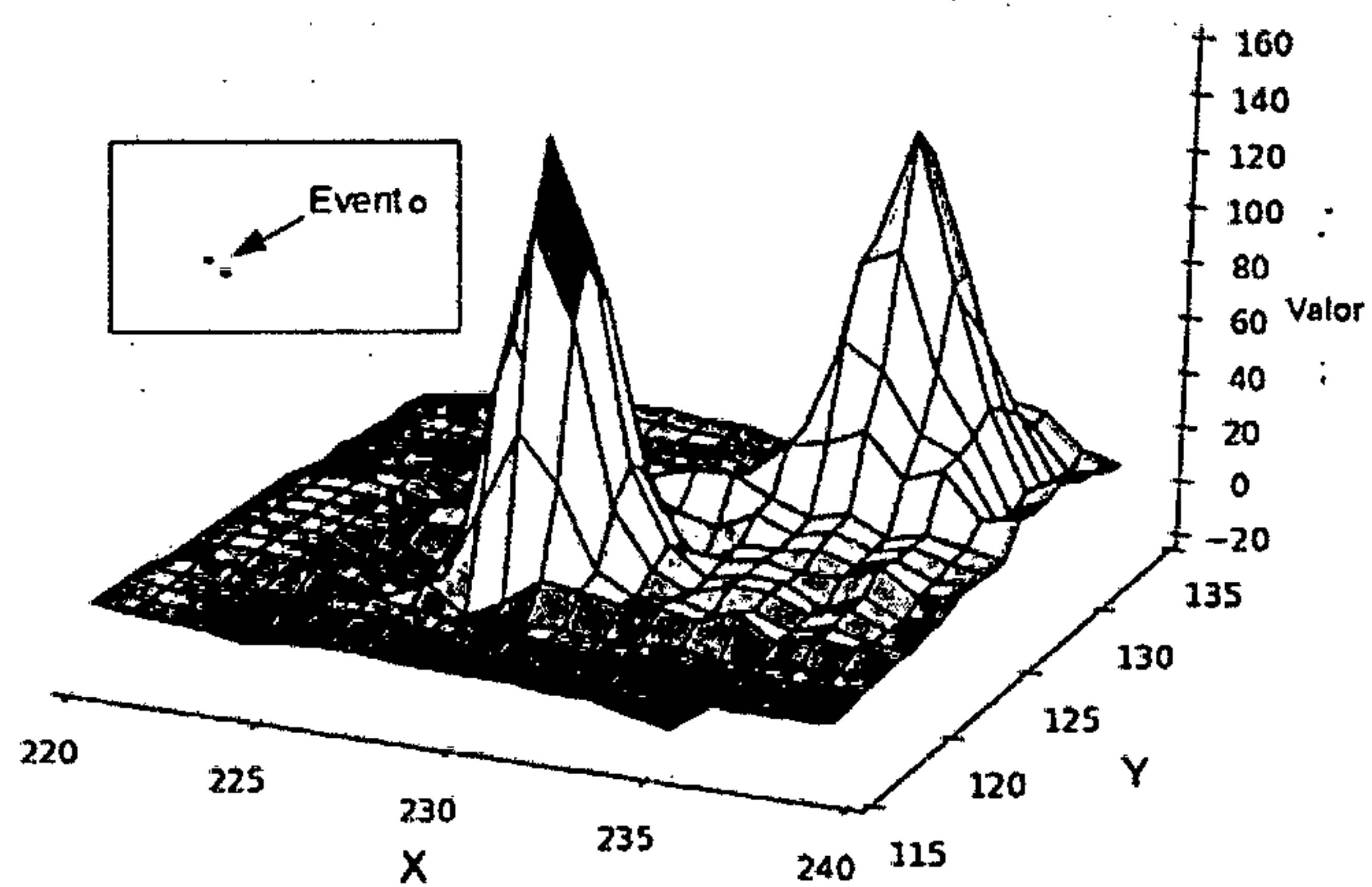


Fig 3

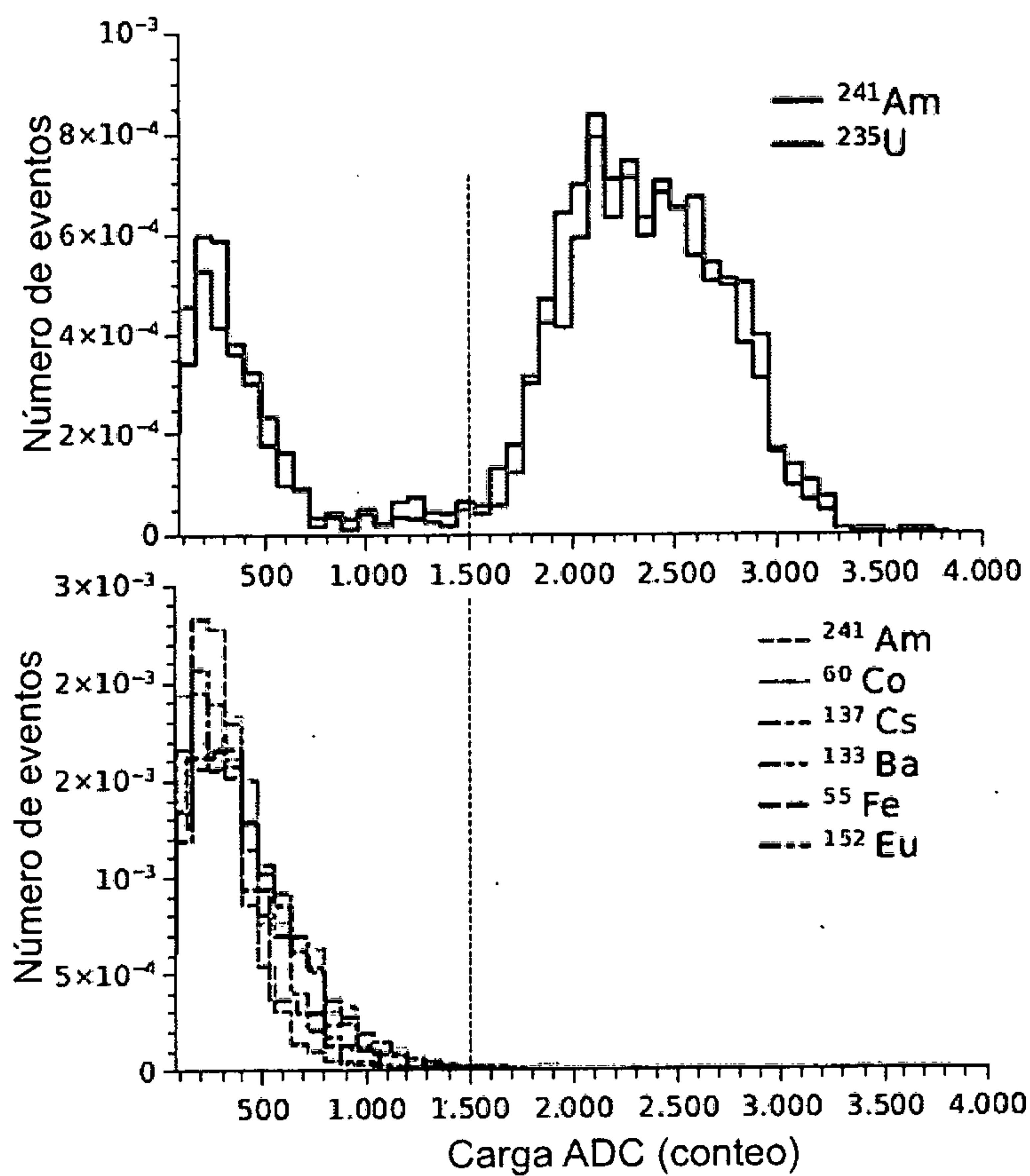


Fig 4

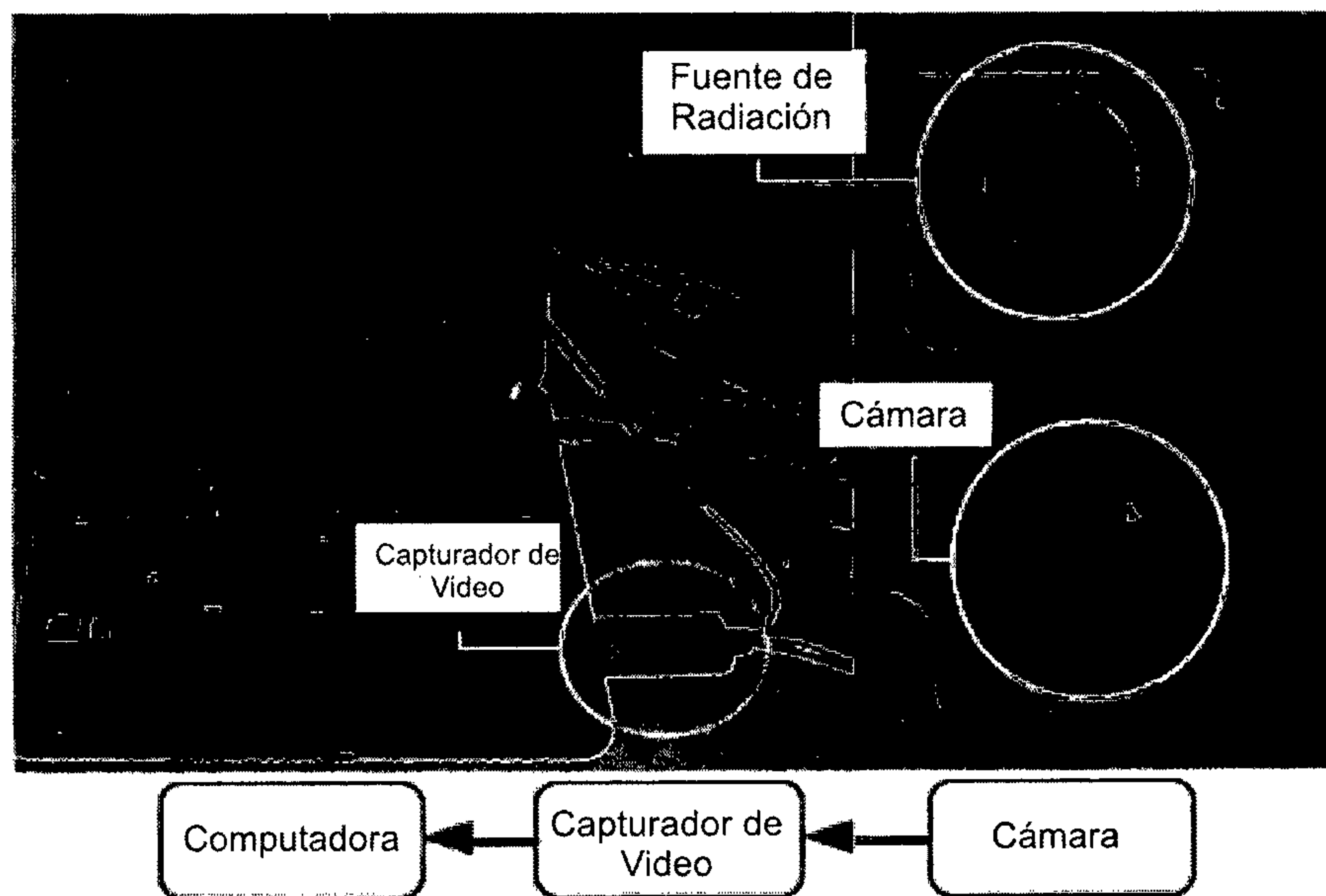


Fig 5

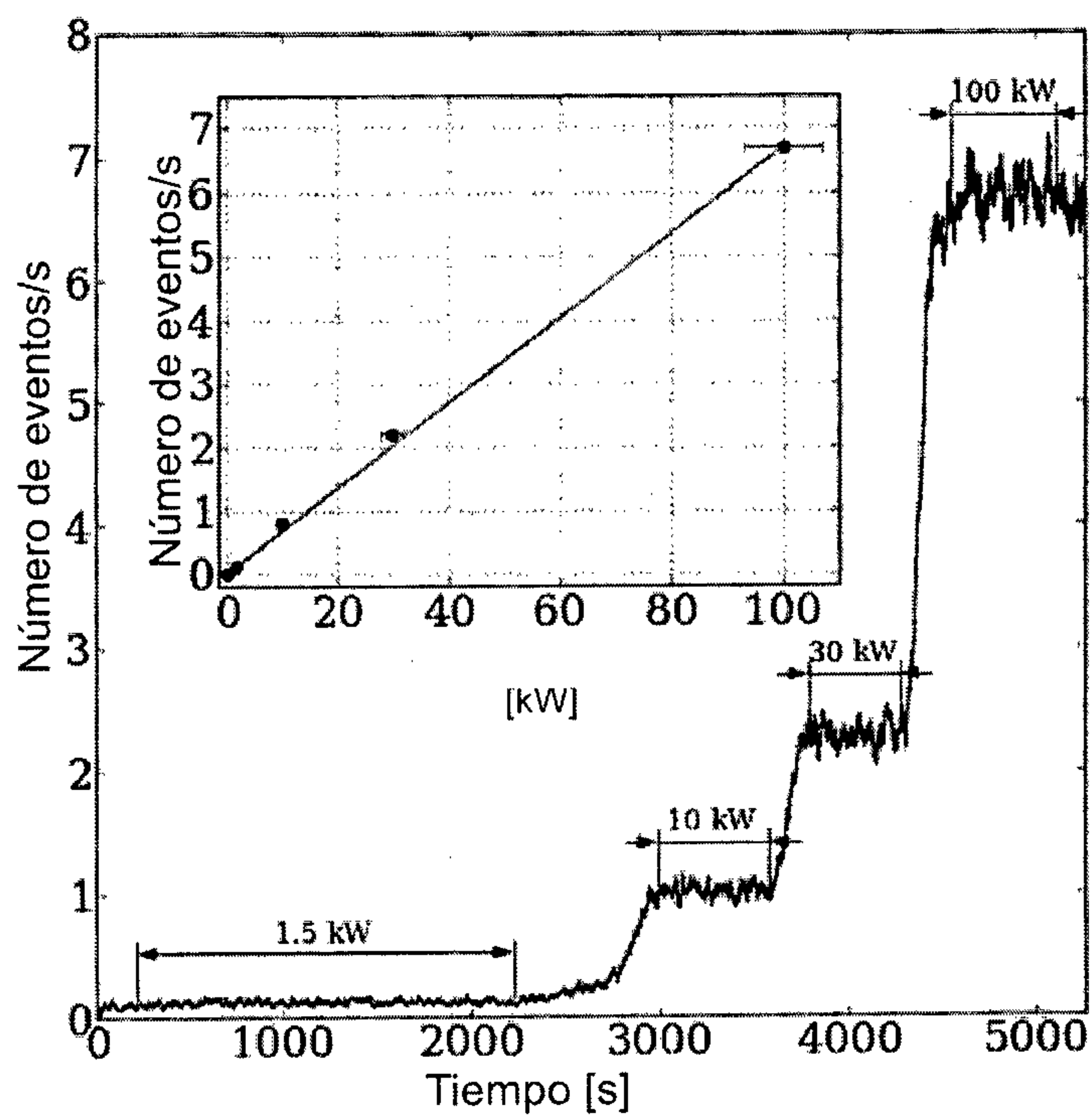


Fig 6

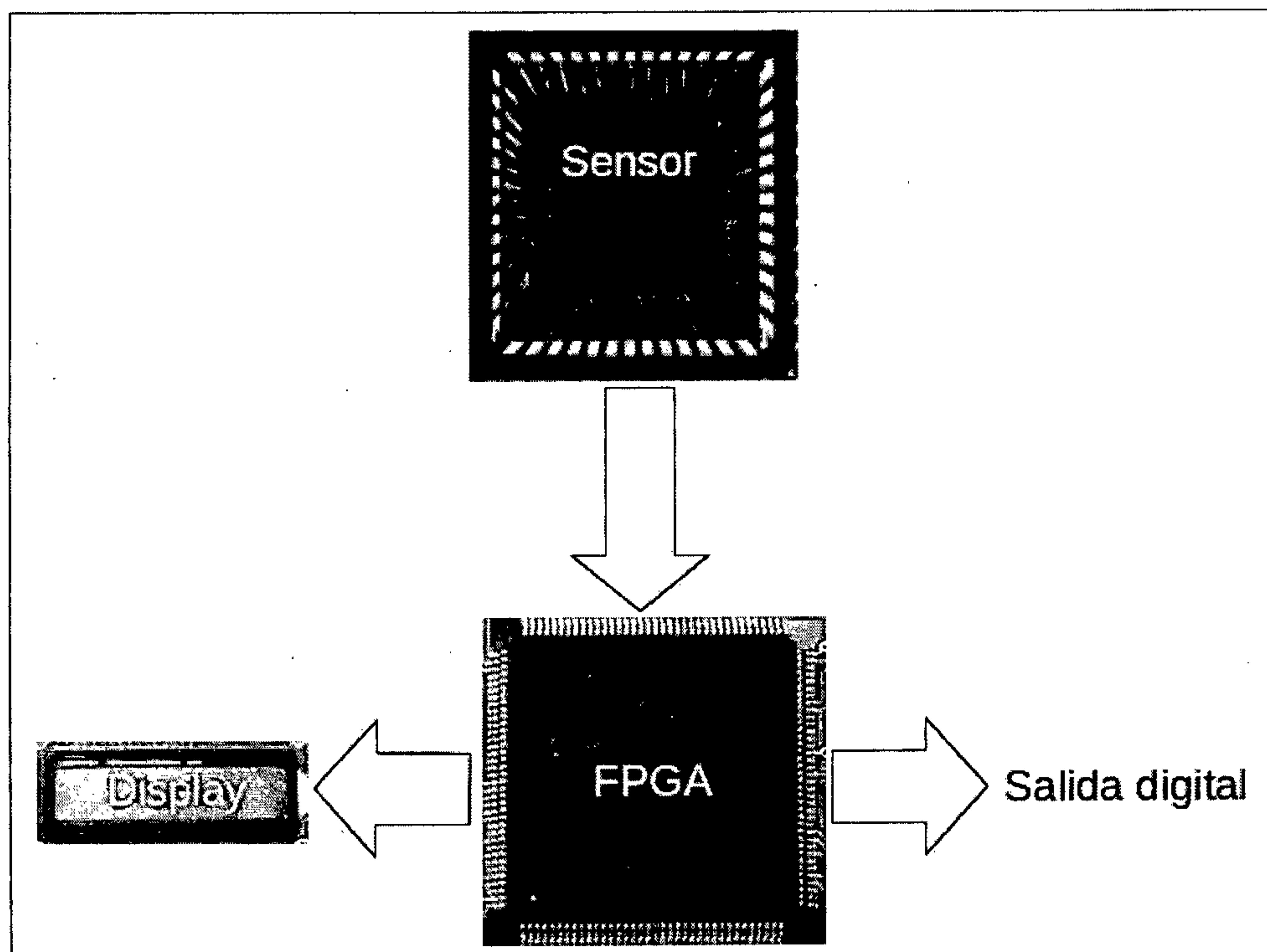


Fig 7



REPÚBLICA ARGENTINA

(10) PATENTE DE INVENCION

(11) RESOLUCION NÚMERO: AR101273B1

(--) DISPOSICION GDE NÚMERO: DI-2022-130-APN-ANP#INPI

(24) FECHA DE RESOLUCION: 30/03/2022

(--) FECHA DE VENCIMIENTO: 21/07/2035

(21) ACTA NÚMERO: P20150102319

(22) FECHA PRESENTACION:21/07/2015

(51) INT.CL.7 : G01T 1/24, G01T 1/249, G01T 3/08

(30) PRIORIDAD CONVENIO DE PARÍS

(54) TÍTULO :DETECTOR DE PARTICULAS IONIZANTES BASADO EN SENSORES DE IMAGEN CMOS COMERCIALES Y TECNICA DE ANALISIS Y CLASIFICACION DE EVENTOS

(71) TITULAR :

CONSEJO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS Y TECNICAS (CONICET)
COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

---- CON RESIDENCIA EN :

RIVADAVIA 1917 1033 C.A. DE BS. AS., (1033), País AR
AV. DEL LIBERTADOR 8250 CAPITAL FEDERAL., (1429), País AR

(74) AGENTE :0



INPI

INSTITUTO NACIONAL
DE PROPIEDAD INDUSTRIAL
ARGENTINA