



# DETECTORES SEMICONDUCTORES

ÁNGEL MANUEL LEMA FULGENCIO

SAMUEL RODRIGO RUBIO

# DETECTORES SEMICONDUCTORES

- Funcionamiento.
- Tipos de detectores.
- Propiedades generales.
- Detectores semiconductores.

# FUNCIONAMIENTO

- El funcionamiento de los detectores se basa en la interacción de la radiación con la materia al atravesar el detector.
- Los detectores convierten la energía depositada por la radiación en una señal eléctrica.

# TIPOS DE DETECTORES

Existen tres familias de detectores:

- Gaseosos.
- Detectores semiconductores.
- Centelleadores.

# PROPIEDADES GENERALES DE LOS DETECTORES

- Eficiencia.
- Resolución en energía.
- Tiempo muerto.
- Modo de operación.

# EFICIENCIA

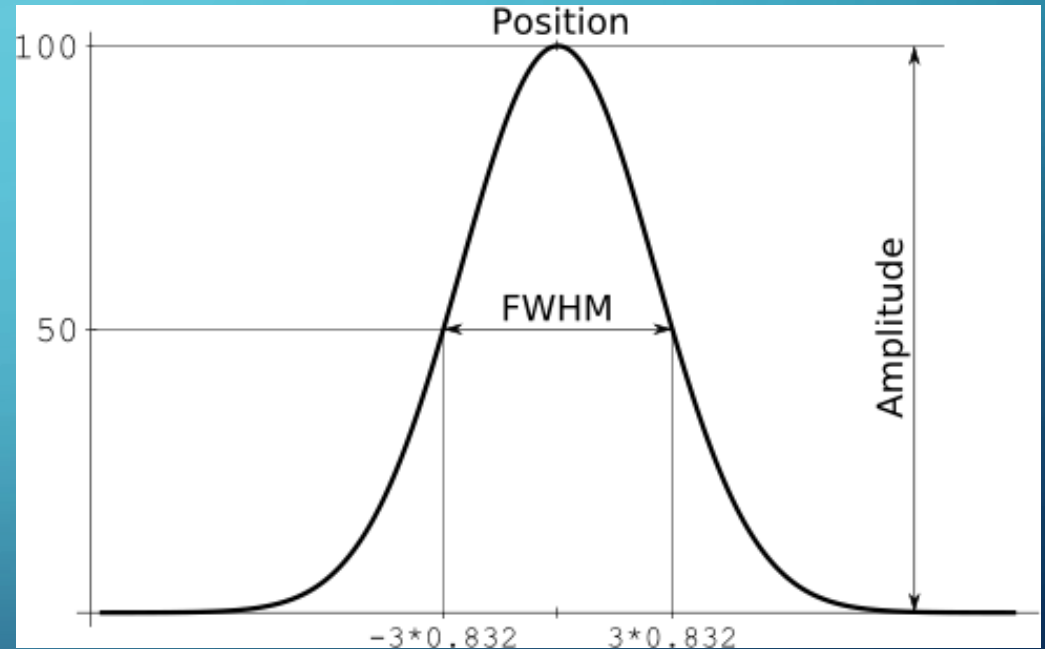
- Depende de la geometría, la absorción de radiación y de la eficiencia intrínseca (propia) del detector.

- $\epsilon_{tot} = \frac{\textit{Pulsos registrados}}{\textit{partículas emitidas por la fuente}}$

- $\epsilon_{int} = \frac{\textit{Partículas detectadas}}{\textit{Partículas que llegan al detector}}$

# RESOLUCIÓN EN ENERGÍA

- Los detectores tienen como objetivo medir la distribución de energía de la radiación incidente
- Cuanto mayor sea la anchura del pico de energía peor será la resolución del detector



# TIEMPO MUERTO

- Es el tiempo mínimo que debe transcurrir desde que se detecta una partícula hasta que el detector esté preparado para registrar el siguiente suceso



# MODO DE OPERACIÓN

- **Modo impulso:** Se contabiliza cada partícula y su energía por separado, formando un espectro.
- **Modo corriente:** Se registra la intensidad eléctrica producida por el flujo de partículas que llegan al detector.

# DETECTORES SEMICONDUCTORES

- Fundamento físico.
- Características.
- Circuitos habituales.
- Tipos.
- Aplicaciones.

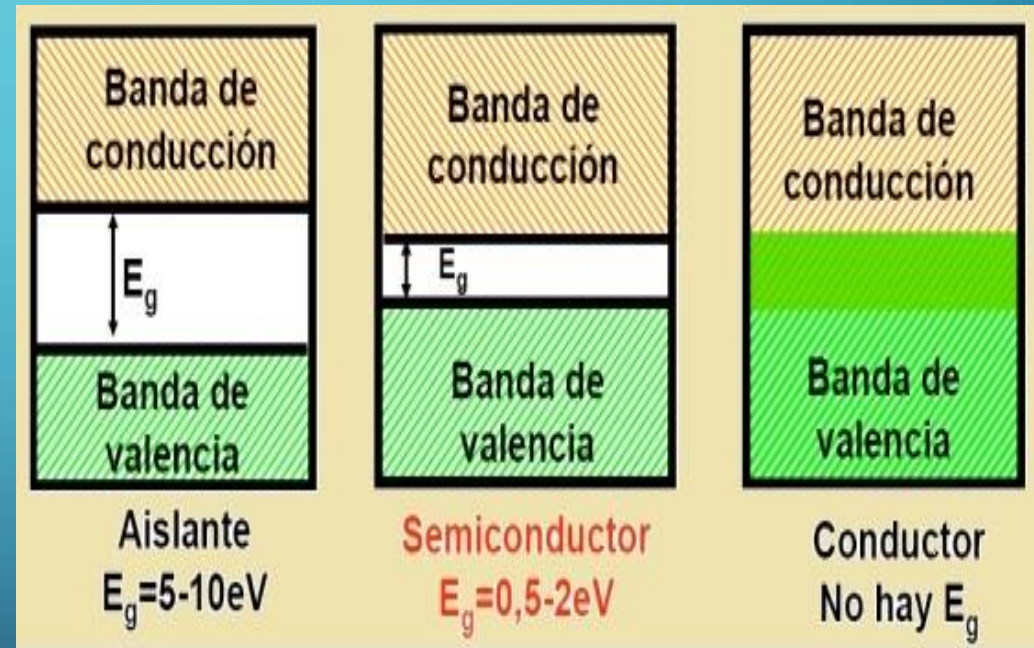
# FUNDAMENTO FÍSICO

Un semiconductor se comporta como un **conductor** o como un **aislante** dependiendo de diversos factores, como por ejemplo el campo eléctrico o magnético, la presión, la radiación que le incide, o la temperatura del ambiente en el que se encuentre.

A nosotros nos interesa su interacción con la radiación.

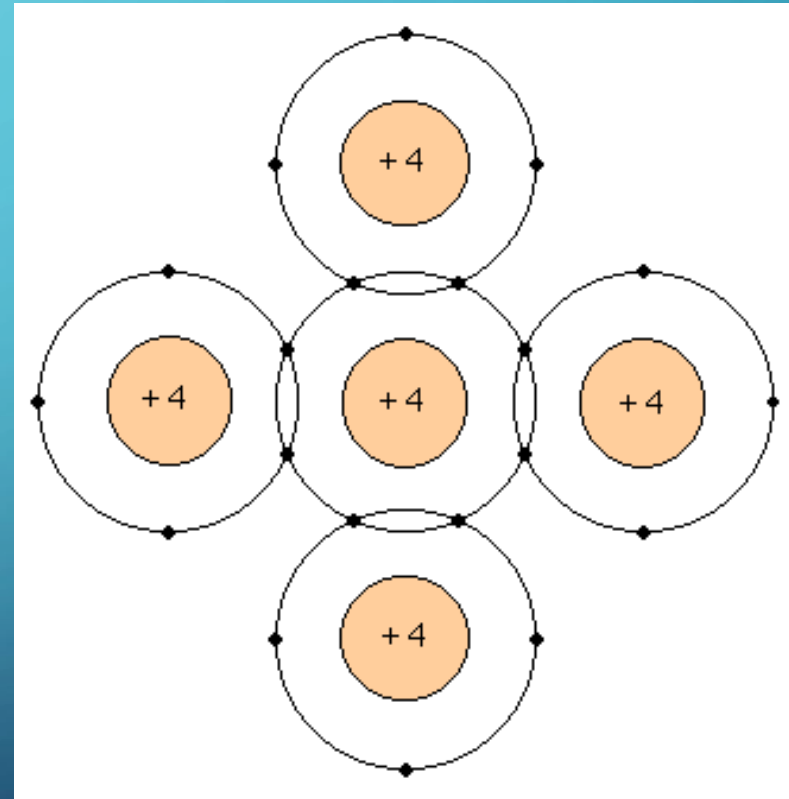
# FUNDAMENTO FÍSICO

- Nos apoyamos en las propiedades eléctricas de los sólidos debidas a una estructura de bandas.
- Supondremos que un portador es válido para conducir siempre que su energía sea superior a la barrera energética impuesta por la banda prohibida.



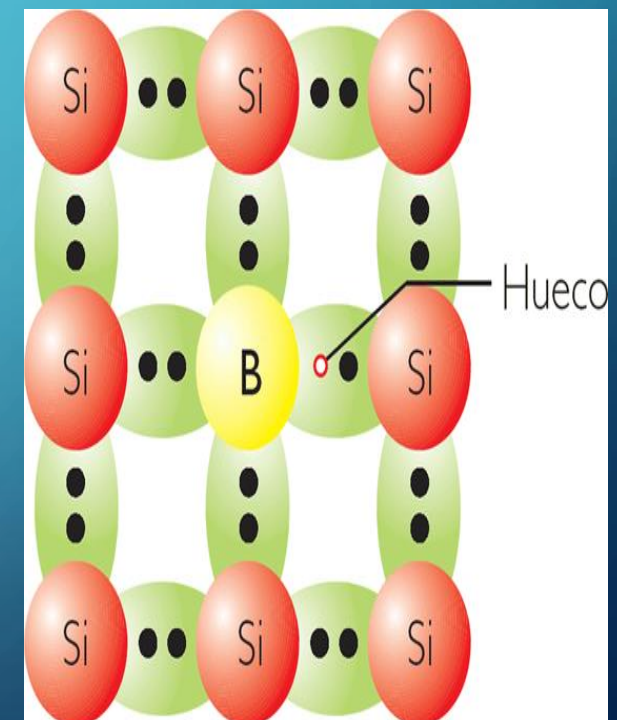
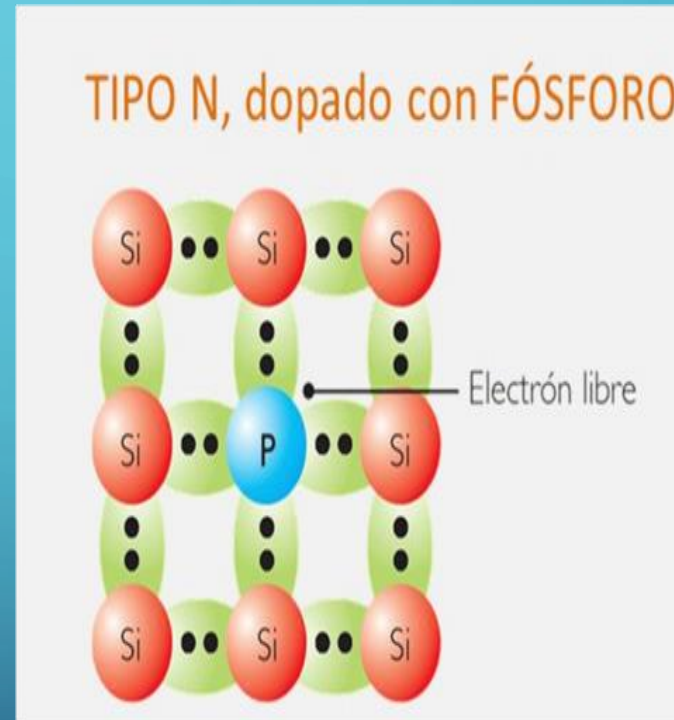
# FUNDAMENTO FÍSICO

- Los materiales semiconductores más habituales son el Silicio y el Germanio.
- Estos materiales forman una estructura cristalina con otros átomos del mismo tipo a través de enlaces covalentes de los 4 electrones de valencia que poseen.



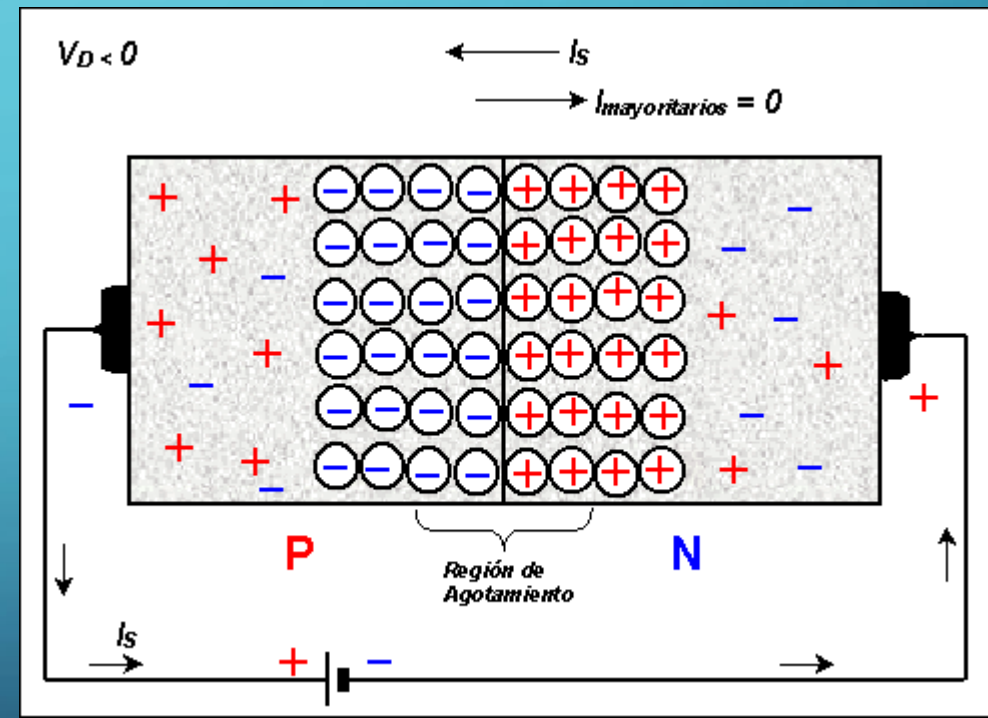
# FUNDAMENTO FÍSICO

- Para controlar la conducción eléctrica de estos materiales semiconductores añadimos pequeñas cantidades de materiales dopantes lo que da origen a dos tipos de semiconductores:
- Semiconductor tipo n  $\rightarrow$  exceso de  $e^-$
- Semiconductor tipo p  $\rightarrow$  exceso de vacantes



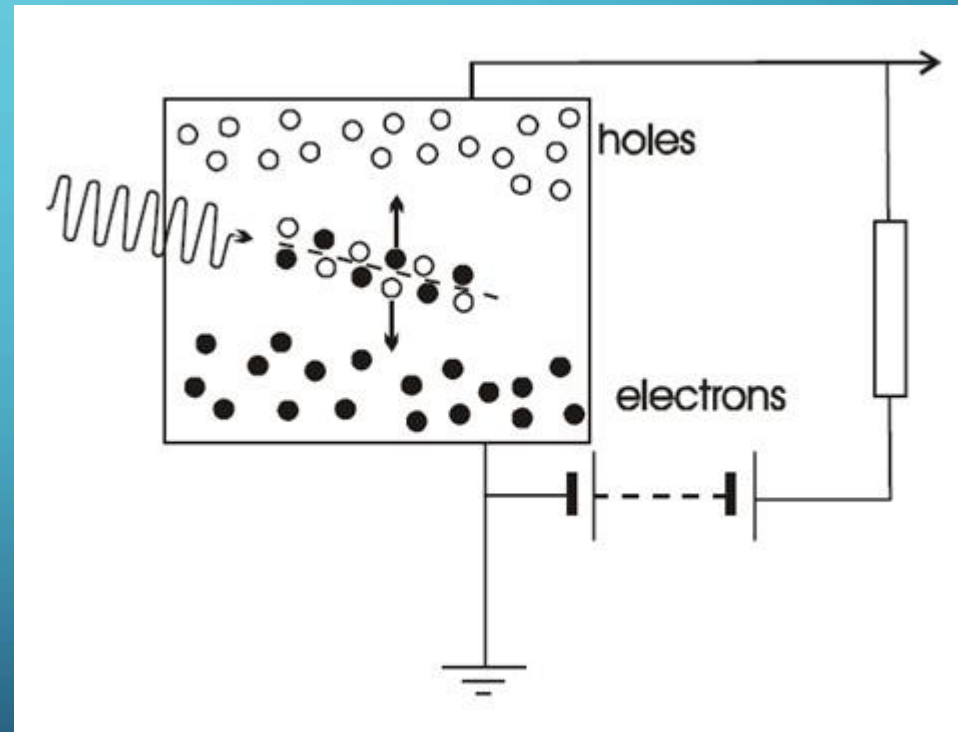
# FUNDAMENTO FÍSICO (UNIÓN PN)

- Difusión de e- a través de la unión rellenando vacantes.
- Portadores de carga son neutralizados en las proximidades de la unión y forman una región denominada zona de carga espacial.
- Se crea un campo eléctrico que detiene la difusión de e-



# FUNDAMENTO FÍSICO

- Al incidir la radiación en la zona de carga espacial se genera un número determinado de pares electrón-hueco.
- Los electrones recogidos generarían un pulso eléctrico proporcional a la energía de la radiación incidente.

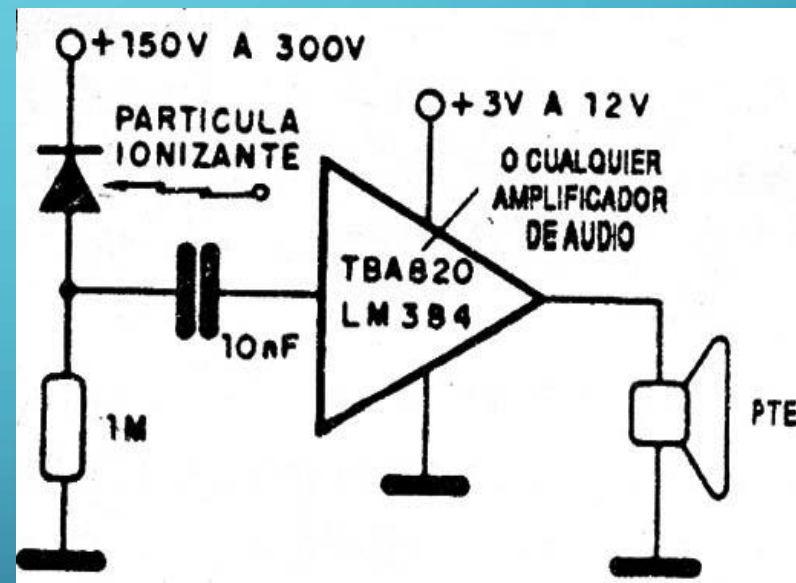
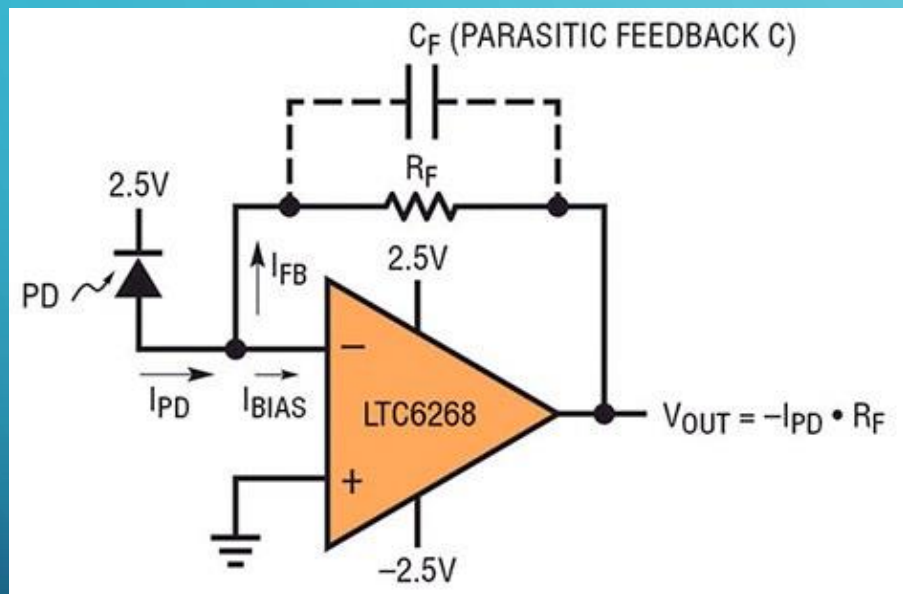




# CARACTERÍSTICAS

- Son los detectores con mayor número de portadores por pulso (mejor resolución de energía). Los portadores son los pares electrón hueco.
- La dinámica de los pares es mucho más rápida que la de los gases y centelleadores. → Menor tiempo de respuesta.
- Pueden tener un tamaño muy reducido (dispositivos compactos).
- No pueden tener un tamaño muy grande.
- Se degradan rápidamente cuando se exponen a radiación.

# CIRCUITOS ELECTRÓNICOS HABITUALES



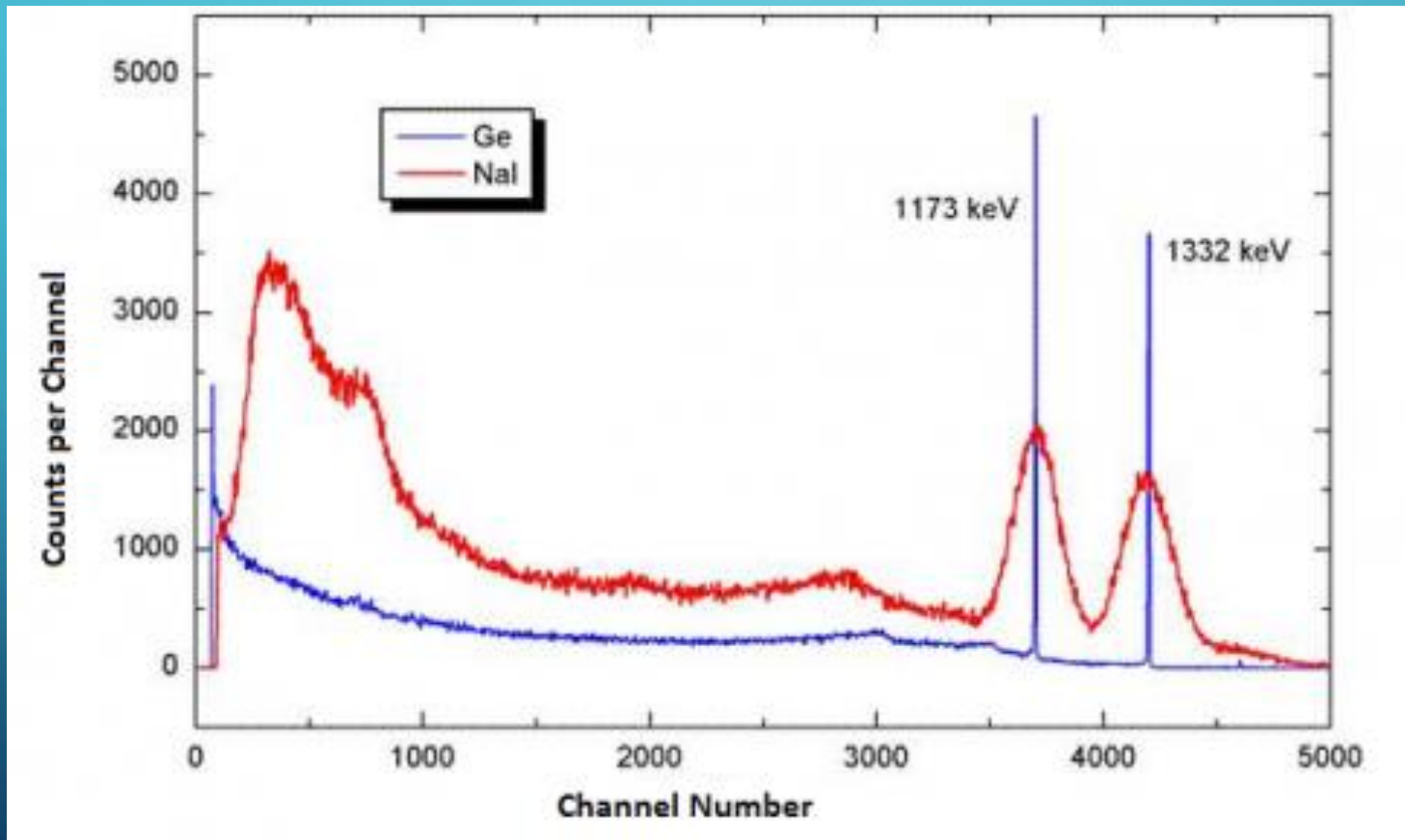
# TIPOS

## Detectores de Germanio (HPGe)

- Utilizan Germanio de gran pureza (High-Purity Germanium).
- Detección de rayos X y gamma.
- Debido a la estrechez de la banda prohibida del germanio hay que mantenerlo a temperaturas criogénicas para reducir al máximo el ruido térmico.
- Geometrías planares y coaxiales.

# TIPOS

Detectores de Germanio (HPGe), gamma(Co-60)



# TIPOS

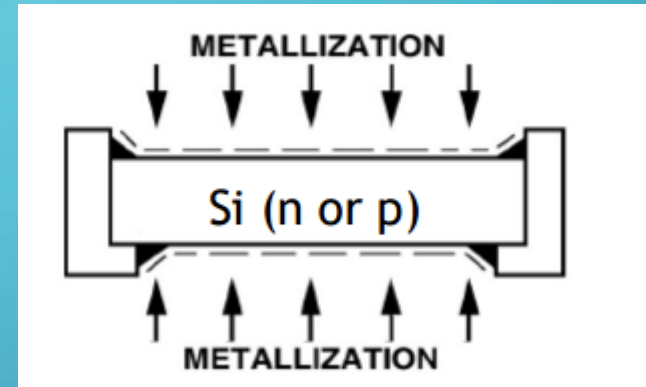
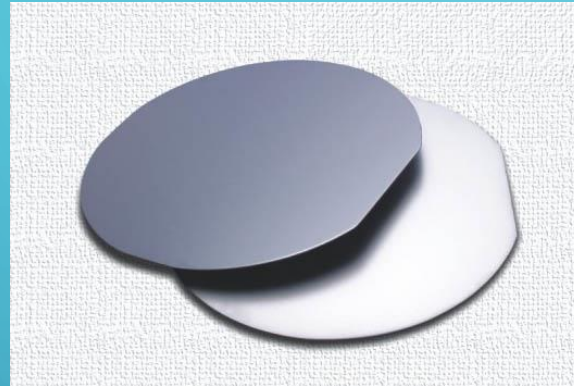
## Detectores de Silicio

- El cristal será de silicio, que es mucho más ligero que el germanio. Como tiene menor  $Z$  es peor para detectar radiación gamma pero mejor para detectar radiación beta.
- Geometrías diferentes a la del germanio : Se pueden fabricar cristales mucho más finos, debido a esto el grosor del contacto es importante.
- Suelen presentarse en configuración continua (planar) o como detectores de bandas (strips).

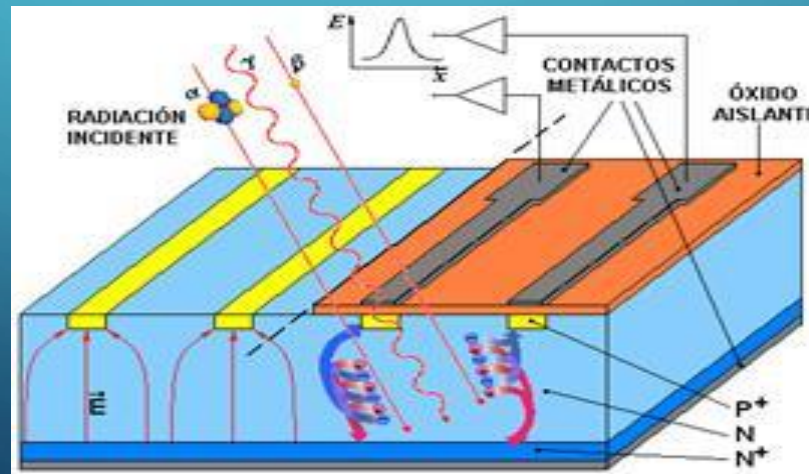
# TIPOS

- Contínuo

## Detectores de Silicio



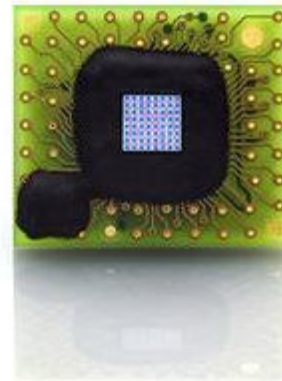
- De bandas



# TIPOS

## APD's

- Fotodiodo de avalancha
- Es el equivalente en semiconductor o un tubo fotomultiplicador.
- Capaz de convertir flujos de fotones incidentes en corriente eléctrica con ganancias del orden de 100.



# APLICACIONES

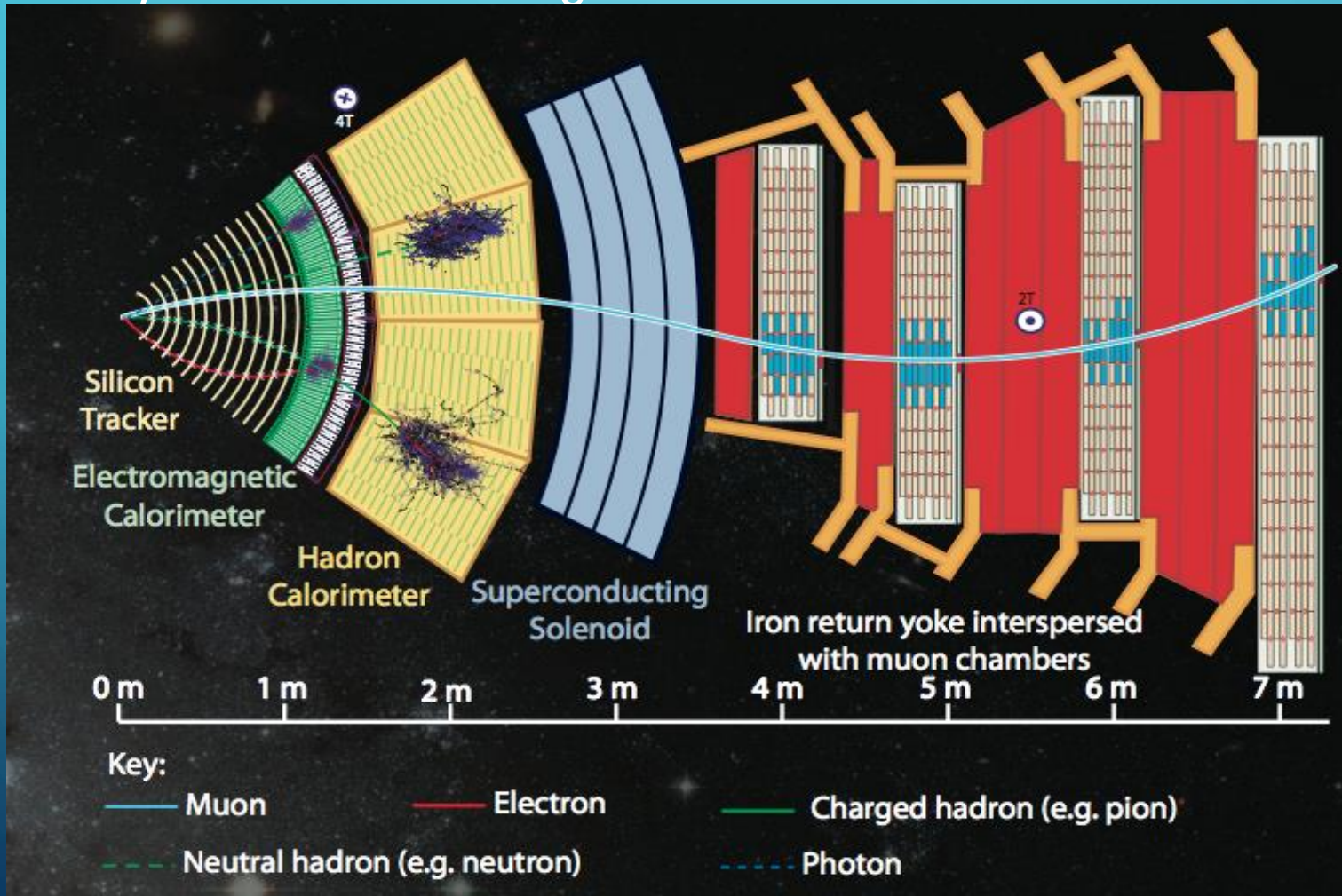
- Detección y espectrometría.





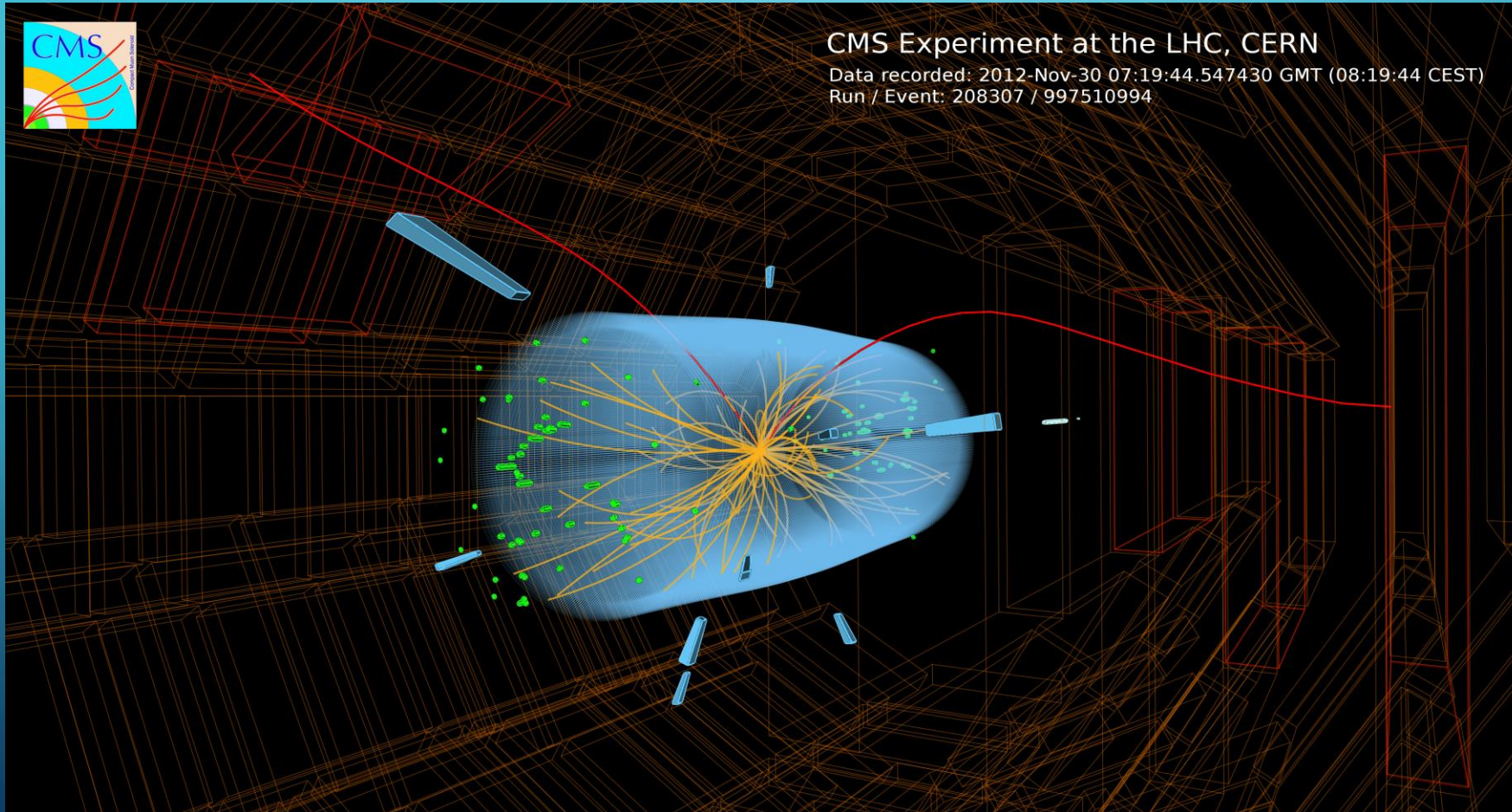
# APLICACIONES

- Trazadores, medición de energía



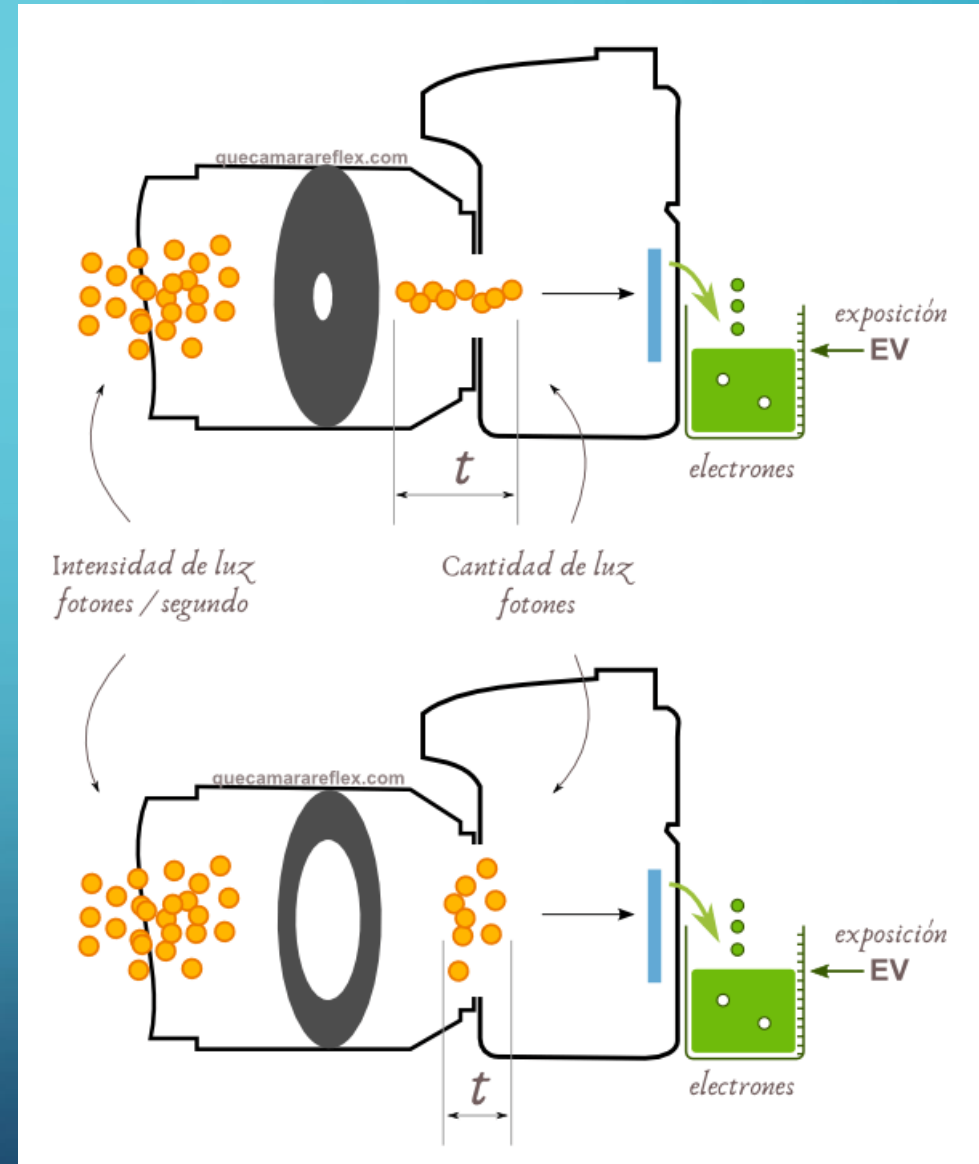
# APLICACIONES

- Trazadores, medición de energía



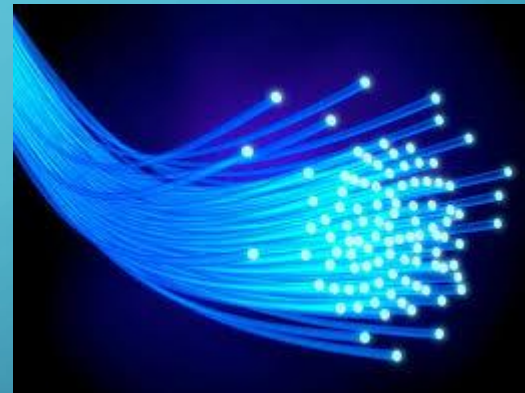
# APLICACIONES

- Cámaras fotográficas.
- Capa pixel de una cámara esta formado por una cuadrícula con 4 fotodiodos (R+2G+B) con sus respectivos filtros.
- Los filtros están diseñados para dejar pasar diferentes espectros lumínicos RGB
- Leyendo la intensidad para cada canal tenemos una idea del espectro concreto de la imagen en cada pixel.



# APLICACIONES

- Telecomunicaciones : Fibra óptica
- Utilizando las propiedades de los APD's se puede transformar pulsos lumínicos en pulsos de corriente o tensión (Bits).



# REFERENCIAS

- Universidad Complutense de Madrid , grupo de física nuclear

1. Fundamentos físicos

- José Enrique Amaro Soriano , curso de radiactividad , detectores , Universidad de Granada.

1. Propiedades generales de detectores y características de detectores semiconductores.

# REFERENCIAS

- Instituto Balseiro (Argentina) , “Principios de protección radiológica”.
  1. Fundamentos físicos detectores
  2. Fundamentos físicos materiales semiconductores
- Organización europea de investigaciones nucleares (CERN),experimento CMS,”  
Interactive Slice of the CMS detector”
  1. Sección de CMS con aplicación de detectores trazadores.

# REFERENCIAS

- Alberto Fernández García “Máster en Física y Tecnologías Físicas, [Datación de sedimentos y evaluación de tasas de sedimentación mediante el análisis de isótopos radiactivos de origen natural y artificial usados como trazadores \(PDF Download Available\)](#)”.
1. Comparativa de resolución en energía de detector HPGe con centelleador (NaI).

# REFERENCIAS

- [Ortec industries](#)

1. Descripción de detector HPGe.