

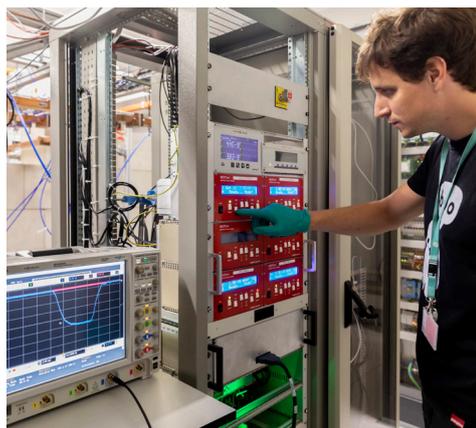
# Laboratorio de Radiofrecuencia de Alto Gradiente para aplicaciones médicas

Instalación de Investigación en Física Médica (IFIMED) del Instituto de Física Corpuscular (IFIC, CSIC-UV)

Es un laboratorio para estudiar y caracterizar uno de los elementos básicos de los aceleradores de partículas, las cavidades de radiofrecuencia. Sus prestaciones, principalmente la frecuencia de oscilación de 3 gigahercios y la tasa de repetición de las señales hasta 400 hercios, la convierten en una instalación única en España.

## ¿Qué son las cavidades de radiofrecuencia de alto gradiente?

Los aceleradores, tanto los que se usan para estudiar la materia del Universo como el Gran Colisionador de Hadrones (LHC) como los que sirven para tratar el cáncer, requieren unos dispositivos para acelerar las partículas: las **cavidades de radiofrecuencia**. En su interior se introducen campos electromagnéticos (ondas) que oscilan con una frecuencia determinada. Cuando las partículas pasan por estas cavidades, las ondas las impulsan. Las mejoras obtenidas por la I+D aplicada en este campo permiten generar campos electromagnéticos muy intensos (de **alto gradiente**), hasta tres y cuatro veces más intensos que los utilizados hasta ahora, pasando de acelerar partículas a 20 megavoltios por metro (MV/m) a más de 100 MV/m. Esto permitirá construir aceleradores más compactos y de menor coste, algo esencial para desarrollar nuevos tratamientos contra el cáncer como la terapia con partículas pesadas o hadronterapia.

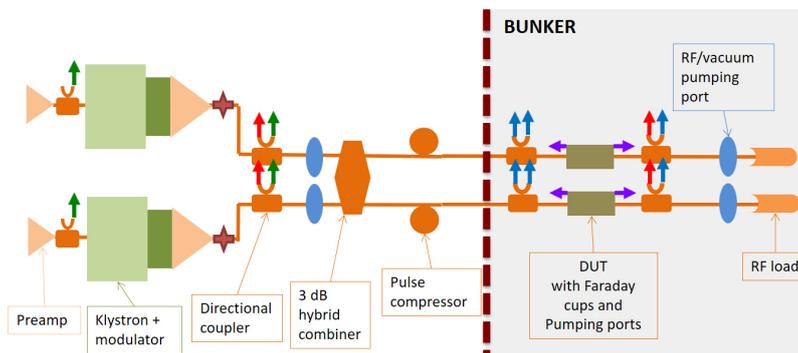


## ¿Qué estudios se realizarán en el laboratorio?

Esta instalación está diseñada para operar con cavidades que trabajan en una frecuencia de oscilación de 3 gigahercios (GHz), la llamada banda S, un sector de la región de microondas del espectro electromagnético. En esta banda funciona la mayoría de cavidades de radiofrecuencia en aceleradores con aplicaciones médicas e industriales, así como algunos estándares de sistemas de comunicación inalámbrica y de satélites. En el Laboratorio de Radiofrecuencia de Alto Gradiente de IFIMED-IFIC se estudiará el fenómeno conocido como *RF breakdown*, en el que se producen pequeñas chispas en el interior de las cavidades por la alteración del material ante campos electromagnéticos tan intensos. Este es uno de los principales problemas para conseguir reducir el tamaño y coste de los aceleradores.

## ¿Cómo funciona la instalación?

El laboratorio funciona como un acelerador de partículas a pequeña escala. La señal se genera mediante dos aparatos tipo *klystron* alimentados por moduladores de tecnología de estado sólido capaces de generar pulsos eléctricos muy intensos y cortos. Un sistema de control desarrollado por el IFIC combina las dos señales y las envía sincronizadas a la cavidad de radiofrecuencia hasta 400 veces por segundo. Para enviar las señales al interior de la cavidad se utilizan guías de onda rectangulares en cuyo interior se crean condiciones de ultra alto vacío tan bajas como las de la atmósfera lunar. El laboratorio puede funcionar durante semanas o meses de forma continua, tanto para realizar estudios como para condicionar las cavidades, preparándolas para su uso posterior. El sistema de control es capaz de medir con precisión cuándo se introduce la señal en la cavidad, y, si se produce una rotura (*RF breakdown*) también detecta su pérdida con rapidez, pudiendo localizar el lugar del interior de la cavidad donde se produjo el fallo.



# Datos básicos del Laboratorio de Radiofrecuencia de Alto Gradiente IFIMED-IFIC

**Aceleradores más compactos:** estudios de cavidades de radiofrecuencia de alto gradiente que funcionan en el rango de la banda S (3 GHz) para desarrollar aceleradores lineales compactos capaces de acelerar partículas a más de 100 MV/m, cuatro veces más que los actuales.

**Vacío lunar:** las guías de onda para llevar la señal de 3 GHz a la cavidad de radiofrecuencia se encuentran en condiciones de ultra alto vacío,  $10^{-10}$  milibares.

**Pulsos eléctricos ultracortos e intensos:** Dos dispositivos tipo *klystron* crean la señal eléctrica de 3 GHz alimentados por moduladores fabricados con tecnología de estado sólido, capaces de producir pulsos de 150 kilovoltios y 100 amperios que duran microsegundos ( $10^{-6}$  segundos).

**Alta frecuencia:** el sistema de control y adquisición de datos desarrollado por el IFIC para este laboratorio es capaz de sincronizar las señales y enviarlas a través de las guías de onda a la cavidad hasta 400 veces por segundo, mucho más rápido que otros laboratorios existentes. Esto reduce el tiempo de realización de pruebas de forma muy significativa.

**Detección precisa de fallos:** este sistema determina con precisión de nanosegundos ( $10^{-9}$  segundos) cuándo se introduce la señal en la cavidad. Si ocurre una rotura (*RF breakdown*) del material, el sistema detecta con la misma precisión la pérdida de señal, relacionando ambos datos para determinar el lugar de la cavidad donde se produjo.

**Aplicaciones:** conseguir aceleradores lineales más pequeños es básico para desarrollar terapias con partículas como protones o electrones, un nuevo tipo de tratamiento contra el cáncer que permite que las partículas utilizadas depositen toda su energía en el tumor, afectando menos al tejido sano. Las cavidades de radiofrecuencia que se estudiarán en el laboratorio de IFIC-IFIMED son las que utilizan este tipo de aceleradores para estas nuevas terapias, que consiguen un rango de energías de 70-230 megaelectronvoltios (MeV) para protones y 100-400 MeV para electrones. Otras aplicaciones son el desarrollo de tecnologías de aceleración para futuros aceleradores de partículas como CLIC o el International Linear Collider (ILC), o de rayos X como XFEL, así como en telecomunicaciones.

**Colaboración:** el Laboratorio de Radiofrecuencia ha sido cofinanciado principalmente por la Universitat de València (UV) y la Unión Europea (UE) a través del programa FEDER. Además del apoyo al proyecto IFIMED que impulsó el profesor emérito José Bernabéu Arberola, la UV ha contribuido con mejoras en las instalaciones y apoyo técnico. Otras fuentes de financiación de personal, colaboraciones, convenios y apoyo en formación de técnicos del laboratorio proceden del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), el Centro Europeo para la Investigación Nuclear (CERN), el programa Marie Skłodowska-Curie de Horizonte 2020 y la Agència Valenciana de la Innovació (AVI). Además, el laboratorio ha recibido apoyo del programa Centro de Excelencia Severo Ochoa del Instituto de Física Corpuscular.



**Contacto:** Benito Gimeno Martínez. Catedrático de la Universitat de València. Benito.Gimeno@ific.uv.es  
Daniel Esperante Pereira. Investigador EU Marie Curie. Daniel.Esperante@ific.uv.es

**Más información:** <http://ifc.uv.es>