

# Proyecto de Fin de Curso

*Configuración óptima de sistema de control  
computarizado con restricciones*



Universidad  
del País Vasco  
Euskal Herriko  
Unibertsitatea

BILBOKO  
INGENIARITZA  
ESKOLA  
ESCUELA  
DE INGENIERÍA  
DE BILBAO

**Christopher Carmona  
Aitor Salazar**

*Plataformas computacionales para adquisición de señal y control,  
Enero, 2024*



# Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>3</b>
<b>2. Estado del arte y la tecnología</b>	<b>3</b>
2.1. CPU . . . . .	4
2.2. Placa Base . . . . .	6
2.3. RAM . . . . .	7
2.4. GPU . . . . .	9
2.5. Almacenamiento . . . . .	12
2.6. Otros componentes del PC . . . . .	13
2.6.1. Fuente de alimentación . . . . .	13
2.6.2. Tarjeta de red . . . . .	14
2.6.3. Torre y refrigeración . . . . .	14
2.7. DAQ . . . . .	15
<b>3. Diseño de la plataforma computacional</b>	<b>16</b>
3.1. Requisitos del diseño . . . . .	16
3.2. Diseño preliminar y candidatos . . . . .	16
3.3. Propuesta final . . . . .	19
<b>4. Presupuesto y resumen de costes</b>	<b>20</b>
<b>5. Conclusiones</b>	<b>22</b>
<b>Referencias</b>	<b>25</b>



# 1. Introducción

Todas las disciplinas de la ingeniería requieren de un alto grado de especialización y tecnología para seguir innovando y reinventando las herramientas que mueven la sociedad. Desde la ingeniería química hasta la ingeniería biomédica, en todas ellas se utiliza instrumentación que es crucial para desarrollar nueva tecnología, y es que para realizar avances, todas ellas necesitan de un mismo elemento, datos.

Para resolver cualquier problema de ingeniería se necesitan datos. Hoy en día, la mayoría de mediciones que se toman se hacen mediante medidores digitales, que transforman una señal analógica en una señal eléctrica. Por lo tanto, tener la capacidad de adquirir datos es indispensable para cualquier disciplina de la ingeniería moderna.

Pero eso no lo es todo, porque de la misma forma que no se podrían realizar avances en la ingeniería actual sin los medidores electrónicos modernos, no se podrían procesar ni almacenar los datos obtenidos sin la ayuda de un computador. Las computadoras actuales juegan un papel esencial en el progreso tecnológico, por eso es necesario que los datos obtenidos como señales eléctricas puedan llegar hasta la computadora que los va a procesar.

Es aquí donde entran en juego las tarjetas de adquisición de datos modernas. Su trabajo es hacer de puente para facilitar la comunicación y el envío de datos de un medidor de señales a una computadora. Las tarjetas de adquisición agilizan el trabajo de instrumentación de los ingenieros, facilitando una base universal de la que recibir datos directamente al ordenador.

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es diseñar un sistema de adquisición para su uso en una aplicación concreta. Para ello, se eligen todos los componentes electrónicos que forman parte del sistema, desde los componentes internos de la computadora hasta la propia tarjeta de adquisición. La elección de estos componentes se hará en base a un estudio previo del estado del arte del mercado de componentes actual. Una vez elegidos los componentes se propone un diseño de la plataforma de adquisición, en la que se detallan los criterios de selección de los componentes, así como las ventajas y desventajas que ofrecen los elementos constituyentes del sistema. Finalmente, se realiza un resumen de costes y presupuesto de la plataforma que conduce a la conclusión de este trabajo.

# 2. Estado del arte y la tecnología

La electrónica actual avanza muy rápidamente y la tecnología más puntera puede quedarse obsoleta en tan solo un par de años. Por ello, es importante escoger componentes con algo de visión de futuro, no solo para que cubra las necesidades de instrumentación actuales, sino también para que cubra las necesidades que puedan surgir en el futuro.

Este análisis del estado del arte pretende hacer un repaso de algunas de las tecnologías más importantes en lo que a los componentes constituyentes de una plataforma de adquisición se refiere, todo ello teniendo en cuenta cuáles son las características clave para montar una buena plataforma de adquisición.

## 2.1. CPU

La unidad central de procesamiento o *Central Processing Unit* es uno de los elementos vitales de un ordenador. La CPU, coloquialmente conocida como procesador, es la encargada de procesar las instrucciones que dan el sistema operativo, programas y dispositivos conectados al mismo. Cualquier acción que realizamos en nuestro PC se puede desglosar en una serie de instrucciones simplificadas, las cuales se ejecutan de forma secuencial para llevar acabo la acción ordenada. Entre las tareas del procesador podemos encontrar la de coordinar los diferentes dispositivos, lectura y escritura de datos y realización de operaciones aritméticas.

Existen diferentes características que diferencia unos procesadores de otros [1]:

- **Consumo energético:** La cantidad de energía que consume la CPU al ejecutar acciones. Normalmente mantiene una relación proporcionalmente directa con su calidad.
- **Frecuencia de reloj:** Determina la cantidad de acciones que puede realizar en un periodo.
- **Número de núcleos:** Cuanta mayor es la cantidad de núcleos mayor numero de acciones se pueden realizar de forma simultanea.
- **Número de hilos:** Divide las tareas o procesos de manera que se aprovechen los tiempos de espera entre acciones.
- **Memoria caché:** Es la memoria de acceso rápido de la CPU. Cuanto mejor es su velocidad y capacidad, mejor desempeño tiene la CPU.
- **Tipo de bus:** La comunicación que tiene la CPU con el resto de dispositivos.

Una vez se conocen las características de la CPU que se deben tener en cuenta a la hora de elegir una u otra, es momento de conocer la estructura interna de una CPU.

- **Núcleo:** Es la unidad base que define la CPU. El núcleo interpreta y ejecuta acciones.
- **Unidad de control:** Circuito digital que extrae instrucciones de memoria, las descifra y las ejecuta.
- **Unidad Aritmética Lógica:** Circuito digital que lleva acabo operaciones matemáticas y aritméticas entre datos.
- **Unidad de coma flotante:** Se especializa en operaciones de coma flotante. No todos los microprocesadores disponen de una pero sí los procesadores de carácter general.
- **Memoria caché:** Es la memoria de acceso rápido que permite al procesador ganar tiempo para no tener que acceder a direcciones de memoria más lentas.
- **Registros:** Permite controlar y almacenar las instrucciones en ejecución. Se puede diferenciar entre registros de datos, registros de instrucciones y registros de direcciones.
- **Controlador de memoria:** Regula el flujo de datos entre el procesador y la memoria.

Hace 50 años que Intel lanzó su **Intel 4004**, un procesador basado en longitudes de palabra de 4 bits. Antes del 4004, las CPU eran dispositivos *multichip*, pero en 1969 Busicom encargó a Intel una familia de calculadoras electrónicas que estuvieran basadas en datos guardados en registros de desplazamiento e instrucciones guardadas en memorias ROM. La solución de Intel fue un dispositivo más simple y de carácter más general. Esta solución tenía potencial para ser integrado en un solo chip. Como resultado obtuvieron un dispositivo con aproximadamente 2300 transistores capaz de hacer 60000 operaciones por segundo [2].

Durante las siguientes décadas las empresas de circuitos integrados competirían por aumentar la capacidad de los procesadores intentando integrar cada vez más transistores en la misma superficie de silicio siguiendo la ley de Moore. Por el camino se hicieron grandes avances desde cambios de arquitectura, aumento de tamaño de buses de comunicación, aumento de frecuencias de reloj, integración de unidades dedicadas, paralelización de procesos y aumento de núcleos por chip.

Históricamente, hasta los años 2000, Intel sería la empresa de circuitos integrados dominante en el mercado, pero a inicios de esta década precisamente sería cuando AMD empezaría crecer de forma exitosa gracias a su **AMD K5**. El K5, desarrollado íntegramente por AMD, tenía una arquitectura parecida al **Intel Pentium** pero con la diferencia de poseer un decodificador de acciones de 86 bits a acciones RISC (*Reduced Instruction Set Computer*). Este decodificador lo han heredado las generaciones más actuales.

Posterior a esto comenzaron a aparecer las CPU multi-core y multi-thread. Un mayor numero de núcleos y una mayor cantidad de hilos permitía tener tareas ejecutándose en paralelo. Hoy en día, lo más común es tener entre 8 y 12 núcleos en la CPU con entre 8 y 32 hilos. Aunque existen variantes dedicadas para servidores con 96 cores y 192 hilos.

En la actualidad, el mercado de los procesadores de ordenador está repartido entre estas dos empresas, Intel y AMD. Estas dos son gigantescas empresas americanas de capital abierto que se dedican al diseño y desarrollo de circuitos integrados.

Intel acaba de presentar su última generación de procesadores, la 14<sup>a</sup> generación. Esta arquitectura combina el alto rendimiento mono-núcleo que ofrecen los núcleos de rendimiento (*Performance-Cores*) y la eficiencia energética multi-núcleo que otorgan los núcleos de eficiencia (*Efficiency-cores*). Los *Performance-cores* se utilizan para tareas de un solo hilo mientras que los *Efficiency-cores* administran de forma eficaz las tareas multi-hilo gracias al gestor de hilos de Intel (*Intel Thread Director*). Los procesadores como el i9-14900K, con sus 24 núcleos y 32 hilos, alcanzan frecuencias de 6GHz. De los 24 núcleos, 8 son *performance Cores* que alcanzan los 6GHz mientras que el resto, los *efficient cores* trabajan a frecuencias de 4,4GHz[3].

Por su lado, AMD tiene como generación más actual, los Ryzen 8000G, los cuales presumen de ser los procesadores que mejor rendimiento dan para el *gaming*. Con los 8 núcleos, basados en arquitectura zen4, y 16 hilos de su procesador más potente , el Ryzen 7 8700G, son capaces de alcanzar una frecuencia de reloj de 5,1 GHz usando el *Boost Clock*, consiguiendo un mejor rendimiento que el consigue Intel [4].

## 2.2. Placa Base

La placa base (*Motherboard* en inglés) es una tarjeta de circuitos integrados que sirve como elemento central para realizar las conexiones entre los distintos componentes de una computadora. La placa base es el elemento principal a través del cual se realizan las comunicaciones entre todo tipo de dispositivos. Estas comunicaciones pueden hacerse gracias a los circuitos integrados y buses que tiene, y que facilitan el traspaso de datos entre la CPU, la memoria RAM, el almacenamiento interno y los periféricos que se puedan conectar a ella. La Figura 1 muestra una placa base actual.



**Figura 1:** Placa base moderna, del fabricante MSI.

Otro de los aspectos a destacar es que la placa base incluye una memoria ROM de tipo *Flash* que contiene el Sistema Básico de Entrada y Salida (*Basic Input and Output System* en inglés, BIOS). Este firmware es lo primero que se ejecuta cuando se arranca un ordenador y es esencial para la inicialización del mismo ya que se encarga de tareas como comprobar la integridad del hardware del ordenador, confirmar e inicializar las entradas y salidas del sistema o buscar y ejecutar la secuencia de arranque que da el control de la máquina al sistema operativo instalado. Actualmente, existe un sucesor a la BIOS, la Interfaz de Firmware Unificado y Extensible o UEFI (*Unified Extensible Firmware Interface* en inglés), que soluciona algunas de las limitaciones de la BIOS y presenta mejoras de seguridad como el soporte de la función *Secure Boot* o poder gestionar espacios de almacenamiento superiores a 2TB [5].

Como base para realizar conexiones que es, la placa base está formada de muchas partes que se utilizan para conectar los componentes. Estos son algunos de los elementos más importantes de una placa base.

- **Pines de alimentación.** Estos son los pines que alimentan la placa y todos los componentes no externos que estén conectados a ella, como por ejemplo: la CPU, la RAM, el almacenamiento interno, etc.
- **Zócalo de la CPU.** Este es el hueco de la placa que está preparado para recibir

una CPU. Este receptáculo conecta la CPU con el resto de componentes usando el bus frontal. El zócalo está diseñado para fijar la CPU sin soldarla, se usan un gancho de amarre que la mantiene fija en la placa.

- **Ranuras de RAM.** Estas ranuras de expansión es donde se conectan las tarjetas de memoria volátil o RAM. Suelen ser ranuras con conexión del tipo DIMM (*Dual Inline Memory Module*).
- **Chipset.** El *chipset* es un conjunto de circuitos electrónicos que gestiona la transferencia de datos y la comunicaciones entre los componentes de la computadora. Se divide en dos secciones principales: el puente norte (que gestiona la interconexión entre la CPU, la RAM y la GPU) y el puente sur (que gestiona las conexiones entre periféricos y los dispositivos de almacenamiento).

El chipset es una de las partes clave a la hora de elegir placa base. Cuanto más avanzado sea el chipset, mayor serán las opciones de interconexión a posteriori, como por ejemplo; *slots PCI*, canales DMI, opciones de *overclocking*, etc. Dado que solo hay dos fabricantes relevantes de CPUs en el mercado, los fabricantes de placas base también solo hacen dos tipos de chipsets, los que son para AMD y los de Intel.

- **La CMOS.** La CMOS es una pequeña memoria que almacena información importante como la fecha y hora mientras el equipo no está conectado a la corriente. Este circuito es vital para el arranque de la computadora y por lo tanto está alimentado de una pequeña pila.

Las placas base se dividen en varias categorías según su formato, pero generalmente se consideran dos: ATX y sus derivados (Mini-ATX, Micro-ATX...), y ITX y sus derivados. Ambas son tecnologías bien consolidadas y de amplio uso comercial. ATX es un estándar de 24 pines de alimentación que se definió en 1995 y desde entonces han aparecido algunas variantes que pretenden reducir su tamaño. En cambio, ITX es otro estándar que se definió en 2001 y que se centra en la integración del mayor número de componentes en la placa y trajo como principal avance la integración de una chip de procesamiento gráfico para así prescindir de una tarjeta gráfica dedicada.

El formato ATX y sus derivados Mini-ATX y Micro-ATX son los más extendidos en la actualidad. Es por esto que en los últimos años ha habido una tendencia a la alza en la venta de estos tres formatos de placa base y los avances tecnológicos se están haciendo enfocados a estos formatos [6]. Los principales fabricantes de placas bases son: Gigabyte, Asus, MSI, ASRock e Intel. Las últimas tecnologías más punteras en placas base se centran en aumentar la capacidad de RAM con la que es compatible la placa, llegando hasta los 256GB de RAM [7] y la implementación a gran escala de la tecnología PCI *express* 6.0, que promete alcanzar velocidades de transmisión de datos de hasta 64GT/s [8]. Además, ya se han planificado las especificaciones para la tecnología PCIe 7.0 que se espera que se adopte a mediados de 2025 [9].

### 2.3. RAM

La Memoria de Acceso Aleatorio o RAM por sus siglas en inglés (*Random Access Memory*) es una memoria de almacenaje de datos a corto plazo que, al ser volátil, necesita estar alimentada para guardar información y borra su contenido cuando la computadora que lo alimenta se apaga. La RAM es la memoria donde los programas guardan la

información de forma temporal y donde la CPU carga las instrucciones que va a ejecutar.

La tecnología de las memorias RAM es una de las que más rápidamente ha evolucionado de la industria de equipos electrónicos, ya sean domésticos o profesionales. Desde que la tecnología SDRAM (del inglés *Synchronous Dynamic Random Access Memory*) en la que se basan los módulos de RAM actuales fuese presentada por primera vez hace algo más de 20 años, se ha pasado de frecuencias de funcionamiento de 70MHz hasta los 8400MHz en los módulos más actuales [10].

La memoria RAM es un componente que se puede encontrar en una gran variedad de equipos electrónicos; desde ordenadores y móviles, hasta equipos industriales y servidores. Es por esto que existen muchos tipos de memoria RAM. Principalmente, existen dos clasificaciones de RAM, según su tecnología de almacenaje y según su puerto de conexión.



**Figura 2:** Comparativa entre los tipos de RAM según la tecnología de almacenaje. En la izquierda memoria SRAM y en la derecha memoria DRAM.

Según su tecnología de almacenaje se dividen dos grandes familias de tipos de RAM, las memorias RAM estáticas (SRAM, *Static Random Access Memory*) y las memorias RAM dinámicas (DRAM, *Dynamic Random Access Memory*). La Figura 2 muestra una comparativa entre ambas memorias.

- **SRAM.** En una memoria SRAM, cada bit de información se almacena como uno de los dos estados posibles de una estructura biestable formada por seis transistores. Estas RAM están estructuradas formando vectores de una cantidad fija de bits a la que se puede acceder uno a uno. Este tipo de memorias son más rápidas y de menor consumo que las de tipo DRAM. Sin embargo, el hecho de que cada bit se construya con seis transistores hace su estructura interna más compleja y esto hace que se fabriquen de menor densidad de bits y sean más caras que las DRAM.

A pesar de que de forma general se considera a las memorias RAM volátiles, entre las SRAM existen volátiles y no volátiles. Además, otra ventaja añadida de las SRAM es que existen SRAM asíncronas que no dependen de un reloj para la lectura y escritura. Los usos más comunes de este tipo de memorias son integrados en chips ya sea como memoria caché primaria de microcontroladores, para almacenar registros de microprocesadores, o en otro tipo de integrados como FPGAs y CPLDs.

- **DRAM.** En las memorias DRAM, cada celda que representa un bit se construye con un transistor y un condensador. El bit de información se guarda como la carga del

condensador y el transistor hace de interruptor que carga y descarga el condensador. Además, mientras que en una SRAM la información está estructurada como vectores de bits, en las memorias DRAM las celdas se organizan en matrices que cubren páginas, y páginas que se organizan en los llamados bancos. En cada página se puede acceder a las líneas y a las columnas para escribir o leer información. Como con la SRAM, existen variantes síncronas y asíncronas de la DRAM.

Dado que cada bit depende del ciclo de carga y descarga del condensador, la escritura y lectura de la información es más lenta que en las SRAM. Además, los condensadores necesitan un refresco periódico para mantener su carga, lo cual aumenta su consumo. Sin embargo, su estructura más sencilla hace que se puedan fabricar tarjetas de memoria con una densidad de bits mucho mayor y a un coste menor. Es por esto que las DRAM tienen un uso mucho más extendido que las SRAM y se usan en una mayor variedad de casos, especialmente en computadoras domésticas y comerciales.

Debido a las ventajas en coste y densidad de datos que ofrecen las DRAM, son las que más se usan como memoria principal de computadoras de uso general, y esto ha hecho que su tecnología se diversifique y evolucione más rápidamente. Las DRAM han evolucionado principalmente hacia las del tipo de acceso síncrono, las SDRAM, y dentro de estas el enfoque en los últimos años ha estado en las SDRAM de tasa de datos doble, o DDR SDRAM (*Double Data Rate Synchronous Dynamic Random Access Memory*). Esta tecnología tiene la particularidad de aprovechar tanto el flanco de subida como el de bajada de la señal de reloj para enviar y recibir datos. La versión más reciente de tecnología DDR es la 5<sup>º</sup>, la DDR5 SDRAM, que puede alcanzar hasta 8GT/s a una frecuencia de 8400MHz, aunque ya hay fabricantes que han sido capaces de llegar hasta los 9,6GT/s [11]. Sin embargo, su mayor avance respecto a la versión antecesora es que reduce el consumo de potencia hasta la mitad en vatios por transferencia [12]. Actualmente, ya se conocen las especificaciones que se pueden esperar de la 6<sup>º</sup> generación aunque todavía no existe ninguna memoria comercial de esta versión.

Si se clasifican las memorias RAM según su puerto de conexión existen varias versiones que han ido apareciendo a lo largo de los años. Sin embargo, muchas de ellas han quedado obsoletas y a día de hoy solo tres siguen siendo relevantes.

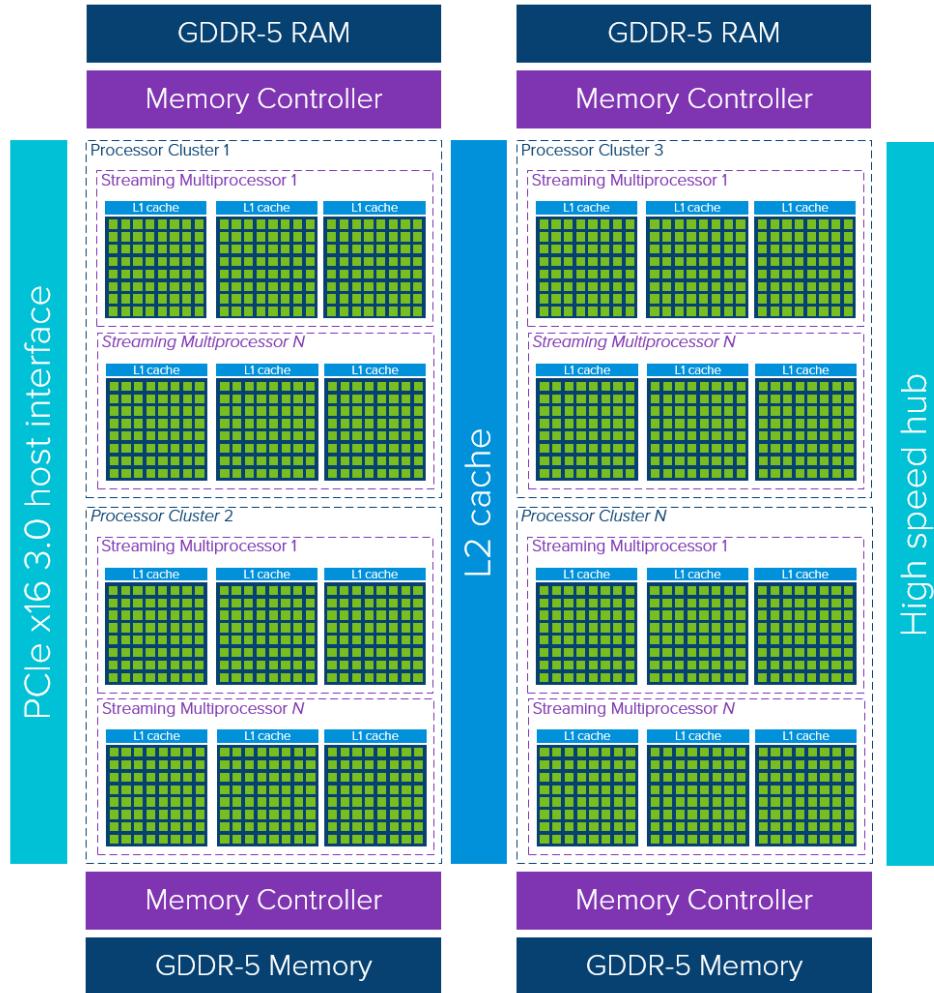
- **DIMM (*Double In-line Memory Module*)**. Son módulos muy usados en ordenadores domésticos y de uso general y cuentan con un bus de datos de 64 bits.
- **SO-DIMM (*Small Outline DIMM*)**. Como su nombre sugiere, son un formato derivado de las DIMM. Tienen una distribución de pines similar pero en formato miniaturizado, es por esto que se usan principalmente en ordenadores portátiles.
- **FB-DIMM (*Fully-Buffered DIMM*)**. Es una variante de la DIMM que se combina con DDR2. Se usa casi exclusivamente en servidores.

## 2.4. GPU

La Unidad de Procesamiento Gráfico o GPU (*Graphics Processing Unit*) es un procesador dedicado al procesamiento de gráficos y operaciones de coma flotante. Estos tipos de procesadores suelen tener su propio puerto en las placas base modernas para que funcionen como coprocesador que alivia la carga computacional de la CPU. Con los años, las

GPU se han ido desarrollando para que sean más potentes y específicas para la tarea que desempeñan y, en el último par de años se han puesto en el foco mediático debido a que son especialmente eficaces a la hora de ejecutar las operaciones que se usan en inteligencia artificial.

Mientras que en una CPU el enfoque está en el acceso con baja latencia a la memoria, el diseño de la arquitectura de las GPU modernas se centra en resolver operaciones matemáticas y de coma flotante con rapidez y eficiencia y repartir las tareas entre tantos núcleos como sea posible. Para ello, su arquitectura se compone principalmente de los elementos a continuación:



**Figura 3:** Diagrama esquemático de la estructura interna de una GPU de propósito general.  
Fuente: [13].

- **Agrupaciones de procesamiento, PC (*Processing Clusters*).** Estos clústers están compuestos de varios multiprocesadores de línea o SM (*Streaming Multiprocessor*) que son agrupaciones de núcleos de cómputo o CU (*Computing Unit*). Cada CU funciona como una pequeña ALU, y cada SM puede tener varias agrupaciones de CUs. Como se puede ver en la Figura 3, cada una de estas agrupaciones se comunica con su propia caché L1 y también con una caché L2 que se comparte entre todas las SM de un mismo PC. Esta estructura hace que sufren de una latencia mayor que las CPU. A pesar de ello, están diseñadas para soportar esas altas latencias.

- **Registros y memorias caché L1 y L2.** Según el fabricante, los CU tienen varias alternativas de comunicación de datos directa. En algunos casos, los propios núcleos tienen un registro *on-chip* en el que guardar datos que se envían a las memorias caché, y en otras ocasiones se comunican directamente con la memoria L1, la cual admite acceso paralelo de varios núcleos simultáneamente.
- **Memoria principal.** Al igual que una CPU, las GPU ejecutan instrucciones. Por ello, necesitan una memoria a la que acceder para leer y ejecutar instrucciones, además de para leer y escribir datos. Para esto, las GPU incluyen una memoria RAM específica para este tipo de procesadores, las GDDR SDRAM (*Graphics Double Data Rate SDRAM*), que están basadas en la tecnología de las memorias SDRAM que ya se han mencionado en la Sección 2.3.

La tecnología de las GPUs es una de las que ha tenido mayor avance en los últimos años. Tan solo en los últimos 10 años se ha pasado de la fabricación en 28 nm con 5,2 mil millones de transistores hasta llegar a los 76 mil millones de transistores en 4 nm. Este gran avance ha supuesto que casi cada año se supere la potencia de la serie del año anterior en hasta un 70 % [14].

Si se habla de fabricantes, desde hace años el mercado de las GPU (a menudo también denominadas *tarjetas gráficas*) está dominado por NVIDIA y AMD. AMD es un fabricante circuitos integrados con una línea de productos amplia que abarca no solo tarjetas gráficas, sino también procesadores, microcontroladores, FPGAs y otros productos. NVIDIA en cambio, es un fabricante de circuitos integrados con dos líneas de negocio principales, las GPU y la computación en la nube o *cloud-computing*. Entre los dos acaparan prácticamente todo el mercado, aunque NVIDIA es el mayor de los dos. Es por esto que los últimos avances más importantes han venido de este último fabricante.

Las líneas de mejora y desarrollo principales se dirigen hacia maximizar la cantidad de núcleos de cómputo (en el caso de NVIDIA, se les llama CUDA, *Compute Unified Device Architecture*) y hacia maximizar la eficiencia de las GPU en general. Esto se puede ver por ejemplo en el tamaño del bus de datos de las últimas generaciones de tarjetas. Ha habido una tendencia a la alza con el tamaño del bus de datos y se esperaba que las gráficas más potentes de la última generación de NVIDIA, las RTX 40, llegasen a un bus de datos de 500 bits. Sin embargo, este no ha sido el caso, ya que se ha optado por 384 bits. Algo similar ha sucedido con el resto de integrantes de la familia 40; tanto la 3070 como la 3060 usan un bus de datos de 256 bits pero en las más actuales 4070 y 4060, estos números se han reducido hasta 192 y 128 bits respectivamente. A pesar de que esto pueda verse como una pérdida de capacidad para enviar datos a través del bus, lo cierto es que ambas tarjetas obtienen un rendimiento entorno a un 20 % superior con un consumo entre de entre un 10 % y un 30 % menor [14], por lo que se puede ver que el enfoque de desarrollo actual está aumentar la eficiencia y el consumo.

Además, otro de los grandes avances más recientes ha sido la introducción del trazado de rayos en tiempo real. Esta tecnología que fue introducida al mercado de masas por primera vez en la arquitectura Turing de la familia RTX 20 de NVIDIA, es un complejo algoritmo de generación y simulación realista de los efectos de la luz al incidir sobre superficies virtuales. Esta tecnología ha permitido realizar grandes avances en simulación de ambientes gráficos 3D, como se puede ver en la comparativa de la Figura 4. Desde que fue introducida por NVIDIA, otros fabricantes, y especialmente AMD, han sacado sus propias GPUs con tecnología de trazado de rayos, siendo la generación más reciente de



**Figura 4:** Comparativa que muestra la diferencia entre simular un entorno gráfico sin usar trazado de rayos y usando trazado de rayos.

AMD la familia Radeon RX 7000.

## 2.5. Almacenamiento

A la hora de buscar almacenamiento para nuestros equipos tenemos dos posibles opciones: la primera sería elegir un memoria de disco duro (HDD, *Hard Drive Disk*). Las HDD funcionan grabando el estado del bit en el estado magnético de una pequeña zona del disco rotativo, lo cual depende de la capacidad que tiene el dispositivo para rotar. La segunda opción son las memorias de estado sólido, SSD (*Solid State Disk*).

*Read only memory* es la memoria de solo lectura de los dispositivos electrónicos. Los datos almacenados en la ROM no se pueden cambiar de manera rápida. Su uso principal es contener *firmware* u otros programas de vital importancia como puede ser el sistema operativo o los programas que realizan diagnósticos en el ordenador.

El término ROM se ha generalizado para las diferentes tecnologías. Inicialmente, las *mask ROM* o MROM eran memorias que tenían datos grabados de forma permanente sobre silicio, por lo que no podían ser modificados una vez escritos. Con el tiempo se han ido desarrollando diferentes tecnologías para que las memorias dejen de ser OTP (*One Time Programmable*) o de solo lectura, de esta manera se pueden reiniciar y reescribir.

Sucediendo a las MROM nacieron las PROM, *Programmable ROM*, las cuales se programan con fusibles. A la hora de programar una PROM se aplica un voltaje alto el cual elimina los fusibles seleccionados y deja solo los de interés. Continuando por este afluente de desarrollo, aparecieron las EPROM. Estas eran memorias programables que se podían borrar mediante exposición ultra violeta, lo que devolvía a las memorias a un estado inicial para poder ser reprogramadas, así resolvieron el problema de OTP.<sup>[15]</sup>

Posterior a eso aparecieron las EEPROM, Electrical EPROM. Como su nombre indica ya no dependemos de exposición ultra violeta para el restablecimiento de las memorias, lo cual supuso un gran ahorro en consumo.

En 1980, Toshiba inventó las memorias Flash. Estas memorias permiten escribir y eliminar elementos de la memoria en la misma operación mediante pulsos eléctricos, todo



**Figura 5:** Escala de la iniciativa 80 Plus al completo.

esto sin comprometer la integridad del dispositivo. Es en esta tecnología en la que se basan las memorias de estado sólido.

Hoy en día, las memorias más utilizadas son las memorias de estado sólido basadas en tecnología flash. Hasta hace unos años, por retrocompatibilidad, las SSD se conectaban al procesador mediante conexión SATA2, de la misma manera que lo hacían los discos duros. Ahora ese método de conexión ha quedado atrás y actualmente las memorias M.2 NVMe se conectan a la CPU median PCIe. Esto aumenta considerablemente las velocidades de lectura y escritura de memoria. [16]

## 2.6. Otros componentes del PC

En las secciones anteriores se han descrito los componentes principales que forman una computadora moderna. Sin embargo, también hay otros elementos importantes que, sin llegar a tener un papel tan principal como los anteriores, cumplen funciones absolutamente necesarias para el correcto funcionamiento de un ordenador. A continuación, se hace un breve repaso de algunos de estos.

### 2.6.1. Fuente de alimentación

La fuente de alimentación es el equipo electrónico encargado de convertir la corriente alterna de la toma general a las varias corrientes continuas que necesitan los componentes instalados en la placa base para funcionar, así queda claro que es un elemento necesario para el funcionamiento de una computadora.

Las fuentes de alimentación se separan en categorías según su rendimiento energético, siendo las más eficientes las que reciben las calificaciones más altas. Más allá de su eficiencia, las fuentes de alimentación también varían según su potencia nominal, yendo desde los 250 w hasta los 1200 w en los más potentes.

Tipo de prueba 80 Plus	115V interna no redundante				230V interna redundante				230V EU interna no redundante			
	10 %	20 %	50 %	100 %	10 %	20 %	50 %	100 %	10 %	20 %	50 %	100 %
80 Plus	80 %	80 %	80 %						82 %	85 %	82 %	
80 Plus Bronce	82 %	85 %	82 %		81 %	85 %	81 %		85 %	88 %	85 %	
80 Plus Plata	85 %	88 %	85 %		85 %	89 %	85 %		87 %	90 %	87 %	
80 Plus Oro	87 %	90 %	87 %		88 %	92 %	88 %		90 %	92 %	89 %	
80 Plus Platino	90 %	92 %	89 %		90 %	94 %	91 %		92 %	94 %	90 %	
80 Plus Titánio	90 %	92 %	94 %	90 %	90 %	94 %	96 %	91 %	90 %	94 %	96 %	94 %

**Tabla 1:** Comparación de los porcentajes de eficiencia que estipula cada categoría de la certificación 80 Plus. Fuente: [17].

La eficiencia de las fuentes de alimentación se mide con la escala de la iniciativa 80 Plus.

Esta iniciativa promueve mejorar la eficiencia energética de las fuentes de alimentación otorgando certificados que aseguran una eficiencia de más del 80% cuando la carga es de un 20%, un 50% o un 100% de su capacidad nominal. Si la eficiencia es mejor, la certificación también cambiará, siendo esta representada por uno de los sellos de la Figura 5. Todos los niveles de eficiencia energética de todas las certificaciones se muestran en la Tabla 1.

Al ser un componente de menor complejidad y más barato de producir, existen muchos más fabricantes de fuentes de alimentación que de procesadores o memorias. Algunos de los más destacables serían Asus, EVGA, Cooler Master, Supermicro y MSI. Todos ellos cuentan con productos con certificación 80 Plus.

### 2.6.2. Tarjeta de red

La tarjeta de red, también conocida como adaptador LAN, es un componentes hardware que habilita la comunicación entre la computadora y otros equipos electrónicos conectados a una red, ya sean impresoras, controladores, servidores u otros ordenadores. Como elemento de comunicación principal que son, hacen de nexo de unión entre equipos, por lo que es un elemento fundamental de los ordenadores.

Algunos de los últimos avances en tarjetas de red pasan por la implantación de la tecnología Wi-Fi 7 [18], la más actual. Una de las particularidades del estándar de Wi-Fi 7 es que será tri-banda, ya que aceptará redes de 2,4GHz, 5GHz y 6GHz [19]. Todo esto, unido a la tendencia de crecimiento que está experimentando el consumo de datos en internet, hace que la demanda de esta clase componentes aumente, lo cual promueve el avance tecnológico de las tarjetas de red.

### 2.6.3. Torre y refrigeración

Para terminar con la sección del estado del arte de los componentes de las computadoras, se deben mencionar la refrigeración y la propia carcasa que encapsula todos los componentes, la torre.

Desde que los ordenadores de propósito general están disponibles en el mercado de masas, se puede decir que ha habido siempre dos opciones en lo que a refrigeración se refiere, una de refrigeración pasiva y otra de refrigeración activa. Por un lado, la refrigeración pasiva es una forma de extracción de calor que se usa y se ha usado en todo tipo de configuraciones. Siempre que haya componentes que produzcan calor y que puedan afectar a su funcionamiento o al de componentes colindantes, la primera opción es hacer uso de disipadores de calor que extraigan el calor de los componentes. Los disipadores se colocan en contacto directo con los componentes que son fuentes de calor y los enfrián por medio del intercambio de calor que ocurre en sus aletas. Estas aletas tienen una gran superficie que está en contacto con el aire lejano de la fuente de calor, por lo que el intercambio ocurre entre las aletas y el aire. Además de este tipo, existen otros tipos de disipadores pasivos más complejos, como las cámaras de vapor. En aplicaciones donde no se alcancen grandes picos de calor ni fuertes cambios de temperatura esta opción suele ser suficiente.

Por otro lado, en aplicaciones donde la refrigeración pasiva no es suficiente, el camino a seguir es aplicar refrigeración activa. La refrigeración activa combina los disipadores de calor de la refrigeración pasiva con un elemento que controle el intercambio de calor de

forma activa. Aunque la opción mayoritaria siempre ha sido el uso de ventiladores como elemento activo, otras opciones como la refrigeración líquida se han ido normalizando.

Todas las torres actuales están preparadas para soportar refrigeración pasiva o activa siempre que sea con ventiladores (no todas están preparadas para la refrigeración líquida). Sin embargo, más allá de la estética o la eficiencia energética, no ha habido ningún avance relevante en el sector de estos componentes.

## 2.7. DAQ

La tarjeta de adquisición de datos o DAQ (*Data Acquisition Card*) es el único elemento del sistema de adquisición que no es intrínseco a la computadora. Esta tarjeta es el elemento encargado de convertir una señal analógica recibida de un medidor analógico en una señal digital. El funcionamiento básico de una tarjeta de adquisición se basa en tomar muestras (o *muestrear*) de la señal real que se quiere medir en intervalos de tiempo periódicos. A este intervalo fijo y periódico se le conoce como periodo de muestreo, y con los datos recibidos de cada periodo de muestreo, la tarjeta convierte la señal analógica en digital.

Las tarjetas de adquisición tienen un uso principalmente profesional y académico y han ido evolucionando constantemente desde que fueron lanzados al mercado por primera vez hace 40 años. A lo largo de los años han ido apareciendo formas diferentes de diseñar un sistema de adquisición de datos, como por ejemplo los sistemas DAQ no basados en PC, los basados en PC con bus externo y los basados en PC con bus interno. Debido a la rápida evolución en potencia, rendimiento y accesibilidad de las computadoras de uso general, los avances y la tecnología se ha desarrollado hacia estos dos últimos, y principalmente hacia los sistemas DAQ basados en PC con bus interno. A pesar de esto, todavía es posible encontrar algunas aplicaciones industriales concretas en las que se siguen usando sistemas DAQ no basados en PC. En la Figura 6 se muestran una tarjeta DAQ basada en PC de bus externo a la izquierda y una de bus interno a la derecha.



**Figura 6:** Tarjetas de adquisición de datos basados en PC del fabricante Advantech. (a) Tarjeta DAQ basada en PC con bus externo. (b) Tarjeta DAQ basada en PC con bus interno.

Los últimos avances en la tecnología de los sistemas DAQ se centran en tres aspectos principales: la velocidad y la densidad de los datos, el desarrollo de adquisición de datos inalámbrica y móvil y, más recientemente, la inteligencia artificial. Ya hay fabricantes centrados en desarrollar los denominados “sistemas de alta densidad”, que son capaces de muestrear docenas de canales a la vez. Estos sistemas permitirían medir sistemas de mayor complejidad en tiempo real con una mayor fidelidad [20].

Actualmente, existen varias decenas de fabricantes de equipos de adquisición de datos centrados en el diseño y desarrollo de una gran variedad de instrumentación. Algunos de los principales fabricantes de sistemas de adquisición de datos son Advantech, DataQ, Dewetron, Dewesoft, NI y Tektronix.

### 3. Diseño de la plataforma computacional

La plataforma computacional de adquisición de datos se ha diseñado con una aplicación concreta en mente, un banco de pruebas de controladores digitales de velocidad y posición para motores. Por lo tanto, las características y especificaciones de los componentes escogidos se han optimizado para el caso de uso particular de esta aplicación.

#### 3.1. Requisitos del diseño

Teniendo en cuenta la aplicación concreta para la que se va a diseñar la plataforma de adquisición, a continuación se mencionan algunos requisitos que debe cumplir el diseño.

- El procesador deberá ser multinúcleo, de al menos 4 núcleos. Poder realizar simulación de controladores en tiempo real y la simulación HIL (*Hardware In the Loop*). Este tipo de ejecuciones suelen tener procesos paralelizables, por lo que poder separar la carga en varios núcleos facilitaría la ejecución y permitiría cumplir con la causalidad del control en tiempo real.
- La placa deberá tener un sistema DMA para enviar datos directamente a la memoria. Todas las placas actuales suelen tener un controlador DMA incorporado, pero este suele cambiar de arquitectura en arquitectura. Los métodos de adquisición que se valoran para esta plataforma son las E/S programadas por interrupción de la CPU y la adquisición por transferencia DMA. Para la comunicación DMA entre la tarjeta y la placa una buena opción son las líneas PCI.
- El diseño debe tener salidas analógicas para poder controlar motores de forma directa desde la tarjeta DAQ o por medio de amplificadores analógicos.
- El diseño debe tener entradas y salidas digitales. La mayoría de sensores y dispositivos de control se comunican con el PC mediante señales digitales.
- El diseño de la computadora no debe superar los 800 €. La tarjeta de adquisición no debe superar los 1000 €.

#### 3.2. Diseño preliminar y candidatos

El diseño de una computadora suele hacerse alrededor de un eje central que suele ser una de dos opciones: el procesador o la placa base. En aplicaciones donde interesa la potencia computacional y el rendimiento el diseño se suele hacer entorno a la elección de la CPU, mientras que en aplicaciones donde el control de periféricos y las posibilidades de entrada y salida son lo más relevante el diseño suele hacerse entorno a la placa base. El diseño de una plataforma de adquisición tiene como objetivo principal la adquisición de datos, por lo que la conectividad es lo primordial. Es por esto que el eje central de este diseño es la placa base y es el primer componente en ser elegido.

Como ya se mencionó en la Sección 2.2, los fabricantes de placas base hacen sus diseños para que sean compatibles con la arquitectura (chipset) de un de los dos grandes fabricantes de CPUs, Intel y AMD, y por lo tanto, las placas base se diferencian entre las que tienen zócalo para AMD o para Intel. Actualmente, los chipsets mas recientes de Intel y de AMD son la serie 700 y la familia AM5, respectivamente. Dada la restricción de presupuesto, las gamas más altas de ambos fabricantes puede que se queden fuera. Por otro lado, algunos de los requisitos requieren de una conectividad mínima que no ofrecen todas las placas, por lo que la gama baja queda descartada. Esto deja solo cuatro opciones:

	AMD		Intel
Modelo	B650	B650E/X670E	Z790
PCIe versión	4.0	4.0/5.0	3.0/4.0/5.0
PCI configuraciones	x1, x2, x4, x8, x16	x1, x2, x4, x8, x16	x1, x2, x4, x8, x16
DMI versión	-	-	4.0
# líneas DMI	-	-	8
Max RAM	192GB	192GB	192GB
RAM soportado (hasta)	DDR5	DDR5	DDR5

**Tabla 2:** Comparativa de los chipsets de gama media mas nuevos de AMD e Intel.[21]

La Tabla 2 solo recoge algunas especificaciones básicas de los chipsets mas recientes, aunque de cara a diseñar la plataforma son los más relevantes. De un vistazo rápido se puede observar que los chipsets de ambos fabricantes son muy similares. El detalle a destacar sería que Intel cuenta con canales DMI que conectan la CPU con el puente norte de la placa mediante PCIe 5.0. Cabe remarcar que AMD tiene su propia tecnología de bus de interconexión entre chipset y CPU (además de la interconexión de otros componentes), llamada UMI (*Unified Media Interface*).

Los modelos de placas a comparar son la ASUS TUF GAMING X670E-PLUS WIFI y la ASUS PRIME Z790-P LGA 1700.

### ASUS TUF GAMING X670E-PLUS WIFI

- Puertos PCIe: **3** en total: 1 x PCIe 5.0 x16, 1 x PCIe 4.0 x16, 1 x PCIe 4.0 x4.
- Slots RAM: **4** en total. Soporta DDR5 8000+ MHz.
- Slots M2: **4** en total. 1 x PCIe 5.0 x4, 2 x PCIe 4.0 x4, 1 x PCIe 3.0 x4.

### ASUS PRIME Z790-P LGA 1700

- Puertos PCIe: **5** en total: 1 x PCIe 5.0 x16, 3 x PCIe 4.0 x16, 1 x PCIe 3.0 x1.
- Slots RAM: **4** en total: Soporta DDR5 hasta 7200+ MHz.
- Slots M2: **3** en total. 3 x PCIe 4.0 x16. Soporta bifurcación x4.

Para el caso de elección de la placa ASUS TUF, tendremos que optar por seleccionar un procesador de AMD. En este caso, el chipset X670E es compatible con la 7<sup>a</sup> y, la recientemente lanzada, 8<sup>a</sup> generación de procesadores de AMD. Teniendo en cuenta las ventajas que nos da la placa nos ha parecido destacable el hecho de que a pesar de que la placa soporte memorias RAM con la configuración 1DPC 1R de hasta 7200 MHz, ninguno

de los procesadores dentro del rango de precios que tenemos es capaz de aprovechar tan alta frecuencia, por lo que hemos optado por otras características para la elección del procesador. La decisión más sensata para este montaje parece ser la CPU AMD Ryzen 5 8600G. Este procesador dispone de núcleos Zen 4 como los de 7<sup>º</sup> generación pero también tiene núcleos Zen 4c, los cuales optimizan mejor el consumo energético de la CPU. La razón que más peso ha tenido para seleccionar esta CPU ha sido su capacidad de gestionar memorias de hasta 256 GB(frente a los solo 128 de sus competidoras) aprovechando las capacidades otorgadas por la placa base y, además, el hecho de tener una GPU integrada. Esta GPU integrada puede ser útil para liberar carga de cómputo de la propia CPU y, en caso de ser necesario, podría ayudarnos a generar simulaciones del sistema sin necesidad de un dispositivo añadido de gran coste como sería una GPU dedicada.

Además, de la hoja de características de la placa base obtenemos una información extra: usando este procesador específico, las líneas PCIe dedicadas a las memorias que se van a usar serán el doble de rápidas por el hecho de disponer del doble de líneas, lo que es un detalle a tener en cuenta a la hora de tomar una decisión final.

Para el caso de la placa de ASUS PRIME nos vemos obligados a elegir un procesador de Intel de 12<sup>a</sup>, 13<sup>a</sup> y 14<sup>a</sup> generación. Vemos que hay una rango de precios en el que no encontramos procesadores compatibles, pero hemos optado por seleccionar los procesadores que más cerca se encuentran en términos económicos. Como límite superior, el i5 14400F (o 13400F, ambos son muy parecidos pero cambia ligeramente la frecuencia de funcionamiento) y como límite inferior el 12400. El 12400 no dispone de *Efficient cores* y tiene menos núcleos pero sigue cumpliendo los requisitos mínimos dispuestos en el apartado 3.1. Todos disponen de capacidad para poder manejar memorias de hasta 128 GB con tecnología DDR5 y todos alcanzan la misma frecuencia de reloj. En principio nos decantamos por el 12400 por ser la CPU mas asequible, pero si después de finalizar la configuración disponemos de un margen económico suficiente creemos que sería sensato invertir en una mejor CPU.

El siguiente paso sería seleccionar memorias RAM para las dos configuraciones. Comenzando por la configuración de AMD, disponemos de capacidad para manipular hasta 192 GB de memoria DDR5 de hasta 8000 MHz. Teniendo esto en cuenta, hemos optado por las memorias Kingston FURY Beast DDR5 5200MHz 32GB 2x16GB CL40 que están basadas en un solo módulo de 16 GB, así que, obteniendo dos podremos configurar la placa en *dual channel daisy chain* y obtener el máximo rendimiento de la placa base que vamos a usar. Existen otras alternativas de memorias RAM DIMM, pero son de tarjetas basadas en 2 módulos de 8 GB, lo que puede afectar en gran medida a la frecuencia máxima a la que pueden trabajar las memorias.

Para la configuración de Intel en la placa ASUS PRIME podemos usar memorias de hasta 192 GB con tecnología DDR5 de 7200 MHz. Teniendo esto en cuenta, la opción más recomendable son las tarjetas RAM Kingston FURY Beast DDR5 4800MHz 32GB 2x16GB CL38. Al igual que con la configuración AMD, las memorias Kingston proporcionan una excelente relación calidad-precio y aprovechan al máximo la frecuencia máxima dada por la placa base y la gestionable por la CPU.

El resto de componentes los hemos elegido con la ayuda de los configuradores de las páginas de los vendedores de componentes, pero siempre siguiendo ciertas pautas. Queríamos verificar una alimentación estable así que hemos optado por intentar disponer de alimentaciones con certificación 80 Plus Gold para cerciorarnos de que el PC se ali-

menta correctamente. Además, a la hora de elegir el almacenamiento, hemos visto más que suficiente la opción de 1 TB. Para el almacenamiento han sido seleccionadas memorias M.2 NVMe. Estas, van conectadas a la CPU directamente por PCIe, teniendo así la máxima tasa de lectura y escritura entre todos los tipos de memorias para almacenamiento disponibles en el mercado. En ambos casos hemos integrado una tarjeta gráfica para poder reducir carga computacional de la CPU. Es cierto que los procesadores de las configuraciones tiene unidades gráficas integradas, pero, hemos visto oportuno añadir el componente en la configuración Intel ya que podría llegar a resultar útil para futuros usos.

Finalmente, la torre ha sido el elemento en el que menos dinero hemos querido invertir, ya que la diferencia principal entre los chasis de gama baja y gama alta es estética. Lo único que sí se ha verificado es la compatibilidad con la plataforma ATX para poder montar la placa base y que el tamaño fuera el suficiente para poder mantener los componentes a una temperatura correcta, o dicho de otra manera, que pudiera disipar suficiente calor.

### 3.3. Propuesta final

Antes de presentar la propuesta final, la Tabla 3 muestra los componentes de las dos configuraciones de forma comparativa y visual.

Componente	Configuración AMD	Configuración Intel
CPU	AMD Ryzen 5 8600G	Intel Core i5 12400
Placa Base	ASUS TUF GAMING X670E-PLUS WIFI	ASUS PRIME Z790-P
RAM	Kingston FURY Beast DDR5 5200 MHz 2x16GB CL40	Kingston Fury Beast DDR5 4800 MHz 2x16GB CL38
Alimentación	Nox Hummer GD650 80 Plus Gold	Aerocool Mirage Gold RGB 650W 80 Plus Gold Modular
ROM	Kingston NV2 1TB SSD PCIe 4.0 NVMe	Kingston NV2 1TB SSD PCIe 4.0 NVMe
GPU	-	ASUS ROG Strix Radeon RX 560 V2 4GB GDDR5
Chasis	Tempest Shade RGB Torre ATX Blanca	Tacens Imperator II USB 3.0 Negra

**Tabla 3:** Resumen de componentes para sendas configuraciones. Los recuadros en verde indican que el componente es superior y los recuadros en amarillo que son equivalentes en cuanto a prestaciones.

Cabe destacar que ambas configuraciones usarán los disipadores que vienen incluidas con el procesador, los cuales son rudimentarios pero creemos que cumplirán con su objetivo. De igual manera disponemos de cierto margen en la configuración de AMD para comprar un disipador de mayor calidad.

Basándonos en lo indicado en la Tabla 3 podemos ver que ambas configuraciones son muy parecidas. Teniendo en cuenta que la configuración de AMD no necesita una tarjeta gráfica dedicada hemos podido redirigir esos recursos económicos en una placa base de mayor calidad. En la otra configuración del proyecto, la placa base de Intel era el componente de mayor importancia que hacía inclinar la balanza en su favor. Sin embargo, ya

que la configuración de AMD no necesita una GPU se ha podido elegir una placa base mejor. Por ello y por los motivos a continuación, se ha elegido la configuración de AMD.

- La CPU tiene más núcleos y de mejor rendimiento a la vez que dispone de núcleos de eficiencia energética que pueden hacer que disminuya el consumo.
- La placa base dispone de todas las cualidades necesarias para el proyecto. En ambos casos, las configuraciones cuentan con las últimas tecnologías, aunque hay que mencionar que la placa base de AMD incluye una tarjeta de red WiFi, el cual es un componente extra que nos puede ser útil.
- Las memorias para la placa de AMD pueden trabajar a mayor frecuencia, lo cual puede ser útil para adquisiciones de muestreo muy alto y con DMA.
- Aunque la alimentación no sea modular tiene una certificación de estabilidad alta y posee unas valoraciones muy positivas. Además, no tener que alimentar una componente como la GPU hará que la fuente esté sometida a menos esfuerzo.
- Hemos podido invertir en una torre más grande que permite una mejor ventilación

Respecto a la tarjeta de adquisición basada en PC hemos decidido decantarnos por la tarjeta 6321 de National Instruments dado que era la más conveniente para este proyecto. Esta tarjeta dispone de conexión PCIe, 16 entradas analógicas con capacidad de obtener 250.000 muestras por segundo y 2 salidas analógicas que dan 900.000 muestras por segundo. Además, dispone de 24 entradas/salidas digitales.

Las salidas analógicas de la tarjeta multifunción se usarán para administrar la señal de control analógica a la planta y las entradas/salidas digitales se usarán para adquirir las señales de los encoders de la planta.

## 4. Presupuesto y resumen de costes

En este apartado se indican con detalle el coste de cada uno de los productos. Comenzando por el coste del PC, el desglose se indica en la Tabla 4.

Componente	Configuración Final	Coste (€)
CPU	AMD Ryzen 5 8600G	196.99
Placa Base	ASUS TUF GAMING X670E-PLUS WIFI	289.89
RAM	Kingston FURY Beast DDR5 5200 MHz 2x16GB CL40	114.99
Alimentación	Nox Hummer GD650 80 Plus Gold	82.99
ROM	Kingston NV2 1TB SSD PCIe 4.0 NVMe	61.99
GPU	No será necesaria	0
Chasis	Tempest Shade RGB Torre ATX Blanca	44.99
Total		791.84

**Tabla 4:** Costes individuales de los componentes del ordenador y coste total del montaje.

Además de esto deberíamos considerar el coste de una licencia de Windows OEM (*Original Equipment Manufacturer*) en caso de que fuera necesario. Sin embargo, se podría instalar un sistema operativo UNIX gratuito y ahorrar así ese gasto. Las licencias OEM son licencias que se venden en masa principalmente a distribuidores de PC como mayoristas, lo cual implica grandes descuentos si se compara con su precio en el mercado de consumidores. Su precio ronda las 12 – 15€, aunque se pueden encontrar por precios de hasta 3€ (visitar [gamers-outlet.net](http://gamers-outlet.net)) y son equivalentes a licencias oficiales. Su única desventaja es que son llaves ligadas al hardware y en caso de cambiar la configuración tendríamos que conseguir otra llave. Como solución provisional podría ser factible.

Por otro lado el coste de la DAQ de National Instruments asciende a 968,00€ lo que sumado al coste del PC daría una suma total de 1754,84€. Es evidente que cumplimos con el presupuesto y con las especificaciones indicadas en el apartado [3.1](#).

Como realmente la suma total del presupuesto son 1800 euros disponemos de 45,16€ para mejorar la configuración. Ese dinero se podría invertir en la licencia de Windows mencionado anteriormente, en un mejor disipador para el procesador y algún ventilador extra para que la caja disipe mejor. Aun así sobraría algo de dinero para poder comprar borneros y componentes externos como etapas de amplificación y adaptadores para poder adecuar todo lo necesario para la adquisición y control.

## 5. Conclusiones

A lo largo del desarrollo de este proyecto se han explicado conceptos generales de los componentes que forman una computadora moderna y se ha hecho un análisis del estado actual del mercado de componentes además de las últimas tecnologías en el sector informático. Se han analizado decenas de componentes y se ha buscado ajustarse lo máximo posible a las restricciones impuestas en el montaje. Finalmente, se ha propuesto un diseño funcional basado en las búsquedas realizadas. Por lo tanto, se concluye que se ha cumplido el objetivo de este trabajo, presentar una configuración válida y bien informada para el montaje de una plataforma de adquisición de datos basada en PC.

Uno de los puntos clave ha sido la elección de la placa base. La placa es el componentes que interconecta todos los elementos de la computadora por lo que una mala elección puede ocasionar grandes carencias a la hora de montar la plataforma de adquisición. Tras el análisis de mercado que se ha hecho, se pueden extraer algunas deducciones interesantes.

La idea inicial era optar por placas de gama media que cumplían decentemente los requisitos dispuestos, pero, tras finalizar la configuración, se ha visto que se disponía de presupuesto suficiente para acceder a las de gama alta. Así, las conexiones mas relevantes para una buena comunicación entre componentes estarías aseguradas. Cabe destacar que se ha podido optar a esta mejora por el simple hecho de haber encontrado una oferta que entraba dentro de las cuentas. Es notorio que la frecuencia con la que fluctúan los precios de los componentes puede jugar un papel importante en el gasto final del ordenador y que con la paciencia suficiente, se puedan comprar los diferentes componentes de forma individual para ahorrar en costes.

En segundo lugar, se ha podido comprobar que la industria de procesadores avanza más rápido que la de las placas base. Recientemente, Intel ha lanzado una nueva línea de procesadores sin renovar su línea de chipsets de placas base. Esto ha provocado que muchas de las placas para Intel que se han encontrado estuviesen atrasadas en comparación con las de AMD debido a las restricciones de los chipsets.

Respecto a la memoria RAM seleccionada se ha visto que aunque las placas base fueran capaces de dar frecuencias de hasta 8000 MHz en el caso de AMD y 7200 MHz en el caso de Intel, los procesadores seleccionados, al ser de gama media, no son capaces de sacar el máximo rendimiento a la frecuencia que da la placa. En ambos casos se han tenido que buscar memorias con frecuencias más bajas, lo cual puede ser un gran limitante en este tipo de proyectos. Si se requiriera de una frecuencia mayor por parte de las memorias habría que optar por unos procesadores de mayor gama.

Por otro lado, aunque los precios de los componentes no se encuentren tan inflados como sucedió hace dos o tres años dados los problemas que causó la pandemia en las líneas de suministro, tampoco se puede decir que los precios hayan vuelto a los valores pre-pandemia. Una variedad de factores geopolíticos y sucesos de gran importancia socio-económica han causado que los precios de los productos electrónicos se mantengan en valores elevados. Algunos de estos factores incluyen el conflicto armado en Ucrania y la guerra de sanciones económicas entre EE.UU. y China por el control de las manufactureras taiwanesas entre otros.

Finalmente, queda claro que los rápidos avances tecnológicos en el sector electrónico hacen que un análisis como el que se ha realizado en este trabajo se pueda considerar

obsoleto en poco más de uno o dos años. Es por esto que los componentes principales de la plataforma se han elegido teniendo en cuenta en qué dirección puede evolucionar el mercado. Se prevén grandes avances litográficos en el corto plazo y la computación cuántica se plantea como una de las soluciones al límite físico que se terminará alcanzando en la fabricación de transistores en silicio. Por ello, se espera que la placa de esta plataforma pueda seguir resultando efectiva durante unos años.

# Referencias

- [1] Etecé. «CPU.» concepto, ed. (2023), dirección: <https://concepto.de/cpu/>.
- [2] Anónimo. «Evolution of the CPU Processor.» onubaElectrónica, ed. (2023), dirección: <https://www.onubaelectronica.es/evolucion-de-la-cpu/>.
- [3] Intel. «Productos Intel.» Intel, ed. (2023), dirección: <https://www.intel.la/content/www/xl/es/newsroom/news/intel-core-14th-gen-desktop-processors.html>.
- [4] AMD. «Productos AMD.» AMD, ed. (2023), dirección: <https://www.amd.com/en/processors/ryzen>.
- [5] Anónimo. «BIOS: ¿Qué es? ¿Para qué sirve en nuestro ordenador?» P. Review, ed. (2023), dirección: <https://www.profesionalreview.com/guias/bios/>.
- [6] Anónimo. «Motherboard Market Analysis APAC, North America, Europe, South America, Middle East and Africa - US, Taiwan, China, Japan, South Korea - Size and Forecast 2023-2027.» technavio, ed. (2022), dirección: <https://www.technavio.com/report/motherboard-market-analysis>.
- [7] M. Kan. «Consumer Motherboards To Add Support For 256GB of RAM.» PCMag, ed. (2023), dirección: <https://www.pcmag.com/news/consumer-motherboards-to-add-support-for-256gb-of-ram>.
- [8] J. García. «El PCIe 6.0 ya es una realidad que probaremos este 2024.» HardZone, ed. (2023), dirección: <https://hardzone.es/noticias/perifericos/pcie-6-0-realidad-probaremos-este-2024/>.
- [9] M. Kan. «Get Ready for Crazy Fast Speeds With PCIe 7.0.» PCMag, ed. (2023), dirección: <https://www.pcmag.com/news/get-ready-for-crazy-fast-speeds-with-pcie-70>.
- [10] N. Broekhuijsen. «DDR5 Specifications Land: Up To 8400 MHz, Catering To Systems With Lots of Cores.» tom's HARDWARE, ed. (2020), dirección: <https://www.tomshardware.com/news/ddr5-specifications-8400-mhz-cpu-cores>.
- [11] A. Shilov. «SK hynix Ships LPDDR5T: 9600 MT/s Memory for Smartphones.» Anandtech, ed. (2023), dirección: <https://www.anandtech.com/show/21141/sk-hynix-ships-lpddr5t-9600-mts-for-smartphones>.
- [12] Anónimo. «Is DDR5 finally necessary?» ATP, ed. (2022), dirección: <https://www.atpinc.com/blog/ddr5-vs-ddr4-key-difference-and-advantages>.
- [13] N. Hagoort. «Exploring the GPU Architecture.» VMware, ed. (2020), dirección: <https://core.vmware.com/resource/exploring-gpu-architecture>.
- [14] B. Colomer. «NVIDIA RTX 40 vs RTX 30: diferencias de rendimiento, consumo y precio.» E. C. Informático, ed. (2023), dirección: <https://elchapuzasinformatico.com/2023/05/comparativa-nvidia-rtx-40-vs-rtx-30/>.
- [15] Anónimo. «Explicación de los tipos de memoria de la computadora: Flash, SSD, RAM, EEPROM, HDD.» arrow, ed. (2019), dirección: <https://www.arrow.com/es-mx/research-and-events/articles/computer-memory-types-explained-flash-ssd-ram-eeprom-hdd>.
- [16] Anónimo. «2 Types of M.2 SSDs: SATA and NVMe.» kingston tecnology, ed. (2023), dirección: <https://www.kingston.com/en/blog/pc-performance/two-types-m2-vs-ssd>.
- [17] Anónimo. «(80 Plus Program Details).» CLEAResult, ed. (2024), dirección: <https://www.clearesult.com/80plus/index.php/program-details>.

- [18] S. Batt. «Gigabyte is releasing a PCIe Wi-Fi 7 network card to help bring older machines up to speed.» XDA, ed. (2023), dirección: <https://www.xda-developers.com/gigabyte-pcie-wi-fi-7-network-card/>.
- [19] D. Soriano. «WiFi 7 vs WiFi 6: así volarán las conexiones en cuestión de meses.» ADSLzone, ed. (2022), dirección: <https://www.adslzone.net/noticias/redes/wifi-7-vs-wifi-6-caracteristicas-cambios-mejoras-ventajas/>.
- [20] Anónimo. «The Future of Data Acquisition Systems: Innovations and Trends to Watch Out For.» B. Electrical, ed. (2023), dirección: <https://www.bassettelectrical.co.uk/the-future-of-data-acquisition-systems-innovations-and-trends-to-watch-out-for/>.
- [21] Anónimo. «AMD B650E VS B650 Motherboards – Differences and What to Expect.» ElectronicsHub, ed. (2023), dirección: <https://www.electronicshub.org/amd-b650e-vs-b650-motherboards/>.