

Guía Operativa Integral de KiCad 9: Del Esquema a la Fabricación

Sección 1: Configuración Fundamental y del Entorno

Esta sección inicial establece las bases necesarias para cualquier proyecto. Va más allá de una simple guía de instalación para contextualizar la filosofía de desarrollo de KiCad y su infraestructura de nivel profesional, asegurando que el usuario comience con un entorno robusto y correctamente configurado.

1.1 Identificación de la Última Versión Estable: KiCad 9.0.4

Este informe se basa exclusivamente en la versión estable más reciente, identificada como la versión 9.0.4, lanzada el 18 de agosto de 2025.¹ Esto garantiza que todas las instrucciones y descripciones de características sean actuales y relevantes. Las versiones de corrección de errores (por ejemplo, 9.0.1, 9.0.2, 9.0.3) se publican periódicamente y contienen soluciones a fallos críticos y mejoras menores sobre la versión principal, refinando la estabilidad y el rendimiento de la herramienta.¹

1.2 Comprensión de los Canales de Distribución de KiCad

KiCad ofrece tres canales de distribución principales, una estructura que refleja las prácticas de los ciclos de vida de desarrollo de software profesional y permite a los usuarios elegir un nivel de estabilidad que se ajuste a sus necesidades.⁴ Esta organización no es típica de un proyecto aficionado, sino un indicador de una gestión madura y profesional que separa el desarrollo de vanguardia de las versiones de producción fiables. Este proceso riguroso minimiza los errores en la versión estable, haciéndola adecuada para uso comercial, académico y profesional.

- **Versiones Estables (Stable Releases):** Son las versiones oficiales y etiquetadas, recomendadas para trabajos de producción debido a su fiabilidad. Las actualizaciones de versiones mayores (por ejemplo, de 8.x a 9.x) introducen nuevas características y cambios en el formato de los archivos que no son retrocompatibles.⁴
- **Versiones de Prueba (Testing Builds):** Son compilaciones nocturnas de la rama de la versión estable. Contienen correcciones de errores destinadas a la siguiente versión menor (por ejemplo, cambios que se convertirán en la 9.0.5) y son adecuadas para usuarios que necesitan una corrección específica antes del lanzamiento oficial.⁴

- **Versiones Nocturnas (Nightly Builds):** Se compilan a partir de la rama de desarrollo principal y contienen características nuevas y experimentales. Son las menos estables y pueden instalarse junto a las versiones estables para fines de prueba.⁴

La siguiente tabla resume las características clave de cada canal para ayudar en la elección de la instalación.

Tabla 1: Comparación de los Canales de Distribución de KiCad

Canal	Propósito Principal	Nivel de Estabilidad	Usuario Recomendado	Frecuencia de Actualización
Estable	Trabajo de producción, proyectos críticos	Más alto	Todos los usuarios, especialmente en entornos profesionales y académicos	Anual (versión mayor), bimensual (versiones menores)
De Prueba	Acceso anticipado a correcciones de errores	Medio	Usuarios que necesitan una corrección de error específica antes del lanzamiento oficial	Diaria
Nocturno	Prueba de nuevas características	Bajo	Desarrolladores, entusiastas y usuarios que desean probar las últimas funcionalidades	Diaria

1.3 Procedimientos de Instalación Multiplataforma

KiCad ofrece instaladores nativos y repositorios de paquetes para los principales sistemas operativos, demostrando un compromiso con la accesibilidad y la seguridad del usuario.

- **Windows:** Los instaladores para las plataformas x86-64 y arm64 están disponibles para su descarga en el sitio web oficial. Para garantizar la autenticidad y seguridad, los ejecutables están firmados digitalmente por "KICAD SERVICES CORPORATION".⁶
- **macOS:** El instalador oficial es compatible con macOS 12 y versiones más recientes.⁵
- **Linux:** Se proporcionan instrucciones detalladas para varias distribuciones, asegurando una integración perfecta con los gestores de paquetes del sistema:
 - **Ubuntu/Linux Mint:** Se recomienda utilizar el PPA (Personal Package Archive) oficial para las versiones estables: `ppa:kicad/kicad-9.0-releases`.⁴

- **Fedora:** La instalación se gestiona a través del repositorio Copr: @kicad/kicad-stable.⁴
- **Flatpak:** Es el método recomendado oficialmente para otras distribuciones. Flatpak garantiza el acceso a la última versión estable, independientemente de la velocidad de actualización de los repositorios de la distribución.⁴

1.4 Configuración Inicial de Librerías

Al iniciar KiCad por primera vez, se presenta un diálogo para configurar las tablas de librerías globales de símbolos y huellas (footprints), un paso crucial para acceder a los componentes del diseño.⁷ La gestión de estas librerías ha evolucionado significativamente, reflejando un movimiento deliberado hacia la mejora de la calidad, la trazabilidad y la eficiencia de las contribuciones de la comunidad.

La estructura moderna de las librerías de KiCad está alojada en repositorios de GitLab, organizados por tipo de contenido: símbolos esquemáticos, huellas de PCB, modelos 3D y plantillas de proyecto.⁹ Este enfoque, que utiliza un sistema de control de versiones como Git, permite a los usuarios acceder fácilmente a las librerías correspondientes a una versión específica de KiCad, evitando problemas de incompatibilidad.

Además, las librerías oficiales se adhieren a las Convenciones de Librerías de KiCad (KLC), un conjunto de directrices que garantizan la calidad y consistencia de todos los componentes. Estas convenciones incluyen normas de nomenclatura, el uso del inglés americano como idioma estándar y el uso de finales de línea de estilo Unix para asegurar la compatibilidad entre sistemas operativos.¹⁰ Este enfoque estructurado y controlado por calidad hace que las librerías por defecto sean mucho más fiables y fomenta contribuciones de alta calidad por parte de la comunidad, fortaleciendo todo el ecosistema de KiCad.

Sección 2: El Flujo de Trabajo del Proyecto KiCad: Diseño y Verificación de Esquemas

Esta sección ofrece un recorrido completo por el proceso de captura de esquemas, haciendo hincapié en la filosofía de diseño central de KiCad y las herramientas utilizadas para garantizar un diagrama de circuito lógicamente correcto y bien documentado.

2.1 El Gestor de Proyectos de KiCad

El Gestor de Proyectos de KiCad es el centro de control desde el cual se crean, abren y gestionan todos los archivos asociados a un diseño.⁷ Al crear un nuevo proyecto, se genera una estructura de archivos que incluye el archivo principal del proyecto (.kicad_pro), el archivo de esquema (.kicad_sch) y el archivo de la placa de circuito impreso (.kicad_pcb).³ Es fundamental utilizar la opción "Crear una nueva carpeta para el proyecto" durante la creación para asegurar que todos los archivos relacionados permanezcan organizados y autónomos.⁷

2.2 Captura de Esquemas: Construyendo el Circuito Lógico

El primer paso en el diseño es la creación del esquema, que representa la lógica y las conexiones del circuito.

- **Configuración de la Página y el Documento:** Antes de dibujar, es una buena práctica configurar los metadatos de la hoja a través de Archivo → Configuración de la página. Aquí se puede definir el tamaño del papel, el título del proyecto, la fecha y otra información relevante que aparecerá en el cajetín del esquema.⁷
- **Adición de Componentes (Símbolos):** Los componentes se añaden utilizando la herramienta "Añadir un Símbolo" (atajo de teclado 'A'). Esto abre el selector de símbolos, que permite buscar y filtrar componentes dentro de las librerías configuradas.⁷
- **Manipulación de Componentes:** Una vez en el esquema, los símbolos pueden ser manipulados con atajos de teclado intuitivos: 'M' para mover, 'R' para rotar y 'G' para arrastrar (manteniendo las conexiones de cables).¹²
- **Cableado y Conectividad:**
 - Las conexiones eléctricas se dibujan con la herramienta "Añadir un Hilo" (atajo 'W') para conectar los pines de los componentes.⁷
 - Los símbolos de alimentación (como VCC y GND) se añaden eficientemente con la herramienta "Añadir un Símbolo de Alimentación" (atajo 'P').⁷
 - Para esquemas complejos, las "Etiquetas de Red" (atajo 'L') son esenciales. Permiten crear conexiones nombradas sin necesidad de dibujar hilos explícitos, lo que mejora drásticamente la legibilidad y organización del diseño.⁷

2.3 Anotación, Asignación de Valores y Asociación de Huellas

Una vez que los componentes están colocados y conectados, es necesario asignarles identificadores únicos y asociarlos con sus paquetes físicos.

- **Anotación:** Este proceso asigna designadores de referencia únicos (R1, C1, U1) a todos los componentes. Se realiza de forma automática a través de Herramientas → Anotar Esquema.¹²
- **Asignación de Valores:** El campo "Valor" de cada componente se edita para especificar sus propiedades (p. ej., "10k", "1uF"). Esta información es crucial para la documentación y la generación de la lista de materiales (BOM).¹²
- **La Filosofía Central de KiCad: Desacoplamiento de Símbolos y Huellas:** Una de las características arquitectónicas más definitorias de KiCad es la separación deliberada entre los símbolos esquemáticos y las huellas de PCB. Esto no es un simple detalle de implementación, sino una filosofía de diseño que prioriza la flexibilidad y la eficiencia de las librerías. A diferencia de otros programas donde un componente es una entidad monolítica que combina símbolo y huella, en KiCad, el símbolo representa la función lógica (p. ej., un regulador de voltaje LM7805), mientras que la huella representa el

encapsulado físico (p. ej., TO-220, DPAK).¹³ Esta relación no es fija, sino que se define para cada componente dentro del proyecto.

- **Proceso de Asignación de Huellas:** La vinculación se realiza mediante la "Herramienta de Asignación de Huellas" (Herramientas → Asignar Huellas). Esta interfaz permite al diseñador asociar cada símbolo del esquema con una huella física de las librerías. Se pueden utilizar filtros por número de pines y por librería para simplificar la búsqueda.⁷ Esta flexibilidad permite, por ejemplo, cambiar un componente de tecnología de agujero pasante (through-hole) a montaje superficial (surface-mount) simplemente reasignando la huella, sin modificar el símbolo en el esquema.

2.4 Verificación del Esquema y Generación de Salidas

Antes de pasar al diseño de la PCB, el esquema debe ser verificado para detectar errores lógicos.

- **Comprobación de Reglas Eléctricas (ERC):** El ERC (Inspeccionar → Comprobador de Reglas Eléctricas) es una herramienta fundamental que detecta errores lógicos como pines sin conectar, múltiples salidas conectadas entre sí o conflictos de alimentación.³ La versión 9.0.4, por ejemplo, añadió una comprobación para netclasses no definidas, mejorando la robustez de la verificación.²
- **Generación de la Lista de Materiales (BOM):** La herramienta de BOM (Herramientas → Generar Lista de Materiales) extrae la información de todos los componentes del esquema para crear una lista de piezas. La interfaz permite personalizar los campos exportados y el formato de salida (p. ej., CSV) para su uso en sistemas de adquisición o gestión de inventario.³

Tras la verificación, el diseño está listo para la transición al dominio físico. El paso explícito de "Generar Netlist" (en versiones anteriores) o la función más moderna "Actualizar PCB desde Esquema" sirve como la transferencia formal de información. La netlist es, en efecto, el "contrato" o la "fuente de verdad" que define todos los componentes y sus interconexiones, sirviendo como puente entre el dominio lógico (esquema) y el físico (PCB).¹³ Este paso formal, iniciado por el usuario, asegura que el proceso de diseño de la placa comience con un estado verificado e intencional del esquema, reforzando la idea de que el esquema es el documento maestro de la conectividad del circuito.

Sección 3: Diseño de la Placa de Circuito Impreso (PCB) y Diseño Físico

Esta sección detalla el proceso de transformación del esquema verificado en una placa de circuito impreso física y fabricable. Cubre la configuración de la placa, las estrategias de colocación de componentes y el intrincado proceso de enrutado.

3.1 Transición del Esquema al Editor de PCB

Con el esquema completo y verificado, el siguiente paso es abrir el Editor de PCB desde el Gestor de Proyectos. La información del diseño se transfiere utilizando la herramienta "Actualizar PCB desde Esquema" (atajo de teclado F8). Esta acción importa la netlist, colocando todas las huellas de los componentes en el área de trabajo y mostrando una "maraña de conexiones" (ratsnest) que representa las conexiones lógicas que deben ser enrutadas físicamente.¹²

3.2 Configuración de la Placa y Restricciones Físicas

Antes de colocar los componentes, es crucial definir los parámetros físicos de la placa.

- **Definición del Apilado de Capas (Layer Stackup):** A través del diálogo de Configuración de la Placa (Archivo → Configuración de la Placa), se define el número de capas de cobre, su función (señal, alimentación, etc.) y las propiedades físicas del material dieléctrico.¹⁴ KiCad admite hasta 32 capas de cobre, lo que permite diseños de alta complejidad.³
- **Dibujo del Contorno de la Placa:** El perímetro físico de la PCB se define en la capa Edge.Cuts. Utilizando las herramientas de dibujo gráfico (líneas, arcos, polígonos), se traza el contorno exacto de la placa. Este contorno es una instrucción crítica para el fabricante, ya que define dónde se cortará la placa.⁷
- **Establecimiento de Reglas de Diseño:** En el mismo diálogo de Configuración de la Placa, se establecen las reglas de diseño globales. Estas incluyen distancias mínimas de aislamiento (clearances), anchos de pista y tamaños de vía, que a menudo se basan en las capacidades del fabricante de PCB elegido para asegurar la fabricabilidad.¹⁴

3.3 Colocación Estratégica de Componentes

Una colocación de componentes bien pensada es la base de un buen diseño de PCB y simplifica enormemente el enrutado posterior.

- Consideraciones de Colocación⁷:
 - **Componentes Fijos Primero:** Se deben colocar primero los componentes con ubicaciones físicas predeterminadas, como conectores, interruptores, LEDs y orificios de montaje.
 - **Proximidad Eléctrica:** Los componentes que están interconectados en el esquema deben colocarse cerca unos de otros para minimizar la longitud de las pistas. Un ejemplo clásico es colocar los condensadores de desacoplo (bypass) lo más cerca posible de los pines de alimentación del circuito integrado al que sirven.
 - **Flujo de Señal:** Organizar los componentes para que sigan un flujo de señal lógico a través de la placa (p. ej., de entrada a salida), lo que resulta en un enrutado más limpio.

- **Gestión Térmica:** Separar los componentes sensibles al calor de aquellos que generan una cantidad significativa de calor (p. ej., reguladores de voltaje, amplificadores de potencia).
- **Reglas de Patio (Courtyard):** Cada huella tiene una capa de "patio" que define el área mínima requerida para la colocación y el acceso. Es fundamental asegurarse de que los patios de los componentes no se solapen.
- El ratsnest sirve como una guía visual invaluable durante este proceso, indicando las conexiones directas y ayudando a optimizar la posición relativa de los componentes para minimizar el cruce de pistas.⁷

3.4 Enrutado de Pistas

El enrutado consiste en dibujar las pistas de cobre que materializan las conexiones lógicas del ratsnest.

- **Inicio del Enrutado:** La herramienta "Enrutar Pistas" (atajo 'X') se utiliza para dibujar las conexiones de cobre entre los pads.⁷
- **Cambio de Capas y Adición de Vías:** Durante el enrutado, al presionar la tecla 'V' se inserta una vía, que es un agujero metalizado que permite que una pista continúe en una capa de cobre diferente. Esto es esencial para los diseños de múltiples capas.
- **Enrutador Interactivo "Empujar y Apartar" (Push-and-Shove):** El enrutador moderno de KiCad es una herramienta inteligente que va más allá del simple dibujo de líneas. Al enrutar una nueva pista, el enrutador empuja automáticamente las pistas y vías existentes para hacer espacio, siempre respetando las reglas de diseño. Esta capacidad de "empujar y apartar" acelera drásticamente el enrutado de placas densas, transformando la tarea del diseñador de un trabajo manual meticuloso a la guía de una herramienta asistida que gestiona las complejidades de bajo nivel.¹⁷
- **Gestión del Ancho de Pista:** El ancho de las pistas se puede cambiar dinámicamente durante el enrutado para adaptarse a diferentes requisitos (p. ej., pistas más anchas para las líneas de alimentación que transportan más corriente, y más finas para las señales de baja potencia).

3.5 Vertidos de Cobre (Zonas)

Las zonas son grandes áreas de cobre conectadas a una red específica, comúnmente utilizadas para planos de tierra (GND) o de alimentación.

- Se crean utilizando la herramienta "Añadir una Zona Rellena".⁷
- En el diálogo de propiedades de la zona, se configura la red a la que se conecta, la distancia de aislamiento con otros objetos de cobre y los ajustes de alivio térmico para los pads (conexiones en forma de radios que facilitan la soldadura).
- Es crucial rellenar las zonas (atajo 'B') después de realizar cambios en el diseño para asegurar que el vertido de cobre se actualice correctamente alrededor de las nuevas pistas y componentes.

3.6 Verificación del Diseño: Comprobación de Reglas de Diseño (DRC)

El paso final antes de generar los archivos de fabricación es ejecutar la Comprobación de Reglas de Diseño (DRC) a través de Inspeccionar → Comprobador de Reglas de Diseño.⁷ El DRC verifica que el diseño físico cumpla con todas las reglas establecidas (aislamiento, anchos de pista, tamaños de vía, etc.). Es obligatorio corregir todos los errores reportados por el DRC para garantizar que la placa sea fabricable.

El flujo de trabajo de KiCad no es estrictamente lineal. El software soporta tanto la anotación hacia adelante ("Actualizar PCB desde Esquema") como la anotación hacia atrás ("Actualizar Esquema desde PCB").⁷ Esta capacidad bidireccional es fundamental para un diseño iterativo profesional. Por ejemplo, si durante el diseño de la placa se determina que una huella diferente es más fácil de enrutar, este cambio puede ser sincronizado de vuelta al esquema. Esto evita que el esquema y el diseño de la placa diverjan, una fuente común de errores en proyectos complejos, y permite un ciclo de diseño flexible donde las restricciones mecánicas y eléctricas pueden influir en el diseño en cualquier etapa.

Sección 4: Técnicas de Diseño Avanzadas y Funcionalidad

Esta sección explora las capacidades avanzadas de KiCad 9 que permiten el diseño de circuitos de alta velocidad, alta densidad y especializados, posicionándolo como una herramienta para desafíos de ingeniería profesional.

4.1 Diseño de Alta Velocidad: Pares Diferenciales y Ajuste de Longitud

Para señales de alta velocidad como USB, Ethernet o LVDS, es crucial mantener la integridad de la señal. KiCad proporciona herramientas especializadas para este fin.

- **Preparación en el Esquema:** Las redes que forman un par diferencial se definen en el esquema nombrandolas con un sufijo común, como `_P` y `_N` o `+` y `-` (p. ej., `USB_D+` y `USB_D-`).¹⁹
- **Cálculo de Impedancia:** KiCad incluye una herramienta de cálculo (Herramientas de Cálculo) que ayuda a determinar el ancho de pista y la separación necesarios para lograr una impedancia diferencial específica (p. ej., $90\ \Omega$ para USB), basándose en las propiedades del apilado de capas de la PCB.¹⁹
- **Enrutado de Pares Diferenciales:** Se utiliza la herramienta dedicada "Enrutar Par Diferencial", que traza ambas pistas simultáneamente, manteniendo la separación calculada constante a lo largo de toda la ruta para preservar la impedancia.²⁰
- **Ajuste de Longitud y Retardo (Skew):** Para asegurar que ambas señales de un par lleguen a su destino al mismo tiempo, sus longitudes deben ser idénticas. Las herramientas "Ajustar Longitud de Par Diferencial/Retardo" permiten añadir meandros

(serpentinadas) a la pista más corta para igualar su longitud con la más larga, minimizando así el retardo (skew) entre ellas.²⁰

4.2 El Motor de Reglas de Diseño Personalizadas

El motor de reglas de diseño personalizadas es una de las características más potentes de KiCad, elevándolo al nivel de las herramientas EDA profesionales. Permite definir restricciones de diseño complejas que van mucho más allá de las simples clases de red.

- **Sintaxis de las Reglas:** Las reglas se escriben en un formato de expresión-S y constan de cláusulas como (rule...) para nombrar la regla, (condition...) para especificar a qué objetos se aplica, y (constraint...) para definir la restricción en sí (p. ej., track_width, clearance).¹⁵
- **Ejemplos Prácticos:**
 - **Impedancia Controlada por Capa:** Se puede crear una regla que aplique un ancho de pista de 0.25 mm a una clase de red en las capas exteriores, pero un ancho de 0.1 mm a la misma clase de red en las capas interiores. Este es un requisito común para mantener una impedancia constante en diferentes capas y es imposible de lograr con un sistema simple de clases de red.²²
 - **Áreas de Reglas:** En el esquema, se pueden dibujar "áreas de reglas" para aplicar restricciones específicas a todas las redes que se encuentren dentro de una región física particular de la placa.²³
 - **Reglas de Aislamiento Complejas:** Es posible definir reglas para aumentar la distancia de aislamiento alrededor de redes de alto voltaje, mejorando la seguridad y fiabilidad del diseño.

Esta capacidad de definir restricciones de forma granular, orientada a objetos y condicional es un requisito indispensable para el diseño de PCBs modernas (p. ej., enrutado de memorias DDR, circuitos de RF) y demuestra la madurez de KiCad como herramienta profesional.

4.3 Extensión de KiCad con el Gestor de Plugins y Contenido (PCM)

El PCM es una herramienta integrada que actúa como un "app store" para KiCad, permitiendo a los usuarios descubrir, instalar y gestionar fácilmente complementos de terceros.¹¹ La existencia de un ecosistema de plugins próspero, especialmente con contribuciones de grandes fabricantes de PCBs, es un fuerte indicador de la amplia adopción y el éxito de KiCad en el mercado. Empresas como AISLER, PCBWay y JLC PCB no invertirían en desarrollar y mantener estos plugins si una parte significativa de su base de clientes no utilizara KiCad.²⁵

- **Tipos de Complementos:**
 - **Plugins de Python:** Scripts que añaden nuevas funcionalidades, como herramientas avanzadas de fabricación, panelizadores, generadores de BOM interactivos y herramientas de automatización.²⁵
 - **Librerías de Contenido:** Librerías adicionales de símbolos, huellas y modelos 3D que amplían los recursos disponibles por defecto.

- **Proceso de Instalación:** Los complementos pueden instalarse directamente desde el repositorio oficial de KiCad con un solo clic, o manualmente desde un archivo ZIP local.²⁶

4.4 Simulación SPICE Integrada

KiCad integra un simulador de circuitos basado en ngspice directamente en el Editor de Esquemas, permitiendo a los diseñadores verificar el comportamiento de sus circuitos sin salir del entorno de diseño.² El proceso implica asociar modelos SPICE a los símbolos del esquema, colocar sondas de voltaje o corriente en las redes de interés y configurar y ejecutar varios tipos de análisis (transitorio, AC, punto de operación DC). La versión 9.0.4 incluye correcciones y mejoras en el simulador, como un mejor manejo de las asignaciones de pines al cambiar de modelo.²

Sección 5: Finalización y Generación de Archivos de Fabricación

Esta sección final proporciona una guía meticulosa y paso a paso para generar el conjunto completo de archivos de fabricación y ensamblaje, con un enfoque en los ajustes que garantizan la compatibilidad y previenen errores comunes de fabricación.

5.1 Verificación Final del Diseño

La verificación es una parte integral del flujo de trabajo de KiCad, no un paso final aislado. Las herramientas de visualización integradas permiten una retroalimentación inmediata, permitiendo a los diseñadores detectar errores costosos antes de enviar el diseño a producción.

- **Visor de Gerber (GerbView):** KiCad incluye un visor de Gerber que se utiliza para cargar e inspeccionar los archivos de fabricación generados. Este es un paso de verificación crucial para confirmar que la "obra de arte" digital es correcta antes de enviarla al fabricante.²⁸
- **Visor 3D:** El visor 3D (Ver → Visor 3D) renderiza una vista tridimensional de la PCB ensamblada. Es una herramienta invaluable para inspeccionar problemas de espacio libre entre componentes, la orientación de los conectores y el ajuste mecánico general del diseño en su carcasa.³

5.2 Generación de Archivos Gerber (La "Obra de Arte")

Los archivos Gerber son el estándar de la industria para describir las capas de una PCB. Se generan desde el diálogo "Trazar" en el Editor de PCB (Archivo → Salidas de Fabricación →

Gerbers (.gbr)).³⁰ El soporte de KiCad para formatos modernos como Gerber X2 y archivos de trabajo Gerber (Gerber Job Files) indica un avance significativo. En lugar de crear simplemente "imágenes" gráficas de cada capa, KiCad puede producir un conjunto de datos estructurado y rico que comunica la intención del diseño (apilado de capas, información de la netlist, propiedades de los componentes) directamente al equipo de fabricación, reduciendo la ambigüedad y el riesgo de error humano.³⁰

- **Selección de Capas:** Para una placa estándar de dos capas, es esencial exportar un conjunto mínimo de capas. La siguiente tabla detalla la configuración recomendada.
- Ajustes de Trazado Recomendados ³¹:
 - **Formato:** Gerber.
 - **Opciones:** Habilitar "Usar extensiones de nombre de archivo Protel" para una mejor compatibilidad con algunos sistemas de fabricantes. Habilitar "Restar máscara de soldadura de la serigrafía" para evitar que la tinta de la serigrafía se imprima sobre los pads. Habilitar "Tentar vías" para cubrir las vías con máscara de soldadura.

Tabla 2: Configuración Estándar de Exportación de Capas Gerber

Nombre de Capa en KiCad	Extensión Protel	Nombre Completo	Propósito
F.Cu	.GTL	Gerber Top Layer	Define las pistas, pads y zonas de cobre en la cara superior de la PCB.
B.Cu	.GBL	Gerber Bottom Layer	Define las pistas, pads y zonas de cobre en la cara inferior de la PCB.
F.Mask	.GTS	Gerber Top Soldermask	Define las aberturas en la máscara de soldadura superior (generalmente verde) donde se soldarán los componentes.
B.Mask	.GBS	Gerber Bottom Soldermask	Define las aberturas en la máscara de soldadura inferior.
F.Silks	.GTO	Gerber Top Silkscreen	Define el texto y los gráficos (designadores, contornos de componentes) en la serigrafía superior.
B.Silks	.GBO	Gerber Bottom	Define el texto y los

		Silkscreen	gráficos en la serigrafía inferior.
Edge.Cuts	.GML/.GKO	Gerber Mechanical Layer	Define el contorno de la placa y cualquier corte interno o ranura.

5.3 Generación de Archivos de Taladro

Los archivos de taladro especifican la ubicación y el tamaño de todos los agujeros en la PCB. Se generan desde el diálogo "Generar Archivos de Taladro", accesible desde la ventana de Trazado.³⁰

- Ajustes Recomendados ³¹:
 - **Formato:** Excellon.
 - **Origen de Taladro:** Absoluto.
 - **Formato de Ceros:** Formato decimal.
 - La fusión de agujeros metalizados (PTH) y no metalizados (NPTH) en un solo archivo suele ser conveniente, pero la preferencia puede variar según el fabricante.³²

5.4 Generación de Archivos de Ensamblaje

Para el ensamblaje automatizado, se necesitan archivos adicionales que especifiquen la posición de los componentes.

- **Archivo de Colocación de Componentes (Pick and Place):** Se genera un archivo .pos a través de Archivo → Salidas de Fabricación → Colocación de Componentes (.pos). Este archivo de texto contiene el designador de referencia, la huella, las coordenadas del punto medio (X, Y) y la rotación de cada componente, información esencial para las máquinas de ensamblaje automatizado.³⁰
- **Dibujos de Ensamblaje:** Las capas de fabricación (F.Fab, B.Fab) se utilizan para crear dibujos detallados que ayudan en el ensamblaje manual o la inspección.

5.5 Empaquetado para el Fabricante

El paso final es recopilar todos los archivos Gerber (.g*), de taladro (.drl) y, opcionalmente, de colocación en un único archivo ZIP para subirlo al sitio web del fabricante.²⁹

Conclusión

KiCad 9 se presenta como un paquete de software de automatización de diseño electrónico (EDA) maduro, robusto y con características de nivel profesional. El análisis de sus métodos

operativos revela una plataforma que ha evolucionado mucho más allá de sus orígenes como una herramienta para aficionados. La adopción de un ciclo de desarrollo de software estructurado, con canales de distribución diferenciados, proporciona una base estable para el trabajo de producción, mientras permite la innovación continua.

La filosofía de diseño central de la herramienta, que desacopla los símbolos lógicos de las huellas físicas, otorga una flexibilidad de diseño excepcional, aunque requiere una comprensión conceptual por parte del usuario. Esta flexibilidad se complementa con un flujo de trabajo iterativo y bidireccional que mantiene la sincronización entre el esquema y la placa, un requisito fundamental en los procesos de diseño complejos y modernos.

Funcionalidades avanzadas como el enrutador interactivo "push-and-shove", el potente motor de reglas de diseño personalizadas y las herramientas especializadas para el diseño de alta velocidad posicionan a KiCad como una alternativa viable a las costosas suites EDA comerciales. Además, el próspero ecosistema de plugins, impulsado por el Gestor de Plugins y Contenido, y el soporte para formatos de fabricación inteligentes como Gerber X2, demuestran su creciente adopción en la industria y su alineación con los estándares de fabricación modernos. En conjunto, KiCad 9 no es solo una herramienta para crear PCBs, sino un entorno de diseño integral que capacita a ingenieros y diseñadores para llevar a cabo proyectos electrónicos complejos desde el concepto hasta la fabricación con un alto grado de control, precisión y eficiencia.

Obras citadas

1. Release Notes | KiCad, fecha de acceso: septiembre 22, 2025, <https://www.kicad.org/blog/categories/Release-Notes/>
2. KiCad 9.0.4 Release, fecha de acceso: septiembre 22, 2025, <https://www.kicad.org/blog/2025/08/KiCad-9.0.4-Release/>
3. KiCad - Wikipedia, fecha de acceso: septiembre 22, 2025, <https://en.wikipedia.org/wiki/KiCad>
4. Install on Linux - KiCad, fecha de acceso: septiembre 22, 2025, <https://www.kicad.org/download/linux/>
5. macOS Downloads - KiCad, fecha de acceso: septiembre 22, 2025, <https://www.kicad.org/download/macOS/>
6. Windows Downloads - KiCad, fecha de acceso: septiembre 22, 2025, <https://www.kicad.org/download/windows/>
7. Getting Started in KiCad | 9.0 | English | Documentation | KiCad, fecha de acceso: septiembre 22, 2025, https://docs.kicad.org/9.0/en/getting_started_in_kicad/getting_started_in_kicad.html
8. Getting Started in KiCad | 6.0 | English | Documentation, fecha de acceso: septiembre 22, 2025, https://docs.kicad.org/6.0/en/getting_started_in_kicad/getting_started_in_kicad.html
9. Download Libraries | KiCad, fecha de acceso: septiembre 22, 2025, <https://www.kicad.org/libraries/download/>

10. Full KLC - Library Conventions | KiCad EDA, fecha de acceso: septiembre 22, 2025, <https://klc.kicad.org/>
11. KiCad | 9.0 | English | Documentation, fecha de acceso: septiembre 22, 2025, <https://docs.kicad.org/9.0/en/kicad/kicad.html>
12. KiCad Tutorial: Make Your First Printed Circuit Board - Build Electronic Circuits, fecha de acceso: septiembre 22, 2025, <https://www.build-electronic-circuits.com/kicad-tutorial/>
13. Beginner's Guide to KiCad - SparkFun Learn, fecha de acceso: septiembre 22, 2025, <https://learn.sparkfun.com/tutorials/beginners-guide-to-kicad/all>
14. Design Rule Setup - KiCad - OSH Park Docs, fecha de acceso: septiembre 22, 2025, <http://docs.oshpark.com/design-tools/kicad/kicad-design-rules/>
15. How to Set Up Design Rules in KiCad | Sierra Circuits, fecha de acceso: septiembre 22, 2025, <https://www.protoexpress.com/blog/how-to-set-up-design-rules-kicad/>
16. KiCad Tutorial: A Comprehensive Guide to Designing PCB Circuits, fecha de acceso: septiembre 22, 2025, <https://openwa.pressbooks.pub/nehakardam18/chapter/kicad-tutorial-a-comprehensive-guide-to-designing-pcb-circuits/>
17. Advanced topics - ||| Documentation | KiCad, fecha de acceso: septiembre 22, 2025, https://docs.kicad.org/master/id/pcbnew/pcbnew_advanced.html
18. PCB Editor | 9.0 | English | Documentation - KiCad Docs, fecha de acceso: septiembre 22, 2025, <https://docs.kicad.org/9.0/en/pcbnew/pcbnew.html>
19. How to Route Differential Pairs in KiCad (for USB) - DigiKey, fecha de acceso: septiembre 22, 2025, <https://www.digikey.com/en/maker/projects/how-to-route-differential-pairs-in-kicad-for-usb/45b99011f5d34879ae1831dce1f13e93>
20. KiCad - How to make differential pair traces - PCB Design Tutorial - PCBWay, fecha de acceso: septiembre 22, 2025, https://www.pcbway.com/blog/PCB_Design_Tutorial/KiCad_How_to_make_differential_pair_traces.html
21. How to Route Differential Pairs in KiCad | Sierra Circuits, fecha de acceso: septiembre 22, 2025, <https://www.protoexpress.com/blog/how-to-route-differential-pairs-in-kicad/>
22. Kicad 9 Custom Rules with Netclass - Layout, fecha de acceso: septiembre 22, 2025, <https://forum.kicad.info/t/kicad-9-custom-rules-with-netclass/59220>
23. Version 9.0.0 Released - KiCad, fecha de acceso: septiembre 22, 2025, <https://www.kicad.org/blog/2025/02/Version-9.0.0-Released/>
24. KiCad Addons | Developer Documentation, fecha de acceso: septiembre 22, 2025, <https://dev-docs.kicad.org/en/addons/index.html>
25. PCM repository browser - KiCad, fecha de acceso: septiembre 22, 2025, <https://www.kicad.org/pcm/>
26. How to install KiCad addon for myLists - DigiKey TechForum, fecha de acceso: septiembre 22, 2025, <https://forum.digikey.com/t/how-to-install-kicad-addon-for-mylists/39166>
27. Installation & Usage Instructions - KiCad AI Plugin, fecha de acceso: septiembre

- 22, 2025, <https://kicad.alttab.rs/instructions>
28. Download | KiCad, fecha de acceso: septiembre 22, 2025, <https://www.kicad.org/download/>
29. How to Generate Gerber Files from KiCAD - Bittele Electronics, fecha de acceso: septiembre 22, 2025, <https://www.7pcb.com/blog/generating-gerber-files-from-kicad>
30. Generating Fabrication Data files from KiCad - Macaos, fecha de acceso: septiembre 22, 2025, <https://manuals.macaos.com/info/gerber/kicad>
31. How to generate Gerber and Drill files in KiCAD 8? - JLCPCB, fecha de acceso: septiembre 22, 2025, <https://jlcpcb.com/help/article/how-to-generate-gerber-and-drill-files-in-kicad-8>
32. How to Generate Gerbers from KiCad (Updated for KiCad 9 ..., fecha de acceso: septiembre 22, 2025, <https://www.nextpcb.com/blog/how-to-export-gerber-kicad>