

Arquitectura de la Plataforma CARBEST: Una Visión Integral

Índice de Contenidos

[Introducción: CARBEST, la vanguardia en la certificación de carbono forestal](#)

[Visión Global y Alcance Funcional del Sistema](#)

[Módulos Centrales \(El Corazón de CARBEST\)](#)

[Módulos de Soporte y Transaccionales](#)

[Módulo de Inteligencia del Sistema](#)

[Arquitectura y Diseño Tecnológico](#)

[Filosofía de Diseño](#)

[Requerimientos Clave](#)

[Componentes Horizontales de la Arquitectura](#)

[Diagrama Visual de la Arquitectura](#)

[Seguridad, Usabilidad y Protección de Datos: Pilares de Confianza](#)

[Seguridad como Prioridad Máxima](#)

[Usabilidad para una Experiencia Óptima](#)

[Política de Protección de Datos \(Nivel Alto\)](#)

[Disponibilidad del Servicio y Plan de Continuidad](#)

[Cronograma de Implementación por Fases](#)

Introducción: CARBEST, la vanguardia en la certificación de carbono forestal

El presente documento tiene como propósito ofrecer una visión global y estratégica de la arquitectura de la plataforma CARBEST. Concebido como un capítulo fundamental dentro de un marco documental más amplio, esta sección detalla cómo el sistema ha sido diseñado para soportar el riguroso régimen de certificación para las absorciones de carbono de alta calidad (CRCF), alineándose con el marco legislativo actual y futuro de la Unión Europea.

"La certificación de las absorciones de carbono crea un bien económico que exige una trazabilidad, una transparencia y una seguridad en su producción, su constitución como activo financiero, su custodia y su posible comercialización."

Este es el desafío central que CARBEST se propone resolver. La transformación del carbono absorbido por los bosques en un activo financiero tangible demanda un ecosistema de información que sea robusto, seguro, fiable e integrable. Debe servir con la misma eficacia a un espectro diverso de actores: propietarios forestales, certificadores, verificadores, compradores de créditos, entidades financieras y, por supuesto, las autoridades gubernamentales competentes.

La solución es CARBEST, acrónimo de **CAR**bono **B**osques biodiversos **E**STudio, que evoca también la expresión inglesa *CARBon BEST* (el mejor carbono). Este nombre encapsula la misión del sistema: fusionar una interfaz de usuario amena y sencilla con la rigurosidad y seguridad de un sistema de información de grado institucional. El objetivo final es garantizar la calidad, integridad y trazabilidad del "producto carbono" a lo largo de toda su cadena de valor, desde el árbol hasta la transacción final.

Visión Global y Alcance Funcional del Sistema

La arquitectura funcional de CARBEST se cimienta sobre una idea fundamental: la creación de un identificador único para cada bien físico (el árbol o el bosque) y su propietario. Este principio de unicidad permite consolidar toda la información relevante —jurídica, geográfica, biológica y comercial— en un expediente digital único y trazable en el tiempo, eliminando ambigüedades y garantizando la integridad de los datos.

Módulos Centrales (El Corazón de CARBEST)

En el núcleo del sistema residen dos componentes que gestionan la información más crítica:

- **Carpeta Forestal Única (CFU):** Es el epicentro de CARBEST. Este módulo no solo gestiona la unidad física (el árbol individual y el bosque como conjunto), sino también sus "frutos": la absorción de carbono y su posterior conversión en derechos comercializables. Su enfoque en

la existencia y posición geográfica única de cada árbol es la clave para una transparencia sin precedentes en la cadena de valor.

- **Base de Datos de Propietarios (BDP):** Identifica de manera inequívoca a cada propietario (sea persona física o jurídica) mediante un Número Único de Propietario (NUP). A este NUP se le adscriben los identificadores únicos de los árboles (NUICBEST) que posee, gestionando además toda la información registral, contractual y geográfica asociada.

Módulos de Soporte y Transaccionales

Alrededor del núcleo, un conjunto de módulos de soporte y transaccionales habilitan las operaciones y la interacción entre los distintos actores del ecosistema:

- **Base de Datos de Operadores (BDO):** Actúa como el guardián del sistema. Gestiona los perfiles y permisos de cada usuario (profesionales forestales, certificadores, auditores, etc.), asegurando que cada interacción sea autenticada, autorizada y registrada.
- **Base de Datos de Adquirentes (BDA):** Un módulo análogo a la BDO, pero diseñado específicamente para los compradores de derechos de carbono. Pone un énfasis especial en la seguridad de las transacciones y en la interoperabilidad con sistemas financieros.
- **Módulo de Estructura:** Integra todas las herramientas de monitorización y control que Bosques Biodiversos utiliza para la gestión forestal: sensores, drones, sistemas de información geográfica (SIG), datos satelitales y estaciones meteorológicas. Este módulo es fundamental, ya que es el que permite asignar el identificador único (NUICBEST) a partir de la posición geográfica precisa de cada árbol.
- **Módulos de Interacción (Peticiones, Transacciones, Registro):** Este trío de módulos gestiona el flujo de trabajo operativo. "Peticiones" canaliza las solicitudes de servicios (internos y externos). "Transacciones" gestiona todo el ciclo de vida de una operación económica, previendo la integración con pasarelas de pago y operadores financieros. "Registro" consolida y presenta la información en un formato homologable con los registros oficiales de la Unión Europea.

Módulo de Inteligencia del Sistema

Para dotar de una capacidad analítica superior, CARBEST incorpora el **Módulo de Análisis Avanzado de Datos (MAAD)**, que se divide en tres subsistemas estratégicos:

1. **Monitorización Interna:** Un sistema de vigilancia constante sobre la calidad de los datos, la seguridad del sistema y la detección de anomalías o irregularidades en las operaciones.

- Análisis Científico:** Un entorno abierto que incorpora fuentes de datos externas (climáticos, fitosanitarios) para realizar análisis complejos, como el cálculo de carbono oculto en el suelo y las raíces, o la evaluación del impacto en la biodiversidad.
- Predicción y Simulación:** Utiliza los datos históricos y externos para crear modelos predictivos. Permite simular la evolución de los bosques bajo diferentes escenarios (cambio climático, nuevas técnicas de gestión) y optimizar las estrategias de conservación y captura de carbono.

Arquitectura y Diseño Tecnológico

La robustez funcional de CARBEST se apoya en una arquitectura tecnológica moderna, diseñada para ser flexible, escalable y segura. La filosofía subyacente es la de una arquitectura orientada a servicios (SOA), que permite un desarrollo modular y una fácil integración con sistemas de terceros.

Filosofía de Diseño

El diseño tecnológico prima la modularidad y la estandarización. Cada componente del sistema se concibe como un servicio independiente que se comunica con los demás a través de interfaces bien definidas. Esto facilita el mantenimiento, la escalabilidad y la evolución futura de la plataforma, permitiendo reemplazar o actualizar módulos individuales sin afectar al resto del sistema.

Requerimientos Clave

El diseño se ha guiado por un conjunto estricto de requerimientos técnicos:

- Explotación:** El sistema debe ser altamente escalable para soportar un número creciente de usuarios y datos, accesible universalmente a través de un cliente web, fácilmente monitorizable y seguro por diseño.
- Desarrollo:** Se emplean metodologías estandarizadas como el desarrollo iterativo y el Desarrollo Guiado por Pruebas (TDD). La arquitectura por capas (presentación, lógica de negocio, datos) asegura una separación clara de responsabilidades.
- Despliegue:** La estrategia de despliegue está diseñada para garantizar la máxima disponibilidad y continuidad del servicio, permitiendo una implantación progresiva por fases para minimizar riesgos y facilitar la adaptación de los usuarios.

Componentes Horizontales de la Arquitectura

Varios servicios técnicos de carácter horizontal dan soporte a todos los módulos funcionales, garantizando la coherencia y eficiencia del sistema:

- **Gestor Documental Centralizado:** Un servicio que se encarga de la composición, almacenamiento y versionado de todos los documentos generados en la plataforma.
- **Plataforma de Comunicación Unificada:** Establece un único punto de entrada y salida para todas las comunicaciones con los usuarios (notificaciones, correos electrónicos, alertas), garantizando un canal seguro y trazable.
- **Servicios de Interoperabilidad:** Permiten la conexión segura y estandarizada con sistemas externos, como los de entidades financieras, registros gubernamentales o plataformas de certificación.
- **Reconocimiento de Voz:** Incorporado para mejorar la usabilidad en tareas como la generación de informes de campo, permitiendo a los profesionales dictar sus observaciones directamente al sistema.

Diagrama Visual de la Arquitectura

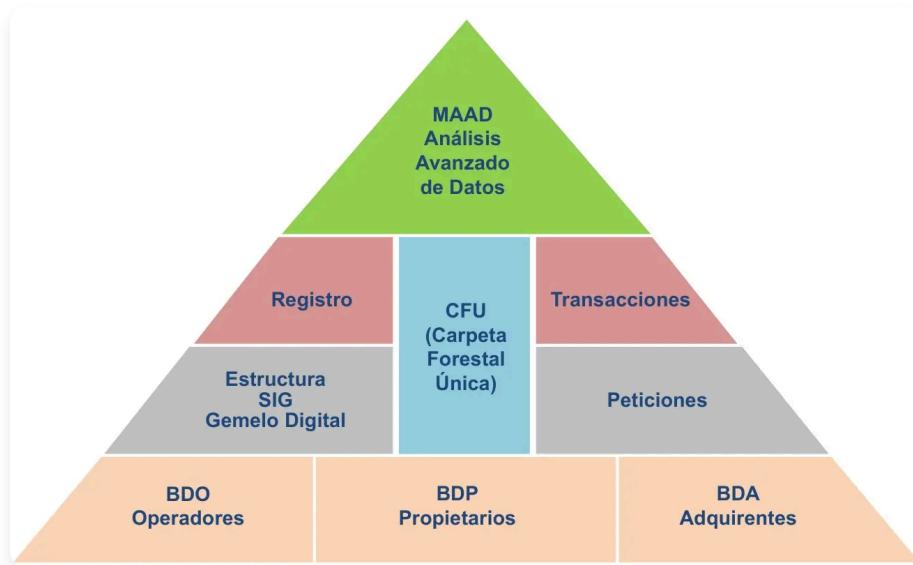


Ilustración 2. Componentes de la arquitectura CARBEST.

El diagrama anterior ilustra la interconexión de los componentes. En la base se encuentran los **servicios de infraestructura** (Bases de Datos, Servidores). Sobre ellos, la capa de **componentes horizontales** (Gestor Documental, SIG, Plataforma de Comunicación) ofrece servicios transversales. La capa superior contiene los **módulos funcionales** (CFU, BDP, BDO, etc.) que implementan la lógica de negocio. Finalmente, la **capa de presentación** ofrece las interfaces de usuario y los puntos de acceso (APIs) para la interacción con el sistema. Esta estructura modular

garantiza que cada pieza pueda evolucionar de forma independiente manteniendo la integridad del conjunto.

Seguridad, Usabilidad y Protección de Datos: Pilares de Confianza

En un sistema que gestiona activos financieros y datos sensibles, la confianza es un requisito no negociable. CARBEST se construye sobre tres pilares fundamentales: seguridad férrea, usabilidad intuitiva y una política de protección de datos que cumple con los más altos estándares.

Seguridad como Prioridad Máxima

La seguridad no es una característica añadida, sino el fundamento del diseño de CARBEST. El sistema se autoimpone los máximos niveles de protección:

- **Cumplimiento Normativo:** Se aplica el máximo nivel de seguridad prescrito por el [Reglamento General de Protección de Datos \(RGPD\)](#) de la UE y las directrices de la Agencia Española de Protección de Datos (AEPD).
- **Identificación y Autenticación:** El acceso es siempre inequívoco y personalizado. Se combina una autenticación básica (usuario/contraseña) para accesos generales con una **autenticación avanzada** (doble factor o certificado electrónico) para operaciones críticas o acceso a datos sensibles.
- **Control de Acceso Granular:** Los usuarios solo pueden acceder a los recursos estrictamente necesarios para el desempeño de sus funciones. Un registro exhaustivo audita cada intento de acceso, sea autorizado o denegado.
- **Cifrado Integral:** Toda la transmisión de datos a través de redes públicas o inalámbricas se realiza de forma cifrada, garantizando que la información no sea inteligible ni manipulable por terceros. Los datos en reposo en dispositivos portátiles también son cifrados.

Usabilidad para una Experiencia Óptima

Un sistema complejo solo es eficaz si es fácil de usar. Por ello, se ha definido una guía de estilo global que unifica la experiencia de usuario en todos los módulos.

- **Diseño Minimalista:** Las interfaces priman la información relevante, eliminando distracciones y elementos superfluos.

- **Eficiencia Operativa:** Se incorporan atajos de teclado, navegación simplificada (con funciones como "Mis Favoritos") y flujos de trabajo optimizados para reducir el número de clics.
- **Claridad y Retroalimentación:** Los mensajes de error son claros y orientados a usuarios no expertos. El sistema proporciona retroalimentación constante para guiar al usuario y prevenir errores.
- **Adaptabilidad:** La interfaz se adapta al perfil del usuario, ofreciendo una interacción asistida para principiantes y herramientas complejas para usuarios avanzados.

Política de Protección de Datos (Nivel Alto)

CARBEST implementa una política de protección de datos de nivel alto, documentada y auditabile:

- **Responsabilidad Definida:** Se designa un **Responsable de Seguridad**, encargado de coordinar, implementar y supervisar todas las medidas de seguridad.
- **Documento de Seguridad:** Existe un documento formal que detalla los recursos protegidos, las funciones y obligaciones del personal, la estructura de los ficheros, los procedimientos de gestión de incidencias y los planes de copias de respaldo.
- **Trazabilidad y Auditoría:** Se mantiene un registro de actividad de todos los accesos a datos personales, que se conserva por un período mínimo de dos años. El Responsable de Seguridad realiza revisiones mensuales de estos registros para detectar cualquier anomalía.

Disponibilidad del Servicio y Plan de Continuidad

La naturaleza crítica de CARBEST exige una disponibilidad cercana al 100%. La plataforma está diseñada para ser resiliente y garantizar la continuidad del negocio ante cualquier contingencia, desde un fallo de hardware hasta un desastre mayor.

Estrategias de Alta Disponibilidad

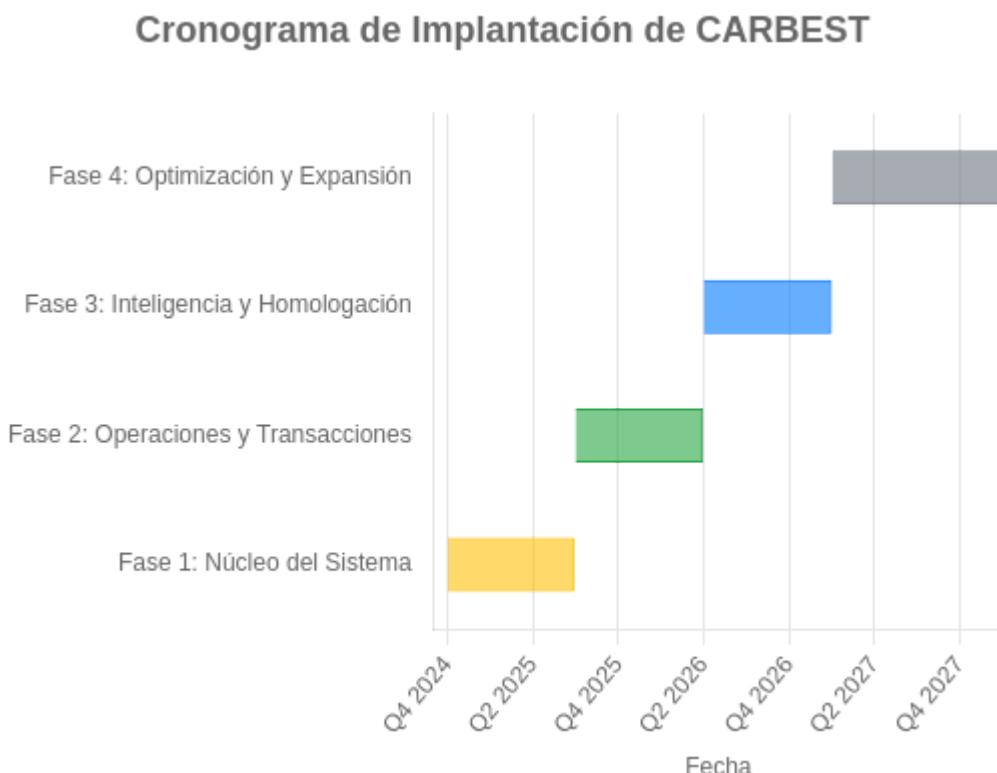
Para minimizar el impacto de posibles fallos, se implementan múltiples capas de protección:

- **Redundancia de Hardware:** Componentes críticos como servidores, almacenamiento y conexiones de red están duplicados para permitir una conmutación por error automática e instantánea.

- Planes de Recuperación ante Desastres:** Se han diseñado, probado y depurado procedimientos detallados para restaurar el servicio en el menor tiempo posible en caso de un incidente grave.
- Monitorización Proactiva:** Herramientas avanzadas analizan constantemente el rendimiento y la capacidad de la infraestructura, permitiendo identificar y solucionar problemas potenciales antes de que afecten al servicio.
- Arquitectura de Funcionamiento Degradado:** El sistema está diseñado para que, en caso de fallo de los servicios centralizados, ciertos componentes puedan seguir operando de forma distribuida o desconectada. Por ejemplo, un técnico en campo podría seguir accediendo a los datos de un bosque almacenados localmente en su dispositivo, incluso sin conexión al servidor central.

Cronograma de Implementación por Fases

El desarrollo y despliegue de CARBEST se aborda mediante un enfoque iterativo y por fases. Esta estrategia permite una entrega de valor temprana, facilita la adaptación de los usuarios y mitiga los riesgos asociados a proyectos de gran envergadura. A continuación, se presenta el cronograma planificado.



Fase 1: Núcleo del Sistema (Q4 2024 - Q4 2025)

Objetivo: Establecer las bases funcionales y de datos de la plataforma. En esta fase se construye el corazón de CARBEST, asegurando la integridad de la información desde el origen.

Hitos Clave: Desarrollo de los módulos centrales (CFU, BDP, BDO), implementación del Módulo de Estructura con integración SIG básica, y aplicación de la política de seguridad de Nivel Alto.

Fase 2: Operaciones y Transacciones (Q3 2025 - Q1 2026)

Objetivo: Habilitar la gestión de servicios y las primeras operaciones económicas. Esta fase transforma a CARBEST de un sistema de registro a una plataforma operativa.

Hitos Clave: Desarrollo de los módulos de Peticiones y Transacciones, creación de la BDA, y realización de las primeras pruebas de integración con sistemas de certificación y financieros.

Fase 3: Inteligencia y Homologación (Q3 2025 - Q4 2026)

Objetivo: Dotar al sistema de capacidades analíticas avanzadas y preparar la plataforma para su homologación oficial.

Hitos Clave: Desarrollo completo del Módulo de Análisis Avanzado de Datos (MAAD), implementación del módulo de Registro en formato UE, y pruebas exhaustivas de interoperabilidad.

Fase 4: Optimización, mantenimiento y Expansión (2027 en adelante)

Objetivo: Mejora continua basada en el feedback de los usuarios y expansión de funcionalidades para abarcar nuevos mercados o tipos de activos medioambientales.

Hitos Clave: Incorporación de tecnologías avanzadas (IA, modelos predictivos mejorados), optimización de la usabilidad y exploración de nuevas líneas de negocio.