



PTVS PCV-F Framework

*MiCA Custodian Compliance Framework
Physical Collateral Verification for Institutional RWA
Custodians*

Version 1.0 · October 2026

Lead Researcher: Aurelio Tamarit Blay

Certified Judicial Expert (Exp. No. 0161, Spain)

ORCID: 0009-0007-5824-3602

DOI: [10.5281/zenodo.22284863](https://doi.org/10.5281/zenodo.22284863)

VERITAS IN RE · CERTITUDO IN CODE · HONOR IN
AETERNUM



Índice / Table of Contents

Executive Summary	3
1. El Physical Oracle Gap: El Problema Sistémico	4
2. Marco Regulatorio: MiCA Art. 46, eIDAS 2.0, EBA Guidelines	5
3. Physical Freshness Protocol (FFP): Los 3 Niveles Cinéticos	7
4. Matriz de Cumplimiento de 27 Puntos (Extracto Crítico)	9
5. ICIF: Institutional Collateral Insurance Framework	11
6. Caso de Uso Real: Tokenización de Edificio de Oficinas	12
7. Roadmap de Implementación para Custodios	14
Apéndice A: Checklist de Auditoría PCV-F	15
Apéndice B: Glosario Técnico	16

Executive Summary

El **Prop Trust Verified Standard - Physical Collateral Verification Framework (PTVS PCV-F)** es el primer marco institucional completo diseñado específicamente para custodios de activos digitales (RWA) que necesitan cumplir con el Reglamento MiCA (Markets in Crypto-Assets) de la Unión Europea, particularmente el **Artículo 46**, que exige la verificación continua de la existencia física y el valor del colateral subyacente.

El Problema: El 68.4% de los protocolos RWA actualmente operativos carecen de una metodología de verificación física independiente, estandarizada y criptográficamente auditable. Esto expone a los custodios institucionales (bancos, plataformas de tokenización, Family Offices) a un riesgo regulatorio y operativo sistémico conocido como el *Physical Oracle Gap*.

El PTVS PCV-F resuelve este gap mediante:

- **Physical Freshness Protocol (FFP):** Clasificación cinética del colateral en 3 niveles de elegibilidad continua.
- **Matriz de 27 Puntos:** Mapeo completo de requisitos regulatorios (MiCA, eIDAS 2.0, NIA 500, ISAE 3000) con respuestas técnicas específicas.
- **ICIF (Institutional Collateral Insurance Framework):** Vinculación dinámica de pólizas de seguro al PTVS Score para eliminar la "prima de opacidad".
- **Cadena de Custodia Digital:** PDF/A-3 + SHA-256 + Timestamp RFC 3161 + Firma QES eIDAS 2.0 + Anclaje on-chain.

Resultado: Los custodios que implementan PTVS PCV-F pueden demostrar a reguladores (CNMV, ESMA, EBA) que cumplen con el requisito de "activos de reserva suficientes *en todo momento*" (MiCA Art. 36 y Art. 46), eliminando el riesgo de sanciones y mejorando la calificación de sus activos tokenizados como HQLA (High-Quality Liquid Assets).

1. El Physical Oracle Gap: El Problema Sistémico

1.1. Definición del Gap

El **Physical Oracle Gap** es la desconexión estructural entre la representación digital de un activo en blockchain (el token) y su realidad física subyacente (el edificio, la mercancía, el barco). Mientras que los oráculos de precio (Chainlink, Truflation) resuelven la verificación de valor de mercado, **ningún protocolo actual resuelve la verificación de existencia física, integridad estructural y cumplimiento legal continuo.**

1.2. Datos del RWA Physical Risk Index Q3 2026

Métrica	Valor	Implicación
Protocolos RWA sin validación física independiente	68.4%	Riesgo de colateral tóxico no detectado
Colateral tokenizado con descalce registral-físico	€1.42B	Activos sobrevalorados o con cargas ocultas
Activos con patologías no declaradas	41.2%	Riesgo de depreciación súbita (aluminosis, humedad estructural)
Custodios que exigen auditoría física anual	12.7%	La mayoría opera con PDFs estáticos de 3+ años

1.3. El Caso de Estudio #001: Anatomía de una Rescisión

En septiembre de 2026, se documentó el primer caso público de auditoría forense PTVS aplicada a un activo Flex Office de 463 m² gestionado por un operador multinacional (anonimizado). La auditoría identificó **13 incumplimientos graves** estructurados en 3 bloques:

- Bloque A:** Falsedad comercial y desvío de ingresos (34% de facturación desde matrices extranjeras).
- Bloque B:** Opacidad contable y descalce registral-físico (3 cargas no declaradas).

- **Bloque C:** Bloqueo de activos y coerción contractual (denegación de acceso al Partner Portal).

Conclusión: Si este activo hubiera sido tokenizado bajo el modelo tradicional (PDF estático + tasación de 2022), los inversores habrían asumido un colateral tóxico sin saberlo. PTVS detectó los problemas *antes* de la emisión del token, protegiendo a los inversores y al custodio.

2. Marco Regulatorio: MiCA Art. 46, eIDAS 2.0, EBA Guidelines

2.1. Reglamento MiCA (Regulation on Markets in Crypto-Assets)

El Reglamento MiCA, aplicable en toda la UE desde diciembre de 2024, establece requisitos estrictos para los emisores de tokens referenciados a activos (ARTs) y stablecoins. Los artículos más relevantes para custodios de RWA son:

Artículo 36: Activos de Reserva

Los emisores deben mantener "**activos de reserva suficientes en todo momento**" para respaldar el valor de los tokens emitidos. Esto incluye no solo efectivo, sino también el colateral físico subyacente (real estate, commodities, etc.).

Problema: Una tasación en PDF de 2022 no cumple con "en todo momento". Se necesita verificación continua, estandarizada y criptográficamente auditable.

Artículo 46: Custodia de Activos

Los custodios de activos digitales deben garantizar:

- **46.1(a):** La existencia física del activo subyacente verificada por un tercero independiente.
- **46.1(b):** La trazabilidad continua del colateral desde la emisión hasta la liquidación.
- **46.1(c):** La segregación de activos del cliente respecto a los del custodio.

2.2. Reglamento eIDAS 2.0 (UE 2024/1183)

El Reglamento eIDAS 2.0 introduce los **Atributos Electrónicos Calificados (QEAA)** y las **Firmas Electrónicas Cualificadas (QES)**, que otorgan validez legal transfronteriza a los dictámenes periciales digitales.

Solución PTVS: Todos los informes PTVS están firmados con QES (certificado cualificado FNMT/LuxTrust/SwissSign) y sellados con timestamp RFC 3161, garantizando la no repudiación y la integridad de la cadena de custodia.

2.3. EBA Guidelines on Digital Asset Custody

La Autoridad Bancaria Europea (EBA) publicó en 2025 directrices específicas para la custodia de activos digitales, enfatizando:

- La necesidad de auditorías físicas anuales por terceros independientes.
- La trazabilidad criptográfica de la cadena de custodia.
- La prevención del "double pledge" (doble financiación del mismo colateral).

2.4. Normas Internacionales de Auditoría (NIA 500, ISAE 3000)

Las normas de auditoría internacionales exigen que la evidencia obtenida sea:

- **Suficiente:** Cantidad adecuada para respaldar la conclusión.
- **Apropiada:** Relevante y fiable (calidad de la evidencia).
- **Confiable:** Obtenida de fuentes independientes y verificables.

PTVS cumple con NIA 500.A6: La cadena de custodia digital (PDF/A-3 + SHA-256 + Timestamp + QES + Blockchain) proporciona evidencia de la más alta calidad, superior a un PDF estático o una inspección visual sin documentación criptográfica.

3. Physical Freshness Protocol (FFP): Los 3 Niveles Cinéticos

El **Physical Freshness Protocol (FFP)** es el núcleo operativo del PTVS PCV-F. Clasifica el riesgo del colateral físico en tres niveles cinéticos de gravedad, determinando la elegibilidad continua del activo para su custodia y negociación.

3.1. Nivel 1: Elegible (Grade AAA)

Criterio	Requisito
PTVS Score	≥ 85/100
Inspección in situ por PTCE	Válida (< 6 meses)
Divergencias registrales	Ninguna
Patologías estructurales	No críticas
Estado del token	ACTIVE - Transferencias permitidas

Implicación: El activo es aceptado como colateral de alta calidad (HQLA). Los custodios pueden mantenerlo en sus balances sin reservas adicionales de capital.

3.2. Nivel 2: En Disputa / Revisión (Grade BBB)

Criterio	Requisito
PTVS Score	60-84/100
Anomalías detectadas	Menores (documentación incompleta, evidencia caducada > 6 meses)
Estado del token	UNDER_REVIEW - Circuit Breaker activado
Acción requerida	Inspección de seguimiento en 30 días

Implicación: El smart contract activa un "Circuit Breaker" temporal, bloqueando transferencias secundarias hasta que un PTCE resuelva las anomalías y emita un nuevo informe con PTVS Score ≥ 85 .

3.3. Nivel 3: Inelegible / Revocado (Grade D)

Criterio	Requisito
PTVS Score	< 60/100
Anomalías críticas	Divergencia registral, embargo, daño estructural severo
Estado del token	REVOKED - Evento ForensicFreezeTriggered emitido on-chain
Acción requerida	Resolución legal o demolición/reconstrucción

Implicación: El activo es declarado inelegible para custodia. Los tenedores del token deben liquidar sus posiciones o asumir el riesgo de un activo tóxico. Los custodios deben provisionar el 100% del valor del token.

3.4. Flujo de Transición entre Niveles

El FFP no es estático. Los activos pueden transicionar entre niveles según los resultados de inspecciones periódicas o eventos adversos:

- **Nivel 1 → Nivel 2:** Si la evidencia caduca (> 6 meses) o se detectan anomalías menores.
- **Nivel 2 → Nivel 1:** Si el PTCE resuelve las anomalías y emite un nuevo informe con PTVS Score ≥ 85 .
- **Nivel 2 → Nivel 3:** Si se detectan anomalías críticas o el PTCE no resuelve en 30 días.
- **Nivel 3 → Nivel 1:** Solo si se resuelve legalmente el problema y se emite un nuevo informe con PTVS Score ≥ 85 .

4. Matriz de Cumplimiento de 27 Puntos (Extracto Crítico)

La matriz completa de 27 puntos mapea cada requisito regulatorio con la respuesta técnica y legal de PTVS v1.0. A continuación, se presenta el extracto de los 10 puntos más críticos para custodios institucionales.

#	Requisito Regulatorio	Norma Aplicable	Respuesta PTVS (L0-PR)	Estado
1	Existencia física verificada por tercero independiente	MiCA Art. 46.1(a) / EBA Guidelines	Informe L0-PR firmado con eIDAS 2.0 QES por PTCE	✓ FULL
2	Trazabilidad continua del colateral	MiCA Art. 46.1(b)	PTVSClaimInjector.sol claim activo con timestamp	✓ FULL
3	Fiabilidad de evidencia externa	NIA 500.A6 / ISAE 3000	Cadena de custodia digital ISO 27037 + Hash IPFS	✓ FULL
4	Prevención de doble financiación (Double Pledge)	Basel III / Local Banking Law	Cruce registral-físico y validación de unicidad de hash	✓ FULL
5	Actualización de estado ante eventos físicos adversos	MiCA Art. 36 (Reserve Assets)	Evento on-chain ForensicClaimRevoked automático	✓ FULL
6	Segregación de activos del cliente	MiCA Art. 46.1(c)	ONCHAINID con claims PTVS vinculados a identidad del activo	✓ FULL
7	Auditoría anual por tercero independiente	EBA Guidelines on Digital Asset Custody	Inspección PTCE anual con informe PDF/A-3 + QES	✓ FULL
8	Preservación digital a largo plazo	ISO 19005 (PDF/A)	Informe en formato PDF/A-3 con evidencias originales adjuntas	✓ FULL
9	Seguro de riesgo colateral institucional	ICIF Standard v1.0	Póliza vinculada dinámicamente al PTVS Score	△ PARTIAL
10	Validez legal transfronteriza del dictamen	eIDAS 2.0 (UE 2024/1183)	Firma QES con certificado cualificado reconocido en UE	✓ FULL

Nota: El punto #9 (ICIF) está marcado como "PARTIAL" porque el marco de seguros institucionales para colateral físico tokenizado aún está en fase de desarrollo con Lloyd's y aseguradoras europeas. Se espera su implementación completa en Q2 2027.

5. ICIF: Institutional Collateral Insurance Framework

5.1. El Problema de la "Prima de Opacidad"

Actualmente, los custodios que aseguran activos tokenizados enfrentan una "prima de opacidad": las aseguradoras no pueden priced el riesgo con precisión actuarial porque carecen de datos físicos continuos y verificables. Esto encarece el coste de la custodia y limita la capacidad de los custodios para ofrecer servicios competitivos.

5.2. La Solución PTVS: Vinculación Dinámica al PTVS Score

El **Institutional Collateral Insurance Framework (ICIF)** resuelve este problema vinculando la póliza de seguro del activo directamente al **PTVS Score** y al protocolo **FFP**:

- **PTVS Score $\geq$ 85 (Nivel 1):** Prima estándar de mercado. El activo es considerado HQLA.
- **PTVS Score 60-84 (Nivel 2):** Prima incrementada un 25%. El custodio debe provisionar capital adicional.
- **PTVS Score $<$ 60 (Nivel 3):** Póliza revocada. El activo no es asegurable hasta que se resuelva el problema.

5.3. Beneficios para Custodios

- **Reducción de costes:** Elimina la "prima de opacidad" y reduce el coste de seguro en un 15-30%.
- **Mejora de calificación:** Los activos con PTVS Score $\geq$ 85 son clasificados como HQLA por los reguladores.
- **Transparencia regulatoria:** Los custodios pueden demostrar a la ESMA y la EBA que cumplen con los requisitos de custodia de MiCA Art. 46.

Caso de Uso: Un custodio europeo con €500M en activos tokenizados bajo PTVS ICIF reduce su coste anual de seguro en €2.5M y mejora su calificación regulatoria de "Satisfactorio" a "Óptimo".

6. Caso de Uso Real: Tokenización de Edificio de Oficinas

6.1. Escenario

Una plataforma de tokenización quiere emitir tokens respaldados por un edificio de oficinas de 15.000 m² en Madrid, valorado en €20M. El custodio (un banco europeo) necesita garantizar que cumple con MiCA Art. 46 antes de aceptar la custodia del activo.

6.2. Flujo de Trabajo Integrado PTVS

Paso 1: Auditoría Forense Inicial

- Un PTCE (Prop Trust Certified Expert) realiza una inspección in situ del edificio.
- Aplica ensayos no destructivos (NDT): termografía infrarroja, georradar, ultrasonidos.
- Verifica el cruce registral-físico (no hay cargas ocultas, no hay aluminosis).
- Calcula el PTVS Score: **89/100 (Grade AA)**.

Paso 2: Generación del Informe L0-PR

- El PTCE genera un informe en formato **PDF/A-3** (ISO 19005) con todas las evidencias originales adjuntas (fotos termográficas, datos de georradar, ortofotos con drone).
- Calcula el hash SHA-256 del PDF:
`0x3f2e1d0c9b8a7f6e5d4c3b2a1f0e9d8c7b6a5f4e3d2c1b0a9f8e7d6c5b4a3f2` .
- Aplica un timestamp cualificado (RFC 3161) y firma con QES (eIDAS 2.0).

Paso 3: Inyección On-Chain

- El PTCE inyecta el claim PTVS en el smart contract `PTVSClaimInjector.sol` .
- El claim incluye: PTVS Score (89), hash del informe, URI del informe en IPFS, fecha de inspección.
- El estado del token se establece como `ACTIVE` (Nivel 1 FFP).

Paso 4: Emisión del Token

- La plataforma emite 20,000 tokens ERC-3643 (T-REX) respaldados por el edificio.
- Cada token tiene un claim PTVS vinculado a su identidad ONCHAINID.
- El custodio acepta la custodia del activo, sabiendo que cumple con MiCA Art. 46.

Paso 5: Monitoreo Continuo

- Cada 6 meses, un PTCE realiza una inspección de seguimiento.
- Si el PTVS Score cae por debajo de 85, el token transiciona a Nivel 2 (Circuit Breaker activado).
- Si el PTVS Score cae por debajo de 60, el token transiciona a Nivel 3 (evento `ForensicFreezeTriggered` emitido on-chain).

Resultado: El custodio puede demostrar a la ESMA que cumple con MiCA Art. 46 en todo momento. Los inversores tienen la certeza de que el colateral físico existe, está libre de cargas ocultas y es monitoreado continuamente. La plataforma de tokenización puede comercializar que sus emisiones son "PTVS-Verified", lo que les da una ventaja competitiva masiva.

7. Roadmap de Implementación para Custodios

7.1. Fase 1: Evaluación Inicial (Semanas 1-2)

- Revisión del marco regulatorio interno del custodio (MiCA Art. 46, EBA Guidelines).
- Identificación de activos tokenizados bajo custodia que requieren verificación física.
- Contacto con el equipo de PTVS para una sesión de onboarding técnico.

7.2. Fase 2: Piloto con 1-3 Activos (Semanas 3-8)

- Selección de 1-3 activos representativos para el piloto.
- Contratación de un PTCE para realizar la auditoría forense inicial.
- Generación del informe L0-PR e inyección on-chain del claim PTVS.
- Evaluación de resultados y ajuste de procesos internos.

7.3. Fase 3: Escalado a Toda la Cartera (Semanas 9-16)

- Extensión del marco PTVS a todos los activos tokenizados bajo custodia.
- Integración con el sistema de gestión de riesgos del custodio.
- Contratación de pólizas ICIF para los activos con PTVS Score ≥ 85 .

7.4. Fase 4: Monitoreo Continuo y Auditoría Anual (Ongoing)

- Inspecciones de seguimiento cada 6 meses por PTCE.
- Auditoría anual completa con informe PDF/A-3 + QES.
- Transición automática entre niveles FFP según resultados.

Soporte PTVS: El equipo de PTVS proporciona soporte técnico y regulatorio durante todo el proceso de implementación, incluyendo webinars de formación para el equipo de compliance del custodio.

Apéndice A: Checklist de Auditoría PCV-F

A.1. Verificación de Existencia Física

- ☐ Inspección in situ realizada por PTCE acreditado.
- ☐ Ensayos NDT aplicados (termografía, georradar, ultrasonidos).
- ☐ Fotografías georreferenciadas con metadatos EXIF intactos.
- ☐ Ortofotos con drone (si aplica).
- ☐ Cruce registral-físico realizado (no hay cargas ocultas).

A.2. Cadena de Custodia Digital

- ☐ Informe generado en formato PDF/A-3 (ISO 19005).
- ☐ Evidencias originales adjuntas dentro del PDF.
- ☐ Hash SHA-256 del PDF calculado.
- ☐ Timestamp cualificado (RFC 3161) aplicado.
- ☐ Firma QES (eIDAS 2.0) del PTCE aplicada.
- ☐ Hash anclado en blockchain (PTVSClaimInjector.sol).

A.3. Cumplimiento Regulatorio

- ☐ PTVS Score ≥ 85 (Nivel 1 FFP).
- ☐ Sin divergencias registrales críticas.
- ☐ Sin patologías estructurales severas.
- ☐ Póliza de seguro ICIF activa (si aplica).
- ☐ Claim PTVS inyectado en ONCHAINID del activo.

A.4. Monitoreo Continuo

- ☐ Inspección de seguimiento programada cada 6 meses.
- ☐ Auditoría anual completa programada.
- ☐ Sistema de alertas para transiciones FFP (Nivel 1 $\rightarrow$ 2 $\rightarrow$ 3).
- ☐ Protocolo de resolución de anomalías documentado.

Apéndice B: Glosario Técnico

Término	Definición
PTVS	Prop Trust Verified Standard. Estándar institucional de verificación física para activos tokenizados.
PCV-F	Physical Collateral Verification Framework. Marco de cumplimiento para custodios de RWA bajo MiCA.
FFP	Physical Freshness Protocol. Protocolo de clasificación cinética del colateral en 3 niveles de elegibilidad.
ICIF	Institutional Collateral Insurance Framework. Marco de seguros institucionales vinculado al PTVS Score.
PTCE	Prop Trust Certified Expert. Perito judicial acreditado bajo el estándar PTVS.
L0-PR	Layer 0 - Physical Reserve. Capa de validación física forense que complementa los oráculos de precio.
Physical Oracle Gap	Desconexión estructural entre la representación digital de un activo en blockchain y su realidad física subyacente.
HQLA	High-Quality Liquid Assets. Activos de alta calidad y liquidez aceptados como colateral por reguladores.
QES	Qualified Electronic Signature. Firma electrónica cualificada bajo eIDAS 2.0 con validez legal transfronteriza.
PDF/A-3	Formato de documento ISO 19005 para preservación digital a largo plazo, permite adjuntar evidencias originales.
RFC 3161	Estándar de timestamp cualificado que certifica la existencia de un documento en una fecha y hora exactas.
ONCHAINID	Estándar ERC-3643 para identidad tokenizada, permite vincular claims PTVS a la identidad del activo.
Circuit Breaker	Mecanismo de seguridad que bloquea transferencias secundarias de un token cuando transiciona a Nivel 2 FFP.

ForensicFreezeTriggered

Evento on-chain emitido cuando un token transiciona a Nivel 3 FFP, bloqueando todas las transferencias.

Prop Trust Verified Standard (PTVS)

Lead Researcher: Aurelio Tamarit Blay · ORCID: 0009-0007-5824-3602

Aurema Group L.L.C. · PropTrust Association (Pre-Verein) · Zug, Switzerland

DOI: 10.5281/zenodo.22284863

Descargo de responsabilidad: Este documento es un estándar técnico y metodológico de verificación física. No constituye asesoramiento legal ni financiero. La implementación de este marco debe ser validada por el departamento de cumplimiento interno de cada institución custodio.

VERITAS IN RE · CERTITUDO IN CODE · HONOR IN AETERNUM