Seguridad en Sistemas Web

Mikel Egaña Aranguren

mikel-egana-aranguren.github.io

mikel.egana@ehu.eus

Universidad del País Vasco
Euskal Herriko Unibertsitatea
BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO

Seguridad en Sistemas Web

https://doi.org/10.5281/zenodo.4302267

https://github.com/mikel-egana-aranguren/EHU-SGSSI-01

Pen-testing

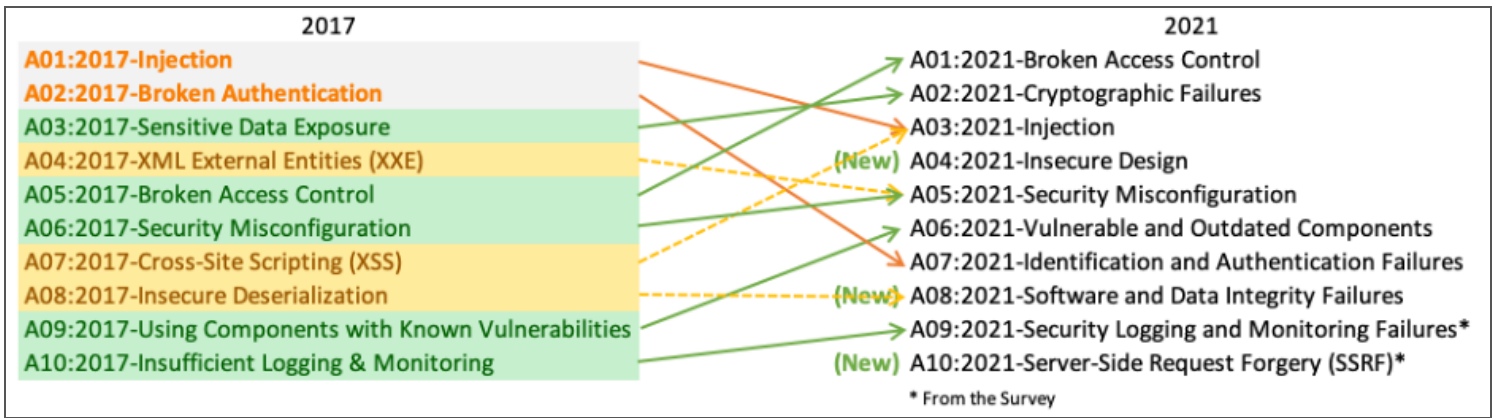
Penetration testing: intentar penetrar en un sistema utilizando las mismas herramientas que un potencial atacante, para descubrir vulnerabilidades y arreglarlas

Principales vulnerabilidades en Sistemas Web

La Open Web Application Security Project (OWASP) analiza las vulnerabilidades más comunes

Informe periódico: OWASP Top Ten (~~2017~~, 2021)

Principales vulnerabilidades en Sistemas Web



Common Weakness Enumerations (CWEs)

https://cwe.mitre.org/

Principales vulnerabilidades en Sistemas Web

- Rotura de control de acceso
- Fallos criptográficos
- Inyección
- Diseño inseguro
- Configuración de seguridad insuficiente
- Componentes vulnerables y obsoletos

Principales vulnerabilidades en Sistemas Web

- Fallos de identificación y autenticación
- Fallos en la integridad de datos y software
- Fallos en la monitorización de la seguridad

Rotura de control de acceso

Broken access control (A01:2021)

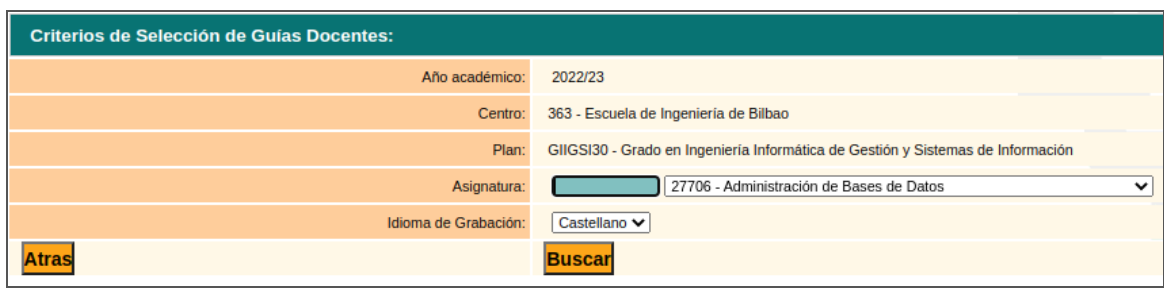
Rotura de control de acceso

El control de acceso obliga al usuario a actuar solo dentro de los límites establecidos por los permisos definidos

Fallar en el control de acceso resulta en consecuencias graves

Rotura de control de acceso: vulnerabilidades

Violación del principio de "denegación por defecto": el acceso solo debería ser garantizado a ciertas capacidades, roles, o usuarios, pero está al alcance de cualquiera



Rotura de control de acceso: vulnerabilidades

Burlar el control de acceso mediante parametros URL o las peticiones APIs

Acceder a una cuenta personal e incluso modificar los datos con el identificador del usuario

Acceso API sin control para los metodos HTTP POST, PUT, y DELETE

Rotura de control de acceso: vulnerabilidades

Elevación de privilegio: actuar como administrador estando logeado como usuario

Replaying o modificación de JSON Web Token (JWT) para elevar privilegios

Mala configuración de CORS permite acceso API desde origenes no autorizados

Rotura de control de acceso: vulnerabilidades

- CWE-200: Exposure of Sensitive Information to an Unauthorized Actor
- CWE-201: Insertion of Sensitive Information Into Sent Data
- CWE-352: Cross-Site Request Forgery (CSRF)
- ...

Rotura de control de acceso: prevención

Denegación por defecto para todos los recursos, excepto públicos

Implementar mecanismos de acceso de control una sola vez y extenderlos a toda la aplicación, minimizando el uso de CORS

No permitir listado de directorios y asegurarse de que no hay archivos de metadatos (ej. Git) ni de backups en el nivel root de la aplicación

Rotura de control de acceso: prevención

Logear todos los intentos de entrada, alertar a los administradores cuando sea necesario (ej. muchos accesos fallidos)

Limitar la tasa de peticiones de API para evitar ataques mediante programas

Rotura de control de acceso: prevención

Identificadores de sesión:

- De servidor (stateful): invalidar al deslogearse
- Stateless JWT tokens: muy poca vida
- Para JWT de tiempo más largo, seguir el protocolo OAuth de cara a revocar el acceso

Rotura de control de acceso: ejemplo

Llamada a SQL para obtener información de cuenta, con datos sin verificar:

```
01. pstmt.setString(1, request.getParameter("acct"));
02. ResultSet results = pstmt.executeQuery( );
```

El atacante solo tiene que usar la URL

https://example.com/app/accountInfo?acct=notmyacct

Fallos criptográficos

Cryptographic Failures (A02:2021)

Fallos criptográficos

Fallos en los métodos criptográficos usados que resultan en exposición de datos

Determinar las necesidades de protección de los datos tanto en transmisión como en almacenamiento (At rest): leyes de protecciones de datos

Fallos criptográficos

¿Los datos se transmiten como texto plano? Tanto en conexiones externas como internas (ej. servidores de balance de carga): HTTP, SMTP, FTP ...

¿Se usan algoritmos o protocolos obsoletos o débiles?

¿Se usan claves débiles o claves por defecto?

¿Se aplica una gestión de claves adecuada?

Gestión de claves

Ciclo de vida de una clave:

1. Generación
2. Distribución
3. Uso
4. Almacenamiento
5. Rotación, revocación, destrucción

Gestión de claves: generación

Evitar algoritmos débiles

Usar Key Generators o Random Number Generators de alta entropía

Gestión de claves: distribución

Usar conexiones seguras como SSL/TLS para evitar ataques Man in the middle

Gestión de claves: uso

Asegurar que solo las personas autorizadas usan la clave

Gestión de claves: almacenamiento

Idealmente usar hardware dedicado: Hardware Security Module:

- Dejan de funcionar cuando hay un acceso físico
- Cumplen estándares rigurosos como FIPS 140-2 (Nivel 4)

También se pueden usar servicios en la nube: Google Cloud Key Management

Gestión de claves: rotación

Cuando una clave agota su periodo de validez, se retira, descifrando y volviendo a cifrar los datos con una clave nueva

Cuanto más tiempo esté una clave en circulación, más probable que sea comprometida

Gestión de claves: revocación o destrucción

Si una clave ha sido comprometida, hay que revocarla, aunque este dentro de su periodo de validez

Hay estándares que exigen guardar la clave revocada, por si hiciera falta en el futuro para descifrar datos (ej. en un juicio)

La destrucción completa de la clave implica no poder usarla en el futuro

Gestión de claves: buenas prácticas

No escribir valores de la clave en el código de software, aunque sea seguro

Principio del menor privilegio: un usuario debería tener acceso sólo a las claves que realmente necesita

Usar HSMs

Gestión de claves: buenas prácticas

Automatizar la gestión de claves lo más posible

Dividir la generación, distribución etc. entre diferentes personas

Dividir las claves en fragmentos

Fallos criptográficos

¿El certificado del servidor es válido y de confianza, garantizado por un AC?

¿Se usan las contraseñas de los usuarios directamente como claves, en vez de usar password-based key derivation functions (PBKDFs)?

¿Es la semilla de aleatoriedad usada lo suficientemente fuerte?

Fallos criptográficos: prevención

Clasificar los datos transmitidos, procesados y almacenados según su nivel de exigencia de privacidad

Almacenar la menor cantidad de datos sensibles posible, incluso usando métodos como Tokenización

Cifrar todos los datos almacenados (Encription at rest)

Fallos criptográficos: prevención

Usar algoritmos actualizados (No usar MD5, SHA1, ...), claves fuertes, y gestión de claves

Cifrar todos los datos en transito con protocolos como TLS FS (TLS + Forward Secrecy)

No permitir el uso de caches en el cliente para datos sensibles

Fallos criptográficos: prevención

Almacenar contraseñas con hashes + sal

Usar semillas con la mayor entropia posible

Fallos criptográficos: ejemplos

Una aplicación usa la función por defecto de la base de datos para encriptar datos. Sin embargo estos datos se desencriptan automáticamente al consultarlos, permitiendo el acceso si por ejemplo hay un ataque de Inyección SQL

Fallos criptográficos: ejemplos

Una web no obliga al uso de TLS. Si un atacante monitoriza el tráfico y "baja" una conexión de HTTPS a HTTP puede interceptar consultas y conseguir la cookie de sesión del usuario. El atacante reenvia la cookie (replay) secuestrando la sesión del usuario y obteniendo acceso a los datos de usuario

La base de datos usa hashes sin sal. Un atacante puede pre-calcular los hashes con GPUs

Fallos criptográficos: vulnerabilidades

- CWE-259: Use of Hard-coded Password
- CWE-327: Broken or Risky Crypto Algorithm
- CWE-331: Insufficient Entropy
- …

Inyección

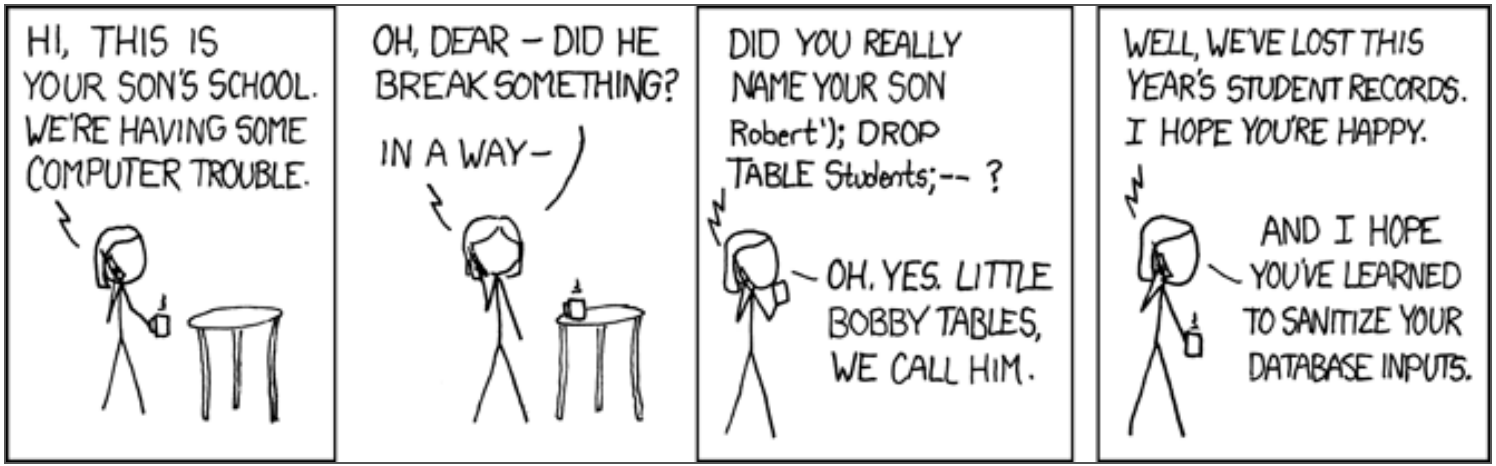
Injection (A03:2021)

Inyección

Una aplicación es vulnerable si:

- Los datos que provee el usuario no se validan, filtran, o limpian
- El intérprete usa directamente consultas dinámicas o llamadas no parametrizadas sin "escaping"
- Datos hostiles introducidos por el usuario son usados directamente. La sentencia SQL o comando que se use contiene estructuras/datos maliciosos en consultas dinámicas, comandos, o procedimientos almacenados

Inyección SQL



https://xkcd.com/327/

Inyección SQL

```
txtUserId = getRequestString("UserId");
txtSQL = "SELECT * FROM Users
WHERE UserId = " + txtUserId;
```

Inyección SQL

Input web: `105 OR 1=1`

```
SELECT * FROM Users WHERE UserId = 105 OR 1=1;
```

OR 1=1 es siempre true, va a devolver todas las lineas de la columna Users

Consultas parametrizadas

Parametros: valores que se añaden a la consulta al ejecutarla y son analizadas de forma literal (ej. si la variable hace referencia a nombres de columnas, el interprete se asegura de que los parametros son nombres de columnas antes de añadirlas a la consulta y ejecutarla)

Consultas parametrizadas

```
$stmt = $dbh->prepare("INSERT INTO Customers
(CustomerName,Address,City)
VALUES (:nam, :add, :cit)");
$stmt->bindParam(':nam', $txtNam);
$stmt->bindParam(':add', $txtAdd);
$stmt->bindParam(':cit', $txtCit);
```

Object-Relational Mapping (ORM)

Frameworks que traducen el contenido de la base de datos a objetos

No hay una conexion directa con la base de datos

Object-Relational Mapping (ORM)

```
String sql = "SELECT ... FROM persons WHERE id = 10"
DbCommand cmd = new DbCommand(connection, sql);
Result res = cmd.Execute();
String name = res[0]["FIRST_NAME"];
Person p = repository.GetPerson(10);
String name = p.FirstName;
```

Inyección: detección de vulnerabilidad

Revisión del código fuente

Testeo automatizado de inputs en forma de parametros, cabeceras HTTP, URLs, cookies, JSON, y XML

Application Security Testing en pipelines de Integración Continua/Despliegue Continuo

Inyección: prevención

Usar APIs seguras que no usen el intérprete. Si no es posible, usar llamadas parametrizadas u ORM

Validar los inputs

"Escapar" todos los caracteres especiales posibles

Usar controles como LIMIT en SQL para evitar perdida masiva de datos

Inyección

- CWE-79: Improper Neutralization of Input During Web Page Generation ('Cross-site Scripting')
- CWE-89: Improper Neutralization of Special Elements used in an SQL Command ('SQL Injection')
- CWE-73: External Control of File Name or Path
- ...

Diseño inseguro

Insecure Design (A04:2021)

Diseño inseguro

Fallos de arquitectura, antes de implementar código

Software Assurance Maturity Model

https://owaspsamm.org/

SAMM-v2-PDF.pdf

Diseño inseguro: ejemplos

Una cadena de e-commerce sin protección antibots puede recibir muchas peticiones de compradores a través de bots para vender los productos en otros sitios. Esto se puede evitar, por ejemplo, añadiendo en la arquitectura componentes que detecten bots (Muchas peticiones en poco tiempo, petición al de pocos segundos de publicar un producto, etc.)

Diseño inseguro

- CWE-209 Generation of Error Message Containing Sensitive Information
- CWE-256 Unprotected Storage of Credentials
- CWE-501 Trust Boundary Violation
- CWE-522 Insufficiently Protected Credentials
- …

Configuración de seguridad insuficiente

Security Misconfiguration (A05:2021)

Configuración de seguridad insuficiente

La aplicación podría ser vulnerable si:

- Tiene permisos inadecuados en un servicio en la nube
- Hay funciones activas innecesarias (Puertos, servicios, páginas, cuentas, privilegios/permisos)
- Las cuentas por defecto y sus contraseñas siguen activas
- La gestión de los errores desvela información (ej. stack traces en excepciones Java) / los errores son demasiado informativos

Configuración de seguridad insuficiente

La aplicación podría ser vulnerable si:

- Para sistemas actualizados, los últimos parches de seguridad no están activos y/o configurados adecuadamente
- Las opciones de seguridad en frameworks (Struts, Spring, ASP.net, ...), librerías, bases de datos etc. no están activadas
- El servidor no responde con cabeceras HTTP de seguridad

Configuración de seguridad insuficiente: prevención

- Sistema de desarrollo automatizado en el que es sencillo desplegar un entorno más seguro. Los entornos de desarrollo, calidad, y producción deberían tener exactamente la misma configuración, a diferencia solo de credenciales. Este proceso debería estar lo mas automatizado posible para facilitar la creación de un nuevo entorno seguro lo más rápido posible
- Un sistema minimalista sin componenentes o funciones innecesarias

Configuración de seguridad insuficiente

- CWE-16 Configuration
- CWE-611 Improper Restriction of XML External Entity Reference
- …

Componentes vulnerables y obsoletos

Vulnerable and Outdated Components (A06:2021)

Componentes vulnerables y obsoletos

La aplicación podría ser vulnerable si:

- No se saben exactamente todas las versiones de los componentes (Siempre se usa "latest"). Esto incluye componentes que se usan directamente y las dependencias indirectas
- Si el software no tiene soporte, es vulnerable, u obsoleto. Esto incluye al sistema operativo, servidor web, sistema de gestión de bases de datos, APIs y sus componentes, entornos de ejecución, y librerías

Componentes vulnerables y obsoletos

La aplicación podría ser vulnerable si:

- Si no escaneas tu sistema regularmente para buscar vulnerabilidades, y no estás suscrito a boletines de seguridad sobre los componentes que usas
- Si no actualizas los componentes con una frecuencia basada en el riesgo. Esto es muy comun en grandes organizaciones que tienen políticas de apliaciones de parches una vez al mes, dejando al sistema vulnerable durante días

Componentes vulnerables y obsoletos: prevención

Debería haber un proceso de aplicacion de parches para:

- Quitar dependencias que no se usan, funcionalidades, componentes, archivos innecesarios, etc
- Tener un inventario actualizado de componentes en servidor y cliente, incluyendo sus dependencias, de manera automatizada. Visitar regularmente recursos como CVE para encontrar vulnerabilidades en esos componentes
- Obtener componentes solo de fuentes oficiales y firmados

Fallos de identificación y autenticación

Identification and Authentication Failures (A07:2021)

Fallos de identificación y autenticación

La confirmación de identidad de usuarios, autenticación, y la gestión de sesiones son funciones críticas para proteger al sistema contra ataques basado en autenticación

Fallos de identificación y autenticación

Puede haber vulnerabilidaes relacionadas con la autenticación si:

- Permite ataque automatizados como el Credential Stuffing en los que un atacante tiene una lista de usuarios y contraseñas válidos
- Permite ataques de fuerza bruta
- Permite contraseñas por defecto, débiles o muy conocidas (ej. admin test)
- Usa mecanismos débiles para la recuperación de contraseñas, como el responder ciertas preguntas

Fallos de identificación y autenticación

Puede haber vulnerabilidaes relacionadas con la autenticación si:

- Almacena las contraseñas en texto plano, o con hashes débiles
- No usa autenticacion multi-factor
- Expone identificadores de sesión en la URL
- No invalida sesiones despues de logout o inactividad

Fallos de identificación y autenticación: prevención

- Si es posible implementar autenticación multi-factor
- No hacer despliegues con credenciales por defecto, especialmente para usuarios admin
- Implementar validaciones "ligeras" de contraseñas, como buscar las contraseñas en la lista de las 10.000 peores contraseñas
- Tener una buena política de tamaño de contraseñas, complejidad y rotación de contraseñas

Fallos de identificación y autenticación: prevención

- Limitar o retrasar los intentos fallidos de login, pero sin crear una situación de denegación de servicio. Logear todos los intentos fallidos y alertar a los administradores si hay ataques de credential stuffing

Fallos de identificación y autenticación: prevención

- Usar un gestor de sesiones en el lado de servidor que sea seguro y esté implementado junto con la aplicación. Debe generar un identificador de sesión aleatorio de gran entropia despues del login. Los identificadores de sesion no deberian estar en la URL, sino almacenados de manera segura. Los identificadores deberían ser invalidados inmediatamente despues del logout o inactividad

Fallos de identificación y autenticación

- CWE-297: Improper Validation of Certificate with Host Mismatch
- CWE-287: Improper Authentication
- CWE-384: Session Fixation
- ...

Fallos en la integridad de datos y software

Software and Data Integrity Failures (A08:2021)

Fallos en la integridad de datos y software

Se dan cuando hay código e infraestructura que no protege contra violaciones de su integridad

Por ejemplo si una aplicación depende de librerías, plugins o módulos que han sido obtenidos de fuentes sin confianza, repositorios, o CDNs (Content Delivery Networks)

Fallos en la integridad de datos y software

Un pipeline de integración continua o despliegue continuo (IC/DC) puede introducir código malicioso

Muchas aplicaciones incluyen funciones de auto-actualización sin los debidos tests de integridad

Des-serialización insegura

Fallos en la integridad de datos y software: prevención

Usar firmas digitales o mecanismos similares para verificar que el software es de la fuente oficial y no ha sido alterado

Asegurarse de que las gestores de librerías como NPM o Apache Maven usan fuentes de fiar. Valorar alojar repositorios propios con mayor seguridad (ej. Nexus)

Fallos en la integridad de datos y software: prevención

Asegurarse de que los pipelines IC/DC tienen una configuración y control de acceso adecuados para asegurar la integridad del codigo en todo el proceso

Asegurarse de que no se envia datos serializados sin firmar o cifrar a clientes sin confianza sin algun tipo de validación de integridad para detectar modificación o un replay de los datos des-serializados

Fallos en la integridad de datos y software: ejemplos de escenarios de ataque

Muchos routers para el hogar aplican actualizaciones de firmware sin verificar. Se espera que los ataques a estos aumenten en los proximos años

Solar Winds Orion attack (Alcanzó a unas 18.000 organizaciones en todo el mundo)

Fallos en la integridad de datos y software

- CWE-829: Inclusion of Functionality from Untrusted Control Sphere
- CWE-494: Download of Code Without Integrity Check
- CWE-502: Deserialization of Untrusted Data
- ...

Fallos en la monitorización de la seguridad

Security Logging and Monitoring Failures (A09:2021)

Fallos en la monitorización de la seguridad

No hay una monitorización adecuada si:

- Los eventos auditables tales como logins, logins fallidos, o transacciones de alto valor no son almacenados en un log (registro)
- Los errores y advertencias generan mensajes inadecuados en los logs (O no los generan)
- Los logs de las APIs y las aplicaciones no se monitorizan para detectar comportamiento sospechoso
- Los logs solo se almacenan en local

Fallos en la monitorización de la seguridad

No hay una monitorización adecuada si:

- No hay procesos de respuesta automáticos a partir de ciertos umbrales
- El pen-testing con herramientas como OWASP ZAP no genera alertas
- La aplicación no es capaz de detectar o alertar sobre ataques en marcha en tiempo real

Fallos en la monitorización de la seguridad: prevención

- Asegurarse de que todos los fallos de login, control de acceso, o validación de inputs son registrados en el log con suficiente contexto de usuario para poder identificar cuentas sospechosas y almacenados con suficiente tiempo para hacer un análisis forense
- Asegurarse de que los logs son generados de tal manera que las soluciones automatizadas pueden consumirlos facilmente

Fallos en la monitorización de la seguridad: prevención

- Asegurarse de que las transacciones de gran valor tienen un adecuado registro de procedencia con controles de integridad para prevenir modificaciones
- Establecer e implementar un plan de respuesta y recuperación, probándolo periodicamente

Fallos en la monitorización de la seguridad

- CWE-117: Improper Output Neutralization for Logs
- CWE-223: Omission of Security-relevant Information
- CWE-532: Insertion of Sensitive Information into Log File
- CWE-778: Insufficient Logging