Módulo 06
Seguridad en Redes (Pt. 2)

Redes de Computadoras
Depto de Cs. e Ing. de la Comp.
Universidad Nacional del Sur

Copyright

Contenidos

- Introducción a la seguridad en redes
- Principios de la criptografía
- Autenticación
- Integridad
- Distribución de claves y de certificados
- Seguridad multinivel
- Sistemas de detección de intrusos
- Vectores de ataque y contramedidas

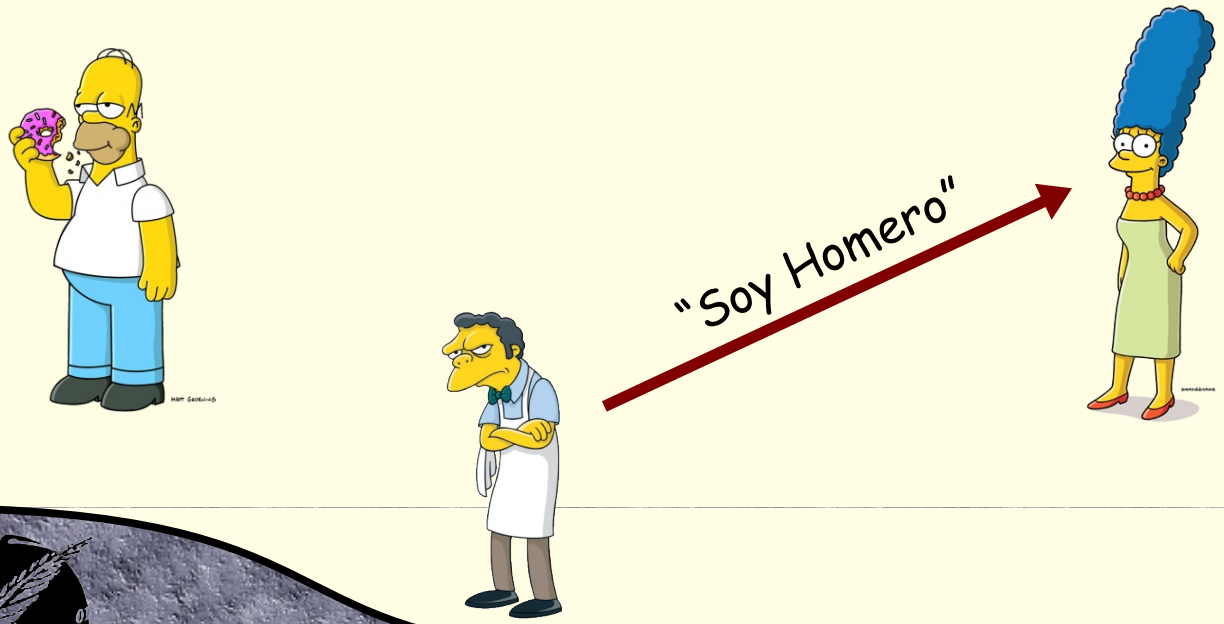
Autenticación

- La autenticación tiene por objeto verificar la identidad de los eventuales interlocutores
  - Volviendo a nuestro ejemplo, la primer aproximación sería que Homero le diga a Marge “Soy Homero”
- Protocolo **v1.0**:

¿Qué tan seguro es este protocolo?

Engaño

- Debemos tener en cuenta que en una red los interlocutores suelen no estar cara a cara
  - Al protocolo **v1.0** se lo puede hacer fallar con suma facilidad:



Moe puede embaucar a Marge con facilidad

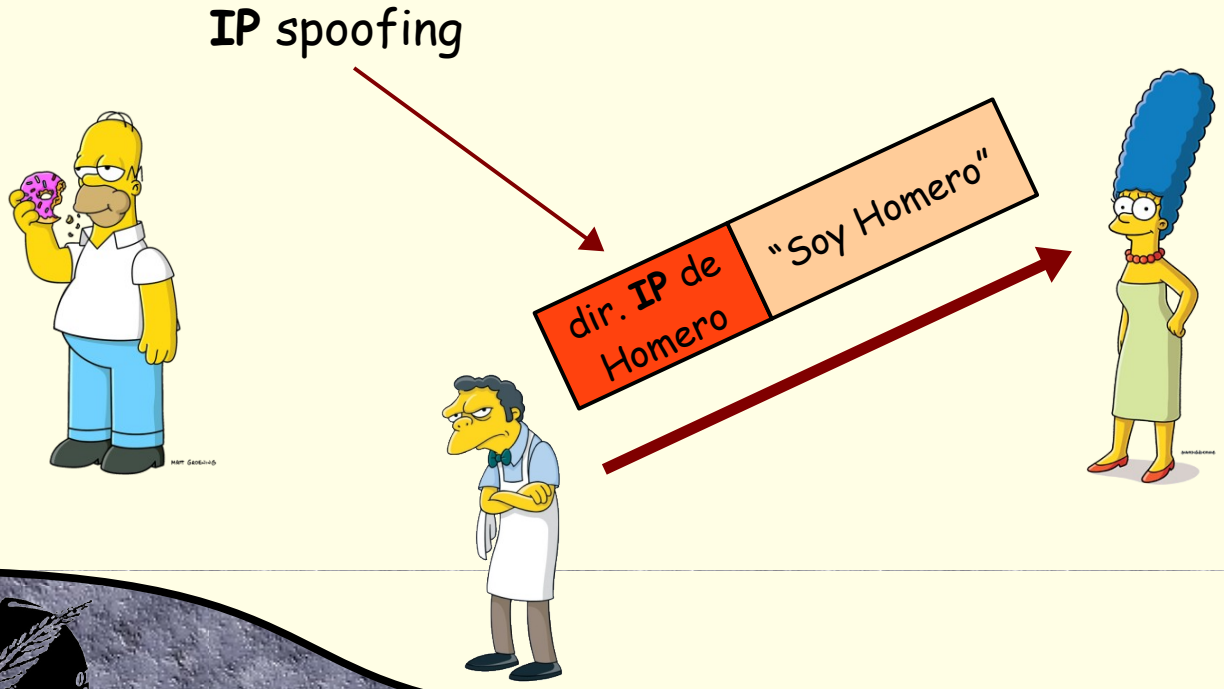
Autenticación de la fuente

- El protocolo **v1.0** se lo puede refinar, revisando que el mensaje venga dentro de un datagrama que se origine en la dirección **IP** de Homero
- Protocolo **v2.0**:

¿Qué tan seguro es este nuevo protocolo?

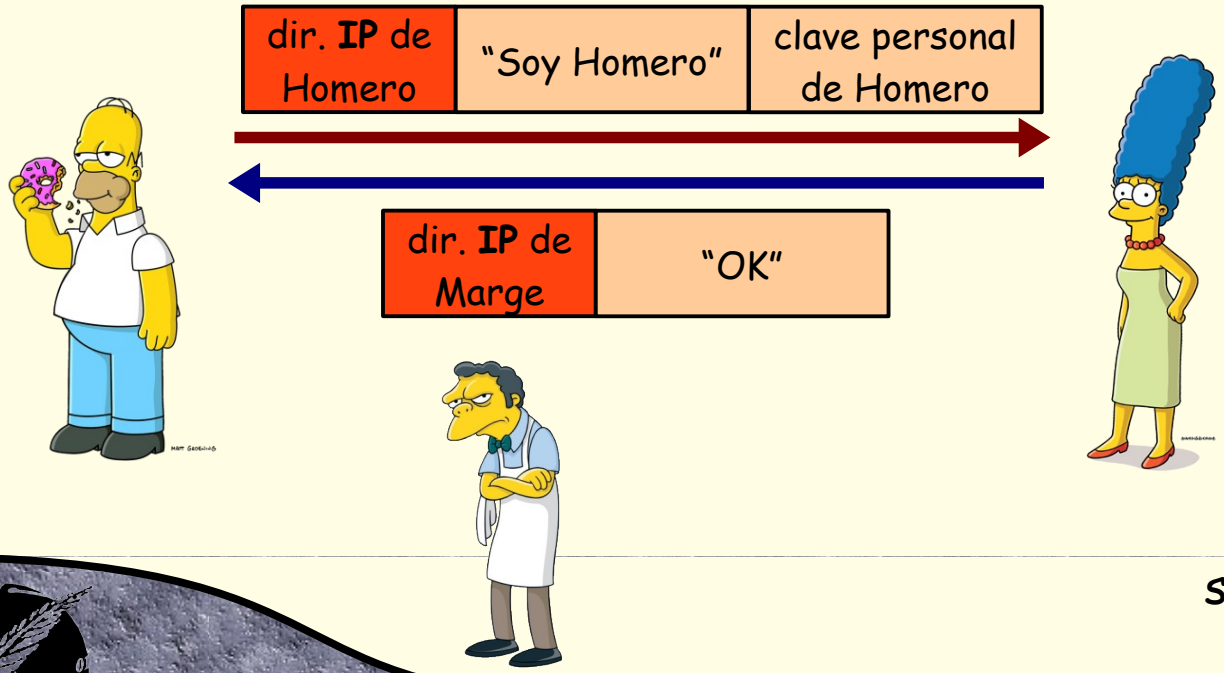
Adulteración de la fuente

- Moe puede usar una aplicación que adultere la dirección **IP** de origen de los datagramas
  - Esto permite hacer fracasar al protocolo **v2.0**:



Uso de una clave personal

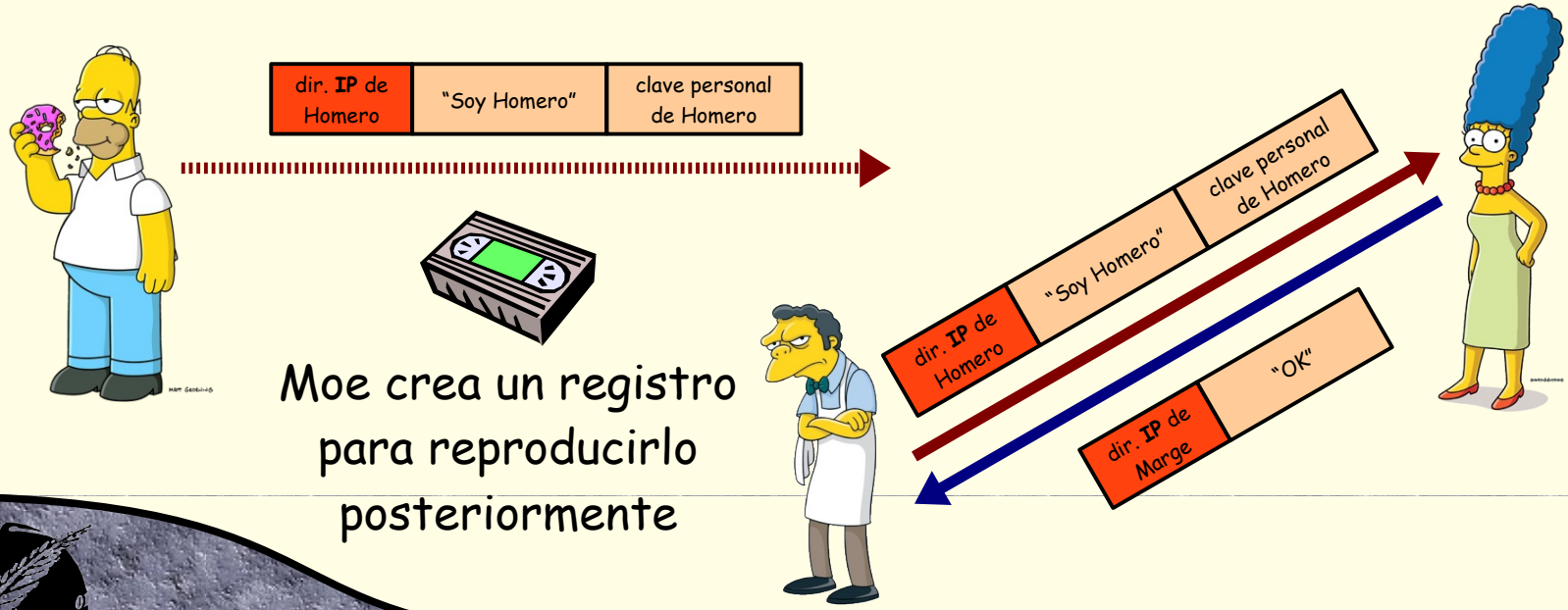
- Claramente el protocolo es demasiado simple, quizás expandiendo la interacción se corrijan las falencias identificadas:
- Protocolo **v3.0**:



¿una vez más, qué tan seguro es este protocolo?

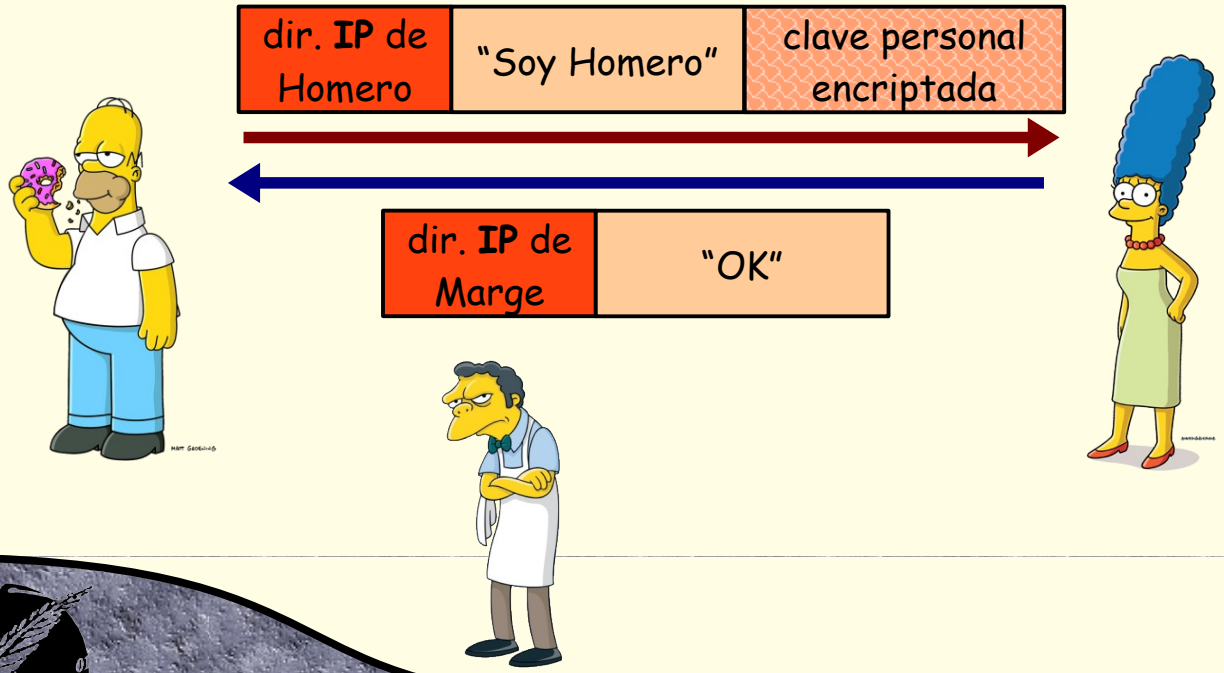
Ataque por reproducción

- Moe puede interceptar el datagrama inicial y reproducirlo cuando sea necesario
  - Este tipo de ataque, denominado "ataque por reproducción", permite quebrar al protocolo **v3.0**:



Clave personal encriptada

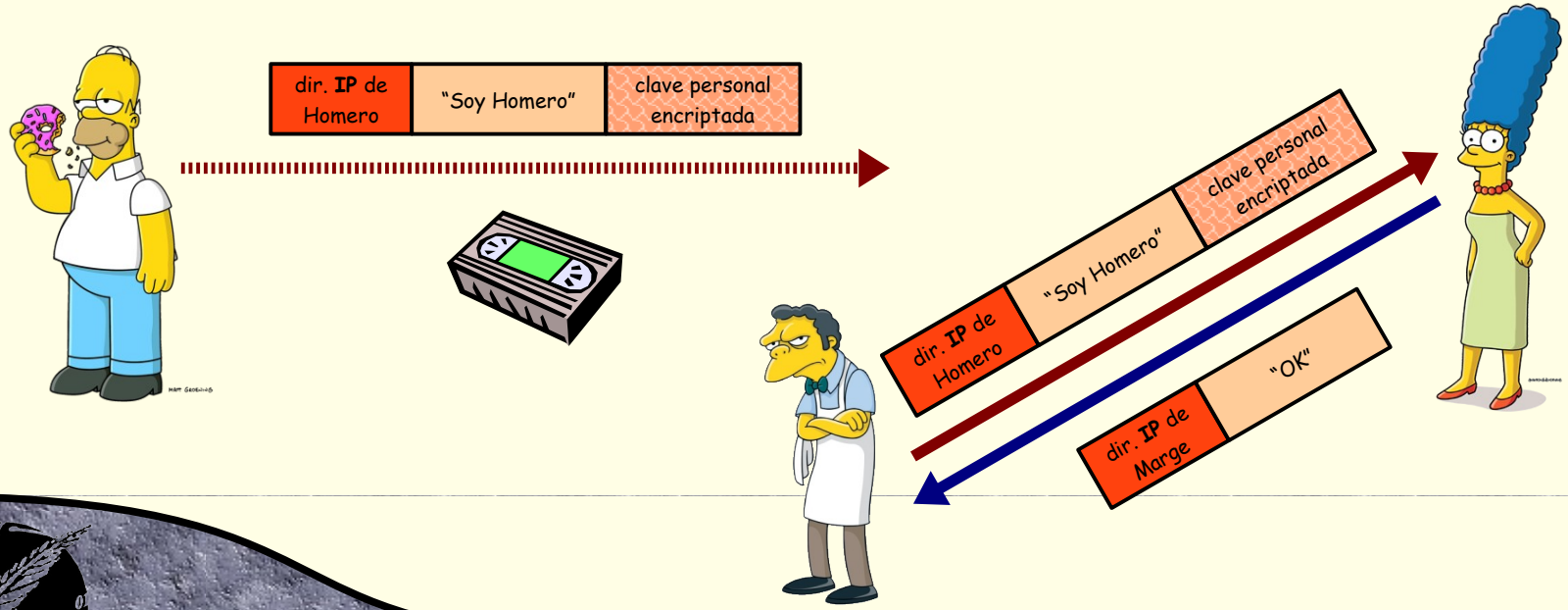
- Una alternativa para hacer más robusto al protocolo es enviar la clave personal pero esta vez encriptada:
- Protocolo **v3.1**:



¿mejorará en algo la robustez?

Ataque por reproducción

- El ataque por reproducción también registra y reproduce la clave encriptada
  - El mismo “ataque por reproducción” también hace fracasar al protocolo **v3.1**:

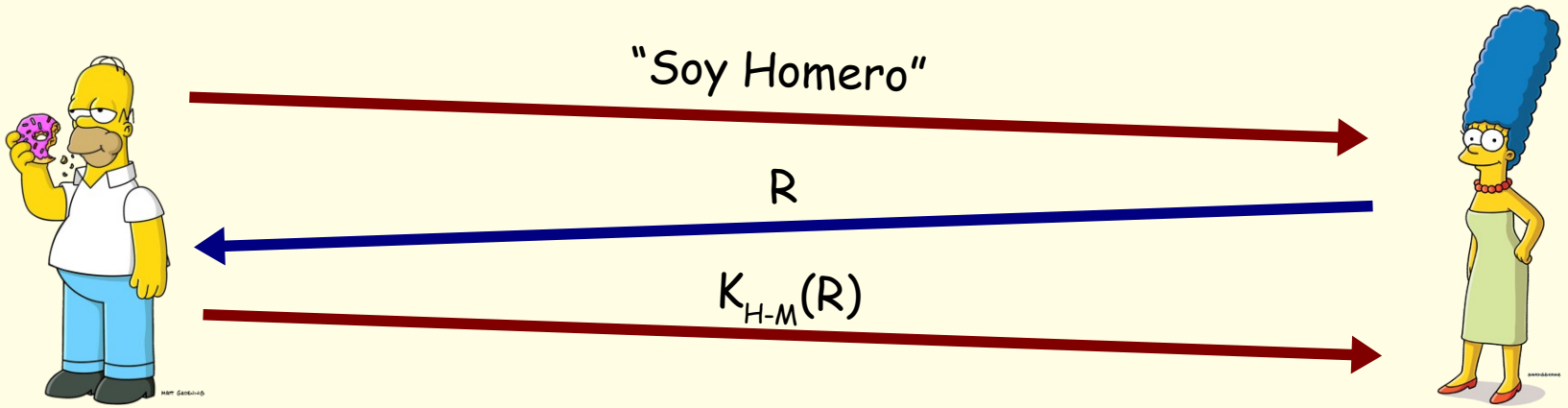


Ataque por reproducción

- Para desactivar los ataques por reproducción basta con incorporar un componente dinámico:
  - Este mecanismo se lo conoce como de "desafío-respuesta" (challenge-response)
  - Denominaremos nonce (**n**umber used **once**) a un número al azar que ha de ser usado sólo una vez
- Protocolo **`v4.0`** (con desafío-respuesta):
  - Homero para comprobar su identidad recibe un nonce generado por Marge, el cual meramente se agrega al mensaje que le quiere enviar originalmente

Intercambio de nonces

- Intercambio de mensajes de acuerdo al protocolo **v4.0**:



¿resiste el ataque por reproducción?

¿qué se le puede criticar a este protocolo?

Marge verifica que el nonce sea el correcto haciendo uso del secreto compartido con Homero

Uso de una clave pública

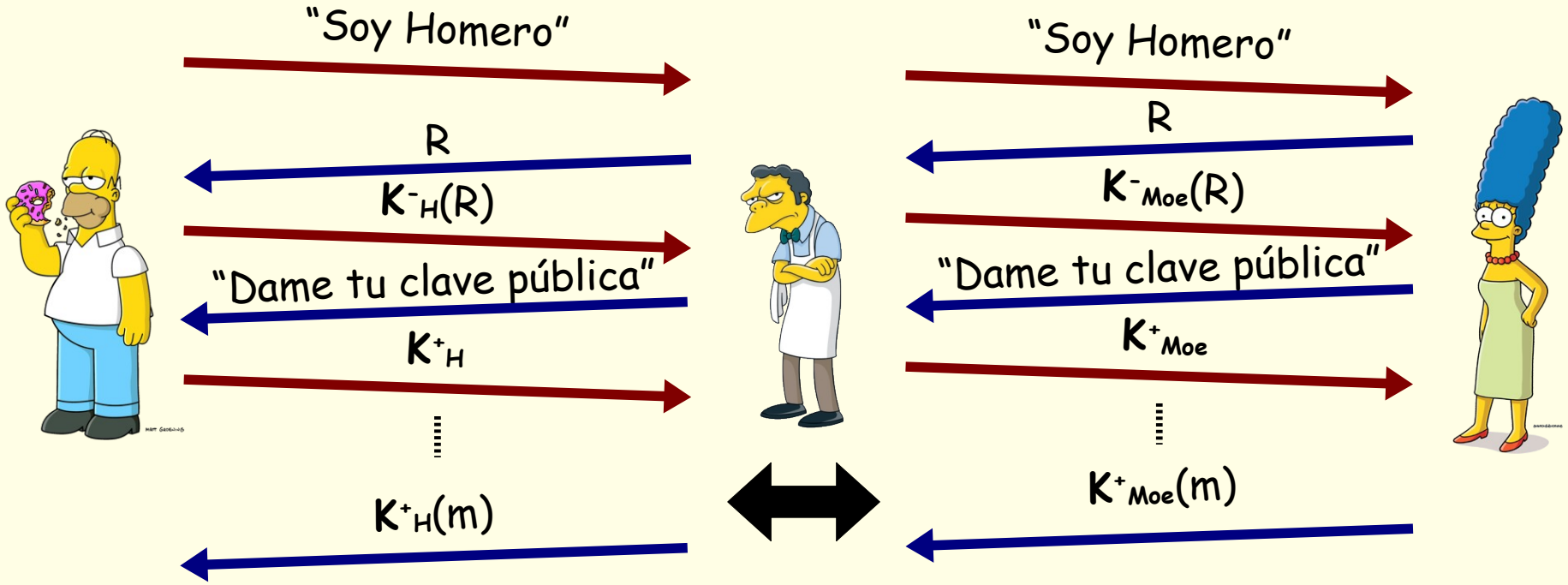
- ¿Se podrá adaptar la criptografía de clave pública al proceso de autenticación?
- Protocolo **v5.0**:

a prueba de hackers...
¿¿o no??

Marge comprueba si $R = K^+_H(K^-_H(R))$
ya que sólo Homero cuenta con K^-_H

Ataque "man in the middle"

- El protocolo **v5.0** también resulta vulnerable:



Moe primero recupera m usando su clave privada
y luego usa la clave pública de Homero para
volver a codificar el mensaje de Marge

Ataque "man in the middle"

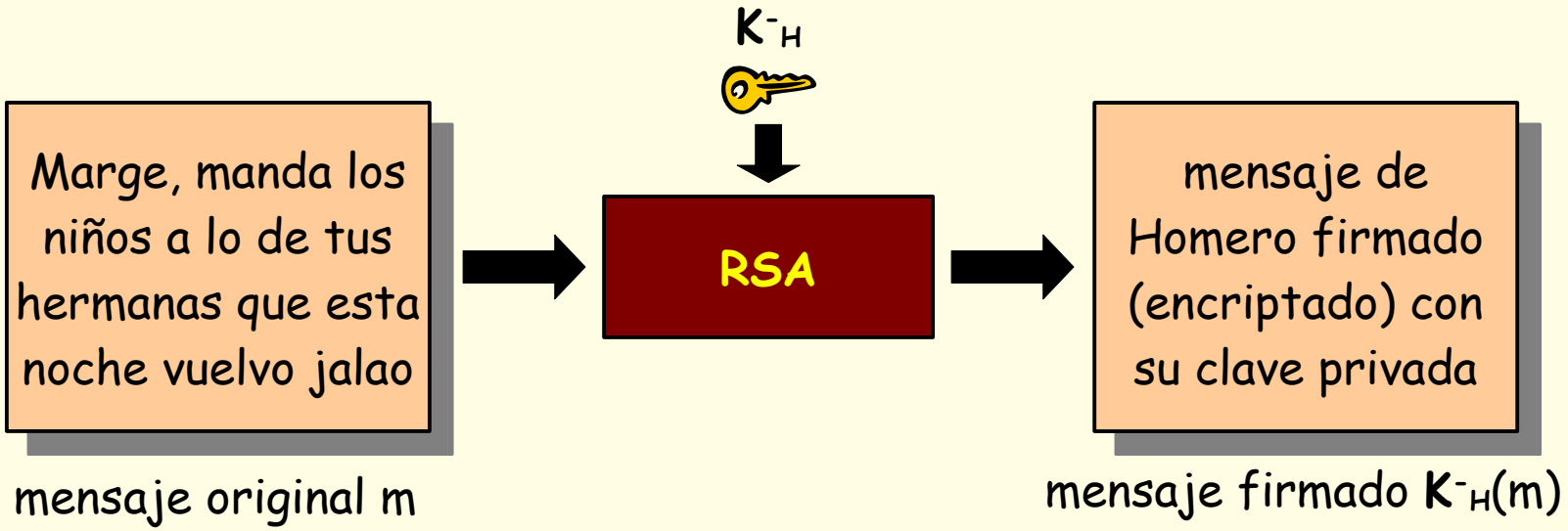
- El ataque "man in the middle" consiste en interceptar y adulterar los mensajes en tránsito
  - El atacante gana acceso a la totalidad de la información intercambiada a través del canal
- Resulta bastante difícil de detectar:
  - En el ejemplo Marge recibe absolutamente todo lo que Homero envía (es decir, si posteriormente se juntan podrán recordar lo conversado)
  - El problema es que Moe también accede a la totalidad de esta información

Firma digital

- La firma digital es una técnica criptográfica que brinda una funcionalidad análoga a la firma manuscrita
  - Por caso, al firmar digitalmente un documento queda perfectamente claro quién fue su autor
  - Más aún, considerando que la firma digital no es falsificable, cualquier persona puede probar a un tercero que aquel que firmó digitalmente un cierto documento es en efecto su autor o responsable

Firma digital

- La criptografía de clave pública permite llevar adelante un modelo directo de firma digital
  - Por caso, Homero para firmar digitalmente un mensaje **m** sólo tiene que encriptarlo con su clave K^-_H



Análisis

- Supongamos que Marge recibe el mensaje **m** y su firma digital $K^-_H(m)$
  - Marge puede comprobar dos cosas, que el mensaje no haya sido adulterado y que de hecho provenga de Homero
  - Para esto, aplica la clave pública de Homero K^+_H a la firma digital $K^-_H(m)$ para verificar si $m = K^+_H(K^-_H(m))$
  - De ser así, quien firmó digitalmente necesariamente tuvo acceso a la clave privada de Homero (es decir, fue Homero, salvo mediar alguna situación anómala)

Digesto de un mensaje

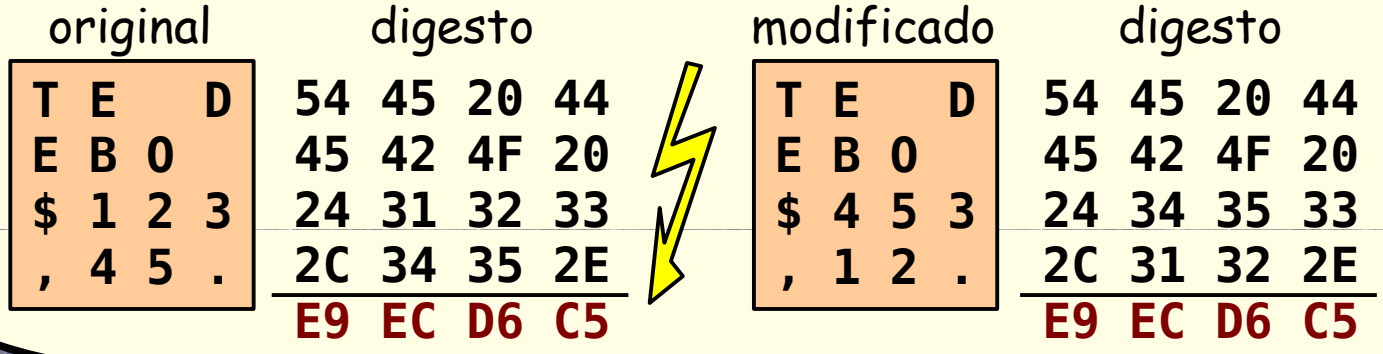
- El mecanismo de firma digital propuesto sólo es viable para encriptar mensajes cortos
  - Recordemos que el proceso de encriptado es computacionalmente costoso
- Para el caso de los mensajes de gran tamaño, sólo se firma digitalmente el digesto del mismo
  - El digesto de un mensaje viene a ser la “huella digital” (fingerprint) del mismo
  - Es en realidad una función fácil de computar, que retorna un resultado de tamaño fijo denominado hash

Función hash

- La función hash debe cumplir un conjunto de requisitos:
  - Usualmente múltiples mensajes pueden compartir el mismo digesto
  - Da como resultado un digesto del mensaje de tamaño fijo denominado “huella digital” (fingerprint)
  - Por último, dados un mensaje **m** y su correspondiente función hash **H**, tiene que ser computacionalmente inviable encontrar otro mensaje **m'** con el cual colisione, esto que, que **H(m) = H(m')**

Checksum como función hash

- El checksum utilizado en el stack de protocolos **TCP/IP** aparenta satisfacer los requisitos de una función hash:
  - Genera un digesto de mensaje de tamaño fijo (por caso, para **TCP** es una cadena de 16 bits)
  - Múltiples mensajes comparten el mismo digesto
  - No obstante, para un dado mensaje es sencillo encontrar otros mensajes con el mismo hash



El rol del hash

mensaje m
(de gran tamaño)

mensaje
original

función
hash H

H(m)

fingerprint

encriptado
RSA

K^-_H

clave privada
de Homero

$K^-_H(H(m))$

firma
digital

El rol del hash

$K^-_H(H(m))$

desencriptado RSA

H(m)

clave pública de Homero K^+_H

¿=?

mensaje m (de gran tamaño)

firma digital

función hash H

H(m)

mensaje original

fingerprint

MD5

- En la actualidad la función hash **MD5** (Message Digest v5) es una de las más difundidas:
  - Se define formalmente en el **RFC 1321**
  - Ideada por Rivest para reemplazar la ya obsoleta función hash **MD4**
  - Computa un digesto de mensaje de 128 bits en un proceso de cuatro fases de 16 operaciones
  - Para un digesto arbitrario **d** aparentaba ser bastante difícil construir un mensaje **m** cuyo hash **MD5** sea **d**
  - Hoy en día se sabe vulnerable a ataques de colisión

SHA-1 y SHA-2

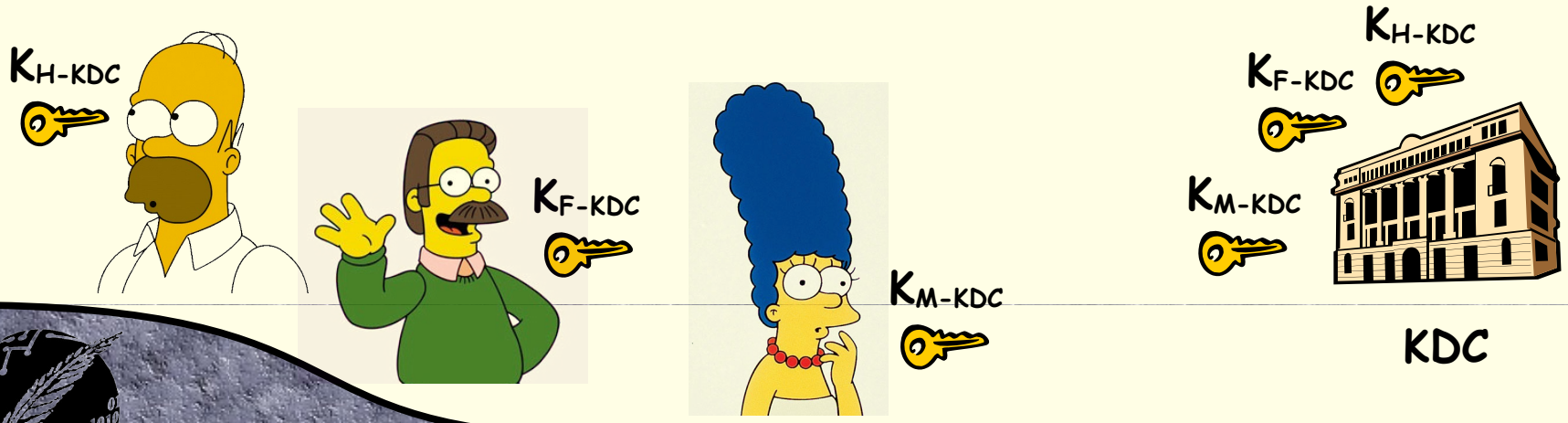
- También está disponible la función hash alternativa **SHA-1**:
  - Se basa en el mismo principio de **MD4** y **MD5**
  - Se trata de un estándar sancionado por el **NIST** (National Institute of Standards and Technology)
  - Computa un digesto de mensaje de 160 bits en un proceso de cuatro etapas
  - De requerir una función hash más robusta (esto es, más difícil colisionar por fuerza bruta), se puede optar por **SHA-2**, cuyo tamaño de digesto en bits es de 256 o 512

Intermediarios confiables

- Tanto la criptografía de clave simétrica como asimétrica se beneficiarían al disponer de un tercero que haga de intermediario confiable
- En la criptografía de clave simétrica la dificultad consiste en compartir la clave privada
  - El centro de distribución de claves (**KDC**) se encarga de esto
- En cambio, en la criptografía de clave pública la dificultad consiste en compartir esa clave
  - La autoridad de certificación (**CA**) se encarga de esto

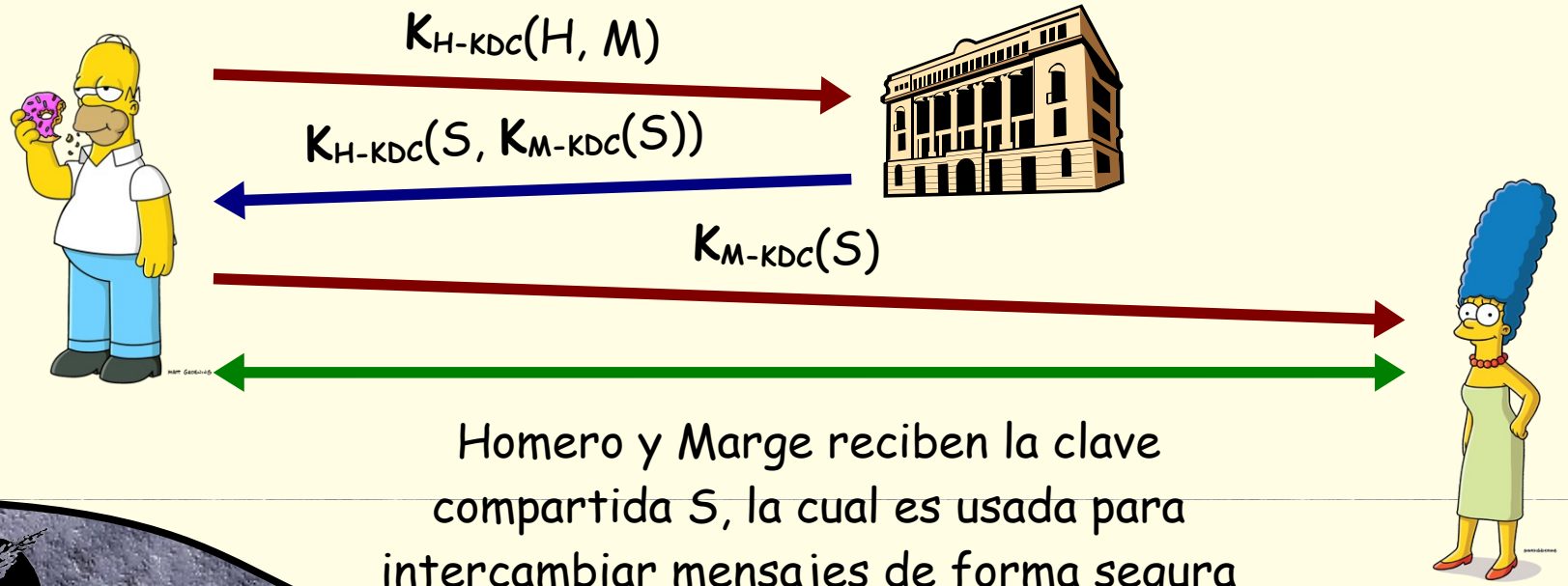
Key Distribution Center

- Supongamos que Homero y Marge necesitan acordar una nueva clave compartida
  - El centro de distribución de claves mantiene diferentes claves personales, una para cada uno de sus usuarios registrados
  - De manera análoga, los usuarios también conocen sus respectivas claves personales



Key Distribution Center

- El **KDC** facilita el proceso de distribución de una nueva clave compartida
  - Cuando Homero y Marge quieran comunicarse de manera segura, el **KDC** les genera una nueva clave compartida, válida sólo durante esa interacción



Certification Authority

- El **CA** se encarga de la distribución de las claves públicas al usar criptografía de clave pública
  - El **CA** vincula una cierta entidad **E** a su clave pública
  - La entidad **E** (por caso, una persona, un server, etc.) suministra al **CA** una prueba de identidad
  - De resultar aceptable, el **CA** vincula a **E** con su clave pública a través de un certificado
  - Este certificado es en esencia la clave pública de **E** firmada digitalmente por el **CA**

Certification Authority

clave pública de Homero K^+_H

encriptado RSA

K^+_H

K^-_{CA}

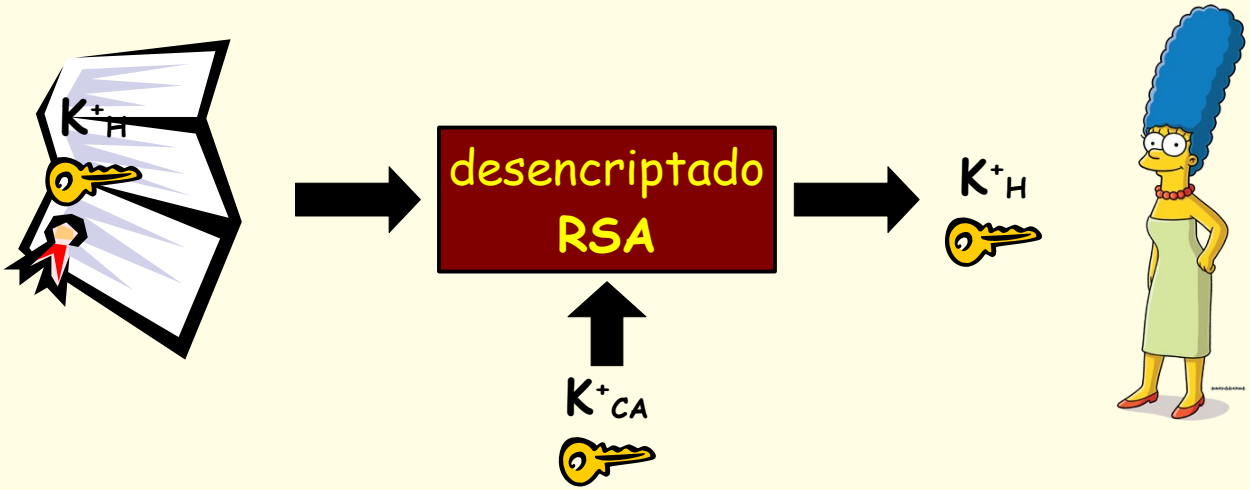
clave privada del **CA**

certificado del **CA** garantizando clave pública de Homero

prueba de identidad de Homero

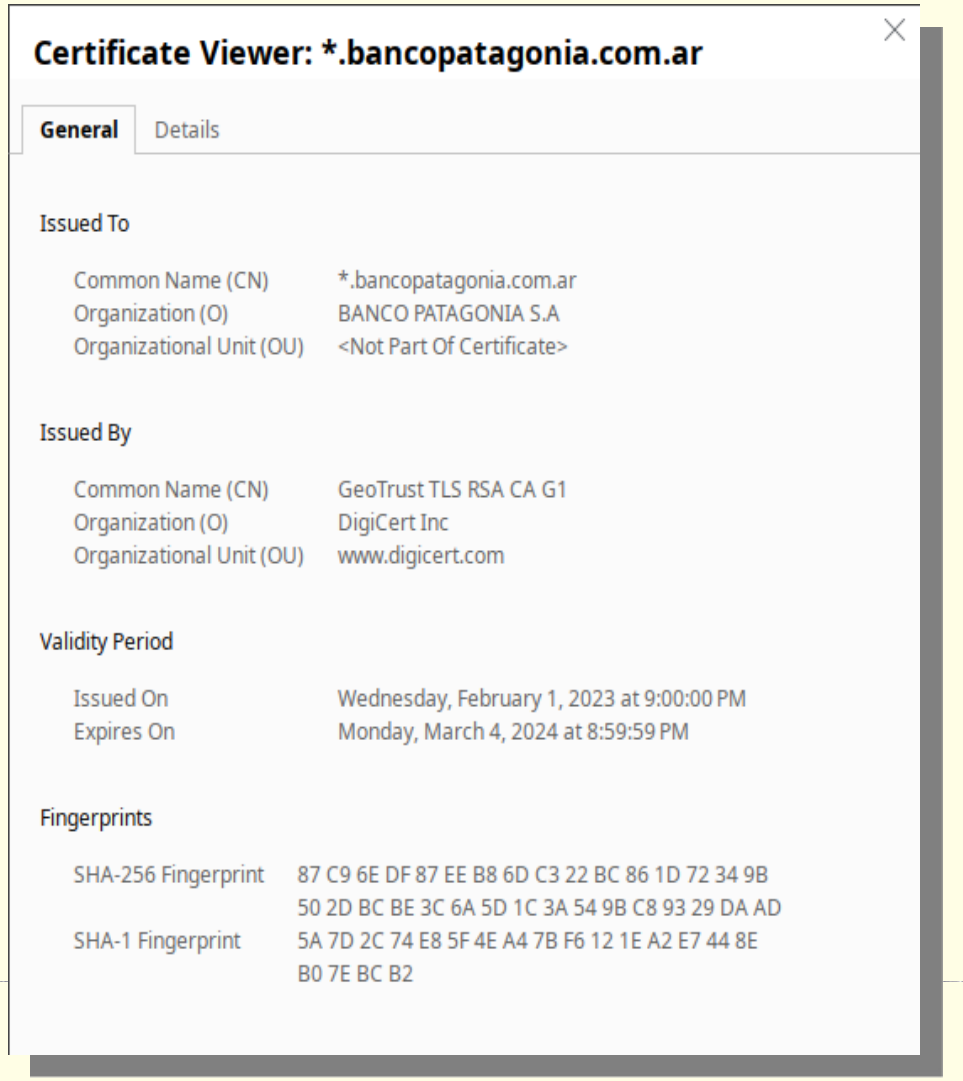
Certification Authority

- Cualquier interesado puede extraer la clave pública contenida en un certificado
  - Por caso, Marge a partir de la certificación de clave pública de Homero puede recuperar la clave con la certeza de que no ha sido adulterada



Estructura de un certificado

- El certificado suele contener información extra aparte de la clave pública:
  - Un número de serie, único para cada **CA**
  - Otros datos relativos al dueño del certificado



¿Preguntas?