UNA BREVE INTRODUCCIÓN A BLOCKCHAIN

José Incera

Febrero 2021

Agenda

- Conceptos básicos
- Bitcoin y su blockchain
- Otros tipos de tecnologías de *ledger* distribuido (DLT)

¿Que es blockchain?

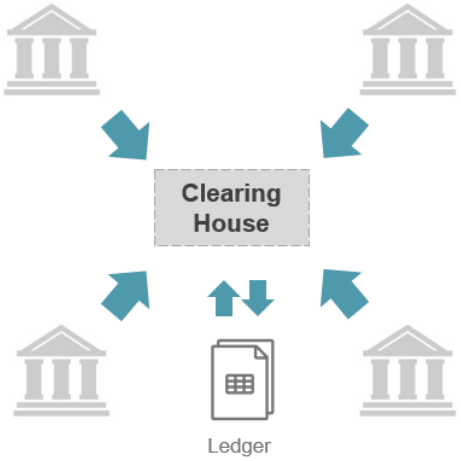
En términos simples, un poco más que una base de datos *(ledger*, registro contable):

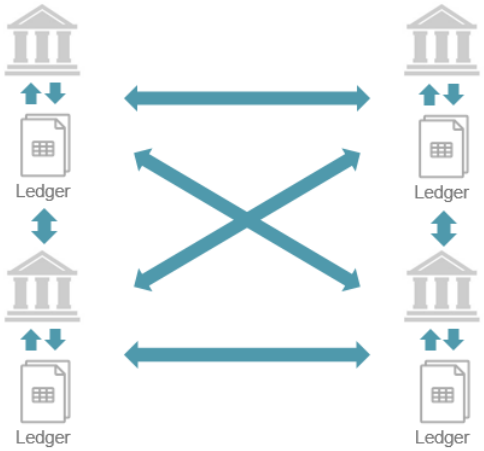
- Distribuida, decentralizada y replicada
  - No hay una autoridad central
    - » Mucho más difícil de violar
  - No hay un punto único de falla
    - » Red P2P y protocolos *gossip*
- Inmutable (casi siempre)
  - Transacciones atómicas
    - » Agrupadas en bloques
    - » Los bloques son *append-only*, nunca se borran
- Auditable (casi siempre)
- Transparente (casi siempre)

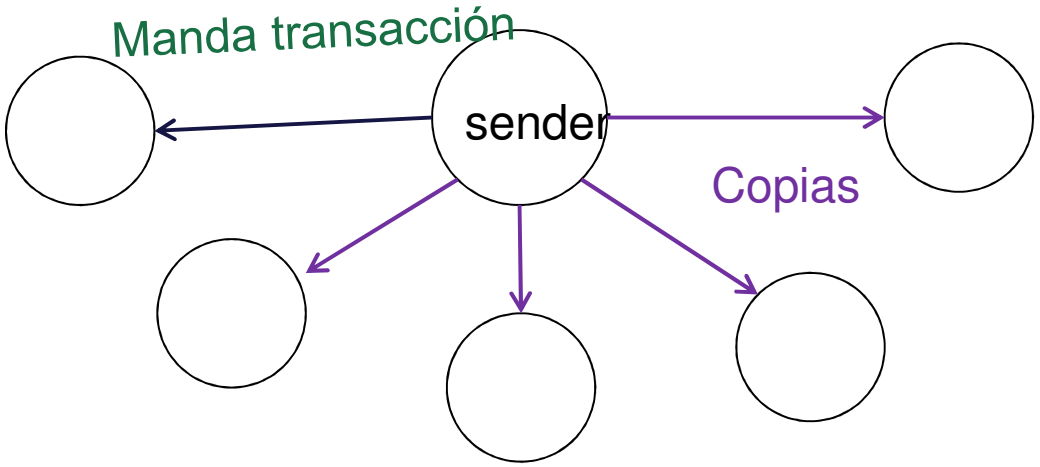
Confianza compartida

Bitcoin es el primer caso de uso a escala global que demostró su factibilidad

Ledger distribuido, red P2P = desintermediación



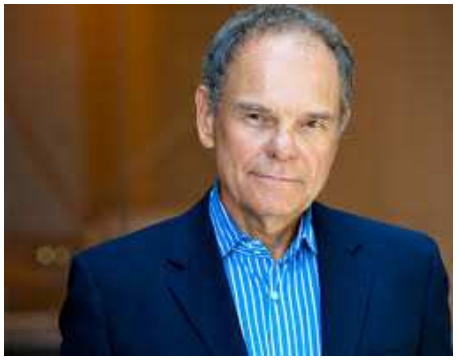




- Menor tiempo de procesamiento, no se requiere de conciliación
- Menores costos de transacción
- Se evita punto único de falla
- Mucho más seguro

Blockchain: Implicaciones

- "True Peer-to-Peer sharing economy"
- "La Internet de la confianza"
- "La Internet del valor"



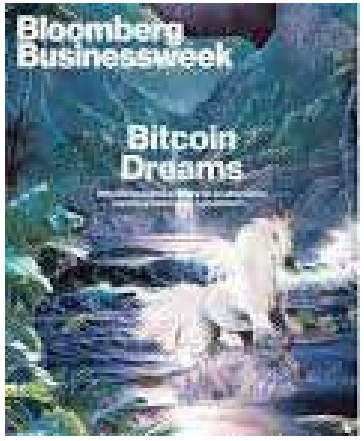
https://www.ted.com/talks/don_tapscott_how_the_blockchain_is_changing_money_and_business#t-1112274

- **De un Internet** cuyo desarrollo fue impulsado por la colaboración, eficiencias en búsquedas, colección de datos y toma de decisiones donde el juego era **monitorear, mediar y monetizar información**….
- **A un Internet** impulsado por menores costos de negociación y el cumplimiento de acuerdos comerciales y sociales en donde el juego será **integridad, seguridad, colaboración, privacidad, creación y distribución de valor**.

Blockchain: El Protocolo de Confianza

- **Desde 1981** se habían querido resolver los problemas de **privacidad, seguridad e inclusión** de **Internet** con criptografía.
- La tecnología detrás de Bitcoin **asegura la integridad sin necesidad de un tercero de confianza**.
- Marc Andreessen (Netscape): “This is it!. **Whoever he is should get the Nobel prize! He is a genius**!”
- El nuevo “ledger” puede ser utilizado para registrar **cualquier cosa de valor** o importancia.

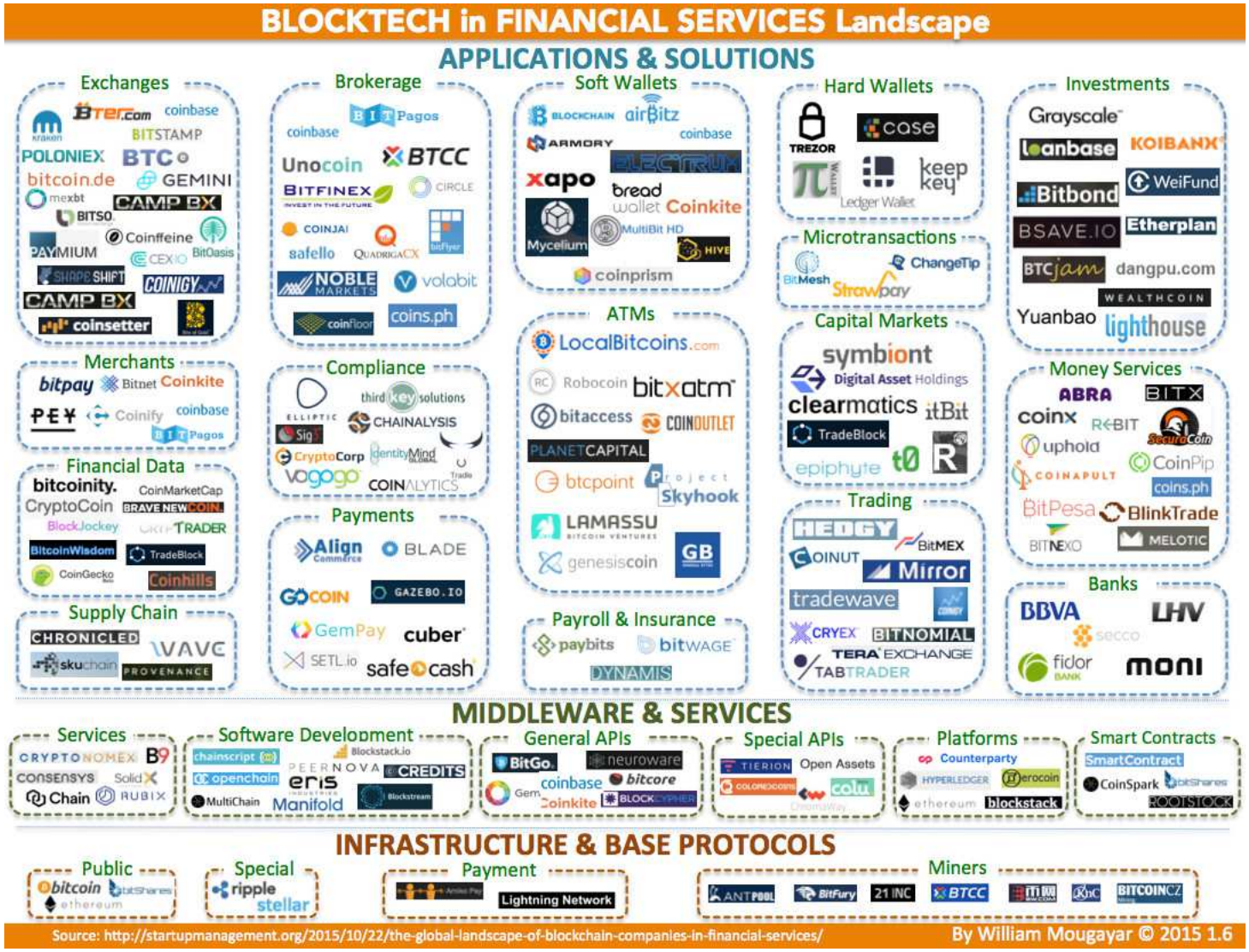
El Interés ha sido enorme



Instituciones Financieras invirtiendo en blockchain

Fuente: http://fintechnews.ch/blockchain_bitcoin/introduction-bitcoin-blockchain-for-financial-services

Mapa tecnológico de blockchain para el sector financiero



Bitcoin y su blockchain

¿Qué es Bitcoin? / ¿Qué la distingue?

- Bitcoin es una **criptodivisa**.
  - En 2008, Satoshi Nakamoto (¿pseudónimo?) publica un artículo en la lista de criptografía de metzdowd.com donde describe el protocolo Bitcoin
  - Nakamoto Inicia el primer bloque (bloque génesis) con 50 Bitcoins
  - Primera transacción comercial: 2 pizzas de Papa John's por 10,000 BTC

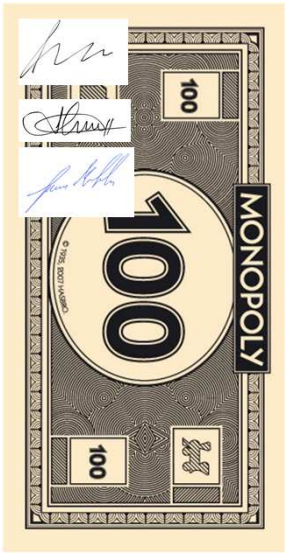
- Bitcoin se caracteriza por funcionar con un **esquema descentralizado**, es decir, no está respaldado por ningún gobierno ni depende de la confianza en un emisor central
- Utiliza un sistema de **prueba de trabajo** para **impedir el doble gasto** y alcanzar el **consenso entre todos los nodos** que integran la red
- La información se intercambia sobre una **red no confiable y potencialmente comprometida**
- Las transacciones **no necesitan de intermediarios** (P2P) y el protocolo es código abierto

Bitcoin – Abstracción ¿Recuerdas el Turista?

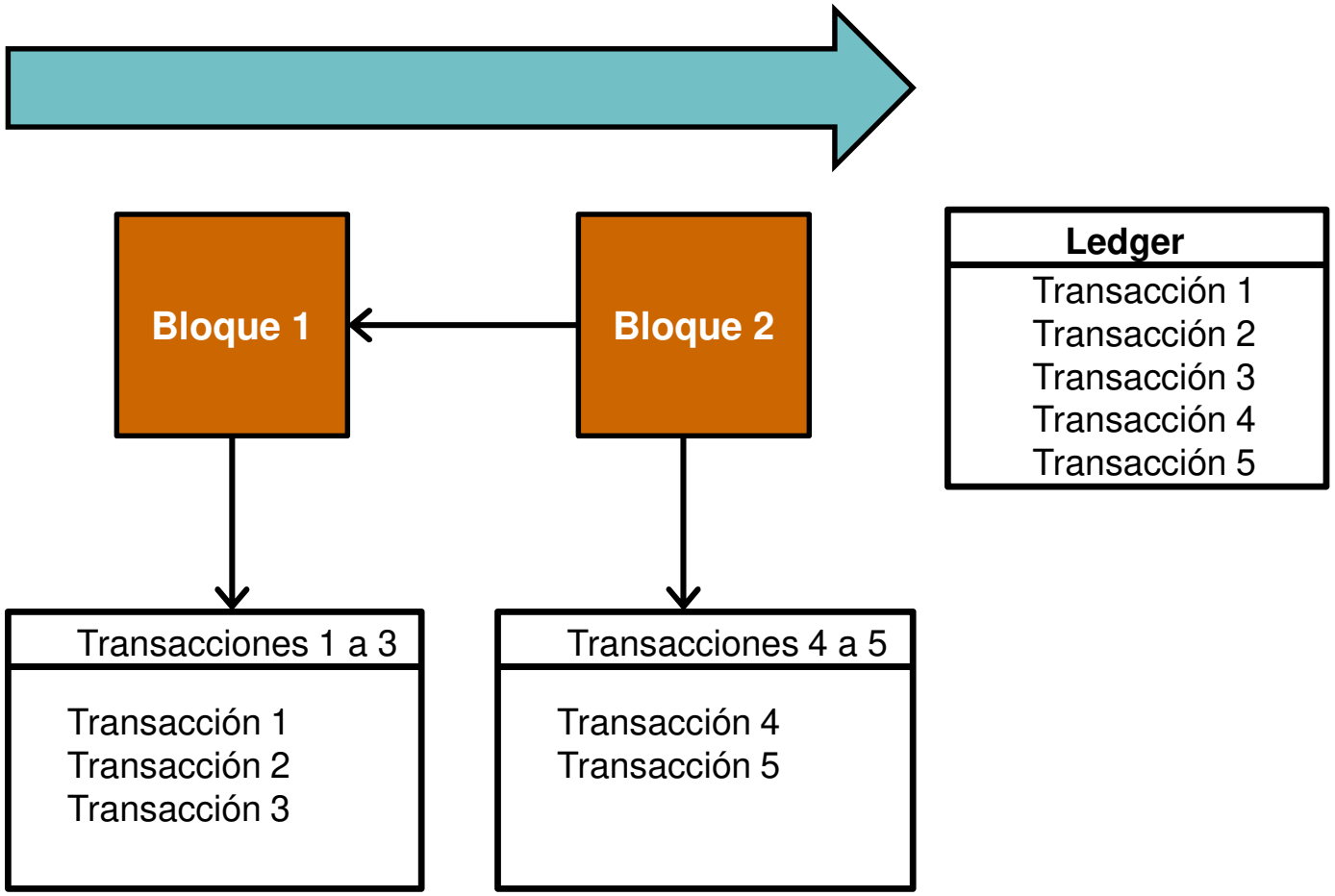
¿Recuerdas hacer una pequeña trampa al jugarlo?

Bitcoin - Idea básica

- En vez de tener *cuentas e*n bancos y *liquidaciones* entre bancos (tal vez a través de un intermediario, como un banco central) cuando las transferencias de dinero (o de un *activo*) se ejecutan en Bitcoin – en una blockchain- los activos hacen referencia a cómo han ido cambiando de propietario
- Estas transacciones no pueden ser borradas ni modificadas

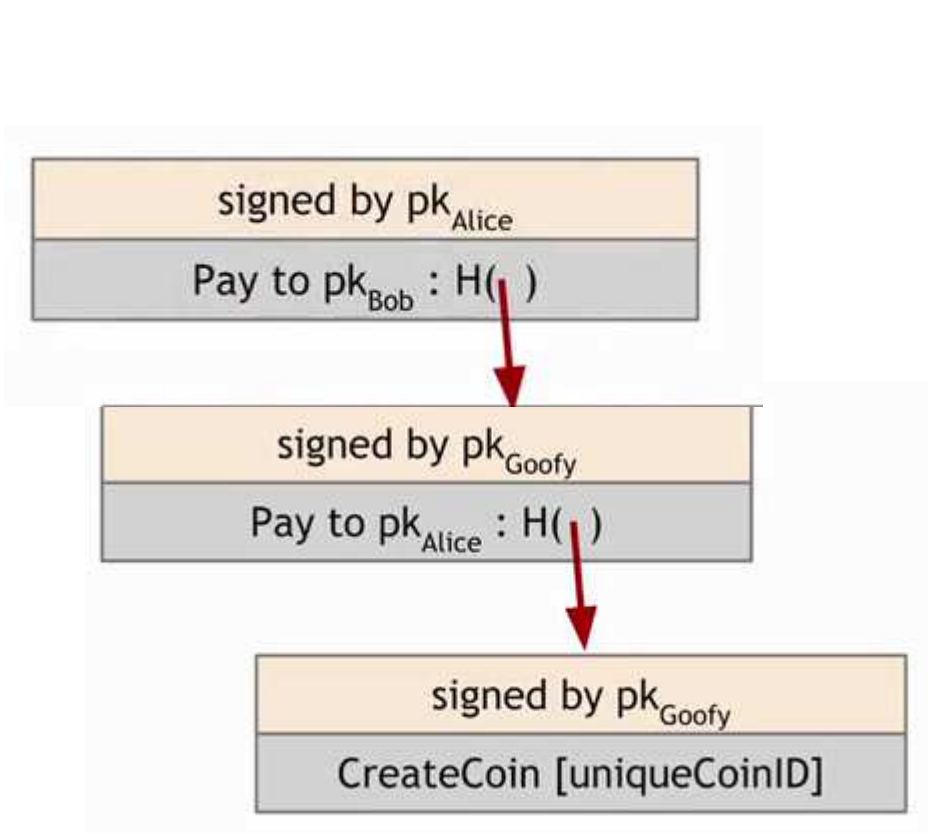


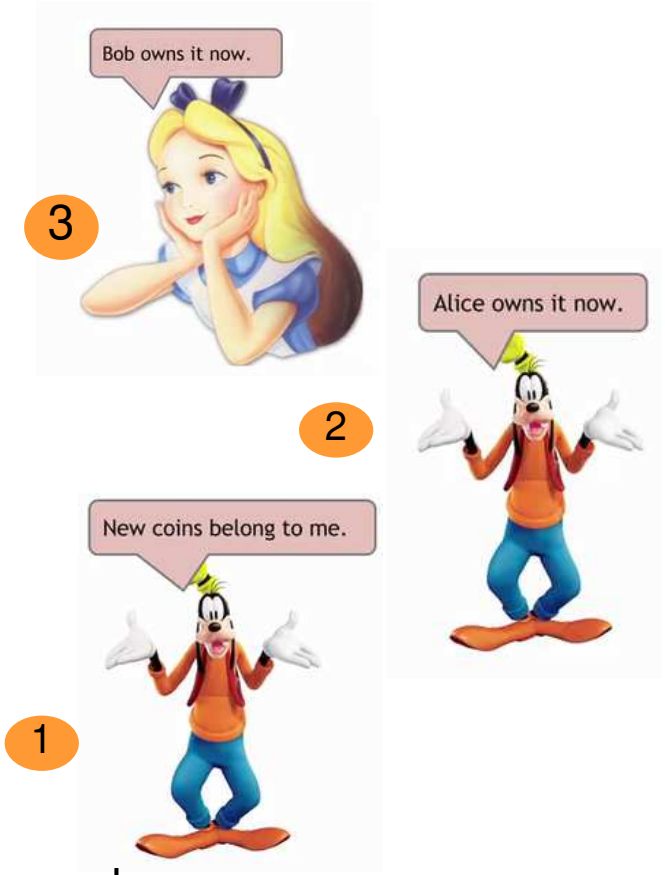
Conceptos principales



Blockchain = archivo replicado monótonamente incremental

Una Criptodivisa sencilla: *Goofy Coin*





Goofy crea nuevas monedas

Transacciones en Bitcoin

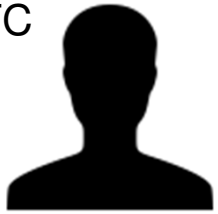
1. Alice manda notif. a la red

ID transaction: Trans152
Public Key receiver: 00ff1d5
Transaction value: $100
Sender's signature: 004rl9

2. La red recibe la notificación, valida su autenticidad y la envía al *pool* de transacciones pendientes.
Un grupo de esas transacciones forma un bloque

3. Un bloque se agrega si se valida por consenso (en Bitcoin, por haber resuelto un reto matemático)

4. Bob verifica en la cadena que se agregó la transacción. Ahora es el poseedor de BTC



Bitcoin

Se retiran "UTXO" de Alice (se deduce saldo en Ethereum)

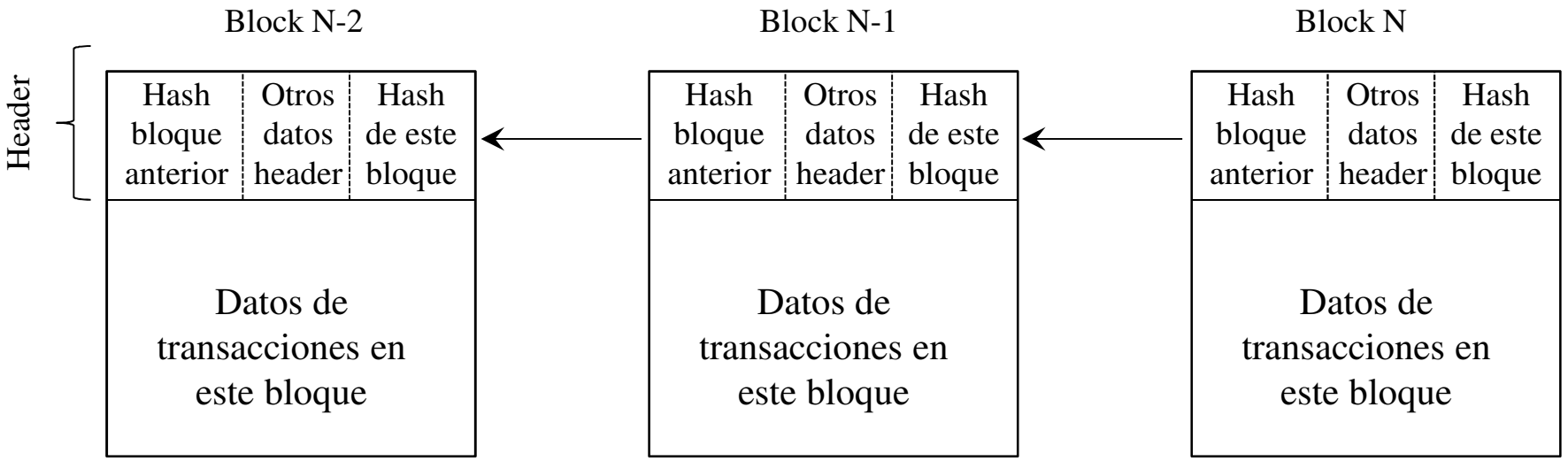
Miners validan y agrupan las transacciones

El minero que agrega un bloque, recibe una recompensa

Bob recibe UTXO (o se carga el saldo en Ethereum)

Blockchain: Estructura e integridad

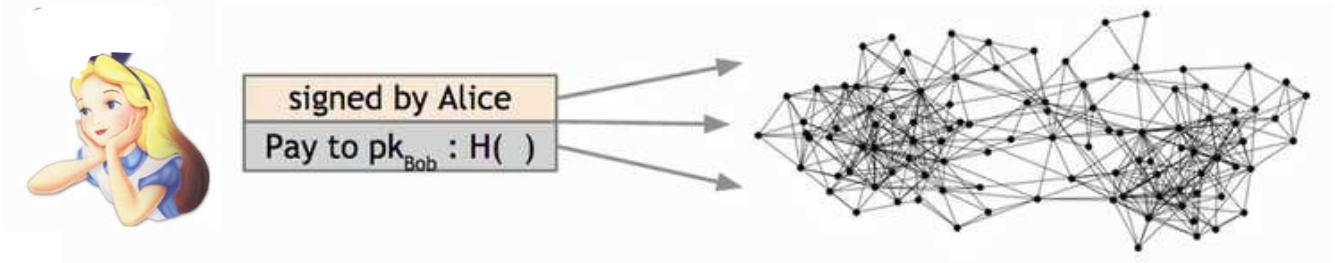
Lista de transacciones (LoT)	Hash de la LoT	Hash del bloque anterior	nonce	Time-stamp	Hash de todo el encabezado



Consenso distribuido

Se asume que hay *n* nodos entre los cuales *m* son maliciosos. Se ha alcanzado consenso si:

- Todos los nodos honestos coinciden en un valor tras verificar su validez
- Ese valor fue propuesto por un nodo honesto



En Bitcoin cuando Alice difunde una transacción, se busca que todos los nodos acorden qué transacciones son válidas y en qué orden se ejecutan. Este consenso produce un solo ledger global

Retos para llegar a un consenso

- Nodos que pueden fallar
- Nodos maliciosos
- Imperfecciones de la red
  - No todos los nodos están conectados
  - Fallos en la red
  - Latencia
    - **No se tiene una noción global de tiempo**
      - Muchos algoritmos de sistemas distribuidos no se pueden aplicar

- En sistemas distribuidos *duros* se sabe que si $m > n/3$, no se puede llegar a un consenso

Consenso en Bitcoin

Las restricciones de los sistemas distribuidos se pueden relajar en Bitcoin:

- Se introduce un esquema de incentivos
- Hay un fuerte componente aleatorio al seleccionar el nodo que propone un valor (que agrega un bloque)
- El consenso ocurre en largos periodos de tiempo (1 hora)
- Las entidades no tienen identificador

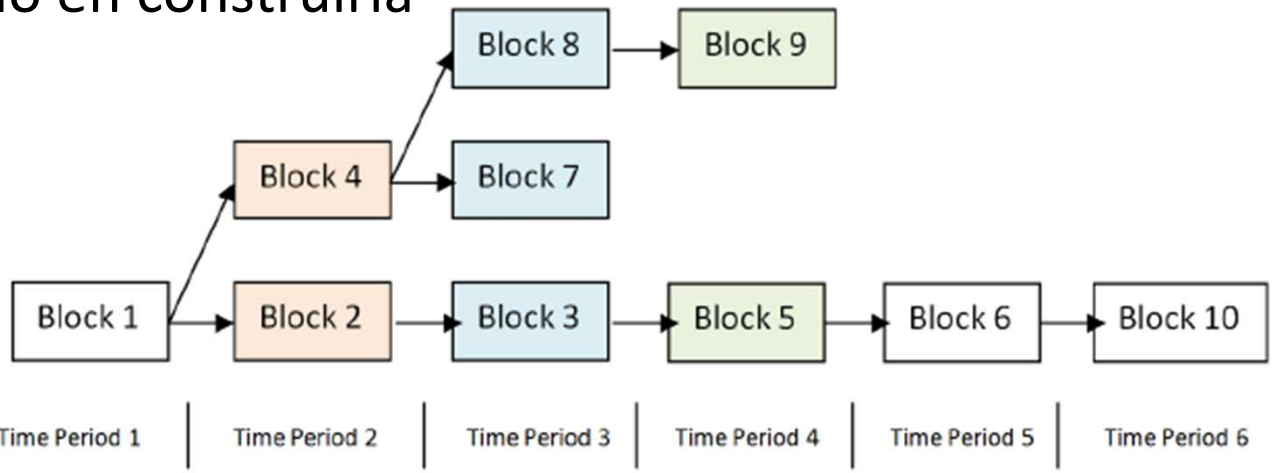
El blockchain de Bitcoin funciona mejor en la práctica que en teoría

Consenso implícito: la cadena más larga

- Los nodos reciben **incentivos para "comportarse bien"**; el comportarse mal es costoso
- Mecanismo de **consenso implícito**:
  - En cada ciclo, **un nodo** gana **el derecho de agregar un bloque** a la cadena
  - El resto de los nodos verifica que las transacciones en el bloque propuesto sean válidas.
  - El resto de los nodos **implícitamente aprueban o desaprueban** la adición del nuevo bloque:
    a) Extendiendo la blockchain con la adición del nuevo bloque (i.e., una **confirmación**) y tomando el hash de este bloque en el siguiente que crearán y formarán la **cadena más larga.**
    b) No extendiendo la blockchain, y manteniendo el hash que estaba a la cabeza como el último

Obtener consenso

- Aunque la cadena es una lista, conviene visualizarla como un árbol
- La rama más larga (*longest path*) representa la cadena aceptada
- Un participante que desea extender una rama en la cadena de bloques, representa un voto para obtener consenso en esa rama. Entre más larga es la rama, más cómputo se ha invertido en construirla



Confirmación de la transacción

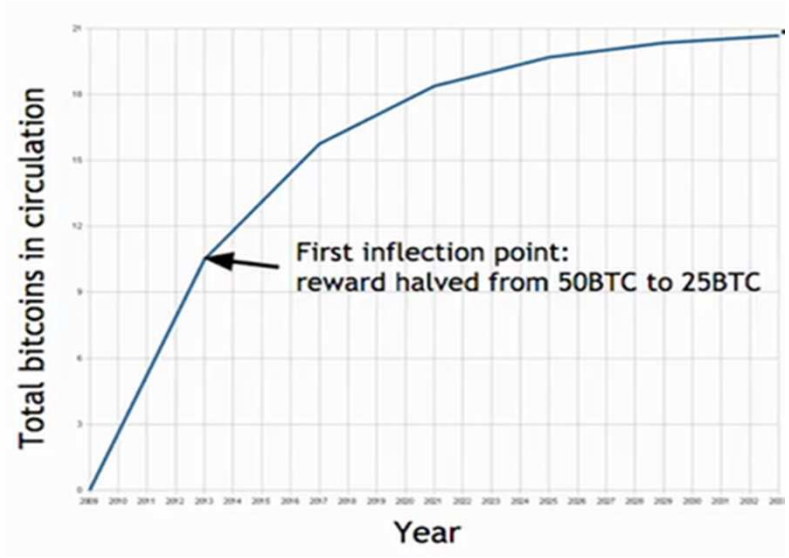
- Una transacción aceptada en un bloque que potencialmente será agregado a la cadena, ha sido verificada. En particular, se confirma que sus entradas están disponibles (es decir, tiene fondos)
- Cada nuevo bloque encima de aquél en el que se registró la transacción, se considera una confirmación
- El mínimo para validar una transacción son dos bloques (20 min), son recomendados 4 bloques (40 min) y la transacción se considera madura e imborrable después de 6 bloques (1 hora)
- Las nuevas BTC creadas por el proceso de minado sólo son válidas tras 120 confirmaciones
  - Con esto se busca asegurar que un nodo con más de 51% de poder computacional no retira transacciones fraudulentas

Incentivos en Bitcoin

1) El nodo **minero** que **añade un bloque válido** a la blockchain recibe un premio, en la actualidad de **12.5 BTC** si y solo si el bloque pertenece a la cadena más larga. Cada 210,000 transacciones (aproximadamente cada 4 años) este premio se reduce a la mitad

2) Puede haber una **comisión** por cada transacción que se añade a un bloque de la blockchain.

- El No. de Bitcoins está topado en 21 millones y se agotarán en 2140



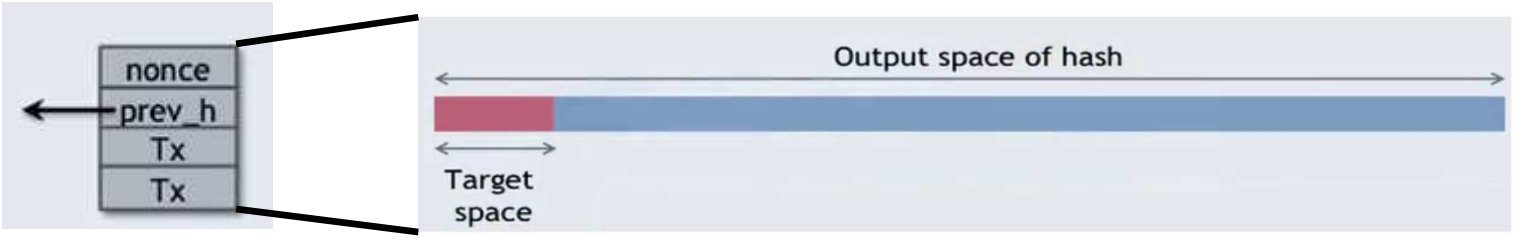
BITSO

1 BTC = 180,500.00
Fecha: 4-Nov-2019

Prueba de Trabajo en Bitcoin

- **La selección de un nodo** es **proporcional a la fracción de poder de cómputo** que tiene con respecto a todos los demás nodos (i.e., "mineros") de la red
- Los **mineros compiten** para resolver un **acertijo criptográfico** el cual sirve como **prueba de trabajo** del minero que resolvió la solución
- El acertijo consiste en **encontrar un nonce** (i.e., una cadena de bits) tal que, cuando se calcula el hash del (nonce || prev-hash || tx || tx…) el **resultado** nos da **un número menor que un determinado valor**:

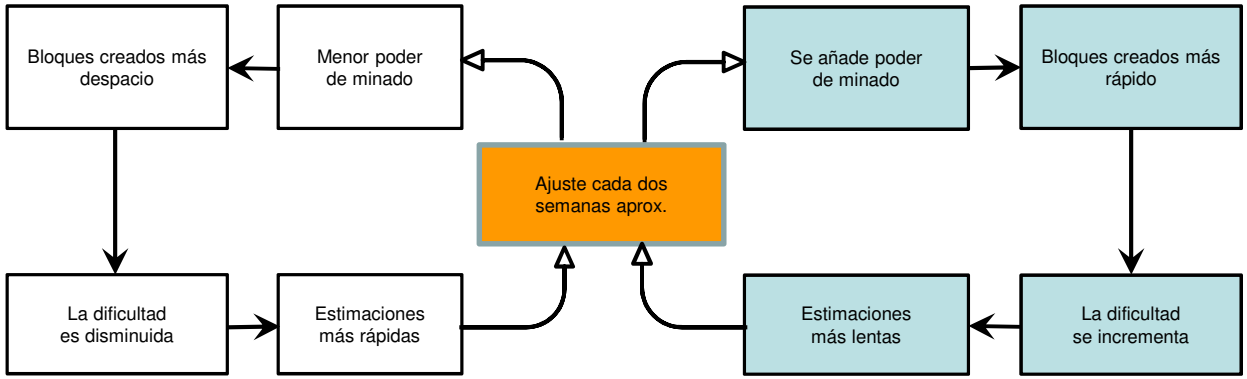
Un 0 => Prob 50%; Dos => 25%... 10 => 0.097%
Actualmente (Nov 2019) hay que encontrar ¡80 ceros!



https://andersbrownworth.com/blockchain/

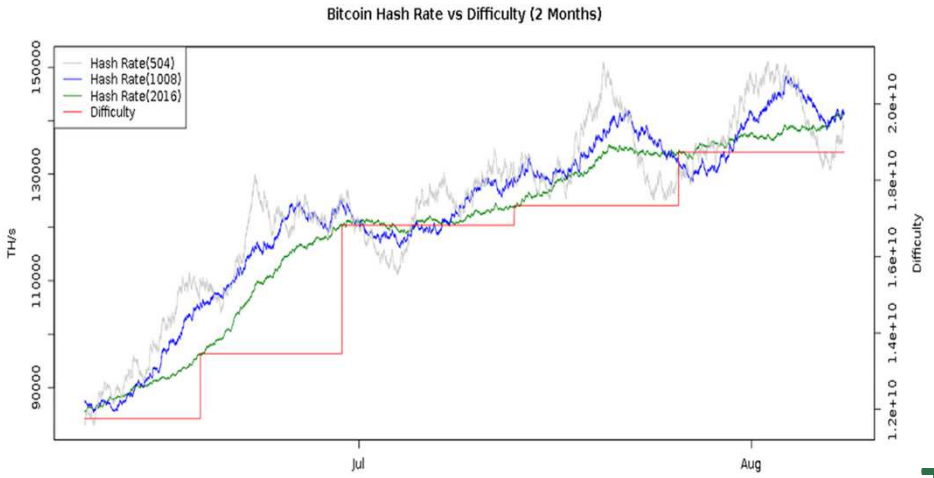
Propiedades del *Proof of Work* en Bitcoin

- Es computacionalmente costoso. En enero 2018, el espacio de búsqueda es de 10^{70}
  - Muy pocos nodos se molestan en competir. Esos son los **mineros**
- El costo computacional es **parametrizable**
  - Todos los nodos recalculan el reto objetivo cada 2,016 bloques, aproximadamente cada dos semanas

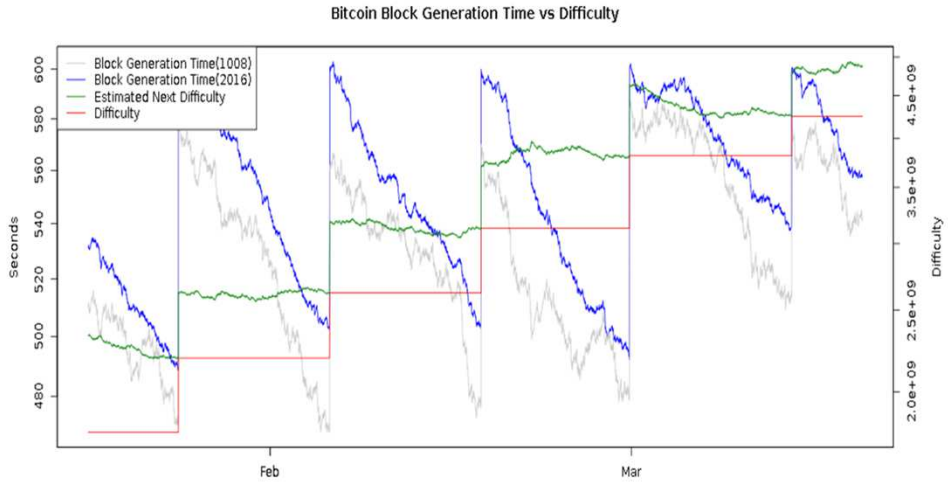


- La verificación del trabajo hecho es trivial
  - Los ganadores anuncian el nonce en el encabezado. La verificación se reduce a calcular el hash con él

Evolución de la dificultad de minado



Tiempo para agregar un bloque



Evolución de los mecanismos de minado

CPU

GPU

FPGAs y ASICs

Centro profesional de minado (en Georgia, Europa)

Otras formas de consenso

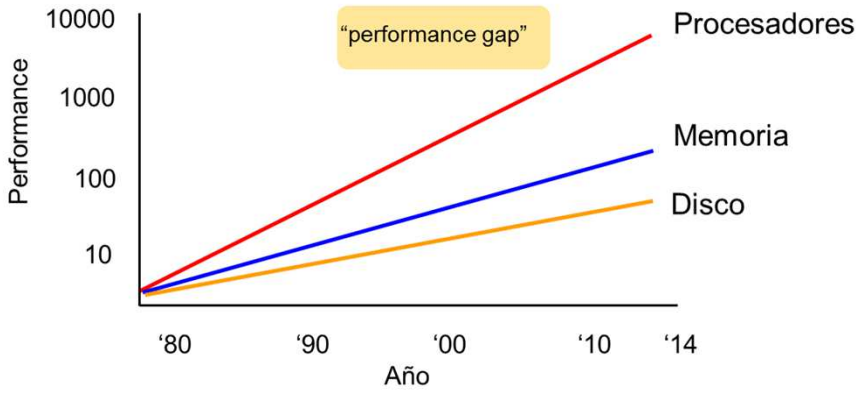
¿Es necesario el *Proof of Work*?

Blockchain de Bitcoin. Algunas limitaciones

- Pseudo anonimato – no permite auditorías. No se siguen lineamientos KYC
  - Se ha usado para venta de drogas en línea y pagos de *ransomware*
- Latencia: Transacciones se validan en mínimo 20 min, necesario 40 min y permanente: 60 min
  - No sirve para aplicaciones de alta transaccionalidad o tiempo casi real
- No escalable: Alrededor de 7 transacciones por segundo; Visa, Mastercard, alrededor de 2,000
- Consumo energético PoW:
  - En jun 2017, un minero generaba $1x10^{18}$ de hashes por segundo y consumía 500 MW, el equivalente de 325,000 hogares.
  - En ene 2018, el consumo total se estimaba en 2100 MW, que es aproximadamente 0.01% del consumo mundial. Algunos autores sobreestiman los cálculos y obtienen 43 TW, más o menos lo que consume Perú.
- Costo
  - En un bloque caben aproximadamente 2,000 transacciones. Para que una transacción sea incluida en el bloque, se otorga una comisión al minero.
  - En 2018, esta comisión rondaba los $14 USD independientemente del monto

Ethereum Ethash

- También es *Proof of work* pero basado en accesos a memoria. La premisa es que **el desempeño para acceso a memoria** es más estable que el desempeño de procesamiento crudo.
- A partir de una **semilla** se obtiene una **cache de 16 MB** con números pseudoaletorios. Clientes ligeros (laptops, tabletas) almacenan esta cache.
- De la cache se puede generar un **set de datos de 1GB** con la característica de que cada ítem en ese set depende únicamente de un pequeño número de ítems en la cache. Clientes robustos y mineros almacenan todo el dataset.
- El minado consiste en calcular el hash de pequeños bloques aleatorios del dataset. La verificación puede hacerse con poca memoria usando la cache para regenerar solo los bloques requeridos del dataset



Proof of Stake

- Quién tiene derecho a agregar un nuevo bloque, es función de una participación económica (*stake*) que puede ser total de criptodivisas, cantidad de criptodivisas depositadas, cantidad de CPU/memoria, etc.
- El voto tiene el peso de la participación. Comparable ligeramente a una votación de accionistas
- Para evitar centralización, se separa quien propone un nuevo bloque de quien **lo valida.** Estos validadores son los que tienen la participación. Se les paga por comisión.

- La participación puede variar de ronda en ronda
- Debe haber un resultado tras un periodo corto de tiempo
- Ninguna blockchain grande lo ha implementado. Ethereum tiene intención de migrar a PoS

Proof of Elapsed Time (PoET)

- Busca garantizar equidad entre todos los nodos para agregar un bloque
- Cada participante solicita un tiempo de espera de su *enclave* local y confiable (su CPU). Aquél con el menor tiempo de espera es quien gana el derecho a proponer un nuevo bloque
- El *enclave* local firma la función y el valor para que los demás puedan verificar que el nodo no hizo trampa anunciando un tiempo de espera deliberadamente corto
- Concepto propuesto por Intel con base en su tecnología de instrucciones portegidas SGX (*software guard extensions*) para HyperLedger Sawtooth, aunque no es propietario de Intel pues pueden usarse enclaves de AMD con *SME, Secure memory extensions* o *SEV, Secure Encrypted Virtualization*
- Debe considerarse que:
  - El concepto de enclave es complejo y relativamente desconocido, por lo que es potencialmente inseguro
  - Se requiere de una autoridad certificadora para validar las firmas de los enclaves

Proof of Burn

- En vez de gastar dinero en equipo caro para minar, el nodo ***quema*** una cierta cantidad de criptodivisas
- Con ello gana el derecho a minar (un tiempo después) un bloque. Se espera que lo colectado en comisiones compense lo quemado
- La probabilidad de minar es proporcional a la cantidad de monedas quemadas (¿invertidas?)
- Concepto sencillo pero también desperdicia recursos.
- No se sabe bien el efecto de la natural inflación
- Ninguna blockchain grande lo ha implementado

Proof of *useful* work

- La prueba de trabajo de Bitcoin consume mucha energía. Una pregunta natural es buscar algo útil que hacer con esos ciclos de CPU
  - Síntesis de proteínas, búsqueda de vida extraterrestre… pero es muy difícil ligar esto a un bloque
  - Primecoin
    - Busca números primos: p1, p2, …, pn. pi es un primo divisible por el hash
      H(previo || mrkl_root || nonce)
  - Permacoin
    - Aprovecha el hardware de los mineros para almacenar y cobra por ello.

Otros tipos de *Ledger distribuido*

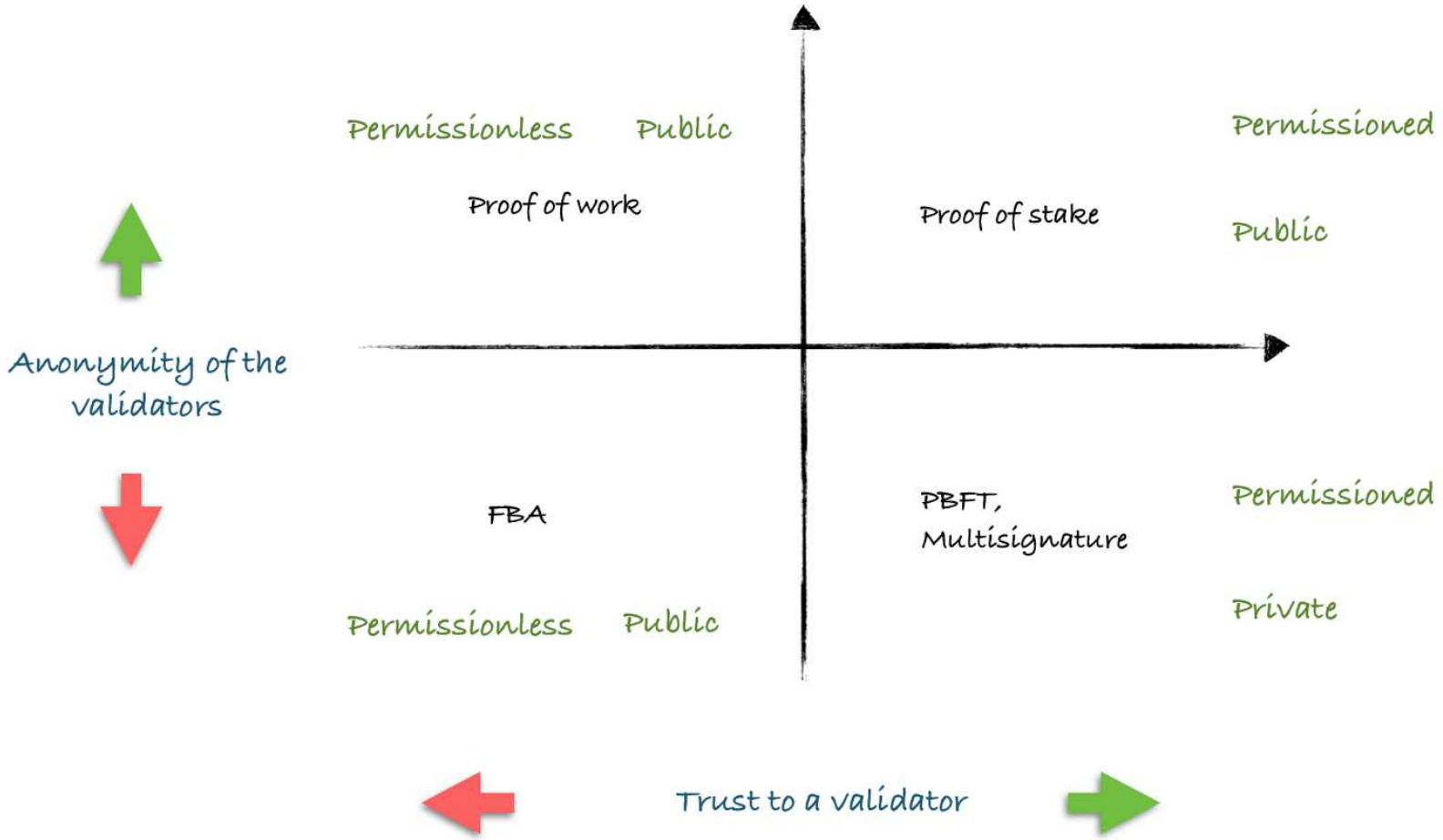
Evolución de blockchains

- Blochchain 1.0 – Crypto divisas
- Blockchain 2.0 – Smart contracts, blockchains permisionadas
  - Ethereum, Hyperledger y otros
    - La cadena de bloques también puede almacenar código que se ejecuta bajo ciertas condiciones para controlar las transacciones
    - Dado que el código está en la cadena, es inviolable
    - Contratos legales pueden traducirse a reglas de negocio que se codifican en un *smart contract*
      - P. Ej., Liberar pago si la carga llegó antes de las 23:40
    - Cadenas permisionadas (o privadas) sólo aceptan usuarios previa autenticación (no hay anonimato). Puede haber distintos roles, notablemente un rol de auditor
- Blockchain 3.0 - Aplicaciones

Blockchain privado

- Se mantiene intercambio P2P entre nodos
  - De ser necesario, el contenido es cifrado, solo accesible a las partes interesadas
- No necesariamente cripto divisa
  - Típicamente, la red está implementada para mercados específicos donde puede haber o no intercambio de activos
- Varios mecanismos de consenso
  - Proof of Stake, PBFT, Proof of Elapsed Time, Round Robin, …
  - Las confirmaciones se dan en segundos
  - Escalable
- Varios roles
  - Administrador, auditor, regulador, etc.

Tipos de blockchain y consenso



Fuente: P. Kravchenko
https://medium.com/@pavelkravchenko/ok-i-need-a-blockchain-but-which-one-ca75c1e2100

Multichain

- Cadena de bloques **privada**
  - Los miembros deben solicitar permiso de conexión al administrador
- Cadena de bloques **permisionada**
  - Permisos para conectarse; crear, enviar y recibir activos; crear y monitorear *streams*, gestionar permisos
- Derivación de bitcoin, casi todas **sus APIs son compatibles con las de bitcoin**
  - Es más fácil encontrar información sobre una función buscando en la web para bitcoin, que en el manual de Multichain

- Consenso: Acuerdo por mayoría
- Inserción de bloques (minado): Round robin

- ***Streams***
  - Base de datos key-value.
  - Se puede consultar Qué, Quién, Dónde, En qué bloque, cuándo se guardó algo en el *stream*

Ethereum

- Ethereum es mucho más que una criptodivisa
  - *Smart Contracts* (SC) y *Ethereum Virtual Machine* (EVM)
    - SC son como clases en un lenguaje de programación orientada a objetos.
    - Son “funciones” que se “invocan” con la dinámica de las transacciones y:
      - Almacenan y mantienen datos de entorno (tokens, pertenencia a la organización, etc.)
      - Administran las relaciones entre usuarios no confiables (**contienen las reglas de negocio**)
      - Proveen funciones a otros SC
      - Autorizaciones complejas, como negociaciones MxN
    - EVM. Los SC se ejecutan en **todos los nodos** de la red
      - SC distribuidos en la cadena de bloques, son casi imposibles de modificar o de bloquear
      - Dado que se ejecutan en todos los nodos, se requiere de una compensación.
        - » **Gas** en función del espacio en memoria, complejidad, y ancho de banda requeridos)

Proyecto Hyperledger – Linux Software foundation

Frameworks

Hyperledger **Indy**	Hyperledger **Fabric**	Hyperledger **Iroha**	Hyperledger **Sawtooth**	Hyperledger **Burrow**
Identidades descentralizadas	**El más completo:** **Estructura modular** **Plug&Play** **Transacciones confidenciales**	**Proyectos simples** **Aplicaciones móviles** **Integración a infraestructura**	**Plaforma modular** **Alta escalabilidad** **PoET** **IoT**	**"Smart contract permisionada"** **Implementa Ethereum EVM**

Herramientas

Hyperledger **Composer**	Hyperledger **Explorer**	Hyperledger **Cello**	Hyperledger **Quilt**
Lenguaje de modelado **Evita usar Go**	**Interfaz para visualización**	**Blockchain as a Service**	**Interoperabilidad entre ledgers**

Proyecto Hyperledger

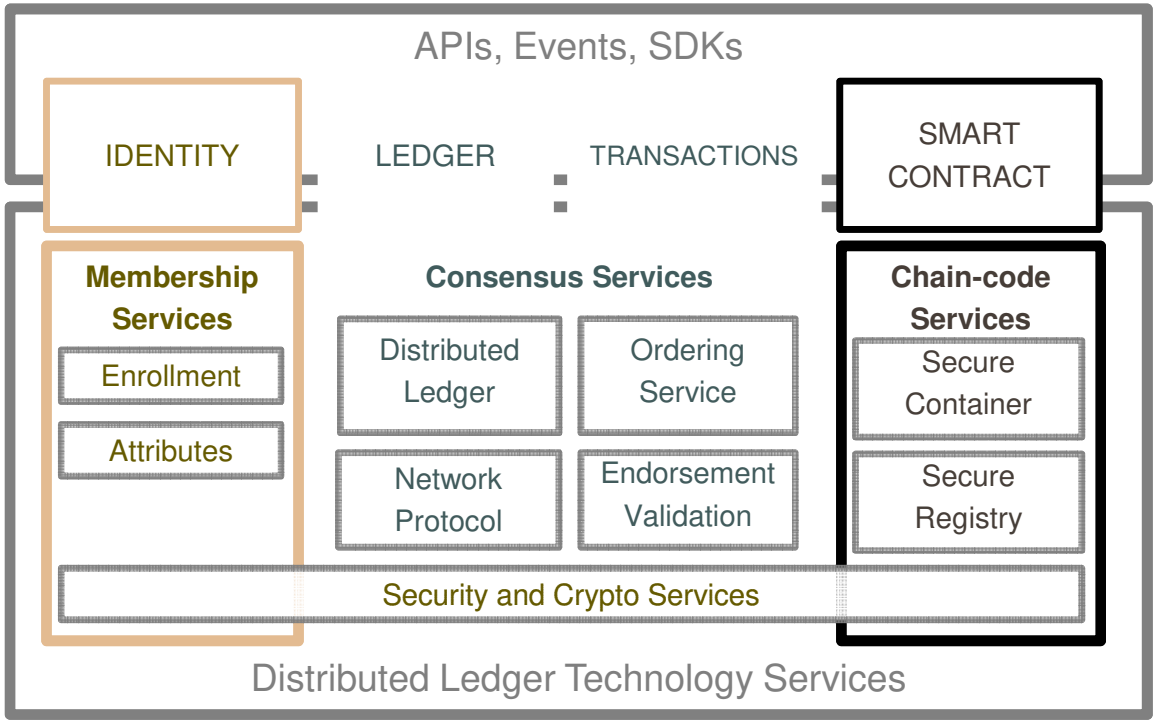
- Blockchain entre industrias y sectores económicos
- Auditorìa, transparencia, confianza inmutabilidad

Mercado objetivo:

Redes de negocios

- Permisionada o no permisionadas, dependiendo del caso de uso
- Altamente modulares y escalables
- Privacidad entre actores a través de *canales*

Arquitectura de referencia



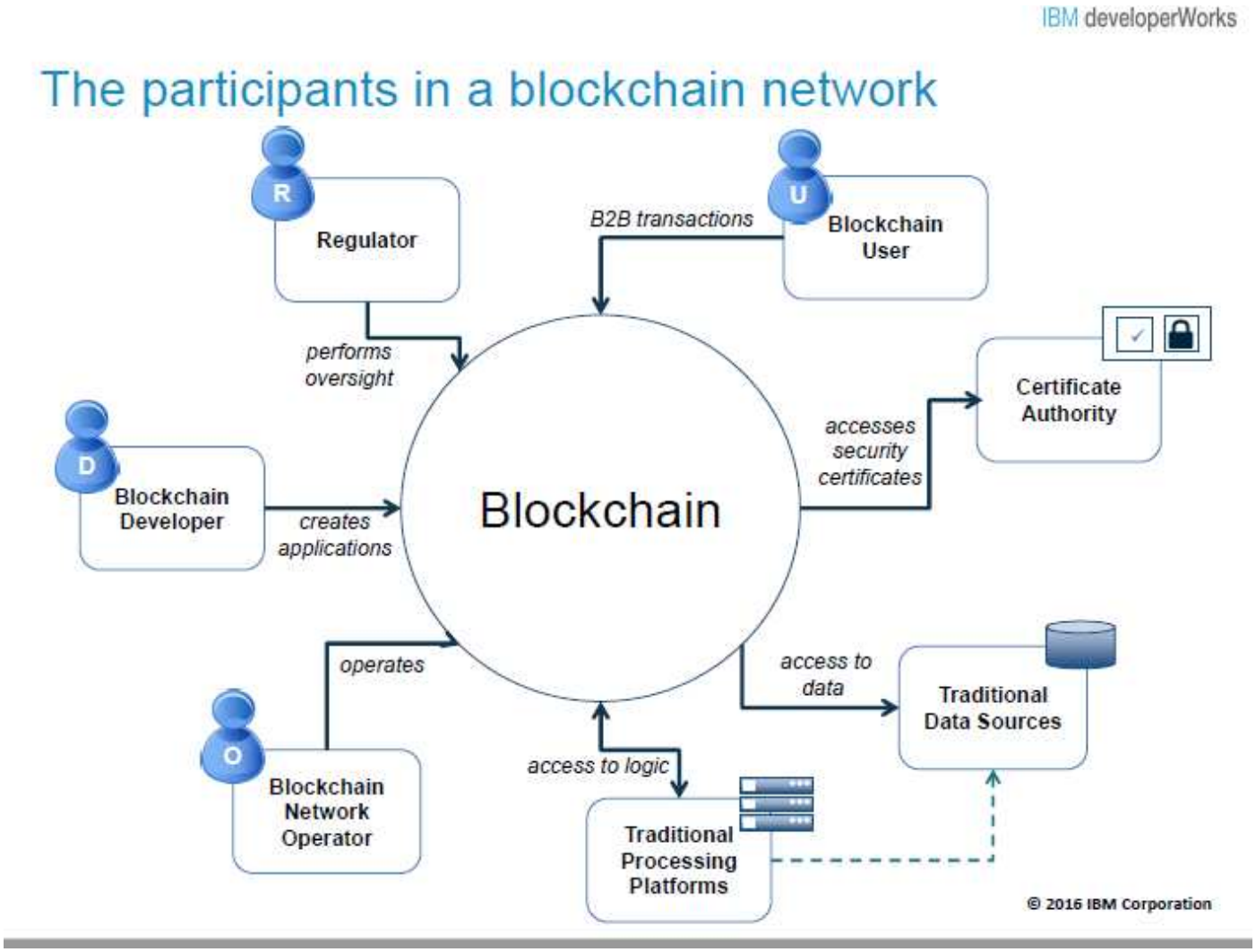
IDENTITY
Pluggable, Membership, Privacy and Auditability of transactions.

LEDGER | TRANSACTIONS
Distributed transactional ledger whose state is updated by consensus of stakeholders

SMART-CONTRACT
“Programmable Ledger”, provide ability to run business logic against the blockchain (aka smart contract)

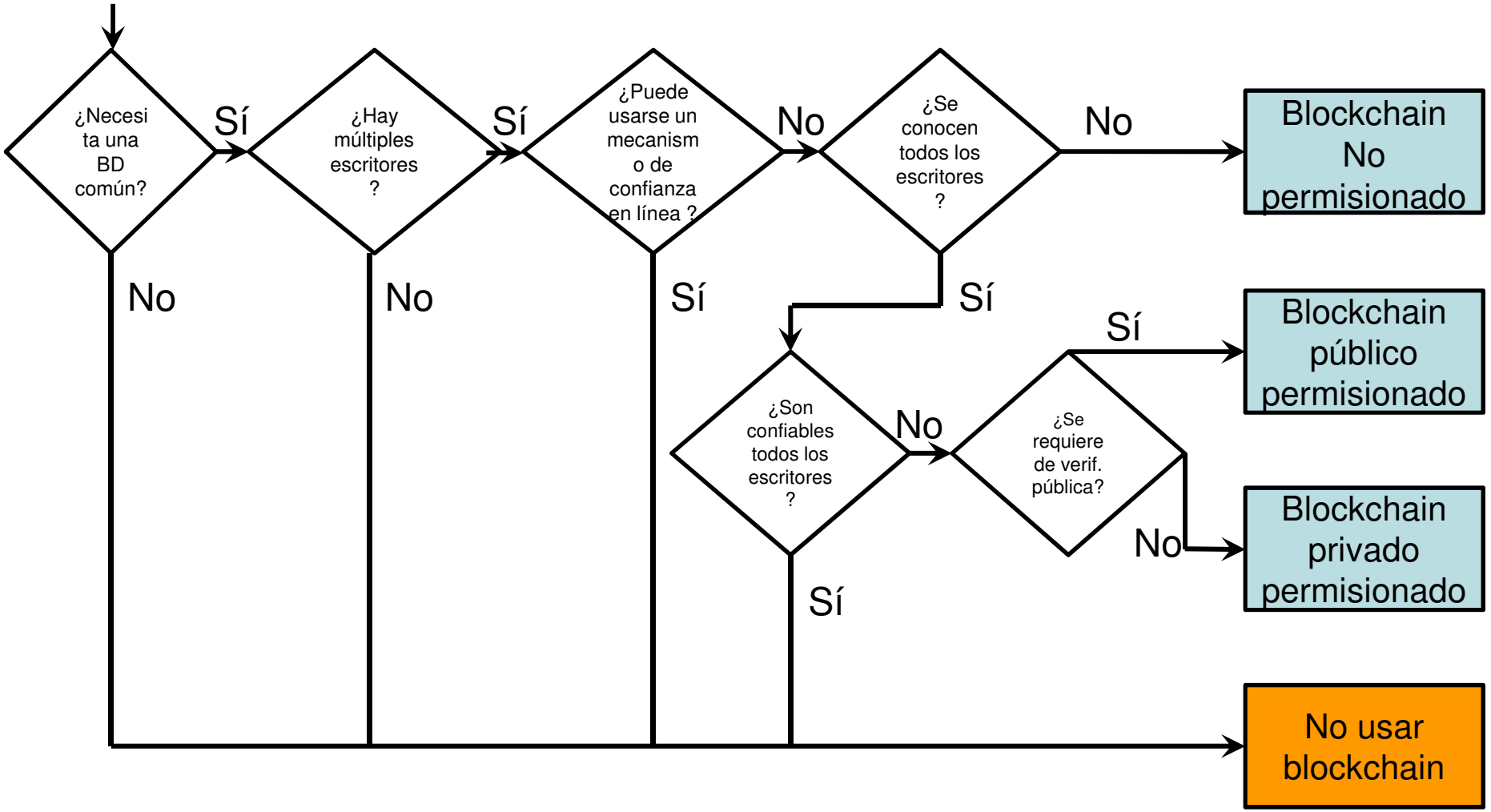
APIs, Events, SDKs
Multi-language native SDKs allow developers to write DLT apps

Participantes en una blockchain permisionada



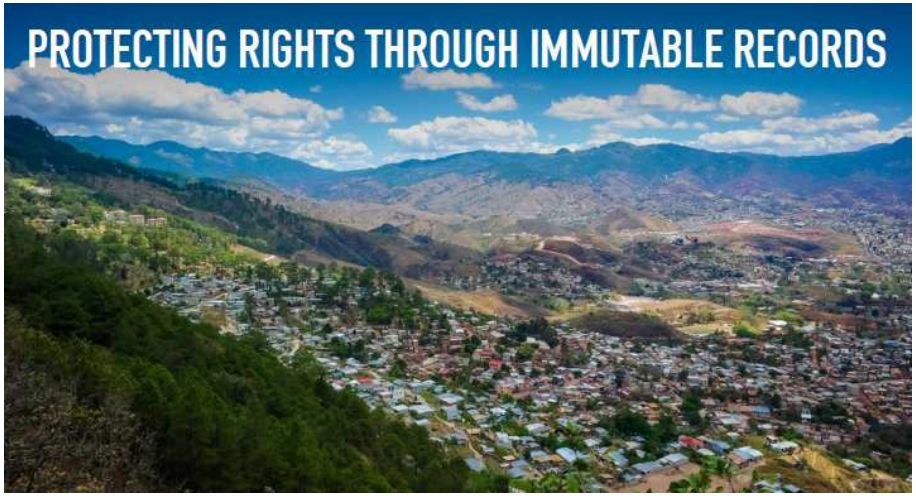
Casos de uso

¿Cuándo usar blockchain?



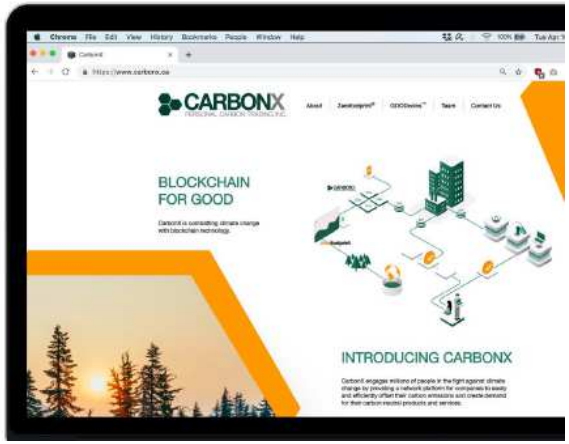
CREATING A NEW VALUE IN THE MIDDLE

PROTECTING RIGHTS THROUGH IMMUTABLE RECORDS



BLOCKCHAIN AND TAXES

CARBONX



BLOCKCHAIN AND DEMOCRACY

1. E-Voting

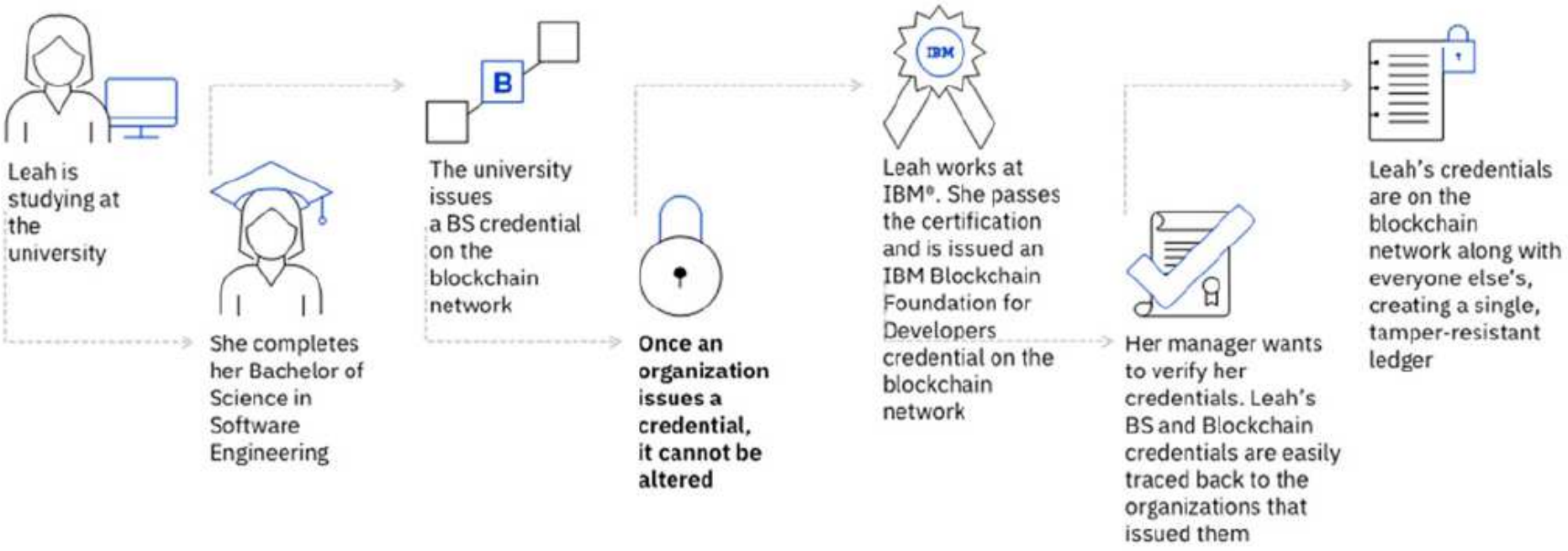
2. Transparency

3. Accountability to citizens through smart contracts

4. New platforms for citizen engagement

CREATING A TRUE SHARING ECONOMY

Distintivos, créditos y certificados académicos



BLOCKCERTS

+

OpenBadges

UNA BREVE INTRODUCCIÓN A BLOCKCHAIN

Muchas gracias

jincera@itam.mx

Apéndice. Fundamentos criptográficos

Funciones hash y firmas digitales

Fundamentos Técnicos: Firmas Digitales

- Una **firma digital** debe cumplir con **dos condiciones**:
  - **Sólo el usuario puede "firmar"**… pero **cualquiera puede verificar** que la firma corresponde al firmante
  - La **"firma" está ligada al contenido** que se firma (es decir, no se puede "copiar" la firma de un documento a otro)

- Bitcoin utiliza el mecanismo de "**llave pública**" y "**llave privada**":
  - Solamente yo conozco mi "llave privada"
  - Todos los que yo quiero conocen mi "llave pública"
  - Cuando se encripta con una llave, se puede desencriptar y abrir con la otra llave

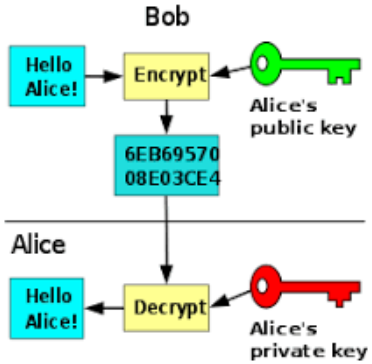
Llaves Pública y Privada

Para **demostrarles** a todos que **yo soy quien envía** un mensaje:

- Uso mi "**llave privada**" **para "firmar"** o **encriptar** el mensaje
- Cualquiera puede usar mi **"llave pública"** para abrir y **verificar** que soy el que envió el mensaje

Para **evitar que nadie**, con excepción del **destinatario deseado**, pueda **ver el contenido** del mensaje:

- **El emisor usa la "llave pública"** del destinatario deseado para **encriptar** el mensaje
- **Sólo el destinatario** puede abrir el mensaje con su **"llave privada"**



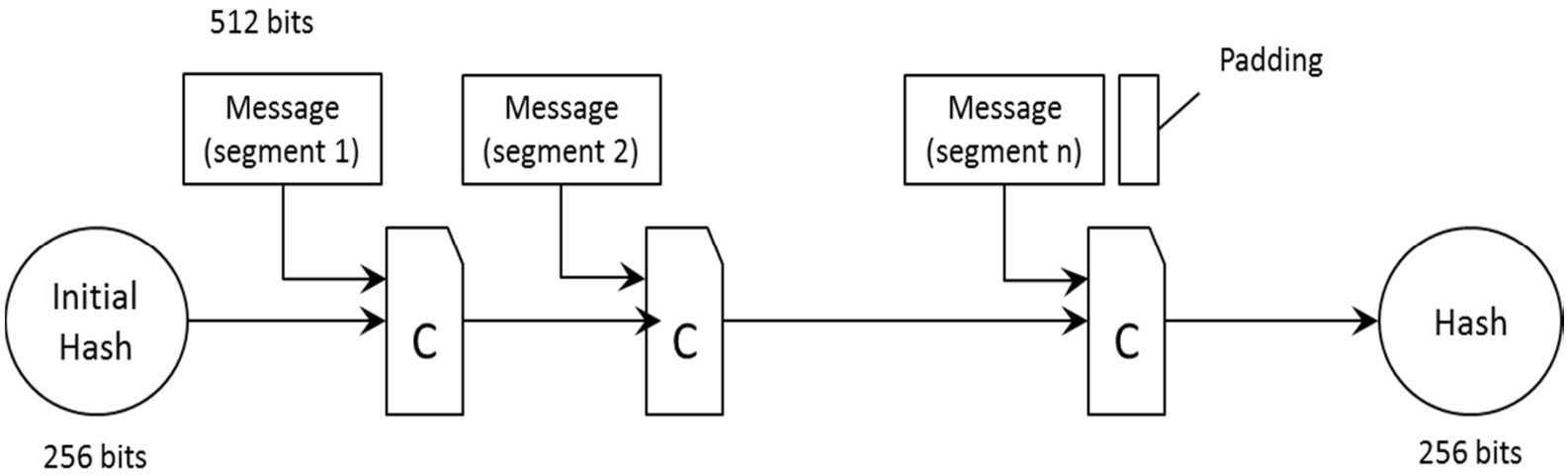
Fundamentos: Funciones Hash Criptográficas

- Una Función Hash Criptográfica es un **caso especial de una función hash.** Tiene propiedades que la hacen ideal para usarse en criptografía
- Es un **algoritmo matemático** que mapea un **cadena de bits** de cualquier tamaño a un cadena de bits de longitud fija y está diseñado para que la función sea **sólo en un sentido** (i.e., no se puede invertir)
- Cinco propiedades principales:
  1. Es **determinística,** para que el mismo mensaje siempre dé el mismo valor hash
  2. Es **fácil y rápido calcular** el valor hash de cualquier mensaje
  3. Es **"imposible" generar el mensaje a partir del valor hash**, a menos que se generen todos los posibles mensajes
  4. Un **cambio pequeño en el mensaje cambia dramáticamente el valor hash**, de tal forma que el nuevo valor hash no está correlacionado con el anterior
  5. Es **"imposible" encontrar dos mensajes distintos con el mismo valor hash**

Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/Cryptographic_hash_function

Bitcoin utiliza la Función Hash Criptográfica SHA-256

- Desarrollada por la *National Security Agency* (NSA).
- Si la función de compresión (C) es “libre de colisiones”, entonces la función SHA-256 también es “libre de colisiones”



Algoritmo Hash

- En una sola dirección
- Probabilidad de colisión extremadamente baja
- MD5, SHA1, SHA256
- Ejemplos MD5:

abc: 0bee89b07a248e27c83fc3d5951213c1

abC: 2217c53a2f88ebadd9b3c1a79cde2638

“The Quick Brown Fox Jumped Over the Lazy Dog”

2dfd75162490ed3b4c893141f9ab37cf

Sin importar el tamaño de archivo original, se comprime en un compendio de 64-bytes

Ejemplo para lograr Integridad, Autenticidad y Transparencia