

Activitat AiP

CPD

Ferran Mateu Berga
Guillem Llongarriu Gorchs
Primavera 2021
Tema 08: IoT

Índex

Enunciat	3
Introducció	4
Què és IoT?	4
Categories IoT	4
Plataformes IoT	4
Anàlisi	5
Les possibles empreses	5
Descripció de que ofereix cada empresa	5
AWS IoT	5
Microsoft Azure IoT	8
Google Cloud IoT	9
Comparació	12
Conclusió	15
Annex	16
AZURE	16
Google Cloud	17
AWS	18
Referències Azure	20
Referències Google Cloud	21
Referències AWS	22
Referències d'articles	24

1. Enunciat

Els tres grans proveïdors de serveis al núvol són Amazon Web Services (AWS), Microsoft Azure i Google Cloud Platform/ G Suite, però hi ha més proveïdors que estan buscant el seu mercat, com Alibaba Cloud, IBM, Oracle, o Tencent Cloud. Els 4 treballs d'aquesta sessió es centren en comparar el que ofereixen aquests serveis si ens volguéssim centrar en un tipus de serveis. No cal que feu una comparativa de totes les possibilitats, sinó de mirar quines companyies ofereixen el servei del vostre treball i comparar-les (totes, potser un parell si la comparació és profunda...). Els treballs són una mica complementaris, vigileu de no pisar-vos els temes.

Plataformes per IoT. Si volem portar el nostre negoci al núvol i aquest està molt centrat en IoT, quines companyies ofereixen un servei adequat? A quin preu? Amb quines diferències?

2. Introducció

2.1. Què és IoT?

The Internet of Things (IoT) describes the network of physical objects—"things"—that are embedded with sensors, software, and other technologies for the purpose of connecting and exchanging data with other devices and systems over the internet. These devices range from ordinary household objects to sophisticated industrial tools.

2.2. Categories IoT

El camp on trobem IoT és molt extens i es solen dividir les aplicacions en 5 categories: de consum, comercials, industrials, infraestructura i militars.

On la categoria de consum fa referència a tots aquells productes/electrodomèstics intel·ligents que tenim a casa. La categoria d'aplicacions industrials serien totes aquelles aplicacions en l'entorn de la indústria que permeten monitoritzar i automatitzar processos. En la categoria d'aplicacions d'infraestructura entrarien totes aquelles aplicacions com les que es poden aplicar a la medicina i als hospitals, als transports, a edificis sensors... També els cotxes més moderns amb la comunicació V2X.

En el camp de les aplicacions militars entrarien totes aquelles aplicacions IoT que tenen fins militars.

2.3. Plataformes IoT

Les plataformes IoT ofereixen software o cloud service per monitorar i controlar els dispositius. També ofereixen anàlisis de les grans quantitats de dades que s'obtenen i emmagatzematge. Una part del software que ofereixen es la de seguretat de la connexió amb el seu servidor cloud. Com que ofereixen cloud service el client no s'ha de preocupar de la escalabilitat.

3. Anàlisi

3.1. Les possibles empreses

Hi ha diverses empreses que ofereixen serveis al núvol per tecnologies IoT, però per a aquest estudi compararem les 3 principals empreses.

Aquestes 3 empreses seran Microsoft Azure, Amazon Web Services (AWS) i Google Cloud. On cadascuna té la seva plataforma Azure IoT Suite, AWS IoT i Google IoT, respectivament per a aplicacions IoT.

3.2. Descripció de que ofereix cada empresa

AWS IoT

Començant per Amazon, podem veure com AWS IoT Core¹ ofereix la possibilitat de connectar-hi dispositius i/o aplicacions per a que es puguin intercanviar missatges i autenticar-se. Permet utilitzar diferents protocols com MQTT, HTTP o WebSockets. També ofereixen un conjunt de llibreries compatibles amb JavaScript, C i Arduino.

Docs.aws.amazon.com. 2021. *AWS IoT Device SDKs, Mobile SDKs, and AWS IoT Device Client - AWS IoT Core*. [online] Available at: <<https://docs.aws.amazon.com/iot/latest/developerguide/iot-sdks.html>> [Accessed 2 April 2021].

Una altra funcionalitat que ofereix és la de *Device advisor* que permet fer tests als dispositius abans de connectar-los a la xarxa per tal de prevenir errors i poder-los corregir abans de que passin.

Docs.aws.amazon.com. 2021. *Device Advisor - AWS IoT Core*. [online] Available at: <<https://docs.aws.amazon.com/iot/latest/developerguide/device-advisor.html>> [Accessed 2 April 2021].

També ofereix una funcionalitat anomenada *Device Gateway* que serveix de punt d'entrada al core i que s'assegura de que tots els dispositius es puguin comunicar segura i eficientment. A més com permet fer portabilitat a AWS sense haver de fer canvis significatius a l'estructura que ja tinguéssim muntada.

Docs.aws.amazon.com. 2021. *Configurable endpoints - AWS IoT Core*. [online] Available at: <<https://docs.aws.amazon.com/iot/latest/developerguide/iot-custom-endpoints-configurable.html>> [Accessed 2 April 2021].

¹ Amazon Web Services, Inc. 2021. *AWS IoT Core Features - Amazon Web Services*. [online] Available at: <<https://aws.amazon.com/iot-core/features/?nc=sn&loc=3>> [Accessed 2 April 2021].

Message Broker és una funcionalitat que permet la comunicació mitjançant missatges pub/sub que permet generar tota una xarxa amb diferents nivells i canals per enviar la informació que calgui a cada dispositiu o a un conjunt de manera segura i sense d'haver de tenir una infraestructura extra per a dur-ho a terme.

Docs.aws.amazon.com. 2021. *Device communication protocols - AWS IoT Core*. [online] Available at: <<https://docs.aws.amazon.com/iot/latest/developerguide/protocols.html>> [Accessed 2 April 2021].

Pel que fa a l'autenticació i l'autorització, AWS IoT s'assegura que tots els missatges que s'enviïn en tot moment vagin encriptats i estiguin autoritzats mitjançant certificats de tal manera que no hi pot haver missatges de dispositius que no haguem autoritzat ni es poden interceptar els missatges i poder-los llegir. Ofereixen una API per poder gestionar l'accés amb permisos amb facilitat.

Docs.aws.amazon.com. 2021. *Security in AWS IoT - AWS IoT Core*. [online] Available at: <<https://docs.aws.amazon.com/iot/latest/developerguide/security.html>> [Accessed 2 April 2021].

Per a identificar els dispositius, ens ofereixen la funcionalitat *Registry* que registra cada dispositiu i enregistra les seves metadades per a poder definir les seves capacitats i funcionalitats i facilitar la seva configuració. Aquestes metadades, guardar-les no suposa cap sobrecost i queden guardades fins a 7 anys si no es modifiquen.

Docs.aws.amazon.com. 2021. *What is AWS IoT? - AWS IoT Core*. [online] Available at: <<https://docs.aws.amazon.com/iot/latest/developerguide/what-is-aws-iot.html>> [Accessed 2 April 2021].

Device Shadow és una funcionalitat que permet tenir una versió virtual de cada dispositiu tenint així l'estat en què es troba i poder-ne fer un seguiment en temps real. Facilita el fet de crear aplicacions ja que proporciona APIs per a poder interactuar amb els dispositius. A més, permet definir un estat desitjable per a cada dispositiu i en cas que el dispositiu no estigués en aquest estat realitzaria les accions pertinents per a solucionar-ho.

Docs.aws.amazon.com. 2021. *AWS IoT Device Shadow service - AWS IoT Core*. [online] Available at: <<https://docs.aws.amazon.com/iot/latest/developerguide/iot-device-shadows.html>> [Accessed 2 April 2021].

La funcionalitat *Rules Engine* ofereix la possibilitat de crear aplicacions IoT que enregistren, processin, analitzin i actuïn en funció de les dades generades pels dispositius a escala global sense necessitat de generar cap nova infraestructura. A més permet enrutar missatges cap a altres endpoints i

serveis per a tal d'adequar-se a les necessitats que tinguem. Aquestes regles es poden gestionar mitjançant una consola o sentències SQL i permeten establir lògiques a partir dels continguts dels missatges.

Docs.aws.amazon.com. 2021. *Rules for AWS IoT - AWS IoT Core*. [online] Available at: <<https://docs.aws.amazon.com/iot/latest/developerguide/iot-rules.html>> [Accessed 2 April 2021].

Alexa Voice Service (AVS) Integration és una funcionalitat que permet comunicar-se mitjançant la veu amb dispositius que tinguin micròfons i altaveus a través de dir la paraula “Alexa” i poder rebre resposta amb dades del dispositiu en qüestió. El processat de l'audio es fa en els propis servidors de AWS i per tant permet que es pugui utilitzar en dispositius molt senzills sense la necessitat que aquests tinguin un processador i/o memòria decents. A més, ofereixen kits que permeten reutilitzar molt de codi i no haver de desenvolupar algoritmes per processar la veu ni haver de tenir en compte factors de distorsió. Aquests prototips es poden adaptar a diferents dispositius que vulguem utilitzar.

Docs.aws.amazon.com. 2021. *Alexa Voice Service (AVS) Integration for AWS IoT - AWS IoT Core*. [online] Available at: <<https://docs.aws.amazon.com/iot/latest/developerguide/avs-integration-aws-iot.html>> [Accessed 2 April 2021].

La funcionalitat de *AWS IoT Core for LoRaWAN* permet als clients connectar dispositius que consumeixen molt poc i que utilitzen xarxa de llarga distància. El principal avantatge és que no cal que tinguis un servidor de LoRaWAN (LNS) ja que es gestiona a través de AWS Cloud. Utilitza protocols de codi obert com Basic Station per a tal que no haguem de desenvolupar el nostre software de gateway i així accelerar el procés de desenvolupament d'aplicacions.

Amazon Web Services, Inc. 2021. *AWS IoT Core for LoRaWAN*. [online] Available at: <<https://aws.amazon.com/iot-core/lorawan/>> [Accessed 2 April 2021].

I per últim, ofereix la funcionalitat *Amazon Sidewalk Integration* que és una xarxa compartida que permet treballar millor als dispositius millorant les opcions de connectivitat. No té cap sobrecost pels clients i permet simplificar el procés de posar en marxa un dispositiu.

Microsoft Azure IoT

L'empresa Microsoft ofereix els seus serveis IoT a través de Azure IoT². La primera funcionalitat que ofereixen és la de comunicació bidireccional entre cada dispositiu i el núvol poguent definir les rutes dels missatges sense haver d'escriure codi.

Azure.microsoft.com. 2021. *Azure Stack Hub | Microsoft Azure*. [online] Available at: <<https://azure.microsoft.com/en-us/products/azure-stack/hub/>> [Accessed 2 April 2021].

Amb *Azure Stack Hub* donen la possibilitat de tenir aplicacions híbrides funcionant a través de diferents CPDs.

Azure.microsoft.com. 2021. *Azure Stack Hub | Microsoft Azure*. [online] Available at: <<https://azure.microsoft.com/en-us/products/azure-stack/hub/>> [Accessed 2 April 2021].

Una altra funcionalitat és la de *Device Update for IoT Hub* que permet actualitzar dispositius des dels més petits i simples fins als més complexos com els de nivell de *gateway*. Aquesta funcionalitat ens permet reaccionar ràpid i eficientment davant amenaces de seguretat més enllà de fer-ho molt fàcil a l'hora de fer manteniment dels dispositius.

Docs.microsoft.com. 2021. *Device Update for IoT Hub documentation*. [online] Available at: <<https://docs.microsoft.com/en-us/azure/iot-hub-device-update/>> [Accessed 2 April 2021].

Pel que fa a l'autenticació, permeten donar identitat i credencials úniques a cada un dels dispositius per a garantir confidencialitat i que només s'envien missatges que hem autoritzat i de qui hem autoritzat. També l'opció de gestionar els certificats podent-los modificar i revocar com necessitem.

Docs.microsoft.com. 2021. *Security for Internet of Things (IoT) from the ground up*. [online] Available at: <[https://docs.microsoft.com/en-us/azure/iot-fundamentals/iot-security-ground-up?context=azure/iot-hub/rc/rc](https://docs.microsoft.com/en-us/azure/iot-fundamentals/iot-security-ground-up?context=azure/iot-hub/rc/rc>)> [Accessed 2 April 2021].

També ofereixen un servei de provisionament de dispositius sense haver-los de configurar de manera segura i escalable cosa que ens permet fer créixer la nostra infraestructura i negoci amb molt afacilitat.

Docs.microsoft.com. 2021. *Azure IoT Hub Device Provisioning Service (DPS) Documentation*. [online] Available at: <<https://docs.microsoft.com/en-us/azure/iot-dps/>> [Accessed 2 April 2021].

Amb *IoT Edge* podem portar tot el que son els algorismes d'anàlisi, AI i altres a els propis dispositius de tal manera que poden funcionar més

² Azure.microsoft.com. 2021. *Azure IoT – Internet of Things Platform | Microsoft Azure*. [online] Available at: <<https://azure.microsoft.com/en-us/overview/iot/>> [Accessed 2 April 2021].

autònomament i fins i tot sense haver de tenir una connexió constant a la xarxa. Això permet reduir el tràfic en la xarxa alhora que els dispositius poden seguir funcionant en cas que aquesta caigués. Una altra funcionalitat que ens ofereix aquest servei és que és molt fàcil de desenvolupar ja que té suport pels llenguatges més comuns com C, C#, Java, Python, Node.js ... També, el fet de fer els càlculs en el propi dispositiu ens permet tenir dades i resposta casi en temps real i facilita en molts casos poder prendre decisions a temps. També el fet de que els dispositius poden tenir una connexió intermitent a la xarxa fa que es redueixi el cost dels serveis a contractar ja que s'enviaran molt menys missatges i es consumeixen menys recursos remots.

Azure.microsoft.com. 2021. *IoT Edge | Microsoft Azure*. [online] Available at: <<https://azure.microsoft.com/en-us/services/iot-edge/>> [Accessed 2 April 2021].

Per acabar, també ofereixen serveis com *Azure Defender for IoT* que permet configurar i gestionar molts aspectes relacionats amb la seguretat i la monitorització d'amenaques i actuació en conseqüència. I també la possibilitat de connectar els dispositius al *IoT Hub* a través de xarxes virtuals.

Docs.microsoft.com. 2021. *Azure Defender for IoT documentation*. [online] Available at: <<https://docs.microsoft.com/en-us/azure/defender-for-iot/>> [Accessed 2 April 2021].

Docs.microsoft.com. 2021. *Azure IoT Hub support for virtual networks*. [online] Available at: <<https://docs.microsoft.com/en-us/azure/iot-hub/virtual-network-support>> [Accessed 2 April 2021].

Google Cloud IoT

Pel que fa l'empresa Google, ofereixen els seus serveis IoT a través de *Google Cloud IoT* que està integrada dins dels productes que ofereix *Google Cloud*³.

Pel que fa als serveis i funcionalitats que ofereix hi ha tot un seguit de funcionalitats generals i després trobem dos serveis específics.

Començant per les funcionalitats generals veiem que ofereixen serveis des del control de com i quins missatges s'envien a funcionalitats d'intel·ligència artificial i *machine learning* per a tal de treure el màxim profit dels recursos que tinguem. També, ens permet predir quan algun dispositiu necessita manteniment, optimitzar funcionament en temps real i predir futur *downtime*,

³ Google Cloud. 2021. *Cloud Computing Services | Google Cloud*. [online] Available at: <<https://cloud.google.com/>> [Accessed 3 April 2021].

detectar anomalies en la infraestructura, fer un seguiment de l'estat dels dispositius, localització...

Google Cloud. 2021. *Google Cloud IoT - Fully Managed IoT Services*. [online] Available at: <<https://cloud.google.com/solutions/iot/>> [Accessed 3 April 2021].

Pel que fa al servei de *Cloud IoT Core* ens ofereix diverses funcionalitats. La primera permet connectar moltíssims de manera segura i poder-ne gestionar les dades ja sigui mostrant-les en temps real, analitzant-les o processant-les de manera eficient.

Una altra funcionalitat permet la comunicació mitjançant missatges pub/sub que permet generar tota una xarxa amb diferents nivells i canals per enviar la informació que calgui a cada dispositiu o a un conjunt de manera segura i sense d'haver de tenir una infraestructura extra per a dur-ho a terme.

També ofereixen balanç de càrrega automàtic i escalabilitat horitzontal per tal de que les dades es puguin gestionar de la manera més còmode sota qualsevol circumstància. Suporta els protocols HTTP i MQTT per a tal de no fer grans canvis en el firmware.

La funcionalitat de *Device Manager* permet configurar i gestionar dispositius de manera individual. També estableix un identificador per cada dispositiu i el mecanisme d'autenticació. També ofereix configuracions per a tal de poder controlar el dispositiu de manera remota des del núvol.

La següent funcionalitat és la de *Protocol bridge* que ofereix *endpoints* amb balanç de càrrega automàtic per a totes les connexions dels dispositius mitjançant protocols estàndards i segurs com HTTP i MQTT fent servir telemetria pub/sub entre tots els dispositius.

També ofereixen la funcionalitat de *End-to-end security* que s'assegura que s'utilitza autenticació asimètrica sobre TLS 1.2 i certificats CA per verificar que son els nostres dispositius els que envien els missatges.

Una altra funcionalitat és la de poder tractar tots els dispositius com a un de sol en cas que haguéssim d'enviar un mateix missatge a tots els dispositius o fer-ne el que calgui.

La funcionalitat *Out-of-box data insights* permet integrar amb *google Big data analytics* i serveis de ML per a processar i analitzar les dades que necessitem.

El servei és *serverless* que vol dir que no ens hem de preocupar per haver d'instal·lar cap tipus de software per poder gestionar tot això o haver de fer còpies en cas de que vulguem expandir el negoci. Es fa automàticament.

També tenim una funcionalitat que ens permet establir rols d'accés per poder limitar l'accés a dades segons diferents rols d'usuari.

Hi ha la possibilitat d'utilitzar REST APIs per poder registrar, instal·lar i operar dispositius a gran escala. Aquestes APIs també permeten saber les propietats de cada dispositiu a través de metadades així com també el seu estat encara que no estigui connectat.

Per a dispositius molt limitats o simples, hi ha la possibilitat que la *gateway* assumeixi les funcions d'autenticació, connexió i enviar missatges per part del dispositiu.

La funcionalitat *Stackdriver Monitoring* ofereix la possibilitat de crear panells on poder veure l'estat dels dispositius, les dades, alertes que haguem configurat... En temps real.

Per últim, la funcionalitat *Stackdriver Logging* ofereix la possibilitat de crear configuracions per a poder actuar en funció dels logs de cada dispositiu.

Google Cloud. 2021. *Google Cloud IoT Core documentation | Cloud IoT Core Documentation*. [online] Available at: <<https://cloud.google.com/iot/docs>> [Accessed 3 April 2021].

4. Comparació

De l'anàlisi feta en el punt anterior podem extreure una llista de funcionalitats que s'ofereixen en el camp de IoT i quines empreses les ofereixen.

	AWS	Azure	Google IoT
Protocols HTTP, MQTT	✓	✓	✓
Llibreries simple programació	✓	✓	✓
Processar dades	✓	✓	✓
Certificats d'autenticació	✓	✓	✓
Dispositius virtualitzats	✓	✓	✓
Provisionament a escala	✓	✓	✓
Edge computing	✓	✓	✓
Xarxes virtuals	✓	✓	✓
Identificar dispositius	✓	✓	✓
LoRaWAN	✓	✗	✓
Missatges pub/sub	✓	✗	✓
Alexa AVS	✓	✗	✗
Device testing	✓	✓	✓
Predictions	✗	✗	✓
Role-access	✗	✗	✓

Com podem observar a la taula de dalt, les tres empreses ofereixen la gran majoria de serveis. Google seria l'empresa que ofereix més serveis, seguida de AWS i després vindria Azure.

A destacar tindríem que només AWS ofereix suport per integrar assistència de veu. Que Azure no ofereix facilitats per aplicar telemetria pub/sub i que Google te dues funcionalitats exclusives com son la predicció de fallades i downtime i manejar l'accés mitjançant rols d'usuari.

Per altra banda, pel que fa a la usabilitat passa tot el contrari. Azure ofereix unes interfícies molt intuïtives i molt fàcils d'usar, en canvi, AWS ja costa una mica més d'utilitzar i per fer funcionar algunes coses cal una mica més d'habilitat o coneixements. Pel que fa a Google, també és més complicada d'utilitzar si no s'està familiaritzat amb les interfícies i requereix certa habilitat.

Pel que fa a nivell de preus, Azure fa servir uns preus fixats segons un seguit de *Tiers*⁴ que ofereix. És l'empresa menys flexible pel que fa a preus però alhora és la que ofereix uns preus més competitius per mes per davant de AWS i Google Cloud oferint una estimació de \$904'44 al mes pels serveis que hem comentat.

AWS basa els preus⁵ segons el nº de missatges a enviar i no son preus específics per IoT. Amb els serveis i funcionalitats que hem esmentat abans ens queda que al mes, AWS IoT ens costaria al voltant de \$989. És una mica més car que Azure però també ens ofereix més serveis.

Pel que fa a Google Cloud⁶, els preus es calculen a partir de la mida de les dades a enviar (en MiB, GiB...). Amb les funcionalitats que hem descrit abans això ens queda amb uns \$1586 al mes aproximadament. És una opció bastant més cara que les altres però també ofereix més serveis que les altres.

Un altre factor a compara és el de *Downtime* ja que si el nostre negoci necessitem que estigui disponible sempre no ens podem permetre accidents. Mirant als resums dels anys anteriors d'aquestes empreses i els incidents que han tingut podem observar que Google ha tingut 3 problemes significatius

⁴ Es poden consultar a l'annex on es mostren dades dels preus d'Azure.

⁵ Taula desenvolupada i enllaços a l'annex a l'apartat d'AWS.

⁶ Taula desenvolupada i enllaços a l'annex a l'apartat de Google Cloud.

només l'any passat (2020). En canvi els últims 3 problemes més significatius d'AWS han estat entre l'any passat i l'anterior (2020 i 2019). Pel que fa a Azure, els últims 3 problemes més significatius han estat entre els últims 3 anys (2020, 2019 i 2018).

Per tant, Azure seria la que ofereix més fiabilitat alhora de disponibilitat seguida d'AWS i per últim Google Cloud.

5. Conclusió

Com hem pogut veure a l'anàlisi i en la comparació, cada empresa té les seves coses bones i les seves coses dolentes.

A l'hora de triar-ne una haurem de tenir en compte quin negoci tenim i per a que el volem portar al núvol.

Si tenim un negoci que no requereix de masses coses més que tenir-lo al núvol i el que ens importa és gastar el mínim en mantenir-ho doncs l'opció d'Azure IoT és la que ens convindria més.

Alhora, si no tenim massa coneixements, no tenim a ningú que ens ho munti i/o no tenim molt temps per dedicar a preparar-ho, la facilitat i usabilitat d'Azure ens ajudarà a muntar-ho ràpid i fàcil.

Si aquest no és el nostre cas, hem de mirar una mica més a fons què necessitem. Si el que volem és un una cosa una mica més elaborada que e que ofereix Azure però sense entrar en massa detalls ni complicacions com per exemple establir rols d'usuaris, prediccions... Amb AWS IoT podem muntar el nostre negoci. Sortirà una mica més car que amb Azure però guanyem bastant en funcionalitats. Cal tenir en compte també que al no ser tot tan senzill com amb Azure, haurem d'estar familiaritzats amb l'entorn, tenir algú que ens ho faci o estar disposats a aprendre a fer-ho.

Per últim, si el que tenim és un negoci que depèn en un tant per cent molt elevat de IoT i volem que s'adapti al màxim a nosaltres el que ens caldria és contractar Google Cloud IoT ja que ofereixen un ventall de funcionalitats i personalitzacions molt ampli. Alhora, com amb AWS, ens caldria saber el que estem fent o ajudar-nos d'algú que en sàpiga per saber bé que estem fent i per a què funcioni el negoci.

Pel que fa a disponibilitat, si el nostre negoci ha d'estar tot el temps actiu 24/7, el que ens interessa més és Azure ja que històricament és la que ha tingut menys problemes.

6. Annex

AZURE

Productes Azure i principals característiques:

Azure IoT Hub: PaaS to build, connect, maintain, and monitor IoT. (HTTP, MQTT, AMQP, others)

Azure IoT Edge: Low latency and almost real-time response. Processing is done locally

Azure IoT Central: SaaS to deploy IoT applications, can deploy, monitor and manage IoT, templates

AZURE IoT tiers:

Basic tier

Edition Type	Price per IoT Hub unit (per month)	Total number of messages/day per IoT Hub unit	Message meter size
B1	€13.704	400,000	4 KB
B2	€68.519	6,000,000	4 KB
B3	€685.182	300,000,000	4 KB

Standard tier

Edition Type	Price per IoT Hub unit (per month)	Total number of messages/day per IoT Hub unit	Message meter size
Free	Free	8,000	0.5 KB
S1	€34.260	400,000	4 KB
S2	€342.591	6,000,000	4 KB
S3	€3,425.907	300,000,000	4 KB

Veiem a la imatge anterior com amb Azure podem contractar un free tier per a poder enviar fins a 8000 missatges de 0'5 KB al dia per hub.

Feature	Basic	Standard / Free
Device-to-cloud telemetry	✓	✓
Per-device identity	✓	✓
Message Routing, Event Grid Integration	✓	✓
HTTP, AMQP, MQTT Protocols	✓	✓
DPS Support	✓	✓
Monitoring and diagnostics	✓	✓
Device Streams ^{PREVIEW}		✓
Cloud-to-device messaging		✓
Device Management, Device Twin, Module Twin		✓
IoT Edge		✓

Cost estimat per mes:

Azure Service Type	Description	Estimated monthly cost
Azure IoT Hub	Standard Tier, S1: Unlimited devices, 400,000 msgs/day, \$25.00/mo, 1 IoT Hub units; IoT Hub Device Provisioning: 1,000,000 operations	\$125.00
Azure IoT Edge	There are no charges to use Azure IoT Edge.	\$0.00
Azure Time Series Insights	S1 tier: 1 unit(s), 1,000,000msgs/day	\$194.99
Azure Stream Analytics	1 Standard streaming units 730 Hours, 1 Stream analytics on edge devices	\$93.71
Notification Hubs	Basic tier, 1 million additional pushes	\$10.00
Storage Accounts	Block Blob Storage, Blob Storage, LRS Redundancy, Hot Access Tier, 1,000 GB Capacity - Pay as you go, 100,000 Write operations, 100,000 List and Create Container Operations, 100,000 Read operations, 100,000 Archive High Priority Read, 1 Other operations. 1,000 GB Data Retrieval, 1,000 GB Archive High Priority Retrieval, 1,000 GB Data Write	\$21.04
Azure Cosmos DB	Single Region Write (Single-Master) - Southeast Asia; Pay as you go; 4 x 100 RUs x 730 Hours; 100 GB Storage	\$258.60
Security Center	Free tier	\$0.00
Virtual Machines	1 D2 v3 (2 vCPU(s), 8 GB RAM) x 730 Hours; Windows – (OS only); Pay as you go; 0 managed OS disks – \$4, 100 transaction units	\$91.30
Storage Accounts	Managed Disks, Standard SSD, E10 Disk Type 1 Disks, Pay as you go	\$9.80

Azure pricing calculator: <https://azure.microsoft.com/en-us/pricing/calculator/> under IoT category

Azure.microsoft.com. 2021. *Pricing—IOT Hub | Microsoft Azure*. [online] Available at: <<https://azure.microsoft.com/en-us/pricing/details/iot-hub/>> [Accessed 7 April 2021].

Google Cloud

Google Cloud tiers:

Tier	Price	Data volume(per month)
Free	\$0.00	First 250MB
Standard	\$0.0045 per MB	250MB to 250GB
	\$0.0020 per MB	250GB to 5TB
	\$0.00045 per MB	5TB and above

Tiers and features from google: <https://cloud.google.com/iot-core>

Cost estimat per mes:

GCP Service Type	Description	Estimated monthly cost
Cloud IoT Core	5 mil * 5kb per msg sent and received = 10 mil * 5kb. = 50 GB	\$229.27
Cloud IoT Edge	Not clear in open resources	\$0.00
Cloud DataLab	Based on processing. Assume standard VM to run DataLab Free OS, n1-standard-2 (2 vCPUs, 7.5 GB RAM), 1 GPU NVIDIA Tesla K80	\$278.49
Cloud Pub/Sub	Volume of data exchanged 50 GB	\$28.60
Firebase Cloud Messaing	Free Tier	\$0.00
Storage Accounts	Google Cloud Storage 1000 GB; Google Cloud Storage Archive 1000 GB	\$21.50
Spanner	1 Node, 100 GB storage	\$785.90
Cloud Security Command. Center	Standard Tier (Free)	\$0.00
Virtual Machines	n1-standard-2 (2 vCPUs, 7.5 GB RAM), Windows Server	\$118.29
Virtual Machine Storage	Together with VM, 1x375 GB SSD	\$23.94
Support	1 User Developer Support	\$100.00

Calculator: <https://cloud.google.com/products/calculator/#id=a7255199-7f5f-48fe-a485-4f5cd928c88e>

AWS

Productes AWS i principals característiques:

Amazon FreeRTOS: Microcontroller OS for devices to work with AWS IoT Core and AWS Greengrass

AWS Greengrass: Provides controls for building IoT devices and connect them to the cloud and other devices. Local execution of AWS Lambda Core that translates into near real-time response

AWS IoT Core: Enables you to connect devices to cloud components. Supports a lot of messages that can be routed to any AWS endpoint or other device. Connects to other AWS services such as Greengrass, Analytics and Lambda.

Pricing: <https://aws.amazon.com/iot-core/pricing/?nc=sn&loc=4>

Specs: <https://aws.amazon.com/iot-core/>

Cost estimat per mes:

AWS Service Type	Description	Estimated monthly cost
AWS IoT Core	1000 device connectivity full time per month = 3.4\$; 5 mil messages per month = 5\$ Device provisioning 1 mil = 1.25\$; Rules/Actions 10 mil = 1.5\$;	\$11.15
AWS IoT Greengrass	one Edge gateway device	\$0.18
AWS IoT SiteWise	1,000,000msgs/day = 30\$ SiteWise Monitor 1 user = 10	\$60.00
AWS IoT Events	1.21 per 10,000 evaluations 1000 devices sending 1 message per 10 minutes = $1000 \cdot 6 \cdot 24 \cdot 30 = 4,320,000$ msgs/m	\$522.72
AWS SNS	1 million requests/notifications per month	\$0.00
AWS S3 Blob	Standard S3 storage 1000Gb, 100,000 Write operations, 100,000 Read operations; S3 One Zone Infrequent Access Backup 1000Gb, 1,000 Write operations, 1,000 read operations;	\$41.56
AWS Dynamo DB	Indexed Data Storage: 100Gb, 80 Reads/Writes per second, 4000 read request Units per hour	\$87.38
AWS IoT Device Defender		\$0.00
AWS EC2	Windows, c4.large (2 vCPU, 3.75 GB RAM)	\$151.53
Elastic Volume	SSD 128GB	\$15.36
Support Business		\$100.00

Calc: https://calculator.aws/#/createCalculator/iotCore?nc2=h_ql_pr_calc

Els números dels preus i les imatges de les estimacions les he agafat del següent article:

Medium. 2021. *IoT Platforms comparison: Azure vs AWS vs GCP*. [online] Available at:

<<https://medium.com/@yevkim/iot-platforms-comparison-azure-vs-aws-vs-gcp-5a8ebff84a78>> [Accessed 6 April 2021].

Referències Azure

Azure.microsoft.com. 2021. *Azure IoT – Internet of Things Platform | Microsoft Azure*. [online] Available at: <<https://azure.microsoft.com/en-us/overview/iot/>> [Accessed 2 April 2021].

Azure.microsoft.com. 2021. *Azure Stack Hub | Microsoft Azure*. [online] Available at: <<https://azure.microsoft.com/en-us/products/azure-stack/hub/>> [Accessed 2 April 2021].

Azure.microsoft.com. 2021. *IoT Edge | Microsoft Azure*. [online] Available at: <<https://azure.microsoft.com/en-us/services/iot-edge/>> [Accessed 2 April 2021].

Azure.microsoft.com. 2021. *IoT Hub | Microsoft Azure*. [online] Available at: <<https://azure.microsoft.com/en-us/services/iot-hub/#overview>> [Accessed 2 April 2021].

Docs.microsoft.com. 2021. *Azure Defender for IoT documentation*. [online] Available at: <<https://docs.microsoft.com/en-us/azure/defender-for-iot/>> [Accessed 2 April 2021].

Docs.microsoft.com. 2021. *Azure IoT Hub Device Provisioning Service (DPS) Documentation*. [online] Available at: <<https://docs.microsoft.com/en-us/azure/iot-dps/>> [Accessed 2 April 2021].

Docs.microsoft.com. 2021. *Azure IoT Hub support for virtual networks*. [online] Available at: <<https://docs.microsoft.com/en-us/azure/iot-hub/virtual-network-support>> [Accessed 2 April 2021].

Docs.microsoft.com. 2021. *Device Update for IoT Hub documentation*. [online] Available at: <<https://docs.microsoft.com/en-us/azure/iot-hub-device-update/>> [Accessed 2 April 2021].

Docs.microsoft.com. 2021. *Security for Internet of Things (IoT) from the ground up*. [online] Available at: <<https://docs.microsoft.com/en-us/azure/iot-fundamentals/iot-security-ground-up?context=azure/iot-hub/rc/rc>> [Accessed 2 April 2021].

Referències Google Cloud

Google Cloud. 2021. *Cloud Computing Services* | *Google Cloud*. [online] Available at: <<https://cloud.google.com/>> [Accessed 3 April 2021].

Google Cloud. 2021. *Google Cloud IoT - Fully Managed IoT Services*. [online] Available at: <<https://cloud.google.com/solutions/iot/>> [Accessed 3 April 2021].

Google Cloud. 2021. *Google Cloud IoT Core documentation* | *Cloud IoT Core Documentation*. [online] Available at: <<https://cloud.google.com/iot/docs>> [Accessed 3 April 2021].

Referències AWS

Amazon Web Services, Inc. 2021. *AWS IoT Core Features - Amazon Web Services*. [online] Available at: <<https://aws.amazon.com/iot-core/features/?nc=sn&loc=3>> [Accessed 2 April 2021].

Amazon Web Services, Inc. 2021. *AWS IoT Core for LoRaWAN*. [online] Available at: <<https://aws.amazon.com/iot-core/lorawan/>> [Accessed 2 April 2021].

Docs.aws.amazon.com. 2021. *Alexa Voice Service (AVS) Integration for AWS IoT - AWS IoT Core*. [online] Available at: <<https://docs.aws.amazon.com/iot/latest/developerguide/avs-integration-aws-iot.html>> [Accessed 2 April 2021].

Docs.aws.amazon.com. 2021. *AWS IoT Device SDKs, Mobile SDKs, and AWS IoT Device Client - AWS IoT Core*. [online] Available at: <<https://docs.aws.amazon.com/iot/latest/developerguide/iot-sdks.html>> [Accessed 2 April 2021].

Docs.aws.amazon.com. 2021. *AWS IoT Device Shadow service - AWS IoT Core*. [online] Available at: <<https://docs.aws.amazon.com/iot/latest/developerguide/iot-device-shadows.html>> [Accessed 2 April 2021].

Docs.aws.amazon.com. 2021. *Configurable endpoints - AWS IoT Core*. [online] Available at: <<https://docs.aws.amazon.com/iot/latest/developerguide/iot-custom-endpoints-configurable.html>> [Accessed 2 April 2021].

Docs.aws.amazon.com. 2021. *Device Advisor - AWS IoT Core*. [online] Available at: <<https://docs.aws.amazon.com/iot/latest/developerguide/device-advisor.html>> [Accessed 2 April 2021].

Docs.aws.amazon.com. 2021. *Device communication protocols - AWS IoT Core*. [online] Available at: <<https://docs.aws.amazon.com/iot/latest/developerguide/protocols.html>> [Accessed 2 April 2021].

Docs.aws.amazon.com. 2021. *Rules for AWS IoT - AWS IoT Core*. [online] Available at: <<https://docs.aws.amazon.com/iot/latest/developerguide/iot-rules.html>> [Accessed 2 April 2021].

Docs.aws.amazon.com. 2021. *Security in AWS IoT - AWS IoT Core*. [online] Available at: <<https://docs.aws.amazon.com/iot/latest/developerguide/security.html>> [Accessed 2 April 2021].

Docs.aws.amazon.com. 2021. *What is AWS IoT? - AWS IoT Core*. [online] Available at: <<https://docs.aws.amazon.com/iot/latest/developerguide/what-is-aws-iot.html>> [Accessed 2 April 2021].

Referències d'articles

Bizety.com. 2021. *AWS IoT vs. Google IoT vs. Azure IoT - Bizety*. [online] Available at: <<https://www.bizety.com/2018/08/28/aws-iot-vs-google-iot-vs-azure-iot/>> [Accessed 6 April 2021].

Bright Wolf. 2021. *AWS IoT vs Azure IoT – IoT Framework Comparison – Building an IoT Platform*. [online] Available at: <<https://brightwolf.com/azure-iot-vs-aws-iot-building-industrial-iot-platform/>> [Accessed 6 April 2021].

Compare the Cloud. 2021. *IoT in the Cloud: Azure vs AWS - Compare the Cloud*. [online] Available at: <<https://www.comparethecloud.net/articles/cloud/iot-in-the-cloud-azure-vs-aws/>> [Accessed 1 April 2021].

Medium. 2021. *IoT Platforms comparison: Azure vs AWS vs GCP*. [online] Available at: <<https://medium.com/@yevkim/iot-platforms-comparison-azure-vs-aws-vs-gcp-5a8ebff84a78>> [Accessed 6 April 2021].