

Departamento de Informática y Automática
Ciclo de Conferencias del Máster y Programa de Doctorado

UNED

“Tecnología 5G: Una oportunidad para el desarrollo de la Ingeniería de Sistemas y Control”

Dr. Rafael Socas

7 Mayo del 2019



Índice de Contenidos



1

Introducción a la Tecnología 5G

2

El 5G y la Industria 4.0

3

Principales Casos de Uso

4

Situación del 5G en España

5

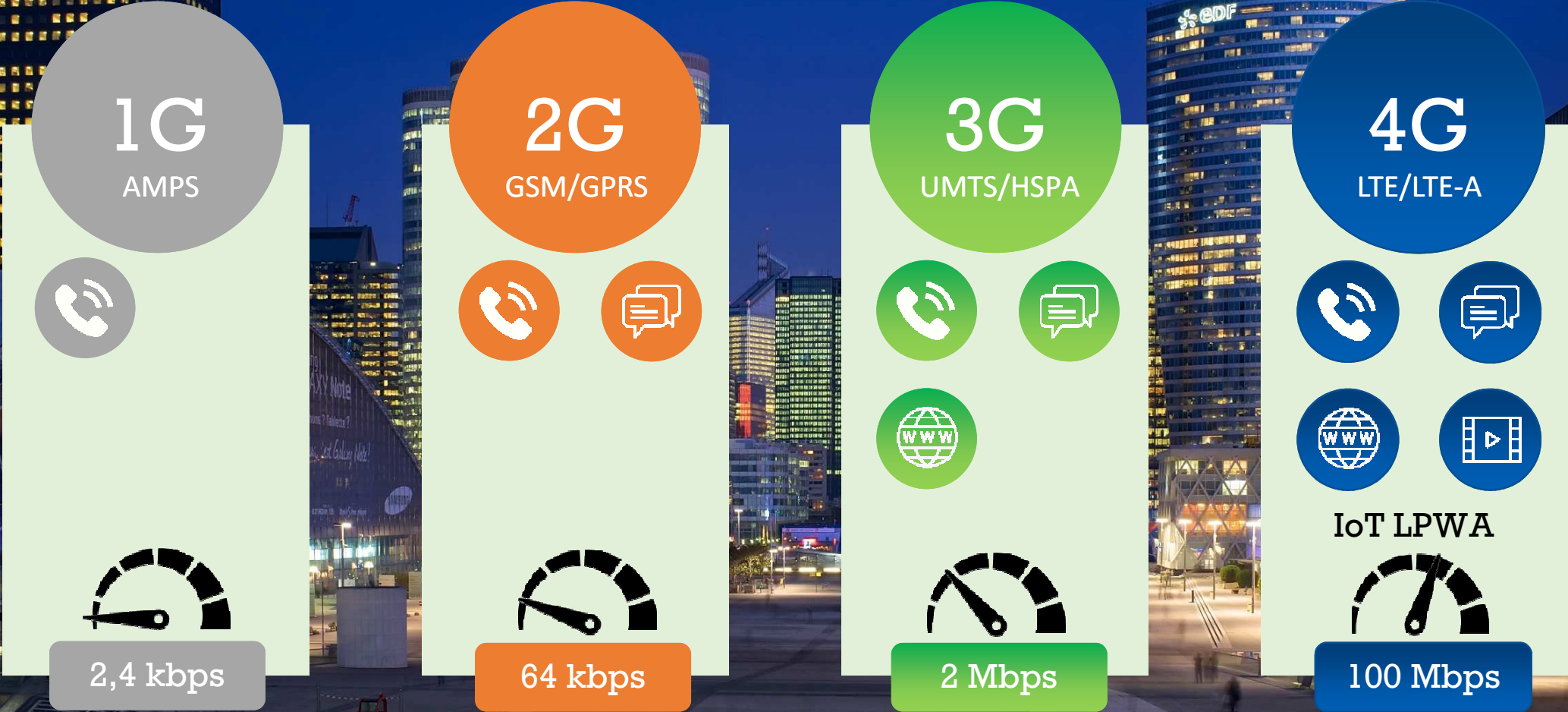
Líneas de Investigación a Explorar

6

Conclusiones y Discusión

1. Introducción a la Tecnología 5G

Las redes celulares están en continua evolución 2G, 3G, 4G...



... y pueden ser un soporte para la Ingeniería de Sistemas...



Network

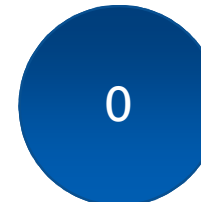


Servidor

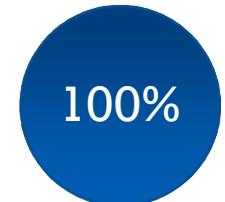
**Velocidad/
Capacidad**



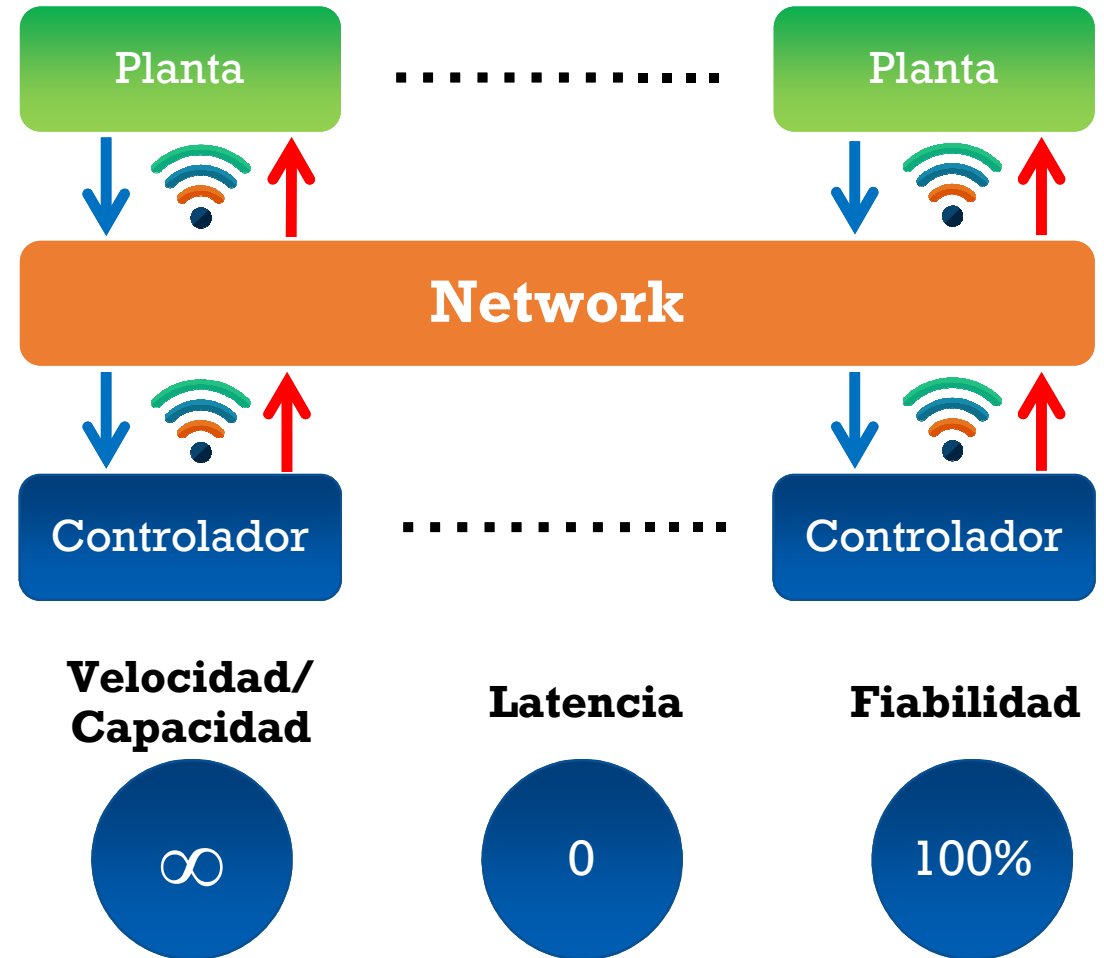
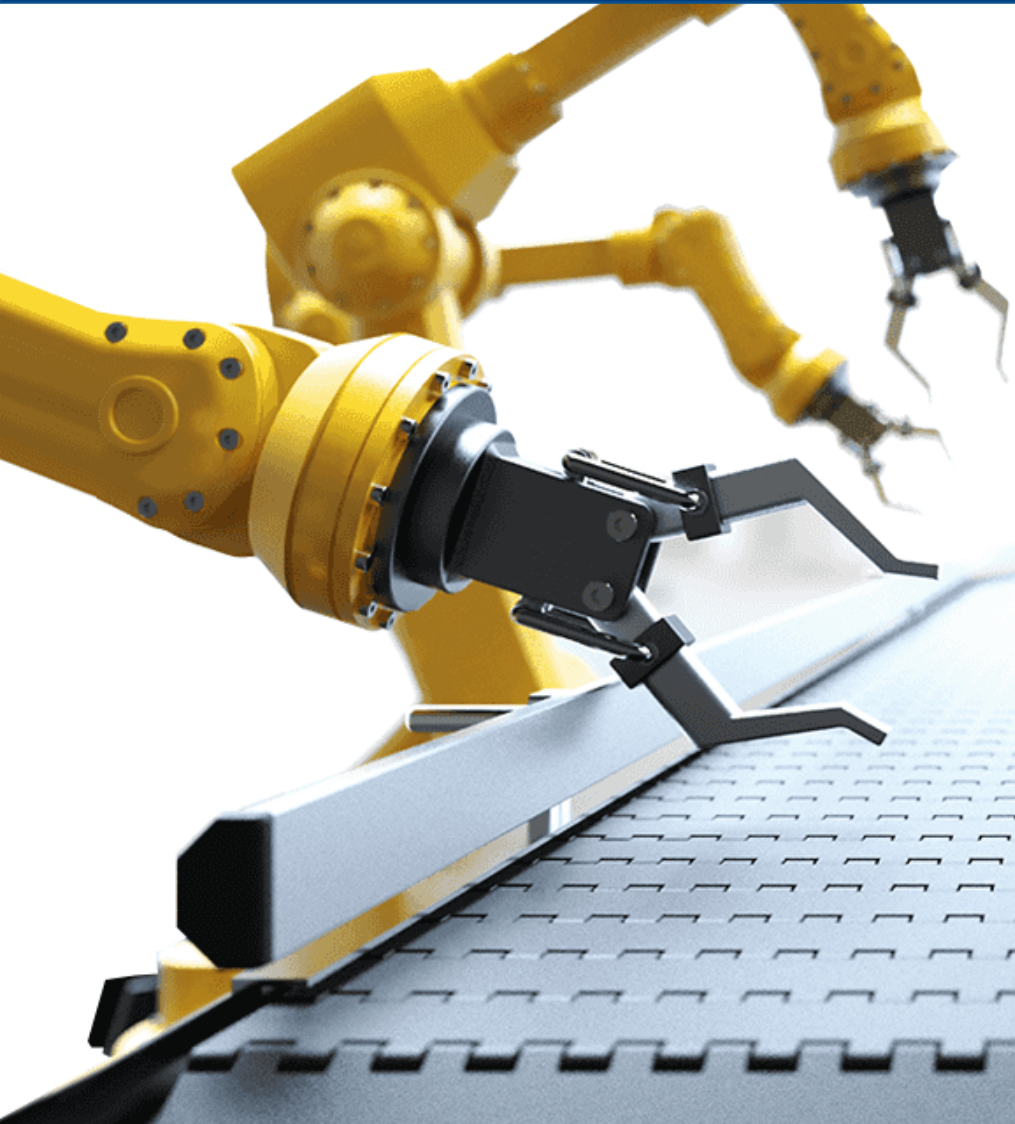
Latencia



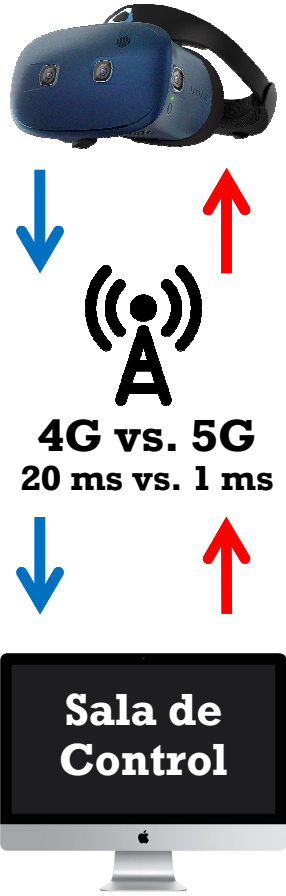
Fiabilidad



... y la Ingeniería de Control

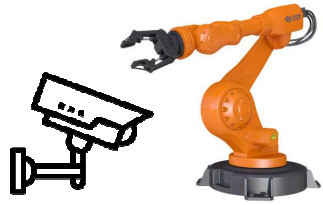


Estas nuevas capacidades favorecen nuevos casos de uso...



Fuente: Ericsson

...en estos campos de la ingeniería



4G vs. 5G
90 ms vs. 3 ms



**Controlador
(Edge-Computing)**



Fuente: Nokia. TC=11s vs. 3s, se reduce el tiempo de convergencia un 73%.

La redes 5G suponen un cambio de paradigma orientado hacia la industria

Una sola red, Múltiples Industrias

- **EMB: Enhanced Mobile Broadband (eMBB)**
- **MMC: Massive Machine Comm. (mMTC)**
- **CC: Critical Communication (URLLC)**

Velocidad-Capacidad: 1Gbps-1M/km²
Latencia: 1ms
Alta Fiabilidad: 10pk/1Mpk (99,999%)

5G

100 Mbps/100ms

4G

Camino hacia la Industria (NB-IoT y LTE-M)

3G

2G

Aunque el 4G ya da los primeros pasos con el Internet de las Cosas (IoT)...

LPWA
Low Power Wide Area

NB-IoT y LTE-M



Costes

>50% reducción



Energía

>75x-10 años



Capacidad

1M/Km²



Cobertura

5-10x

Parámetro	NB-IoT	LTE-M
Bandwidth	180 KHz	1 MHz
Data rate (DL/UL)	27/65 kbps	300/375 kbps
Latencia	1,5-10s	50-100ms
Movilidad	NO	SI
Tiempo real	NO	SI
Voz	NO	SI
Principales aplicaciones	Sensores estáticos de bajo volumen tráfico	Altos BW y aplicaciones fijas y móviles

...con dispositivos que son verdaderos catalizadores de nuevos UCs...



Fuente: Accent System

...ofreciendo el 4G-LPWA un amplio abanico de aplicaciones

4G-LPWA

LTE-M

NB-IoT

Smart Agriculture/cities



Tracking



Con el 5G, las posibilidades para la industria crecen de forma exponencial

MMTC¹: Massive Mach Type Comm (mMTC)²



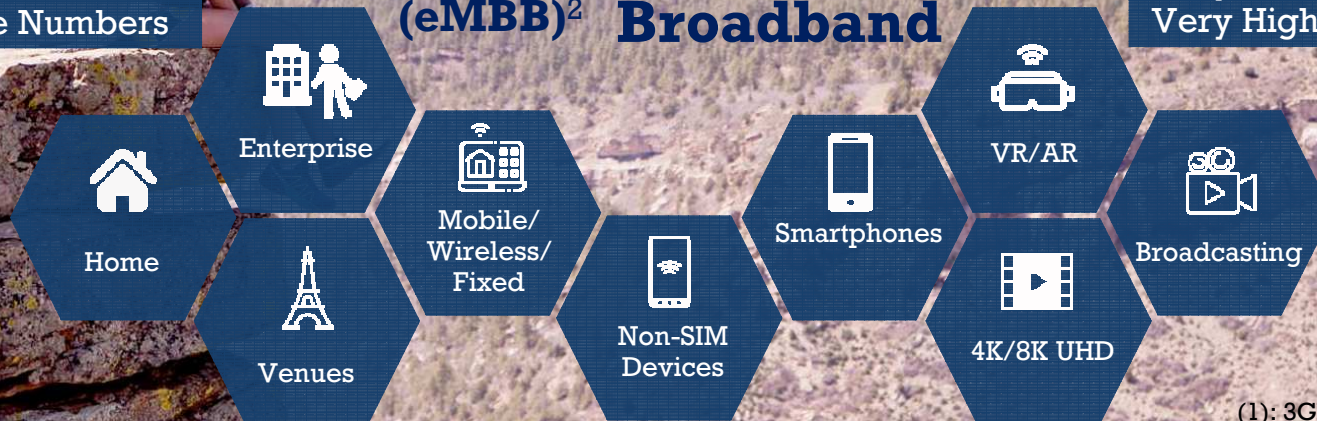
Low Cost, Low Energy
Small Data Volumes
Massive Numbers

CC¹: Critical Comm (URLLC)²



Ultra Reliable
Very Low Latency
Very High Availability

EMB¹: Enhance Mobile (eMBB)² Broadband



- **mMTC**: Massive Machine Type Communications
- **URLLC**: Ultra Reliable Low Latency Communications
- **eMBB**: Enhanced Mobile Broadband

(1): 3GPP, (2) ITU-R

¿Y cómo las redes 5G pueden ofrecer estas nuevas capacidades?



Velocidad y Capacidad



Ondas Milimétricas



Small Cells



Massive MIMO



Beamforming



Full Duplex



Latencia



Velocidad Procesamiento nodos de red



Edge Computing



Fiabilidad



Network Slicing



Virtualización

¿Y cómo las redes 5G pueden ofrecer estas nuevas capacidades?



Velocidad y Capacidad



Ondas Milimétricas



Small Cells



Massive MIMO



Beamforming

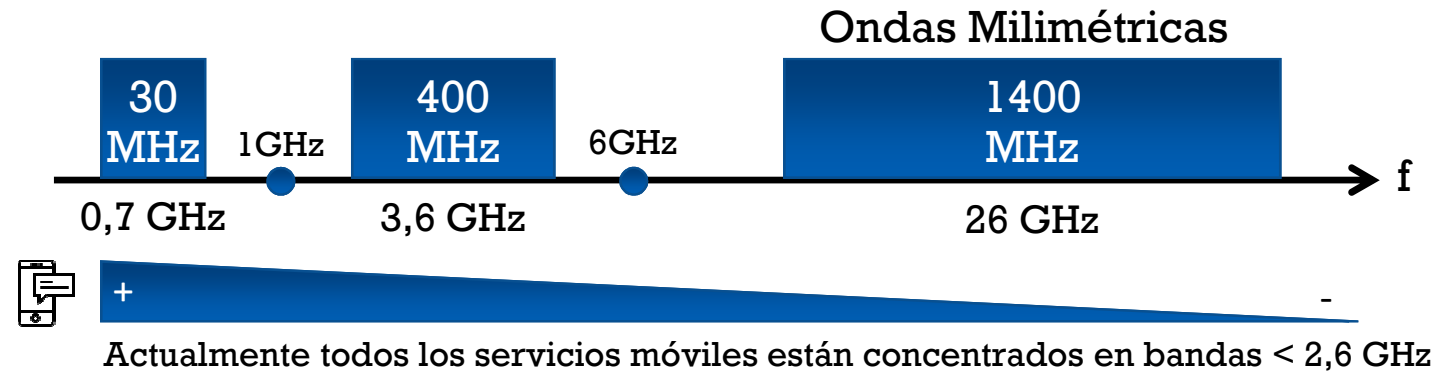


Full Duplex

Nuevas necesidades de Espectro...




$$C = BW \log_2(1 + SNR)$$




$$P_R = P_T G_T G_R \left(\frac{\lambda}{4\pi d}\right)^2$$



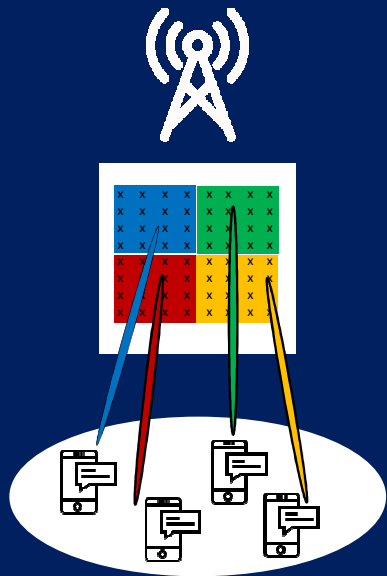
**Ondas
Milimétricas**



**Small
Cells**



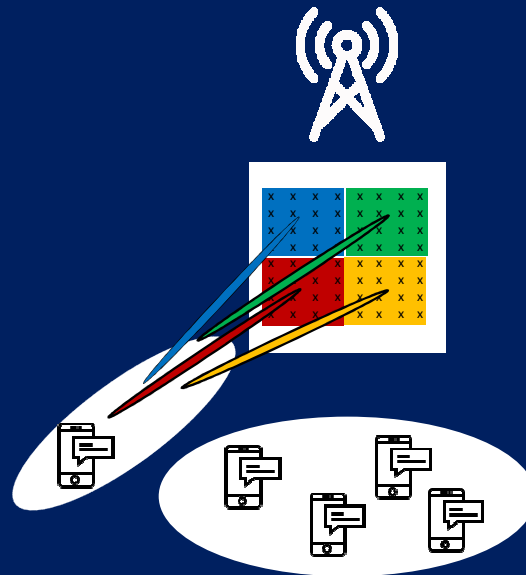
Massive MIMO



Multiplexación Espacial
(Mejora Eficiencia Espectral)



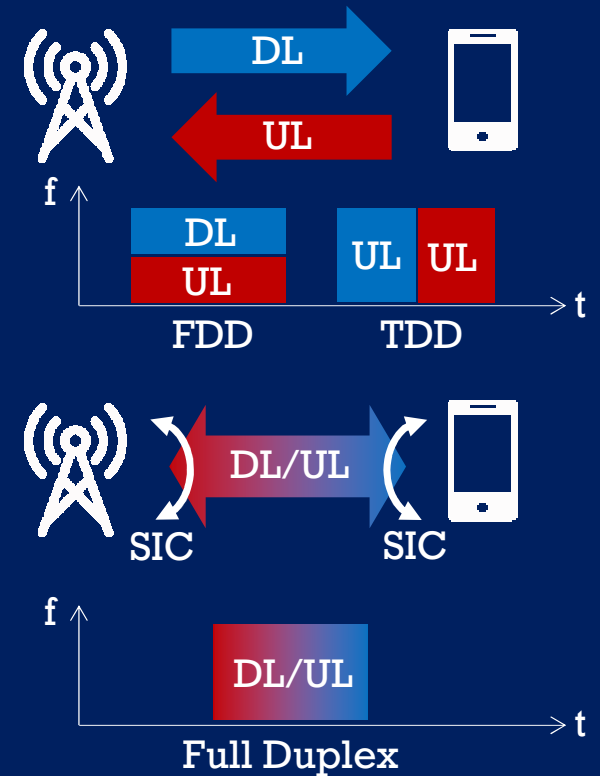
Beamforming



Beamforming Específico
(Mejora cobertura)



Full Duplex



SIC: Self Interference Cancellation

¿Y cómo las redes 5G pueden ofrecer estas nuevas capacidades?



Latencia

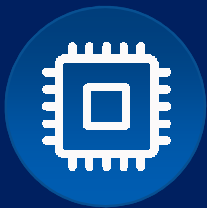
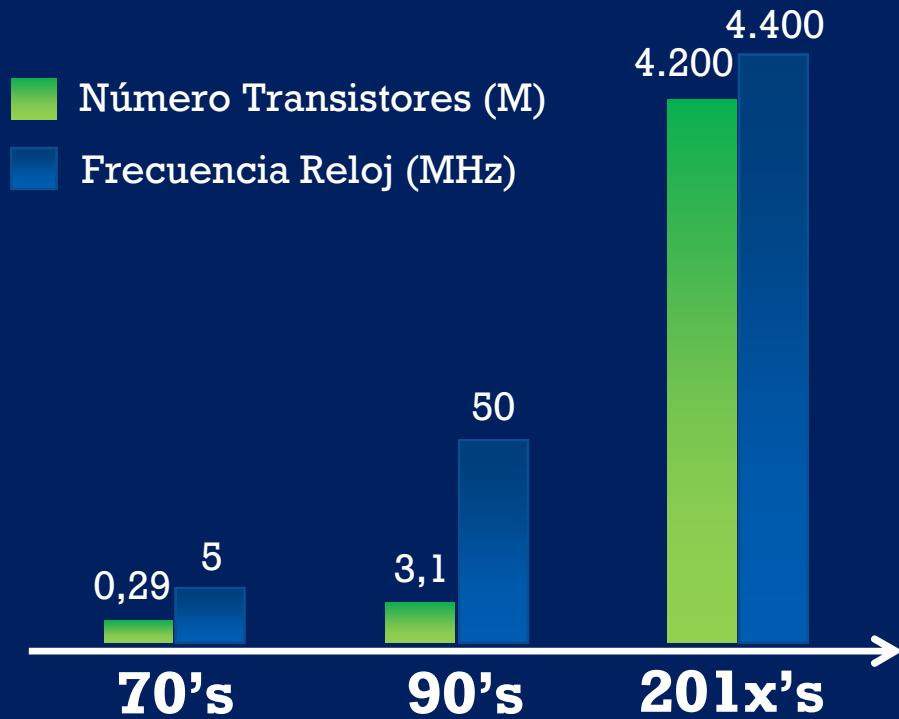


**Velocidad Procesamiento
nodos de red**



Edge Computing

... que consiguen una experiencia diferencial a las G's anteriores



**Velocidad Procesamiento
Nodos de Red**



$c = 300.000 \text{ Km/s}$
(Delay de 1ms -- 150 Km)



Mobile Edge Computing

¿Y cómo las redes 5G pueden ofrecer estas nuevas capacidades?



Fiabilidad

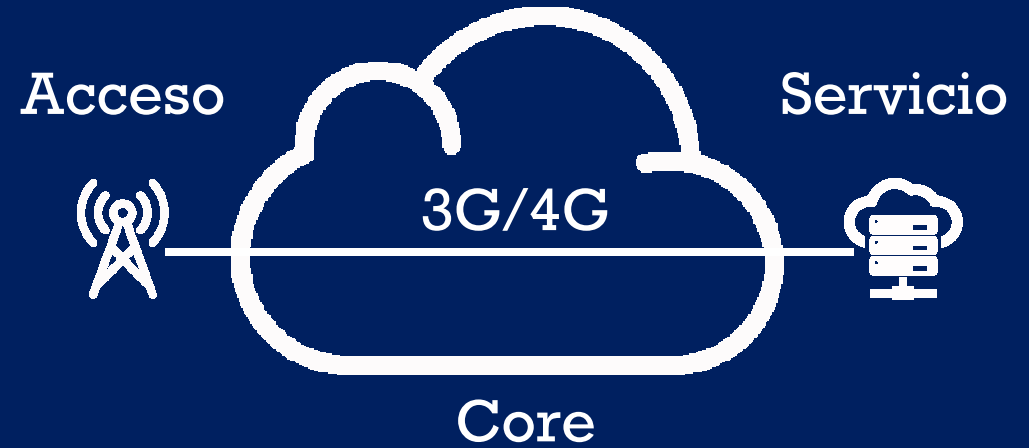


Network Slicing



Virtualización

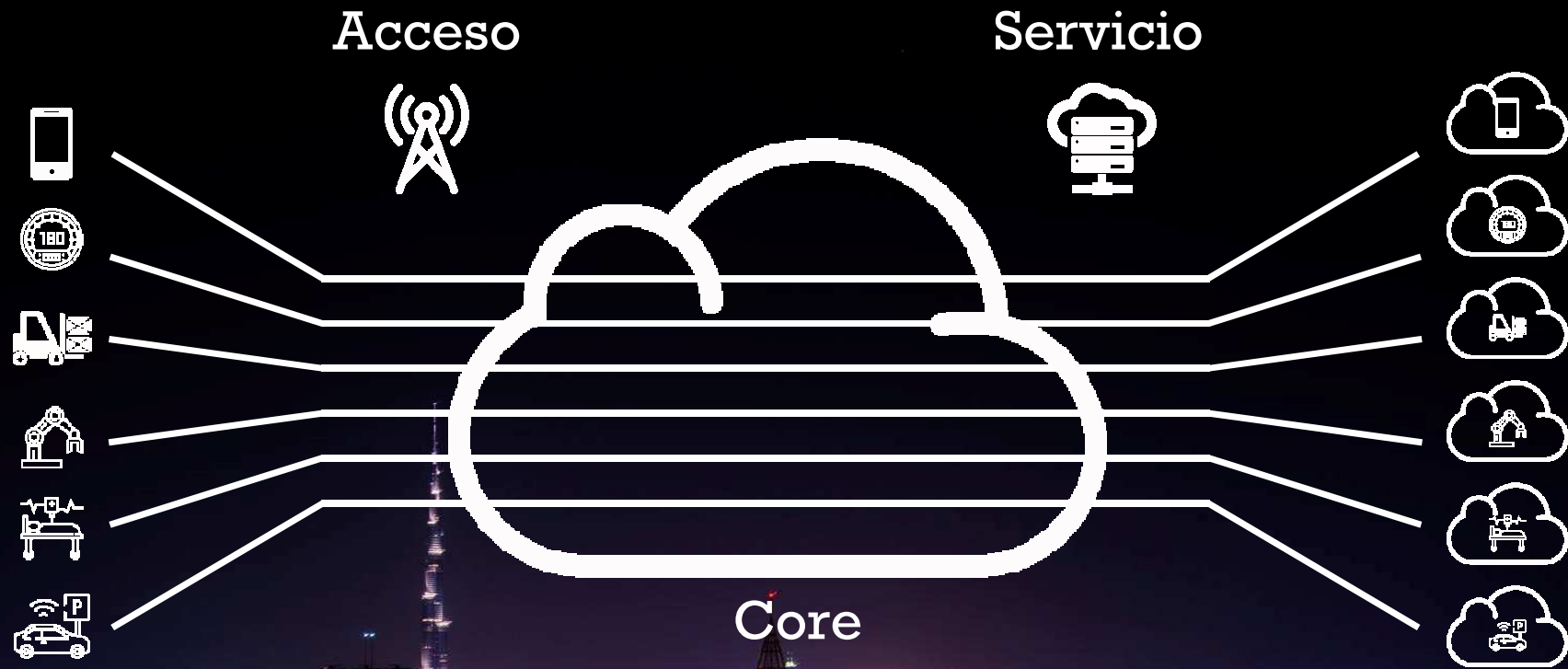
Las redes inalámbricas tradicionales no garantizan la QoS individual ...



Todos los usuarios acceden en igualdad de condiciones

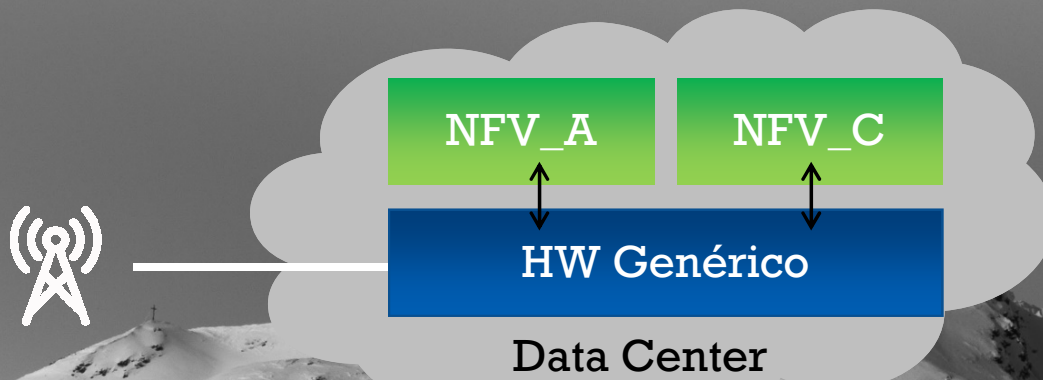
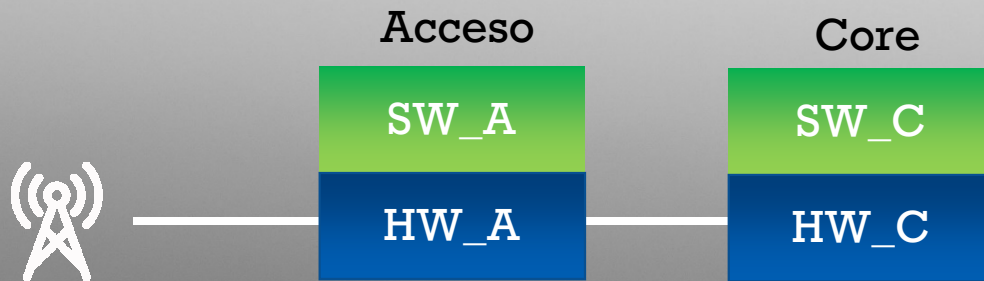


... pero el 5G se apoya en el concepto Network Slicing para conseguirlo



Una Única Infraestructura – Muchas Redes Diferenciadas

El NS se implementará mediante la Virtualización de las redes...



Ventajas Virtualización



Ahorro de Costes



Reducción TTM



Uso Eficiente Recursos



Redundancia

Virtualized Network Functions (VNFs)

VNF VNF VNF VNF VNF

NFV Infrastructure (NFVI)

Virtual
Computing

Virtual
Storage

Virtual
Network

Virtualization Layer

Computing

Storage

Network

Hardware Resources

NFV
Management
and
Orchestration

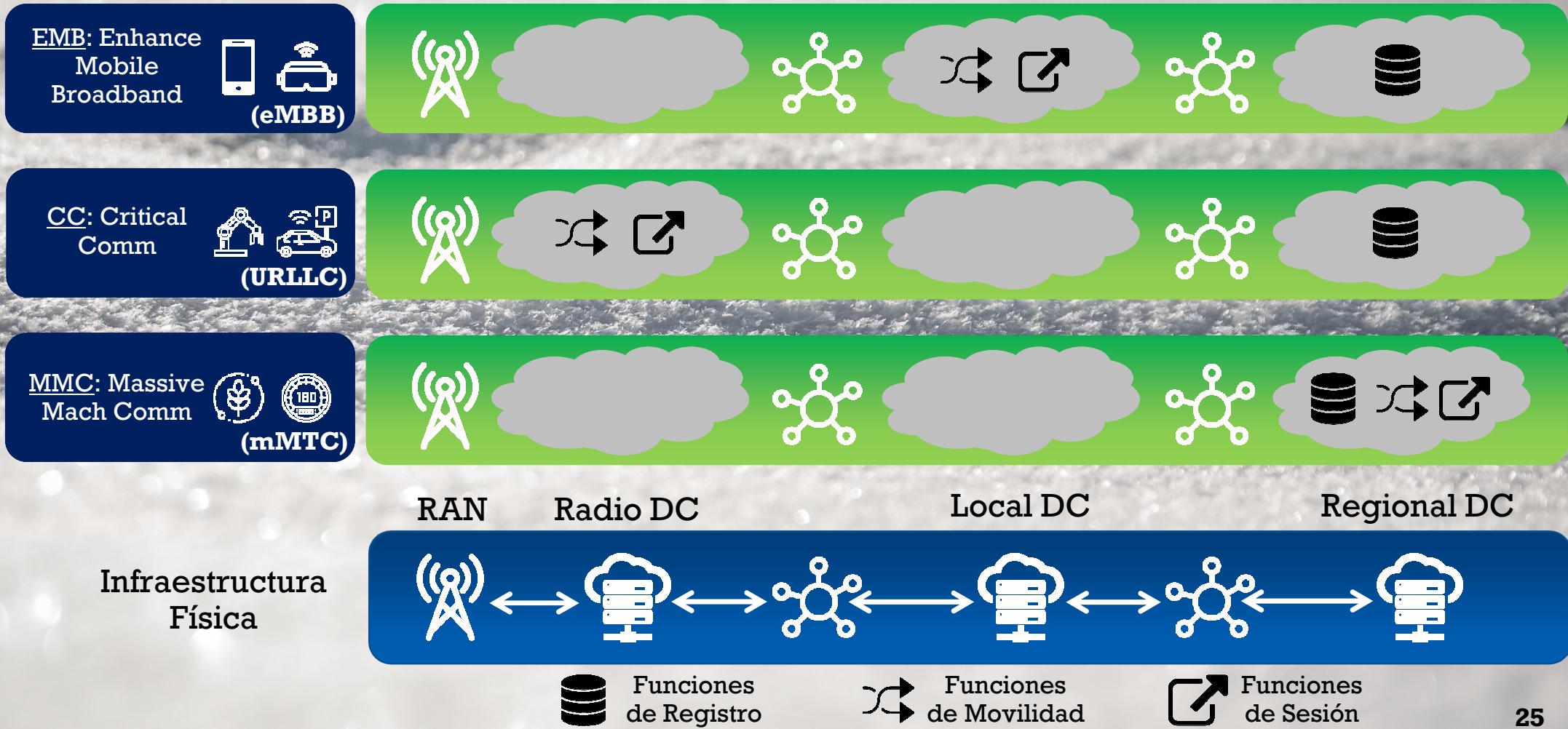


“Proveer las
Funciones de Red

mediante un
plano Software

sobre **Hardware de
propósito general”**

... donde estos nuevos conceptos se conjugan en un mismo entorno

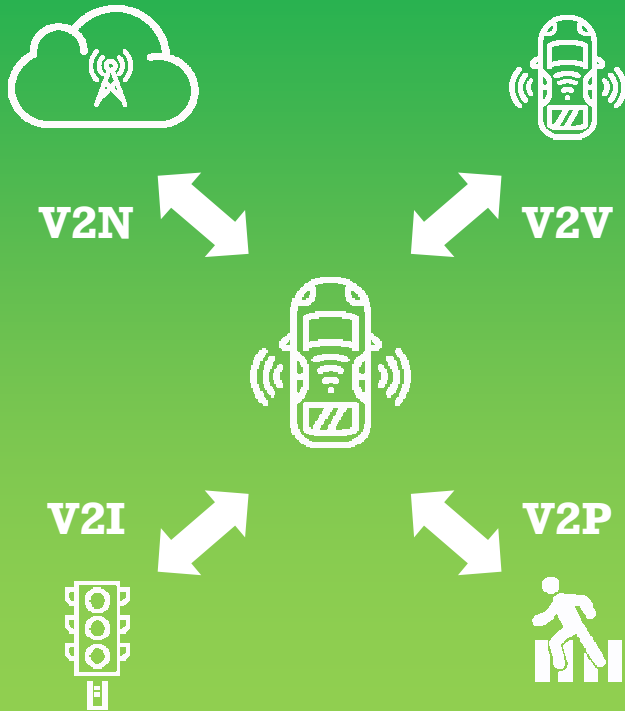


La red 5G será también el soporte para el Vehículo Conectado (V2X)...



V2X y ADAS

ADAS: Advanced Driver Assistance Systems



DSRC
IEEE 802.11p

C-V2X
4G/5G

	DSRC IEEE 802.11p	C-V2X 4G/5G
Coste Despliegue	Requiere Nueva Infraestructura	Redes Celulares Existentes
Escalabilidad Evolución	No Actualmente	Evolución 4G/5G...
Latencia	< 5ms	5G 1 ms
Arquitectura	Solo V2V/V2I	V2V/V2I/V2P/V2N
QoS	No Soportada	Mecanismos Redes Celulares
Alcance	225 m	> 450 m V2N ilimitada

DSRC: Dedicated Short Range Communications

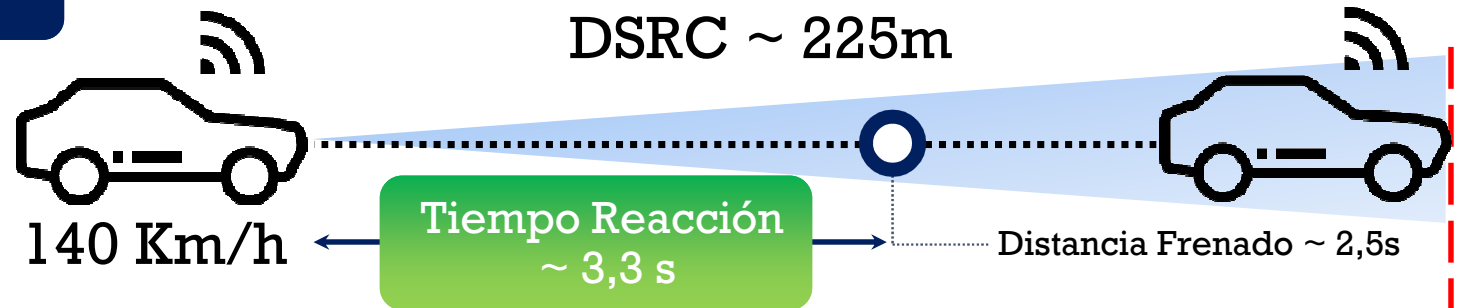
C-V2X: Cellular Vehicle to Everything

...desplazando a las tecnologías existentes...



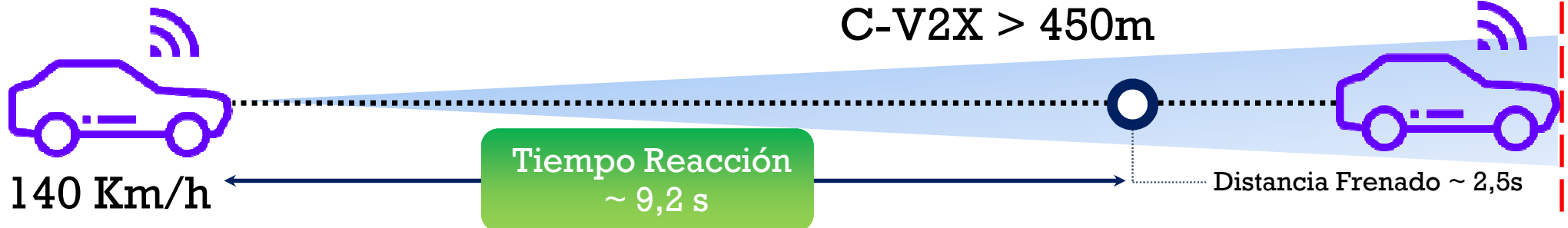
DSRC/IEEE 802.11p

DSRC: Dedicated Short Range Communications



C-V2X/4G-5G

C-V2X: Cellular Vehicle to Everything



Fuente: Qualcomm

... con el desarrollo del C-V2X ...



V2V



Vehicle to Vehicle

Ej: Evitar Colisiones

V2I



Vehicle to Infrastructure

Ej: Ayuda conducción

V2P



Vehicle to Pedestrian

Ej: Alerta peatones/ciclistas

V2N

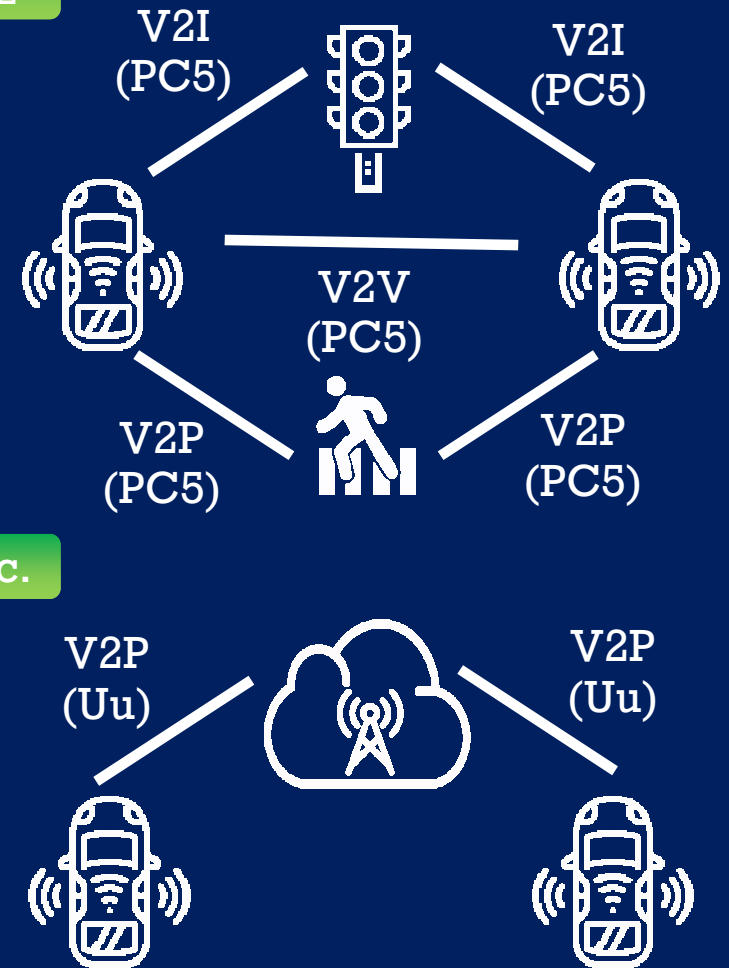


Vehicle to Network

Ej: Tráfico Tiempo Real/Routing

ITS 5.9 GHz

Espectro Lic.



... además de ser un Ecosistema en pleno desarrollo (5GAA)



Industria del Automóvil
Soluciones Plataformas de Vehículos,
Hardware y Software

Telecomunicaciones
Conectividad, Networking y
Dispositivos

Soluciones e2e para Sistemas de Transporte Inteligente (ITS)



... con casos de uso que ya son una realidad



ADAS

ADAS: Advanced Driver Assistance Systems

V2V 

Vehicle to Vehicle

V2I 

Vehicle to Infrastructure

V2P 

Vehicle to Pedestrian

C-V2X

Transforming road safety

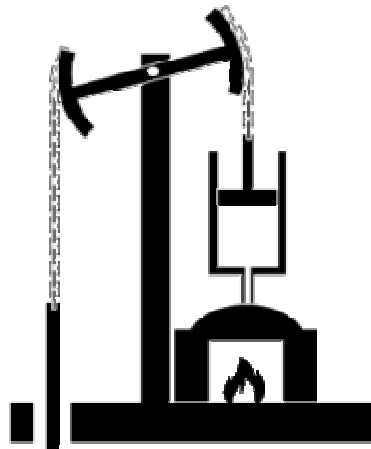


Fuente: 5GAA. Casos de uso: 1) Frenada de Emergencia, 2) Avisos de Tráfico, 3) Tiempo Cambio Semáforo, 4) Aviso Peatones , 5) Aviso Trafico Intersecciones y 6) Veh. Estacionado.

2. El 5G y la Industria 4.0

La industria está experimentando un cambio sin precedentes...

Concepto Industria 4.0



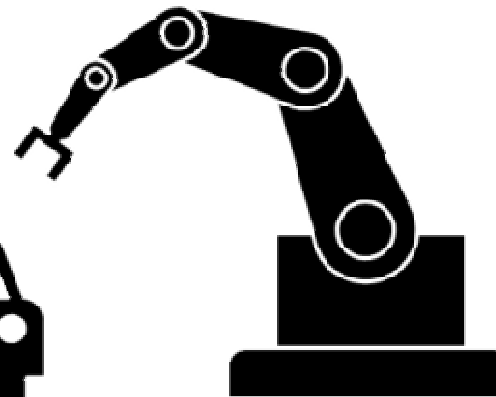
1ª Mecanización

Máquina Vapor,
Energía Hidráulica
y Mecanización



2ª Electrificación

Producción en Masa,
Cadenas de Montaje
y Electricidad



3ª Digitalización

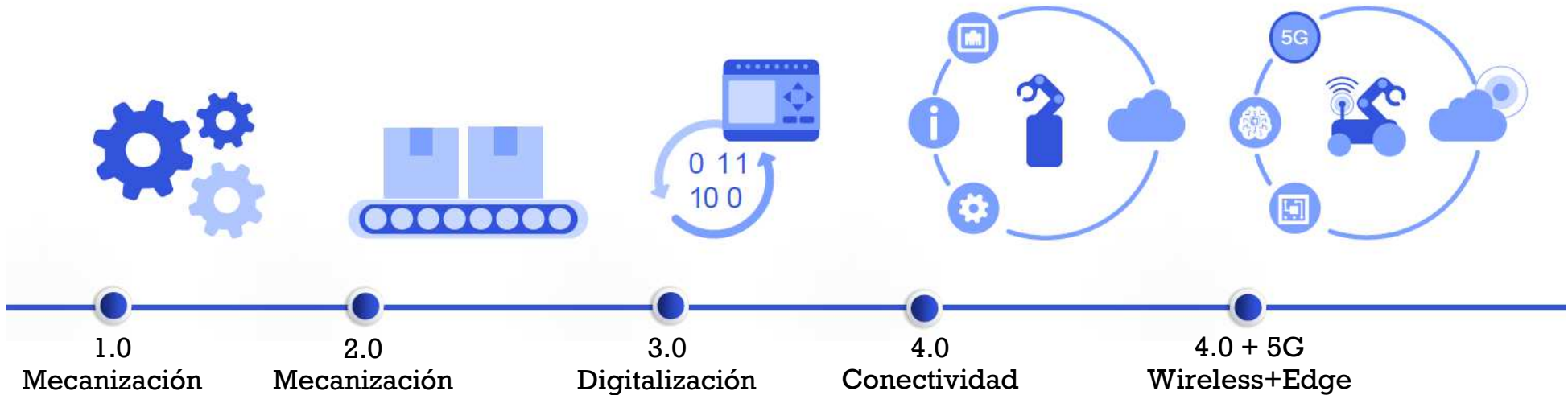
Automatización y
Tecnologías de la
Información



4ª Conectividad

IoT, Sistemas
Ciberfísicos y
Robótica

...donde el 5G será un elemento clave para su desarrollo



El 5G (redes inalámbrica y MEC) impulsará la Industria 4.0

Fábricas
Reconfigurables

Guiado Automático
de Vehículos (AGV)

Red
Única

Escalable en
Dispositivos

Robots
Móviles

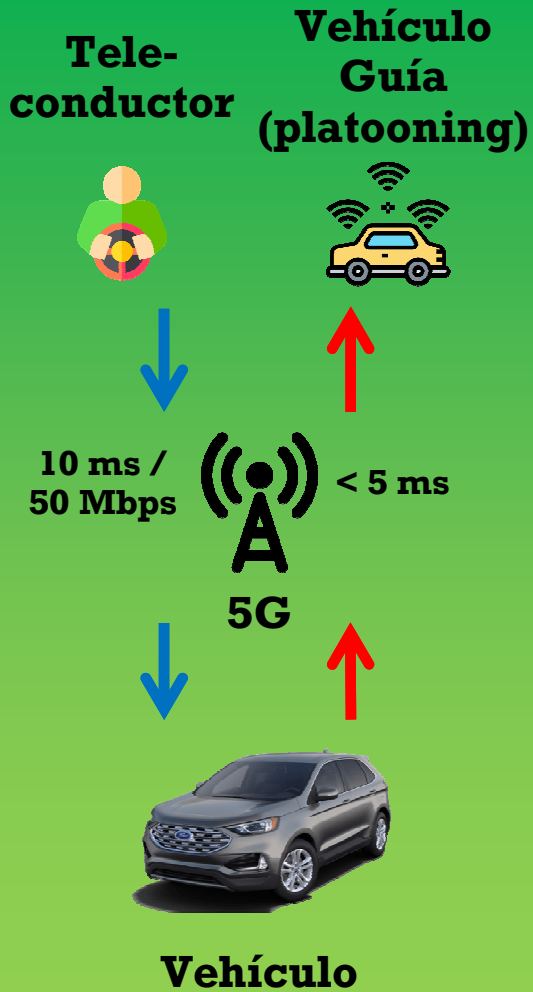
Fácil
Reconversión

Bajos Costes de
Mantenimiento

Seguridad
Inherente

3. Principales Casos de Uso

Tele-Conducción de Vehículos



Fuente: China Mobile, SAIC y Huawei. A 120 Km/h, un delay de 10 ms (32 cm) y 5 ms (16 cm)

HUAWEI, BRING 5G INTO THE CAR

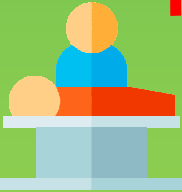
华为正与全球合作伙伴共同努力，加速5G自动驾驶的到来
Huawei is spending significant efforts to bring 5G into the car industry.

Telecirujía

Cirujano



5G



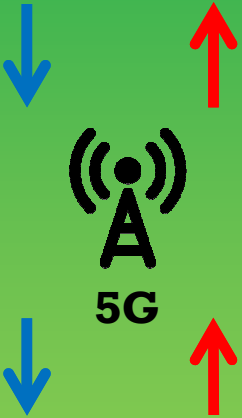
Quirófano



Fuente: South China Morning Post

Industria 4.0

Controlador



5G



Robots Inalámbricos



Fuente: Nokia

Vehículo Autónomo y Contenidos UHD en movilidad



Fuente: Telefónica. A través del MEC el entorno (p.e. los semáforos) informan de su estado y esta información se envía al vehículo para la toma de decisiones.

4. Situación del 5G en España

El 5G empieza a tomar tracción...



Mundo

Planes de lanzamiento 5G en las principales potencias tecnológicas



EEUU



Corea



China



Japón



Europa

- Sep_16: **Plan Acción 5G para Europa**
- Jul_17: **Declaración Ministerial de Tallin**
- Dic_17: **Hoja de ruta del 5G en Europa**
- **Observatorio Europeo del 5G**



España

FTTH/HFC

80% HP
53,7 M

Red de Fibra más extensa de Europa

4G

98% PoP

Liderazgo Tecnológico

... en España se define el plan 5G para seguir manteniendo el liderazgo ...

Dic 2017: Se publica el Plan Nacional 5G

Reorganización
del Espectro



Marco Jurídico
Flexible



Pilotos redes y
servicios I+D+I



Coordinación de
las medidas

2017

Plan 5G

2018

Licitación frecuencias
Convocatorias I+D+I

2019-20

P. Pilotos y
Casos de Uso

2020

Despliegues

...donde ha comenzado la Licitación de Frecuencias y Financiación de Pilotos



Reorganización del Espectro

Bandas: 700MHz - 3,6GHz - 26GHz

Ya disponible la banda de 3,6 GHz

Operador	Anterior (MHz)	Subasta 2018 (MHz)	TOTAL (MHz)
Movistar	40	50	90
Vodafone	0	90	90
Orange	40	60	100
MásMóvil	80	0	80
Total	160	200	360

Ingresos¹ Estado
Subasta (20 años)

1.411 M€

(1) Subasta 437,5 M€ + Tasa 868,5 M€ + Intereses 104,6 M€=1410,7M€



Pilotos redes y servicios I+D+I

Industria, Operadores, Universidades...



Subvención

40%

1ª Convocatoria

20 M€

5. Líneas de Investigación a Explorar

Líneas de Investigación



1 Casos de Uso basados en 5G

2 Virtualización

3 Network Slicing

[1] Yu, Heejung, Howon Lee, and Hongbeom Jeon. "**What is 5G? Emerging 5G mobile services and network requirements.**" *Sustainability* 9.10 (2017): 1848.

[2] Akpakwu, Godfrey Anuga, et al. "**A survey on 5G networks for the Internet of Things: Communication technologies and challenges.**" *IEEE Access* 6 (2018): 3619-3647.

[3] Blanco, Bego, et al. "**Technology pillars in the architecture of future 5G mobile networks: NFV, MEC and SDN.**" *Computer Standards & Interfaces* 54 (2017): 216-228.

[4] Rost, Peter, et al. "**Benefits and challenges of virtualization in 5G radio access networks.**" *IEEE Communications Magazine* 53.12 (2015): 75-82.

[5] Foukas, Xenofon, et al. "**Network slicing in 5G: Survey and challenges.**" *IEEE Communications Magazine* 55.5 (2017): 94-100.

[6] Zhang, Haijun, et al. "**Network slicing based 5G and future mobile networks: mobility, resource management, and challenges.**" *IEEE Communications Magazine* 55.8 (2017): 138-145.

[7] Ordonez-Lucena, Jose, et al. "**Network slicing for 5G with SDN/NFV: Concepts, architectures, and challenges.**" *IEEE Communications Magazine* 55.5 (2017): 80-87.

6. Conclusiones y Discusión

Principales Conclusiones/Discusión

Conclusiones

5G una tecnología con altas prestaciones que **facilita nuevos casos de uso...**

...con una clara orientación a la **Industria ...**

... donde el **ingeniero de sistemas/control** puede hacer **grandes aportaciones**

Cuestiones Abiertas

¿Son necesarias estas altas prestaciones?

¿La industria demanda estos nuevos casos de uso?

¿Son atractivas estas nuevas líneas de investigación?

Departamento de Informática y Automática
Ciclo de Conferencias del Máster y Programa de Doctorado



Gracias...

Dr. Rafael Socas

7 Mayo del 2019