



UNICO I+D Project
6G-DATADRIVEN-02

6G-DATADRIVEN-02-A6

Actividad 1 (A1)

E1 – Documento del plan de trabajo detallado

Grupo de Investigación NetIS - NETSERV, Universidad de Alcalá

Revisión	Autores	Fecha de entrega	Cambios
Versión 1.0	Elisa Rojas David Carrascal	28/11/2023	Primera versión del documento.

Descargo de Responsabilidad

Este documento se ha elaborado en el marco del proyecto 6G-DATADRIVEN. La investigación que ha dado lugar a estos resultados ha recibido financiación del Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital de España y de la Unión Europea - Next-GenerationEU a través del programa UNICO 5G I+D. La información contenida en este documento se proporciona “tal cual” sin ninguna garantía expresa o implícita, incluyendo pero no limitándose a las garantías implícitas de comerciabilidad y adecuación a un fin determinado. El autor del documento no será responsable de ningún daño, directo o indirecto, derivado del uso o en relación con el uso de esta información. El usuario de este documento asume todos los riesgos y responsabilidades asociados a su uso y exime de toda responsabilidad al autor del documento por cualquier reclamación, pérdida, daño o gasto, incluyendo los honorarios de abogado, derivados del uso de esta información.

Resumen

Este documento representa el **Entregable E1 – Documento del plan de trabajo detallado (Mes 2)**, dentro de la **Actividad 1 (A1) - 6G-DATADRIVEN-02-E2 (Plan de ejecución del subcontratista 3 en 6G-DATADRIVEN-02)** del contrato de julio de 2023 celebrado según la Resolución de adjudicación por el Órgano de contratación del 25 de mayo de 2023. El documento describe el plan de ejecución detallado del contrato, incluyendo actividades, resultados esperados e indicaciones de gestión, así como un plan de calidad.

Índice general

1	Introducción	1
2	Equipo de trabajo y medios disponibles	3
2.1	Equipo de trabajo	3
2.2	Medios disponibles	3
3	Planificación	5
3.1	Actividades	6
3.2	Entregables	7
3.3	Cronograma	8
4	Resultados e impacto esperados	11
4.1	Impacto en comunidades y entidades de estandarización	11
4.2	Impacto en la comunidad científica y académica	12
4.3	Impacto en el sector industrial	12
5	Plan de calidad	13
5.1	Comunicación entre licitante y licitador	13
5.2	Formato de los entregables	13
5.3	Gestión de la calidad	13
5.4	Plan de mitigación de riesgos	15
	Bibliografía	17
	Lista de Acrónimos y Abreviaturas	19

Índice de figuras

3.1	Cronograma de ejecución del contrato	9
5.1	Esquema general de gestión de la calidad por el grupo de investigación NetIS	14

Índice de tablas

5.1 Plan de mitigación de riesgos. 15

1 Introducción

El pliego de prescripciones técnicas de la licitación con expediente nº 2023/0001788 hace referencia a la búsqueda de soluciones de reconfiguración de redes de tipo Software-Defined Networking (SDN) basadas en Inteligencia Artificial (IA), dentro del proyecto 6G-DATADRIVEN [1]. Dicho proyecto, 6G-DATADRIVEN, se divide a su vez en 6 sub-proyectos (numerados del -01 al -06) y, en concreto, el contrato establecido entre la Universidad Carlos III de Madrid (UC3M) (licitante) y la Universidad de Alcalá (UAH) (licitador) está directamente relacionado con la contribución a una de las actividades de 6G-DATADRIVEN-02 (Explotación de datos distribuidos (en entornos industriales)), denominada **6G-DATADRIVEN-02-A6: Análisis y diseño de solución SDN basada en IA para reconfiguración automatizada de redes en entornos industriales**, con 3 entregables asociados:

- **6G-DATADRIVEN-02-E2** (Plan de ejecución del subcontratista 3 en 6G-DATADRIVEN-02),
- **6G-DATADRIVEN-02-E15** (Análisis del estado del arte de soluciones de reconfiguración de red SDN basadas en IA y primer diseño de la solución), y
- **6G-DATADRIVEN-02-E16** (Diseño final de la solución de reconfiguración de red SDN basada en IA).

El contrato tiene como fecha de inicio de ejecución el día siguiente a la firma de contrato, 19/07/2023, y de fin el 31/12/2024. Es decir, la duración de la ejecución del proyecto es de unos 18 meses.

La UAH, a través de su Departamento de Automática y, en concreto del Grupo de Investigación Networks and Intelligent Systems (NetIS), se encarga del desarrollo de las tareas asociadas al contrato.

En los próximos apartados se describen el equipo y medios disponibles (Capítulo 2), la planificación en detalle incluyendo actividades, entregables y cronograma (Capítulo 3), los resultados esperados (Capítulo 4) y, finalmente, el plan de calidad donde se detalla la comunicación o la mitigación de riesgos (Capítulo ??).

2 Equipo de trabajo y medios disponibles

2.1 Equipo de trabajo

El personal asociado al equipo de trabajo se lista a continuación:

- **Elisa Rojas Sánchez (ERS)** – Responsable técnico del proyecto, y experto en diseño y estándares SDN e IoT
- **Juan Antonio Carral Pelayo (JAC)** – Experto en SDN, protocolos y encaminamiento
- **Isaías Martínez Yelmo (IMY)** – Experto en SDN/NFV y P4
- **José Manuel Arco Rodríguez (JMA)** – Experto en cloud
- **Joaquín Álvarez Horcajo (JAH)** – Experto en SDN y prototipado
- **Diego López Pajares (DLP)** – Experto en algoritmos y prototipado
- **David Carrascal Acebrón (DCA)** – Experto en SDN, IoT y prototipado

De estos 7 investigadores, 4 son Profesores Titulares de Universidad, 2 son Profesores Ayudantes Doctores y 1 es Investigador FPI. Todos los profesores disponen de doctorado y el investigador actualmente lo está realizando.

Además de estos 7 investigadores principales, se valorará la contratación de personal adicional en caso de incluir el diseño de prototipos. Puntualmente también se podrá contar con otros miembros del equipo de investigación NetIS y de otros departamentos de la Universidad de Alcalá.

2.2 Medios disponibles

El equipo investigador dispone del siguiente equipamiento:

- Cluster emulación de 7 ordenadores Intel(R) Core(TM) i7, 24GB RAM
- Switches/Routers
 - APS Networks® APS2140D (Intel® Tofino™)

- Switch Pica8 SDN/OpenFlow
- Switch Netgear GS116E
- Switch D-Link DGS-1008A
- Router MikroTik CR5109-8G-15-2MND-IN
- 5 Routers Linksys WRT54G (OpenWRT)
- Tarjetas/Targets programables:
 - 11 NetFPGAs SUME Virtex 7 (10GbE) P4/P4-SDNet
 - 2 Mikrotik RB/450
- Tarjetas/Targets programables:
 - 2 RPi W Zero
 - 5 RPi 3B+
 - Kit dron PIXHAWK 4x500 HolyBro

Además, cabe destacar la experiencia del equipo en técnicas de emulación (plataformas Mininet [2] y Cooja [3]), simulación (plataformas NS-3 [4] y OMNeT++ [5]), y en dispositivos programables (tecnologías P4 [6] y XDP [7]).

3 Planificación

El contrato consta de tres tareas o servicios principales, directamente relacionados con los tres entregables a desarrollar según el pliego de prescripciones técnicas.

6G-DATADRIVEN-02-E2 (Plan de ejecución del subcontratista 3 en 6G-DATADRIVEN-02)

De acuerdo con el contrato, se desarrollará un documento con el plan de ejecución detallado del resto del contrato. Este plan de trabajo incluirá actividades, resultados esperados e indicaciones de gestión, así como un plan de calidad. Se trata, efectivamente, del presente documento.

6G-DATADRIVEN-02-E15 (Análisis del estado del arte de soluciones de reconfiguración de red SDN basadas en IA y primer diseño de la solución)

Se realizará un estudio detallado del estado del arte en el ámbito de reconfiguración de red SDN basada en IA y con enfoque en entornos industriales. Este estudio se enfocará en formato de “survey”, en los que el equipo de investigación tiene experiencia, investigando tendencias, entidades (públicas y privadas), equipos de investigación relevantes en el ámbito, entidades de estandarización, recomendaciones y *white papers*, así como otros proyectos relacionados. También se estudiarán en profundidad los documentos actuales de las *releases* Rel-16 y Rel-17 de 5G del 3rd Generation Partnership Project (3GPP), así como el desarrollo actual de la Rel-18, dado que el diseño final (siguiente tarea) debe estar alineado con sus principios arquitecturales y con el resto de la arquitectura del proyecto 6G-DATADRIVEN. Esta tarea comenzará en paralelo a la anterior, para cumplir con los plazos establecidos que se indican en la planificación. Adicionalmente, se plantea la publicación del estudio del estado del arte como publicación científica en abierto.

6G-DATADRIVEN-02-E16 (Diseño final de la solución de reconfiguración de red SDN basada en IA)

Se trabajará en el diseño de algoritmos y protocolos de configuración tomando como partida algunos de los que ya dispone el equipo de trabajo en el ámbito SDN y, en concreto, de SDN para entornos Internet of Things (IoT). Con dicho punto de partida, se analizarán tipos de tráfico de red en entornos industriales, para su posterior modelado, así como

búsqueda y generación de tráfico asociado. El propósito es definir las bases de partida para seleccionar las técnicas de Machine Learning (ML)/IA más apropiadas en dichos entornos, dado que dicha selección será demarcada por el tipo de datos disponibles. Una vez seleccionadas, se podrá analizar su integración con los algoritmos y protocolos SDN existentes. De manera conjunta, y tomando como arquitectura base los sistemas 5G Rel-16 y Rel-17, se analizarán y definirán las interfaces necesarias a incorporar (si aplica), así como los procedimientos para incorporar los mecanismos de reconfiguración previamente diseñados. Cabe destacar que actualmente existen multitud de soluciones particulares de automatización de red basada en ML/IA. Sin embargo, la mayoría de estas soluciones son fundamentalmente teóricas o no toman en consideración estándares y recomendaciones de la industria. De hecho, es bastante habitual ver implementaciones que ni siquiera utilizan plataformas habituales en el ámbito de red 5G, sino que se basan en simulación o prototipos *ad hoc*. Es por ello que nuestro valor añadido se basa en un diseño alineado con recomendaciones, tecnologías y plataformas utilizadas por la industria. En concreto, se tendrán en cuenta las especificaciones de la European Telecommunications Standards Institute (ETSI) y la Open Networking Foundation (ONF), así como plataformas como ??, Aether, TeraFlowSDN, Open Network Operating System (ONOS), y tecnologías como OpenFlow, Programming Protocol-Independent Packet Processors (P4)/P4Runtime. Esta tarea es la que conllevará más tiempo de ejecución de todo el proyecto y la documentación resultante se entregará a la finalización del proyecto.

3.1 Actividades

Se definen tres actividades principales, asociadas a los tres entregables definidos en el contrato y, por tanto, con los tres servicios relacionados que se describen en los párrafos previos. La planificación de las tareas, considerando una duración de 18 meses del contrato es la siguiente:

Actividad 1 (A1) - 6G-DATADRIVEN-02-E2 (Plan de ejecución del subcontratista 3 en 6G-DATADRIVEN-02)

Duración: Mes 0 – Mes 2

Investigador responsable: ERS

Investigadores participantes: JAC, IMY

Entregable: E1 – Documento del plan de trabajo detallado (Mes 2)

Actividad 2 (A2) 6G-DATADRIVEN-02-E15 (Análisis del estado del arte de soluciones de reconfiguración de red SDN basadas en IA y primer diseño de la solución)

Duración: Mes 0 – Mes 6

Investigador responsable: JAC

Investigadores participantes: ERS, IMY, JMA, DCA

Entregable: E2 –Informe del análisis del Estado del Arte de soluciones SDN basadas en IA (Mes 6)

Entregable: E3 – Primera versión del diseño de la solución de reconfiguración compatible con la arquitectura general 6G-DATADRIVEN-02 (Mes 6)

Actividad 3 (A3) 6G-DATADRIVEN-02-E16 (Diseño final de la solución de reconfiguración de red SDN basada en IA)

Duración: Mes 4 – Mes 18

Investigador responsable: ERS

Investigadores participantes: JAC, IMY, JAH, DLP, DCA

Entregable: E4 – Segunda versión del diseño de la solución de reconfiguración compatible con la arquitectura general 6G-DATADRIVEN-02 (Mes 12)

Entregable: E5 – Tercera y última versión del diseño de la solución de reconfiguración compatible con la arquitectura general 6G-DATADRIVEN-02 (Mes 18)

3.2 Entregables

El listado de entregables, que ya se han mostrado en la planificación, se resume en un total de 5 entregables, que se listan a continuación incluyendo la fecha asociada de entrega:

Entregable: E1 – Documento del plan de trabajo detallado (Mes 2) - Fecha 30/09/2023

Entregable: E2 –Informe del análisis del Estado del Arte de soluciones SDN basadas en IA (Mes 6) - Fecha 15/01/2024

Entregable: E3 – Primera versión del diseño de la solución de reconfiguración compatible con la arquitectura general 6G-DATADRIVEN-02 (Mes 6) - Fecha 15/01/2024

Entregable: E4 – Segunda versión del diseño de la solución de reconfiguración compatible con la arquitectura general 6G-DATADRIVEN-02 (Mes 12) - Fecha 07/07/2024

Entregable: E5 – Tercera y última versión del diseño de la solución de re-configuración compatible con la arquitectura general 6G-DATADRIVEN-02 (Mes 18) - Fecha 31/12/2024

Dado que la ejecución del contrato no son 18 meses completos (sino 17 y medio), se han adelantado algo los tiempos de los entregables intermedios. Por ejemplo, E2 y E3 se entregarían unos días antes de cumplir los 6 meses, y E4 a los 11 meses y medio, en vez de a los 12. Esto nos permite cumplir con el plazo del último entregable, de acuerdo a la ejecución del proyecto final. Este adelanto mejora la ejecución prevista en cualquier caso.

Por otro lado, como también se puede observar, los entregables E3, E4 y E5 son progresivos y representan una evolución hacia el cumplimiento de la tercera actividad (A3). Por lo tanto, los documentos resultantes de estos tres entregables serán evolutivos y no completamente independientes entre sí, de forma que E5 represente el resultado principal del contrato.

En el siguiente apartado se muestra el cronograma de tareas y entregables, mientras que en el Capítulo 5 se muestra la forma de entrega de estos documentos.

3.3 Cronograma

La Figura 3.1 muestra el cronograma del contrato, con las 3 actividades definidas, y los 5 entregables.

Se puede apreciar que la primera y la segunda actividad comienzan a la vez, al inicio del contrato, aunque la primera finaliza un mes después de la entrega del primer entregable (E1).

La segunda actividad da lugar a dos entregables, siendo el segundo (E3) de ejecución más breve, dado que solo se aporta una idea inicial. Dado que E3, E4 y E5 son progresivos, estos se ejecutan en cascada.

Finalmente, los tres hitos principales del proyecto (H1, H2 y H3) coinciden precisamente con la entrega de los tres últimos entregables (E3, E4 y E5), que representan la tercera y principal actividad del contrato.

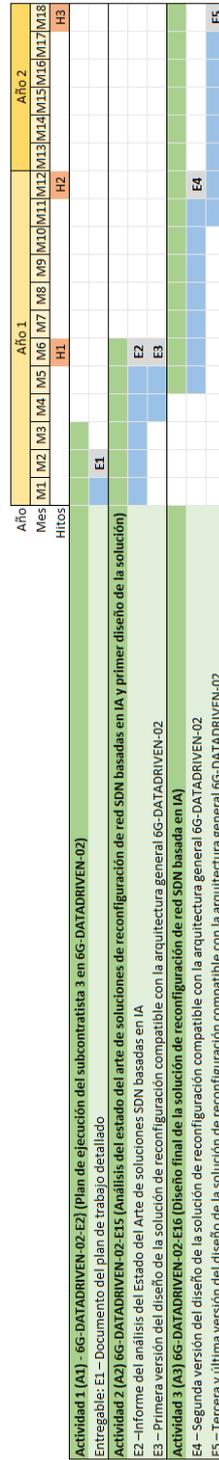


Figura 3.1: Cronograma de ejecución del contrato

4 Resultados e impacto esperados

El proyecto 6G-DATADRIVEN [1] se enmarca en el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia – financiado por la Unión Europea – NextGenerationEU. El subproyecto al que este contrato está asociado, 6G-DATADRIVEN-02 Explotación de datos distribuidos (en entornos industriales), tal y como se define públicamente [1] *está orientado a la investigación de las herramientas y los algoritmos que maximizan la explotación de los datos industriales distribuidos, explotando las técnicas de IA/ML y la automatización sin intervención. Se centra en estudiar qué fuentes de datos son relevantes para los escenarios de las aplicaciones industriales; definir qué arquitectura de procesamiento de datos y conectividad de red se requiere; implementar y validar la interfaz de comunicación entre las capas de datos y computación; explorar y desarrollar las herramientas de conectividad para una distribución de datos segura; y demostrar los principales conceptos a través de un caso de uso de movilidad.*

4.1 Impacto en comunidades y entidades de estandarización

En este sentido, el presente contrato se centra en la parte arquitectural de la comunicación entre las capas de datos y computación y, como tal, el impacto inmediato del proyecto estará asociado a las organizaciones 3GPP, ETSI y ONF. En concreto, el análisis de las últimas *releases* de 3GPP será realizado en comparación directa con la definición arquitectural del ETSI Multi-access Edge Computing (MEC) [8], y su versión adaptada a entornos con limitaciones de computación y batería, constrained MEC (cMEC) [9], dado que las actividades del presente contrato tienen un foco concreto en los entornos IoT. Además, también se examinará la extensión arquitectural 3GPP EDGEAPP [10], incorporada en la *release* 17.

Por otro lado, en relación a la tecnología SDN, la comunidad principal de análisis será la ONF, sus plataformas ONOS [11] y μ ONOS (ésta última orientada a microservicios y, por tanto, a entornos desplegados en el borde o *edge* de la red). Pero también se explorará la plataforma Aether [12], que permite el despliegue de entornos *edge computing* para redes privadas 5G, lo cual encaja con el tipo de red que podría diseñarse para un entorno industrial basado en IA/ML con integración de dispositivos IoT. Esta plataforma de hecho se ha empleado con éxito en entornos reales de pruebas como la infraestructura europea

SLICES-RI [13]. Dado que la responsable técnica es actualmente, y desde 2016, embajadora oficial de la ONF [14], los resultados de este contrato podría ser directamente compartidos con la comunidad ONF.

Finalmente, y también en relación a SDN, se estudiará la plataforma ETSI TeraFlowSDN [15] (tecnología relativamente joven en comparación con otras plataformas SDN), que complementa el ecosistema de ETSI y, por tanto, los resultados del proyecto deberían estar alineados.

4.2 Impacto en la comunidad científica y académica

Los resultados de este proyecto serán públicos y redactados en inglés, para maximizar el impacto en la comunidad científica y académica. Adicionalmente, aparte de la publicación en abierto de los entregables, se preve la publicación de un artículo en formato "survey" en relación al entregable E2, dado que implica un estudio del estado del arte y, dependiendo del avance de los entregables E3, E4 y E5, sería posible publicar un segundo artículo con la solución de reconfiguración prevista, posiblemente en formato "letter" (revista IEEE Communications Letters) o "magazine" (revista IEEE Communications Magazine).

4.3 Impacto en el sector industrial

Finalmente, en relación al sector industrial, en el que se centra el subproyecto G-DATADRIVEN-02 al que está asociado el contrato, la alianza 5G Alliance for Connected Industries and Automation (5G-ACIA) plantea diversos casos de uso en su análisis con las entidades que la conforman, entre los que la aplicación de IA/ML en entornos de *edge computing* es primordial, como son el uso de robots móviles y Vehículos Guiados Automáticamente (del inglés, Automated Guided Vehicle (AGV)), el control en bucle cerrado o la monitorización remota para automatización de procesos [16]. Los resultados del presente contrato podrían facilitar el desarrollo progresivo de dichos casos de uso, incorporando en el análisis y el diseño a realizar algunos de los indicadores, del inglés Key Performance Indicators (KPIs), mencionados por 5G-ACIA.

5 Plan de calidad

5.1 Comunicación entre licitante y licitador

A efectos de ejecución técnica del contrato, la comunicación entre licitante (UC3M) y licitador (UAH), se realizará a través del responsable técnico de UC3M (Carlos J. Bernardos [1]) y de la UAH (Elisa Rojas Sánchez), respectivamente. El medio principal de comunicación será mediante correo electrónico.

Consecuentemente, el proceso de envío de los 5 entregables del proyecto se realizará a través del mismo medio, mediante correo electrónico, desde el responsable técnico UAH hasta el responsable técnico UC3M.

5.2 Formato de los entregables

Los 5 entregables definidos en el contrato serán entregados como documentos en formato PDF, con una extensión preferiblemente no superior a las 50 páginas, e incluyendo control de versiones y fechas de entrega.

Para maximizar el impacto de los resultados en la comunidad científica, y dado que estos se publicarán de manera abierta, el idioma principal de los mismos será el inglés, incluyendo un resumen en castellano, salvo el primer entregable (E1), que se entregará íntegramente en castellano al tratarse de un documento de plan de trabajo (único entregable no público) y no de ejecución técnica del contrato en sí.

5.3 Gestión de la calidad

Es necesario idear un plan claro para ayudar a que todos los avances y resultados de la ejecución del proyecto sean visibles y estén disponibles para la comunidad. Por lo tanto, es necesario planificar cuidadosamente las acciones de comunicación y difusión para maximizar la visibilidad e impacto de los hitos y logros del proyecto. En consecuencia, este proyecto propone el proceso de toma de decisiones representado en la Figura 5.1.

La toma de decisiones relacionada con las estrategias y actividades de comunicación y difusión de resultados debe tener en cuenta tanto el entorno científico como el social. Con este objetivo, la responsable técnica del contrato (ERS) será responsable también de la

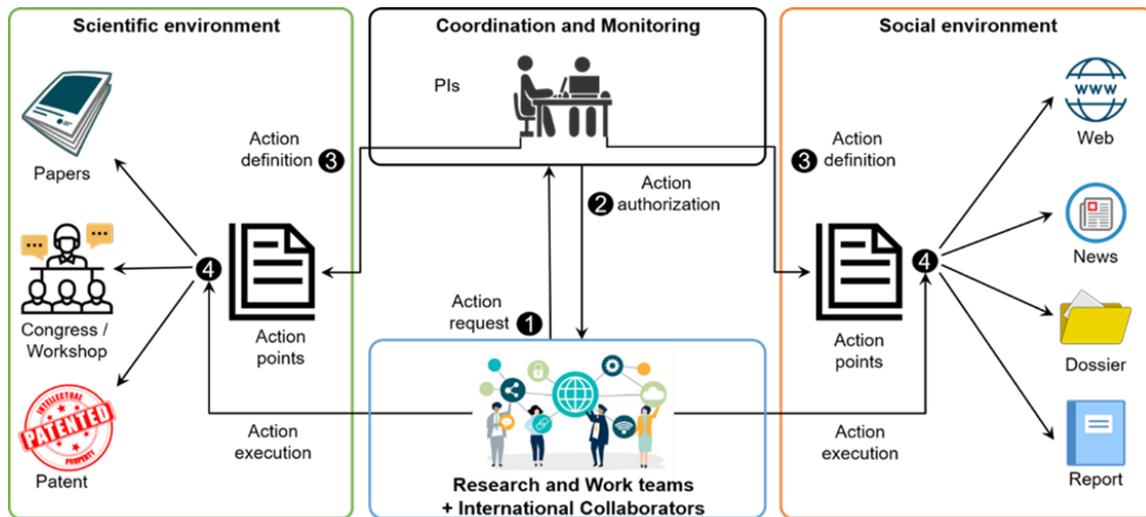


Figura 5.1: Esquema general de gestión de la calidad por el grupo de investigación NetIS

coordinación y supervisión general. Además, cualquier actividad o estrategia de difusión seguirá un procedimiento basado en 4 fases:

- 1. Solicitud de acción:** Si el equipo de investigación considera que se necesita una nueva acción de comunicación o difusión, deben hacer primero una solicitud al responsable técnico de la UAH.
- 2. Autorización de acción:** El responsable técnico estudiará la solicitud y la documentación asociada, así como el estado de los fondos existentes, antes de aceptar, rechazar o modificar la acción solicitada.
- 3. Definición de acción:** No solo se aceptará la acción de difusión, sino que también se evaluará su objetivo (científico o social), así como la acción más adecuada. En este punto se consultará con el responsable técnico de la UC3M. Cualquier acción puede ser temporalmente suspendida hasta que se tomen y aseguren los pasos necesarios hacia la protección de la propiedad intelectual (es decir, una solicitud de patente), en caso de ser aplicable.
- 4. Ejecución de la acción:** Después de la autorización de los responsables técnicos de ambas instituciones, se ejecuta la acción.

A lo largo y después de la ejecución del proyecto, se supervisará el impacto logrado por estas acciones para incorporar la información en el proceso de toma de decisiones propuesto. Para facilitar este procedimiento, y manteniéndolo abierto al público, los resultados del contrato serán publicados en la web del proyecto 6G-DATADRIVEN [1], gestionada

por la UC3M, y promocionados en la cuenta de Twitter/X del grupo NetIS-NETSERV (@netserv_uah).

5.4 Plan de mitigación de riesgos

En la ejecución del contrato, se han valorado los riesgos que se listan a continuación en la Tabla 5.1, así como su probabilidad y las medidas para su mitigación:

Tabla 5.1: Plan de mitigación de riesgos.

Riesgo	Probabilidad / Gravedad	Medidas para mitigar el riesgo
El inicio de la ejecución del contrato se retrasa debido a cuestiones administrativas y de gestión	Alta / Baja	Aunque el grupo NetIS tiene amplia experiencia en proyectos de investigación, este tipo de contrato/licitación no son tan habituales y esto podría retrasar el inicio de la ejecución del proyecto. Este efecto no será grave considerando que las dos primeras actividades (de tres) comienzan en paralelo, para minimizar el efecto acumulativo del retraso.
Aparecen nuevas tecnologías/estándares en conflicto con la arquitectura 6G-DATADRIVEN	Baja / Media	El proyecto 6G-DATADRIVEN está coordinado por un equipo con amplia experiencia en el ámbito y alineado con las entidades de estandarización, por lo que la posibilidad de desincronización con otras entidades de investigación y/o industria es baja, pero se mantendrá una monitorización constante y se actualizará la actividad A3 en consecuencia de ser necesario.
Personal clave de-ja de trabajar en el equipo NetIS de la Universidad de Alcalá	Baja / Baja	El equipo de trabajo tiene un alto compromiso con la institución a largo plazo. En caso de que sucediera, el equipo investigador aumentaría temporalmente su carga de trabajo hasta un 90% por el tiempo que fuera necesario para mitigarlo, incluyendo la posibilidad de contratar a personal adicional.
El desarrollo de las soluciones propuestas se alarga en tiempo o no aporta los resultados y/o rendimientos esperados	Media / Media	Gracias a la metodología seguida, con comunicación constante con los coordinadores y entregables progresivos, es posible modificar el diseño o paralelizarlo (dividiendo por temáticas SDN, AI e IoT). En cuanto al rendimiento, si bien es cierto que las soluciones se pretenden enfocar a la explotación directa, la realización del contrato se centrará principalmente en cuestiones de diseño con aproximaciones novedosas y disruptoras, por lo que no debería ser grave, si bien no debería obviarse tampoco.

Como se puede apreciar, el primero de los riesgos ya se ha cumplido, al haber sufrido un retraso la producción del presente entregable. Esto se debe principalmente a que la fecha de firma del contrato fue muy próxima al periodo estival y, posteriormente, coincidente con el comienzo del curso académico. Sin embargo, no se prevé que afecte al resto de entregables al no ser dependientes del primero.

Bibliografía

- [1] UC3M, “6G-DATADRIVEN: Redes de próxima generación (B5G y 6G) impulsadas por datos para la fabricación sostenible y la respuesta a emergencias,” <https://unica6g.it.uc3m.es/6g-datadriven/>.
- [2] B. Lantz, B. Heller, and N. McKeown, “A Network in a Laptop: Rapid Prototyping for Software-Defined Networks,” in *Proceedings of the 9th ACM SIGCOMM Workshop on Hot Topics in Networks*, ser. Hotnets-IX. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2010. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1145/1868447.1868466>
- [3] A. Velinov and A. Mileva, “Running and testing applications for Contiki OS using Cooja simulator,” 2016.
- [4] G. F. Riley and T. R. Henderson, “The ns-3 network simulator,” in *Modeling and tools for network simulation*. Springer, 2010, pp. 15–34.
- [5] A. Varga, “OMNeT++,” in *Modeling and tools for network simulation*. Springer, 2010, pp. 35–59.
- [6] P. Bosshart, D. Daly, G. Gibb, M. Izzard, N. McKeown, J. Rexford, C. Schlesinger, D. Talayco, A. Vahdat, G. Varghese *et al.*, “P4: Programming protocol-independent packet processors,” *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, vol. 44, no. 3, pp. 87–95, 2014.
- [7] T. Høiland-Jørgensen, J. D. Brouer, D. Borkmann, J. Fastabend, T. Herbert, D. Ahern, and D. Miller, “The eXpress Data Path: Fast Programmable Packet Processing in the Operating System Kernel,” in *Proceedings of the 14th International Conference on Emerging Networking EXperiments and Technologies*, ser. CoNEXT ’18. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2018, p. 54–66. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1145/3281411.3281443>
- [8] ETSI, “Multi-access Edge Computing (MEC),” <https://www.etsi.org/technologies/multi-access-edge-computing>.

- [9] E. Rojas, C. Guimaraes, A. d. l. Oliva, C. J. Bernardos, and R. Gazda, “Beyond Multi-access Edge Computing: Essentials to realize a Mobile, Constrained Edge,” *IEEE Communications Magazine*, pp. 1–7, 2023.
- [10] 3GPP, “EDGEAPP: Roaming, Federation and Edge Node Sharing,” <https://www.3gpp.org/technologies/edge-app>, 2023.
- [11] P. Berde, M. Gerola, J. Hart, Y. Higuchi, M. Kobayashi, T. Koide, B. Lantz, B. O’Connor, P. Radoslavov, W. Snow, and G. Parulkar, “ONOS: Towards an Open, Distributed SDN OS,” in *Proceedings of the Third Workshop on Hot Topics in Software Defined Networking*, ser. HotSDN ’14. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2014, p. 1–6. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1145/2620728.2620744>
- [12] ONF, “Aether,” <https://opennetworking.org/aether/>.
- [13] SLICES-RI, “Scientific LargeScale Infrastructure for Computing/Communication Experimental Studies,” <https://www.slices-ri.eu/>.
- [14] ONF, “ONF Ambassador Program - Elisa Rojas,” <https://opennetworking.org/ambassadors/elisa-rojas/>.
- [15] ETSI, “Open Source Group for TeraFlowSDN,” <https://tfs.etsi.org/>.
- [16] 5G-ACIA, “Key 5G Use Cases and Requirements,” *5G-ACIA White Paper*, 2023.

Lista de Acrónimos y Abreviaturas

3GPP 3rd Generation Partnership Project.

5G-ACIA 5G Alliance for Connected Industries and Automation.

AGV Automated Guided Vehicle.

cMEC constrained MEC.

ETSI European Telecommunications Standards Institute.

IA Inteligencia Artificial.

IoT Internet of Things.

KPI Key Performance Indicator.

MEC Multi-access Edge Computing.

ML Machine Learning.

NetIS Networks and Intelligent Systems.

NFV Network Function Virtualization.

ONF Open Networking Foundation.

ONOS Open Network Operating System.

P4 Programming Protocol-Independent Packet Processors.

SDN Software-Defined Networking.

UAH Universidad de Alcalá.

UC3M Universidad Carlos III de Madrid.

XDP eXpress Data Path.