

PROCEEDINGS OF THE V WORKSHOP ON DISRUPTIVE INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES FOR INNOVATION AND DIGITAL TRANSFORMATION

*Ramón J. Durán, Ignacio de Miguel
& Javier Parra-Dominguez (Eds.)*



Salamanca
University Press



Proceedings of the V Workshop
on Disruptive Information and
Communication Technologies for
Innovation and Digital Transformation
12th September 2022 Hybrid Proceedings



Universidad de Valladolid

Conference Committees

GENERAL CHAIR

Beatriz Casado Sáez (ICE, España)

LOCAL COMMITTEE

Henar López (ICE, España)
Ignacio de Miguel (UVA, España)
Ramón J. Durán (UVA, España)
Victoria Molpeceres (ICE, España)

INTERNATIONAL COMMITTEE

Anibal Reñones (CARTIF, España)
Carla Geraldes (IPB, Portugal)
Carlos Ramos (ISEP, Portugal)
Goreti Marreiros (ISEP, Portugal)
Javier Parra (USAL, España)
Javier Prieto (USAL, España)
Juan Manuel Corchado (USAL, España)
Luis Conceição (ISEP, Portugal)
Marta Galende (CARTIF, España)
María João Samúdio (PRODUTECH, Portugal)
Paulo Leitão (IBP, Portugal)
Tiago Pedrosa (IBP, Portugal)
Pedro Rocha (PRODUTECH, Portugal)

RAMÓN J. DURÁN, IGNACIO DE MIGUEL & JAVIER PARRA-DOMINGUEZ
(EDS.)

Proceedings of the V Workshop
on Disruptive Information and
Communication Technologies for
Innovation and Digital Transformation

*Actas del V Taller sobre Tecnologías
de la Información y la Comunicación
Disruptivas para la Innovación y
la Transformación Digital*



Salamanca
University Press

AQUILAFUENTE, 337

©

Ediciones Universidad de Salamanca
y los autores

1ª edición: enero, 2022

ISBN: 978-84-1311-741-6 (PDF)

978-84-1311-742-3 (ePub)

978-84-1311-743-0 (POD)

DOI: <http://dx.doi.org/0AQ0337>

Ediciones Universidad de Salamanca
Plaza San Benito s/n
E-37002 Salamanca (España)

<http://www.eusal.es>

eusal@usal.es

Maquetación:

Intergraf

intergraf@intergraf.es

Realizado en España-Made in Spain



Usted es libre de: Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

Ediciones Universidad de Salamanca no revocará mientras cumpla con los términos:

- ⓘ Reconocimiento — Debe reconocer adecuadamente la autoría, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de una manera que sugiera que tiene el apoyo del licenciodor o lo recibe por el uso que hace.
- Ⓒ NoComercial — No puede utilizar el material para una finalidad comercial.
- Ⓓ SinObraDerivada — Si remezcla, transforma o crea a partir del material, no puede difundir el material modificado.

Ediciones Universidad de Salamanca es miembro de la UNE

Unión de Editoriales Universitarias Españolas

www.une.es

Las imágenes han sido licenciadas para el uso en esta edición.



Catalogación de editor en ONIX accesible en <https://www.dilve.es/>

INDEX / ÍNDICE

Preface	
Ramón J. DURÁN, Ignacio DE MIGUEL y Javier PARRA-DOMINGUEZ	10
Prefacio	
Ramón J. DURÁN, Ignacio DE MIGUEL y Javier PARRA-DOMINGUEZ	12
A Learning Module to Design Printed Circuit Boards for IoT-based Devices <i>Módulo de aprendizaje para diseñar placas de circuito impreso para dispositivos basados en el IoT</i>	
Fábio AMARAL, Eberton MATIA, Alexandre OLIVEIRA JÚNIOR, Matheus ZORAWSKI, Jonas QUEIROZ y Paulo LEITÃO	13
A Theoretical Approach to Digital Utility Technologies in Border and Peripheral Territories <i>Aproximación teórica a las tecnologías digitales de servicios públicos en territorios fronterizos y periféricos</i>	
Javier PARRA-DOMÍNGUEZ, Andrea GIL-EGIDO, Camilo ANZOLA- ROJAS, Rubén M. LORENZO, Pablo CHAMOSO y Juan Manuel CORCHADO.	31
<i>AI4Manufacturing Toolkit</i> : la colección de tecnologías, herramientas y plataformas de inteligencia artificial del proyecto AI REGIO para la industria manufacturera <i>AI4Manufacturing Toolkit: the AI REGIOp Project's Collection of Artificial Intelligence</i>	
Marta GALENDE y Aníbal RENONES	43

Comparativa de estrategias de despliegue de redes MEC en Castilla y León <i>Comparison of MEC Network Deployment Strategies in Castilla y León</i> Camilo ANZOLA-ROJAS, Ramón J. DURÁN BARROSO, Ignacio DE MIGUEL, Javier PARRA-DOMÍNGUEZ, Andrea GIL-EGIDO, Noemí MERAYO, Juan Carlos AGUADO, Patricia FERNÁNDEZ y Evaristo J. ABRIL.....	53
Visualización inteligente para maquinas-herramienta: soporte a la toma de decisiones <i>Smart Visualization for Machine-tools: Support for Decision-Making</i> Laura SANZ, Marta GALENDE, Anibal REÑONES y Antonio CORRAL.....	69
Towards a massive data-task economy and its relationship with the information economy and society in frontier and peripheral territories <i>Rumbo a una economía de datos masivos y su relación con la economía y la sociedad de la información en los territorios fronterizos y periféricos</i> Javier PARRA-DOMÍNGUEZ, Andrea GIL-EGIDO, Jonas QUEIROZ, Paulo LEITÃO y Fernando DE LA PRIETA	83

PREFACE

The workshop on Disruptive Information and Communication Technologies for Innovation and Digital transformation, organized under the scope of the DISRUPTIVE project (disruptive.usal.es) and held on September 12, 2022 in Valladolid, aims to discuss problems, challenges and benefits of using disruptive digital technologies, namely Internet of Things, Big data, cloud computing, multi-agent systems, machine learning, virtual and augmented reality, and collaborative robotics, to support the on-going digital transformation in society.

The main topics included:


- Intelligent Manufacturing Systems
- Industry 4.0 and digital transformation
- Internet of Things
- Cyber-security
- Collaborative and intelligent robotics
- Multi-Agent Systems
- Industrial Cyber-Physical Systems
- Virtualization and digital twins
- Predictive maintenance
- Virtual and augmented reality
- Big Data and advanced data analytics
- Edge and cloud computing
- Digital Transformation


The workshop program included 6 accepted technical papers, 2 invited talks and a networking session. This volume contains 6 of the papers presented

at the Workshop on Disruptive Information and Communication Technologies for Innovation and Digital Transformation.

This workshop was organized by ICE (Institute for Business Competitiveness of Castilla y León), UVa (University of Valladolid) and mainly supported by the European Regional Development Fund (ERDF) through the Interreg Spain-Portugal V-A Program (POCTEP) under grant 0677_DISRUPTIVE_2_E (Intensifying the activity of Digital Innovation Hubs within the PocTep region to boost the development of disruptive and last generation ICTs through cross-border cooperation).

September 12, 2022
Valladolid, Spain

Ramón J. Durán (Universidad de Valladolid, Spain)
<https://orcid.org/0000-0003-1423-1646> 

Ignacio De Miguel (Universidad de Valladolid, Spain)
<https://orcid.org/0000-0002-1084-1159> 

Javier Parra-Dominguez (Universidad de Salamanca, Spain)
<https://orcid.org/0000-0002-1088-9152> 

PREFACIO

El taller sobre Tecnologías Disruptivas de la Información y la Comunicación para la Innovación y la Transformación Digital, organizado en el ámbito del proyecto DISRUPTIVE (disruptive.usal.es) y celebrado el 12 de septiembre de 2022 en Valladolid, tiene como objetivo debatir sobre los problemas, retos y beneficios del uso de tecnologías digitales disruptivas, a saber, Internet de las Cosas, Big data, computación en la nube, sistemas multiagente, aprendizaje automático, realidad virtual y aumentada y robótica colaborativa, para apoyar la transformación digital en curso en la sociedad.

Los temas principales fueron:


- Sistemas inteligentes de fabricación
- Industria 4.0 y transformación digital
- Internet de los objetos
- Ciberseguridad
- Robótica colaborativa e inteligente
- Sistemas multiagente
- Sistemas ciberfísicos industriales
- Virtualización y gemelos digitales
- Mantenimiento predictivo
- Realidad virtual y aumentada
- Big Data y análisis avanzado de datos
- Edge y computación en nube
- Transformación digital


El programa del taller incluyó 6 papers técnicos aceptados, 2 charlas de invitados y una sesión de networking. Este volumen contiene 6 de las ponencias


presentadas en el taller sobre Tecnologías Disruptivas de la Información y la Comunicación para la Innovación y la Transformación Digital.

Este taller fue organizado por ICE (Instituto para la Competitividad Empresarial de Castilla y León), UVa (Universidad de Valladolid) y apoyado principalmente por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) a través del Programa Interreg España-Portugal V-A (POCTEP) bajo la subvención 0677_DISRUPTIVE_2_E (Dinamización de los Digital Innovation Hubs dentro de la región PocTep para el impulso de las TIC disruptivas y de última generación a través de la cooperación en la región transfronteriza).

12 de septiembre de 2022
Valladolid, España

Ramón J. Durán (Universidad de Valladolid, Spain)
<https://orcid.org/0000-0003-1423-1646> 

Ignacio De Miguel (Universidad de Valladolid, Spain)
<https://orcid.org/0000-0002-1084-1159> 

Javier Parra-Dominguez (Universidad de Salamanca, Spain)
<https://orcid.org/0000-0002-1088-9152> 

A LEARNING MODULE TO DESIGN PRINTED CIRCUIT BOARDS FOR IOT-BASED DEVICES

MÓDULO DE APRENDIZAJE PARA DISEÑAR PLACAS DE CIRCUITO IMPRESO PARA DISPOSITIVOS BASADOS EN EL IOT

Fábio AMARAL , Eberton MATIA , Alexandre OLIVEIRA JÚNIOR ,
Matheus ZORAWSKI , Jonas QUEIROZ ¹  and Paulo LEITÃO 

*Research Centre in Digitalization and Intelligent Robotics (CeDRI), Instituto
Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal
{alexandrejunior, matheuszorawski, jpqueiroz, pleitao}@ipb.pt*

ABSTRACT: Printed circuit boards (PCBs) are essential for developing Internet of Things (IoT) devices. The proper design of these boards is vital to ensure that they comply with industrial standards. Despite the high demand for qualified professionals to develop this kind of PCBs, there is still a considerable gap between the skills taught to students during their academic journeys and the industry's needs. In general, many skills in design rules and technical aspects necessary to assure the proper development and performance of such devices are acquired by engineers based on experience in practical projects. Having this in mind, this paper presents a learning module that focuses on practical aspects and concerns regarding the design rules of PCBs. In this module, students follow a hands-on activity to design an IoT-based device PCB, employing a microcontroller to read one accelerometer data and communicate via Bluetooth. During the project development, the instructors discuss and share practical experience in various electrical aspects of the PCB components layout that can affect the circuit's performance. The attendees' positive feedback and performance during the practical activities demonstrate the effectiveness of the learning module.

KEYWORDS: smart devices design; IoT devices; printed circuit board; education 4.0.

RESUMEN: Las placas de circuito impreso (PCB) son esenciales para el desarrollo de dispositivos del Internet de las Cosas (IoT). El diseño adecuado de estas placas es vital para garantizar que cumplen con las normas industriales. A pesar de la gran demanda de profesionales cualificados para desarrollar este tipo de PCB, sigue existiendo una brecha considerable entre los conocimientos que se enseñan a los estudiantes durante su trayectoria académica y las necesidades de la industria. En general, muchos de los conocimientos sobre las normas de diseño y los aspectos técnicos necesarios para garantizar el correcto desarrollo y rendimiento de este tipo de dispositivos son adquiridos por los ingenieros a partir de la experiencia en proyectos prácticos. Teniendo esto en cuenta, este trabajo presenta un módulo de aprendizaje que se centra en los aspectos prácticos y en las preocupaciones relativas a las reglas de diseño de las placas de circuito impreso. En este módulo, los estudiantes siguen una actividad práctica para diseñar una PCB de un dispositivo basado en el IoT, empleando un microcontrolador para leer los datos de un acelerómetro y comunicarse vía Bluetooth. Durante el desarrollo del proyecto, los instructores discuten y comparten la experiencia práctica en varios aspectos eléctricos de la disposición de los componentes del PCB que pueden afectar al rendimiento del circuito. Los comentarios positivos de los asistentes y su rendimiento durante las actividades prácticas demuestran la eficacia del módulo de aprendizaje.

PALABRAS CLAVE: dispositivos electrónicos inteligentes; dispositivos IoT; circuito impreso; educación 4.0.

1 Introduction

Smart devices based on Internet of Things (IoT) technologies are found in a broad spectrum of applications, such as product supply chain management in industry, pest and disease monitoring in agriculture, energy consumption and transmission management in smart grids, wearable devices for healthcare, among others. However, despite the countless benefits to these fields, the wide diffusion of IoT devices also brings challenges that encompass energy efficiency, cybersecurity, interoperability between systems, and hardware design [1].

Regarding the challenges in hardware design, several development platforms mainly based on microcontrollers or embedded systems with wireless

communication capabilities (e.g., development boards like Arduino, ESP32, Raspberry Pi, Adafruit, etc.) are being employed as enabling tools in the prototyping process of IoT devices, given its versatility, peripheral integration structure, among others features [2]. These platforms also act as essential educational tools for the practical development of applications by students, who take advantage of these tools' computational and hardware capabilities to prototype their solutions, that may integrate different sensors, actuators, and other peripherals [3].

Notwithstanding the advantages of development platforms, most IoT applications rely on the employment of multiple modules for data collection and transmission [4]. In many cases, it is more economically viable to design devices embedded with lower-cost off-the-shelf and IoT-enabled microcontrollers. In this context, printed circuit boards (PCBs) represent robust hardware solutions for device prototyping and manufacturing, providing the necessary electrical and mechanical connections for the device's circuitry electronic components [5].

Although PCB design is deeply related to fundamental concepts of electronic engineering, its studies are not adequately covered in the universities' curricula [6], which usually focus only on calculations for component dimensioning and forget to present some basic and more practical concepts of board design and industry standards. These aspects increase the lack of qualified professionals in a growing market that, according to reports, only North America will lose 55 % of its active professionals in the next ten years due to retirement [7]. A study published in November 2021 assessed the skills required for 400 open job positions at large technology companies such as Tesla, Lenovo, Intel, ABB, and others. About 52 of this job openings required PCB design skills [8].

There is still a significant shortage in literature for teaching and training strategies for PCB design, with few related papers. In [9], a learning module is implemented for the design of two PCBs (a continuity tester and a 4-bit DAC circuit), where the concepts worked in the approach are adapted for electrical engineering students and also for non-engineering students. Meanwhile in [10], a course is presented to students of electronics-related fields to introduce the main concepts of PCB production and design with the ECAD and MCAD tools.

Given the urgency for teaching and training strategies that meet the growing demand for highly skilled professionals, this paper presents the

implementation of a learning module that addresses PCB design. In this module, essential concepts related to designing rules, electromagnetism effects on PCBs, and the best practices to mitigate these problems are presented to the attendees with the help of instructors with extensive practical experience in the field. Thus, this learning module aims to cover industrial practices that are not commonly covered by regular courses. The aspects discussed during the course are illustrated through a hands-on design project of an IoT-based device for vibration monitoring. The KiCad open-source computer-aided design (CAD) tool is used to develop the PCB project. The attendees' feedback indicates the module's effectiveness as a learning tool, supported by a strong foundation of practical concepts relevant to professional qualification.

The remaining of this paper is organized as follows. Section 2 presents the structure of the course modules and the learning goals, while Section 3 describes the implementation of the course. Section 4 discusses the main results and participant feedback, and Section 5 presents the conclusions and future work.

2 Course Modules and Learning Goals

The course was directed at students, professionals, and those interested in electronics. Since it covered some advanced topics in PCB design techniques, the learning action had as pre-requisites theoretical knowledge in electronic systems and components, practical experience in designing simple circuits, and CAD tool usage skills. The learning goals were to allow participants to understand better some of the potential problems that can be faced during the PCB development process and the best practices to be adopted. Choosing and purchasing suitable components, datasheets interpretation, PCB design, soldering principles, and electromagnetic effects on circuit boards were some of the covered topics. Fig. 1 illustrates the organization of the course that was divided into four modules.

2.1 Module 1 Introduction to PCB Design

The first module aims to provide an overview of aspects related to PCB design. An economic contextualization is done, approaching topics such as the

silicon crisis that has been impacting the chip production and all the electronic devices production chain, and the difficulties found mainly by small and medium companies to purchase small quantities of components. It also discusses ways of searching for electronic components in the market, evaluating their availability, and considering the use of short lead-time components for orders to meet production demands. This last point is of utmost importance since replacing components after the project's end can cause the PCB's redesign, delaying the device manufacturing process.

The standards of PCB design are also discussed according to the IPC (ipc.org), which contains many recommendations and specifications of standardization that can be applied for developing electronic circuits. The KiCad tool is also introduced, discussing its main features, benefits, and the steps to design a PCB.

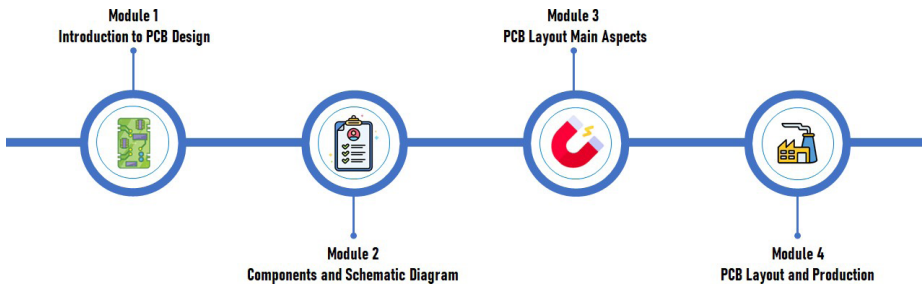


Fig. 1. Overview of the PCB course learning modules.

At the end of this module, the project to be developed throughout the course is introduced. It comprises the design of an IoT-based device PCB, its main components, and a basic model of the project's objective. Fig. 2 illustrates an overview of the PCB layout and the 3D model of the project developed in this learning module. Based on this project, their main components are searched to analyze their availability in the market, showing how to reduce the risks related to long lead-times and mitigate the need to re-designing the project. It also illustrates how to obtain and import the necessary files of each PCB component (libraries with component symbols and 3D model) to the KiCad platform.

The learning objectives of this module include: 1) be aware of the impacts of the silicon crisis on the purchase of electronic components; 2) understand the procedures and know some websites to search and evaluate the availability of

electronic components that can be purchased in small or medium quantities; 3) know the existing framework and tools for the design of PCB and their features.

2.2 Module 2 Components and Schematic Diagram

This module starts with an overview of some IPC standards for PCB design to illustrate what a standard defines and how to interpret and use them, e.g., in the design of a PCB. Following this, the project to be developed throughout the learning module is discussed in more detail. Based on that, the aspects related to each one of the components are discussed and their proper organization in the circuit. The components were divided in sub-groups that can provide a better understanding of the whole circuit.

After this discussion, the KiCad platform is used to start the creation of the schematic sheet of the circuit. In this part, several best practices are discussed while the instructors exemplify the creation of the schematic diagram, as well as some features and configurations of the KiCad tool. It is also explained how to interpret the datasheet of the components, regarding their features, application recommendations and examples, and recommended soldering profiles. Since the instructors only create some parts of the schematic diagram to illustrate and exemplify some best practices during this phase, the creation of a different schematic, chosen by the participant, is set as a home exercise, in order to stimulate the practice of the aspects learned.

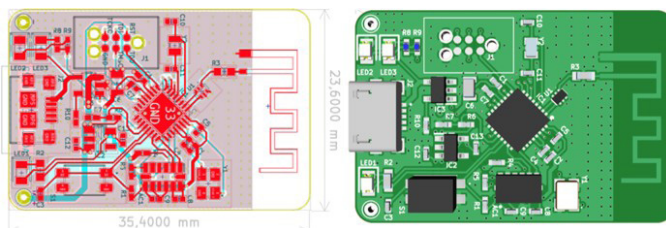


Fig. 2: IoT device project PCB layout and 3D Model.

The learning objectives of this module include: 1) learn how to organize the components of a circuit in functional groups; 2) understand and apply the design standards and best practices in the schematic design; 3) interpret the

datasheets to understand the component's features and applications; 4) create parts of the schematic diagram on their own to practice their knowledge.

2.3 Module 3 PCB Layout Main Aspects

The third module of the course comprises the development of the PCB layout, i.e., the physical placement of components and routing of traces. At this point, several good practices were addressed regarding the mitigation of electromagnetic interference on the PCB that certain types of components can cause (e.g., radio frequency antennas), communication traces, and according to the frequency of the components and their position. In this context, some conceptual aspects of PCBs are initially discussed regarding their layers, dielectric material, and the behavior of the electric current in the traces. Followed by the most common causes of the electromagnetic interference (EMI) phenomenon (e.g., rip current and crosstalk) and the strategies commonly used to mitigate them (e.g., the use of decoupling capacitors).

The main features and tools of the KiCad platform and how to use them for PCB layout development were discussed. This includes how to import the components from the schematic diagram, as well as how to set some parameters (e.g., the minimum trace width and spacing, drill or roller size, the distance between components, and other design rules), which should be compliant with the constraints of the company chosen for PCB manufacturing. In this context, some PCB manufacturers are presented, discussing how to evaluate their manufacturing process capabilities.

Since this module covers only the initial PCB layout development, the complete layout is left as an exercise for the attendees so that the most appropriate placement of the components on the board could be accomplished in the last module of the course, when the instructors present their project and explain some other important PCB layout aspects and concerns.

In this context, as the learning objectives of this module, the participants must: 1) understand the electromagnetism behavior in PCBs; 2) know the concerns and best practices to avoid or mitigate the EMI in the design of PCB (regarding the placement of components and trace routing); 3) use the KiCad tool to develop the PCB layout and configure the tool to meet the constraints of the PCB manufacturer.

2.4 Module 4 PCB Layout and Production

The fourth module continues the development of the PCB layout, discussing the best practices regarding the placement of the components and traces routing in order to mitigate the EMI effects. In this part, a special attention is given to the RF antenna used in the project that requires some special attention to avoid that the noise produced by other components affect it, and vice-versa. Besides that, considering the different layers of the PCB, it is also discussed the importance of the ground planes and their interconnection, specially to reduce the EMI (such as ripple current and crosstalk), but also the heat dissipation properties (e.g., during the components soldering phases).

After completing the PCB layout, it is presented how to use the KiCad tools to create the 3D model of the PCB, based on the component libraries. It is also discussed how to create the production files, including those that should be used to send to a PCB manufacturer or as the input of a PCB CNC machine. Additionally, it is discussed the BOM (Bill of Materials) file that is also important in order to prepare the purchase order, or even send to the PCB manufacturer, if it provides this kind of service (besides printing the PCB it also buys and solders the components).

Since in small projects, it is common to buy the PCB and the components separately, this learning module discusses several aspects regarding the soldering process of the PCB. These aspects include some theoretical concepts, that are important to understand the electromechanical connection between the PCB and the terminals of the components, and also illustrates the importance of following the manufacturer recommendations for soldering, such as component's soldering profile (in order to avoid a bad electromechanical connection that can cause issues), and cold solder joint (that can cause and accelerate the degradation of the PCB). Additionally, it is presented some of the soldering techniques and materials (tin, solder flux) and their applications, as well as some best practices and issues in the manual soldering.

As the learning objectives of this module, the participants must: 1) understand the best practices for components placement and trace routing that can mitigate EMI; 2) use and configure the KiCad tools to generate the PCB production files; 3) understand the soldering concepts, techniques and related issues.

3 PCB Course Implementation

The course is presented in the form of a project that aims to design an IoT device for monitoring movements based on an accelerometer to acquire data, and send it over a Bluetooth BLE interface. It is important to note that the goal of this project is to illustrate a practical implementation of a PCB of an IoT-based device. In this sense, rather than concern about achieve high-performance and compact dimensions and space-saving design solution, as in commercial sector devices, the focus is on a prototype solution with a level of complexity that can be used to illustrate some important aspects that must be considered for the design of a PCB. For instance, the use of digital communication between components and an RF antenna pose some common concerns in the development of such kind of devices, regarding EMI.

Based on that, this course covered aspects of all the phases of a PCB project design, from project idea, components evaluation, creation of schematic diagrams and PCB layout, to the PCB production (generating the production files, selecting and evaluating the PCB manufacturers, and the aspects for soldering the components).

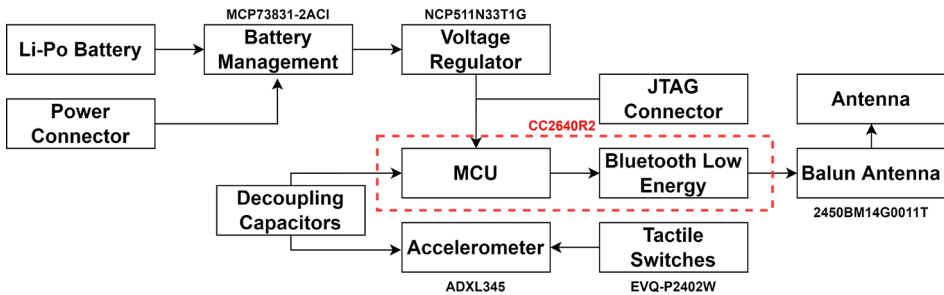


Fig. 3. Block diagram of the PCB project components.

3.1 IoT-based Device Project

The idea of an IoT-based device project is based on a Texas Instrument example project of a Bluetooth-enabled skin temperature measurement device, that use the Texas CC2640R2F wireless MCU microcontroller (ti.com/tool/TIDA01624). Instead of a temperature sensor, this project considers an

accelerometer and some other changes, e.g., some components to manage the battery charge. Fig. 3 presents the project block diagram where the components are grouped according with their functions. The Bluetooth controller is integrated with the MCU, while the antenna is represented by another component that also requires a Balun antenna in order to balance its impedance. Another component is the JTAG connector used to provide a serial communication interface and program the microcontroller (update the firmware). The power supply circuit comprises several components, including a battery and its respective controller (to manage its charging/discharging), and a voltage regulator to provide 3.3V to the MCU. The accelerometer, the decoupling capacitors and a button are represented by other blocks.

Based on the project idea, the first step comprises a search and evaluation of the components that could be used, in terms of their features, requirements and availability in the market and delivery times, which is essential for the production of the project (for short and long term). In this context, besides illustrating how to find and interpret the technical information in the manufacturers datasheet, the instructors briefly discuss the impact of the silicon crisis in the production of chips, pointing out some concerns that the engineers should have in mind for selecting the electronic components for a project. They also provide some examples of search engines, suppliers and manufacturers that provide these kind of information. The application notes, usually present in the datasheet of some components, are also discussed, highlighting their importance as practical examples of usage of a given component in a circuit.

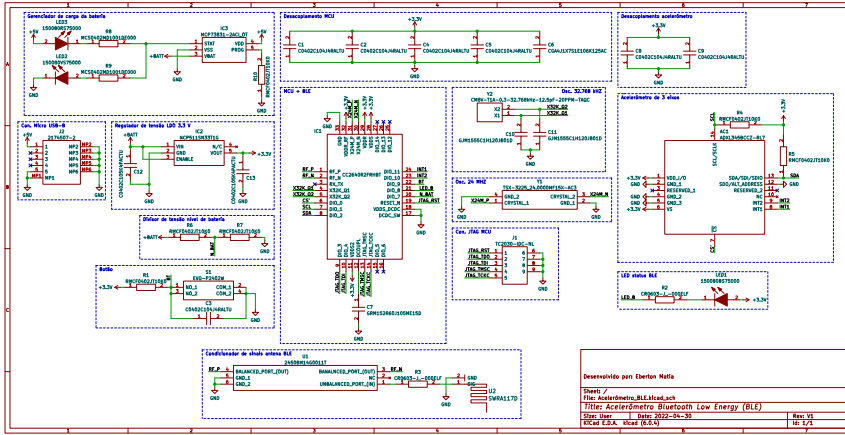


Fig. 4. Schematic of the IoT-based device project.

3.2 PCB Schematic and Layout Design

Along the course, the development of the project was supported by the KiCad framework . It provides tools for schematic design, PCB layout and 3D viewer, but also has several add-ons that can support the design of PCBs. The KiCad enables to configure several specification of the PCB project, in order to create production files that are compliant with the capabilities of the companies that will produce the PCBs.

Since the focus of the course was not in the KiCad usage, only its basic tools and features were presented, including how to find and load commercial components libraries (that includes schematic symbol, PCB footprint, 3D model, etc.). Note that, although the KiCad provide standard components that can be used to design a project, it is recommended to find and use the libraries of the components that will be used and are provided by the manufacturers.

After define the components that will be used in the project and include their libraries in the KiCad, the next step is the creation of the schematic diagram, defining the links between the terminals of the components. This task requires electronic engineer knowledge in digital/analog circuits, and can be assisted by the technical specification and the application examples that can be found in the datasheet of the components. Fig. 4 presents the complete

schematic diagram of the project where the components are grouped in some functional blocks as illustrated in Fig. 3.

The PCB is designed using the layout and routing tools of KiCad. In this part the instructors illustrate and explain several concerns and best practices for the PCB layout, especially considering strategies to avoid or mitigate EMI caused by rip current and crosstalk.

Initially, some general aspects regarding the placement of components were discussed. For instance, usually the PCB must attend the requirements of the device frame and/or ergonomic aspects, connectors should be in the borders, while antennas and oscillators crystals must be put isolated or far from the rest of the circuit, especially to avoid interference. Another practice is to position components in diagonal in order to facilitate the distribution of the traces when there is dimension constraints.

More advanced aspects were also discussed, such as the rip current and crosstalk that are mainly caused by the behavior of the electric current in the traces. After briefly explain the behavior and the electromagnetic characteristics of the electric current and their effects in the circuit, the layout of the PCB of the project was used as an example to illustrate and explain the most suitable places to put each component, as well as those that should be avoided.

Such aspects and the related best practices were further discussed during the routing process, since the position and path of the traces are the main causes of these phenomena. In this context, it was explained why it is not recommended to use the auto-routing tools to perform the routing for the whole system, since such tools usually do not consider all these factors. In order to avoid or mitigate these phenomena it is required to assure that the traces has an appropriate return path. This implies the proper use of ground planes, as well as decoupling capacitors. However, in commercial projects, that must attend size constraints, it is not always possible to completely avoid the routing issues, being necessary to adopt some strategies to reduce their impact in the circuit.

Fig. 2 illustrates the project complete PCB layout. After this phase, the production files can be generated using the tools provided by the KiCad. It also enables to set some configurations that may be necessary to make the project compliant with the PCB manufacturer production capabilities.

3.3 Soldering Techniques

Once the PCB design has been completed and the production files created, a discussion regarding some manufacturers that provide services to produce PCBs and some soldering concepts were presented. In this context, the instructors discuss the characterization of soldering, intermetallic formation, tin alloy types, soldering flux types, and industrial soldering examples.

An important step in the electronic soldering process is the formation of the intermetallic, which is the electromechanical connection that allows the conduction of electric current between the terminals of electronic components and the PCB tracks. The intermetallic is created as the result of the union of the different metals during the soldering process. For instance, the used tin alloy, the copper tracks, and the component terminal material.

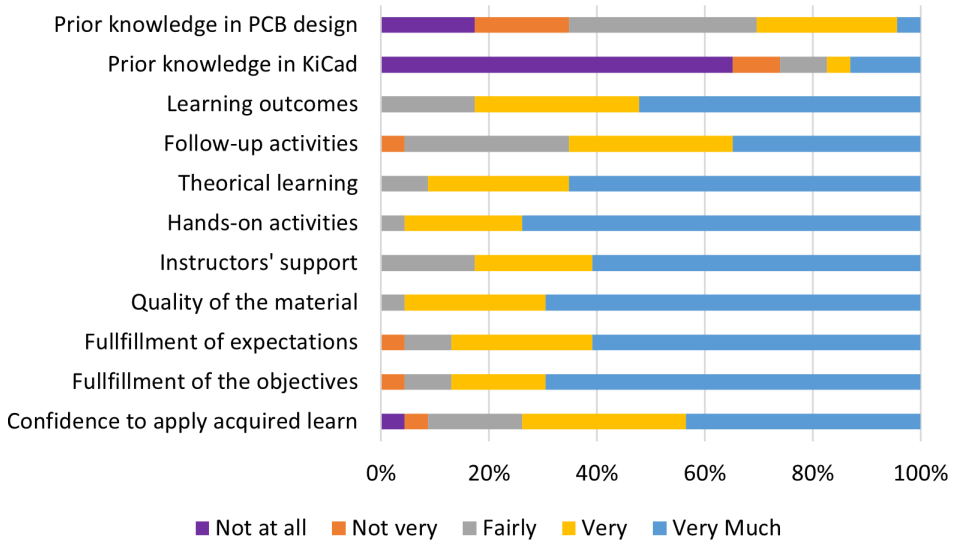


Fig. 5. Assessments of the participants' feedback.

Tin alloys for application in electronics are divided into two groups, lead alloys, and lead-free alloys, each one with specific features and applications. For instance, it is important to note that the lead-free alloy, preferred in the industry (Sn96.5 % Ag3 % Cu0.5 %), has a melting temperature of 217 °C,

which is very close to the operating limit temperature of some electronic components. Equipment used in the lead-free welding process must be certified for this function, as there is little margin for error. This highlights the importance to evaluate the soldering profiles of the components that can also be used to define their soldering order and the methods used.

Tin alloys can be found in different forms according to their application, such as wire (with or without solder flux, used for manual soldering), ingots (used in soldering pots and wave soldering process), paste (used in SMT assembly lines), and balls (used in components with BGA encapsulation). The tin can be used with solder fluxes, which are acidic compounds that serve to clean the surface to be soldered, as well as protect it from oxidation during the soldering process. There are different types of fluxes, such as paste, gel, liquid and resinous liquids. The No-Clean flux has encapsulating agents, so it does not need to be removed at the end of the process. For other types of fluxes, cleaning with isopropyl alcohol is recommended, to avoid PCB corrosion and electrolysis damage over time.

4 Discussion and Participants Feedback

The learning module took place in May 2022, with a total duration of 8 hours, divided into four 2-hour online sessions. The dissemination of the course was done through e-mails and social medias of the DISRUPTIVE project partners, totaling 23 participants from four different higher educational institutions of Portugal, Brazil, and Spain. Fig. 5 presents a summary of the participants feedback survey. A Likert scale is used to indicate the level of agreement on different questions that evaluate the methodology and learning objectives of the module.

About 34.8 % and 73.9 % of the respondents reported having no or minimal experience with the design of PCBs and with the KiCad platform, respectively. After their participation, 82.6 % said to have significantly achieved the learning objectives, with 65.2 % being able to follow all of the introduced activities and concepts with some or considerable facility. The theoretical contents were very well evaluated by about 91.3 % of the participants, who considered topics such as design rules, technical standards, and

electromagnetic behavior of PCBs fascinating and essential. An important point raised by the majority of the participants is that many of these concepts were not adequately introduced during their academic careers.

The hands-on activities in PCB design with the KiCad platform were approved by 95.7 % of the attendees, with 82.6 % being delighted with the monitoring provided by the instructors, having praised the didactics and knowledge presented in the theoretical lecturing and during the clarification of doubts. The support material provided had a 95.7 % approval rating. Nearly to 86.5 % of the participants met their expectations with the learning module. This same rate of 86.5 % was obtained when asked if the module's objectives were achieved. Despite the short duration of the learning module, 73.9 % of the participants feel confident that they can apply the learned concepts to the development of a PCB design with the KiCad platform.

Overall, the learning module has proved to be of significant value to the participants, who have had the opportunity to learn essential concepts for PCB design, leading them to reflect on essential electrical and design characteristics that are not commonly presented in the academic environment. The use of the KiCad platform was also highly pleasing to the participants and their training since many were not familiar with the open-source platform. Aiming at future learning modules that deepen the themes worked on or even covered other PCBs typologies, 56.5 % of the participants say they are very interested in participating, while the other 43.5 % would participate depending on what is covered.

5 Conclusions and Future Work

The IoT-based applications have shown several benefits in different sectors, contributing to the increase demand for IoT devices and consequently for qualified professionals able to develop them. In this sense, this paper presented a learning module that focuses on some practical issues and best practices during the development of PCBs for IoT devices. Through a hands-on activity methodology, the learning modules covered several aspects of the whole process of develop an IoT-based devices and design a PCB. The use of the

KiCad tool allowed to approach in a more practical way the topics of the course, from the theoretical aspects to the best practices related to PCB. This also contributed to achieve learning outcomes, such as component sourcing, creation of the schematics and PCB layout, generation of the production files, and welding concepts.

The available time and the learning module being in a remote mode caused some limitations, both in interactions between tutors and participant and in the time to carry out the activities during the modules. Even so, homework challenges were made available, depending more on the individual dedication of the participants to have a better learning experience. Although the practical activities during the modules could be improved to increase the confidence of the participants in applying what was learned, the feedback from participants showed positive points regarding the theory, activities, learning material and support from the instructor. In spite of that the participants shown interest to subscribe in future editions. In this sense, the future work will be devoted to develop new editions of the course that cover other aspects and best practices in the development of PCBs for IoT-based devices.

Acknowledgments

This work has been partially supported by the European Regional Development Fund (ERDF) through the Interreg Spain-Portugal V-A Program (POCTEP) under grant 0677 DISRUPTIVE 2 E (Intensifying the activity of Digital Innovation Hubs within the PocTep region to boost the development of disruptive and last generation ICTs through cross-border cooperation).

References

1. Lohiya, R., Thakkar, A.: Application domains, evaluation data sets, and research challenges of iot: A systematic review. *IEEE Internet of Things Journal* 8(11), 8774-8798 (2021). <https://doi.org/10.1109/JIOT.2020.3048439>
2. Singh, D., Sandhu, A., Sharma Thakur, A., Priyank, N.: An overview of iot hardware development platforms. *International Journal on Emerging Technologies* 11(5), 155-163 (2020).

3. Al-Masri, E., Kabu, S., Dixith, P.: Emerging hardware prototyping technologies as tools for learning. *IEEE Access* **8**, 80207-80217 (2020). <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2991014>
4. Aheleroff, S., Xu, X., Lu, Y., Aristizabal, M., Velásquez, J.P., Joa, B., Valencia, Y.: Iot-enabled smart appliances under industry 4.0: A case study. *Advanced engineering informatics* **43**, 101043 (2020).
5. Bhunia, S., Tehranipoor, M.: Chapter 4 printed circuit board (pcb): Design and test. In: Bhunia, S., Tehranipoor, M. (eds.) *Hardware Security*, pp. 81-105. Morgan Kaufmann (2019). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812477-2.00009-5>
6. Aranguren, G., Etxaniz, J., López-Nozal, L.A.: Design of printed circuit boards in university? In: *2012 Technologies Applied to Electronics Teaching (TAEE)*. pp. 6-10 (2012). <https://doi.org/10.1109/TAEE.2012.6235397>
7. Mehendale, N., Koli, B., Mistry, K., Shah, S., Kelkar, V.: Analysis of skills required to get jobs in companies of electronics engineering domain. Available at SSRN 3965419 (2021).
8. Peterson, Z.: Why PCB Design Courses Are Essential in an Engineering Curriculum (March 2022), <https://resources.altium.com/p/why-pcb-design-courses-are-essential-engineering-curriculum>
9. Liddicoat, A., Pan, J., Harris, J., Perks, G., Shepherd, L.: Development and assessment of a pcb layout and manufacturing laboratory module in introductory electric circuits for ee and non-ee majors. *Industrial and Manufacturing Engineering* (2010).
10. Danković, D., Vračar, L., Prijić, A., Prijić, Z.: An electromechanical approach to a printed circuit board design course. *IEEE Transactions on Education* **56**(4), 470-477 (2013). <https://doi.org/10.1109/TE.2013.2257784>

A THEORETICAL APPROACH TO DIGITAL UTILITY TECHNOLOGIES IN BORDER AND PERIPHERAL TERRITORIES

APROXIMACIÓN TEÓRICA A LAS TECNOLOGÍAS DIGITALES DE SERVICIOS PÚBLICOS EN TERRITORIOS FRONTERIZOS Y PERIFÉRICOS

Javier PARRA-DOMÍNGUEZ ¹ , Andrea GIL-EGIDO ¹ ,
Camilo ANZOLA-ROJAS ² , Rubén M. LORENZO ² , Pablo CHAMOSO ¹ ,
and Juan Manuel CORCHADO ¹ 

¹ *BISITE Research Group. University of Salamanca, Edificio Multiusos I+D+i,
Calle Espejo, 2, 37007, Salamanca, Spain*
{javierparra, age, chamoso, corchado}@usal.es

² *University of Valladolid, E.T.S.I. of Telecommunications, Campus Miguel Delibes,
47011 Valladolid, Spain*
{camilo, ruben.lorenzo}@uva.es

ABSTRACT: Digital technologies have created a new social and economic paradigm, which has created new scenarios and responses, generating a new wave of changes that will have profound repercussions. We can highlight the latest models and forms of work by creating employment and new forms of management and processes. To study digital technologies of general utility and their link to the border and peripheral territories in greater depth, we have carried out a historical study and a comparison with these territories, finding that the three main criteria defined to carry out a correct and exhaustive classification of utility technologies are the availability of constant improvement, the capacity to generate innovations and the disposition of omnipresence, which means that companies and organizations linked to border territories are those that mainly participate in finding advantages in the establishment of «teleworking», thus being able to have the opportunity to fix talent without worry-

ing about the restrictions of location and those that also participate in finding the opportunity to optimize costs and production. This issue can also be applied to the relocation of the company or organization or even to specific processes.

KEYWORDS: digital technologies; General Purpose Technologies (GPT); border and peripheral territories.

RESUMEN: Las tecnologías digitales han creado un nuevo paradigma social y económico, que ha originado nuevos escenarios y respuestas, generando una nueva ola de cambios que tendrá profundas repercusiones. Podemos destacar los últimos modelos y formas de trabajo creando empleo y nuevas formas de gestión y procesos. Para profundizar en el estudio de las tecnologías digitales de utilidad general y su vinculación con los territorios fronterizos y periféricos, hemos realizado un estudio histórico y una comparación con estos territorios, encontrando que los tres principales criterios definidos para realizar una correcta y exhaustiva clasificación de las tecnologías de utilidad son la disponibilidad de mejora constante la capacidad de generar innovaciones y la disposición de omnipresencia, lo que significa que las empresas y organizaciones vinculadas a los territorios fronterizos son las que principalmente participan en la búsqueda de ventajas en el establecimiento del “teletrabajo”, pudiendo así tener la oportunidad de fijar el talento sin preocuparse de las restricciones de localización y las que también participan en la búsqueda de la oportunidad de optimizar los costes y la producción. Esta cuestión también puede aplicarse a la deslocalización de la empresa u organización, o incluso a procesos específicos.

PALABRAS CLAVE: transformación digital; tecnologías de utilidad general; territorios frontera y periféricos.

1 Introduction

In the 21st century, we cannot conceive of everyday life without using digital technologies or information and communication technologies (ICT) as tools that make our lives easier [9]. Not only have they transformed the way we communicate, work, acquire knowledge, etc., but all economic sectors

have experienced a disruption in their processes with the implementation of digital technologies [14].

Technology is the result of science and engineering that, when applied through different tools and methods, generates a product or service capable of satisfying some of the needs posed by human beings to make their daily lives easier [19]. In the beginning, technology was not conceived as a social fund of knowledge in which the objective was to coexist and collaborate with our environment. Still, it was defined as an instrument of human control over their environment, with its respective negative consequences for sustainability [22]. To understand the general use of digital technologies, we will first look at digital technologies.

Technology is one of the current media that generates the most externalities and spillovers, and we must not forget that it is a non-rival and non-excludable good, i.e. it is a public good, so its exchange or distribution cannot be protected; this means that, within the framework of nations, these technologies can be accessed in an «equitable» way [7].

The advance in digital technologies is the fastest spreading innovation in history [16]. This advance has transformed societies through improved access to commerce and public services, connectivity, financial inclusion and process automation, and increased use as a means of expression and communication. Digital technologies can represent a great equalizer [21], and we can see this among developed countries, as their differences in use, innovation, and development are minimal between these countries; the problem with this theory is that it leaves out the rest of the nations, with which we can find a more significant gap in these concepts. Education, health and public services are three of the sectors that stand out the most in the benefits obtained from implementing these technologies in their processes, mainly due to the significant effect on society in general [17].

Digital technologies have created a new social and economic paradigm, which has created new scenarios and responses, generating a new wave of changes that will have profound repercussions. We can highlight the latest models and ways of working, with the creation of new jobs, new forms of management and processes. To study digital technologies of general use and their link with border and peripheral territories in greater depth, in the following section, we

will present the current context of the new technologies, moving on to a third section where we will observe the link between the concept and peripheral and border areas. We will end with a fourth section dedicated to conclusions.

2 Current context of «General purpose technologies» (GPT)

2.1 General purpose or general utility technologies

We have referred to the fact that technologies are a set of knowledge, so TPMs can be defined as sets of applied inside a higher order because they derive from more specific technological applications of a lower order [5]. The theoretical framework states that useful technologies are considered to be those that can connect with other technologies, achieving complementarity, derived innovations, configuring convergence processes between these technologies, new business models and sources of efficiency that lead to economic growth [23].

Three main criteria have been defined for a correct and exhaustive classification of utility technologies: to be considered as such, they must have constant improvement, generate innovation (innovation spawning) and have pervasiveness, i.e. can extend to all economic activities, producing a series of benefits and efficiencies in production processes, such as cost reduction or the facilitation of invention. Thus, TPMs, which are applied to many economic activities and sectors, bring about fundamental structural changes in the economy as a whole and in the way economic life is organized. This widespread impact on all industries generates «long waves» [18] of economic development, and each wave is capable of building archetypal models of business management and organization [3].

The Internet represents the dominant GPT in the long wave of digitization [20]. Still, if we analyze in more detail, we can classify two waves, the first comprising the 1970s to 1990s, while the second is in the present day, with the decades of the 21st century. Although the internet continues to dominate, this second wave is characterized by the emergence of blockchain, IoT and artificial intelligence and its three technological strands: robotics, machine learning and symbolic systems [6, 10]. These new trends have created competitive dynamics in digitization that has made innovation and development grow at a faster rate than in the past.

2.2 Current economy and social developments in GPTs

As described above, the internet represents the dominant general-purpose technology and is the basis for many other new digital technologies or their development. The importance of ICT technologies for social and economic wellbeing today is paramount, and this will become evident during the pandemic in 2020 and 2021 [13], with the internet and telecommunications being the only guarantee for the continuity of many fundamental aspects of society, such as education, employment, socialisation, telemedicine and economic activity as a whole.

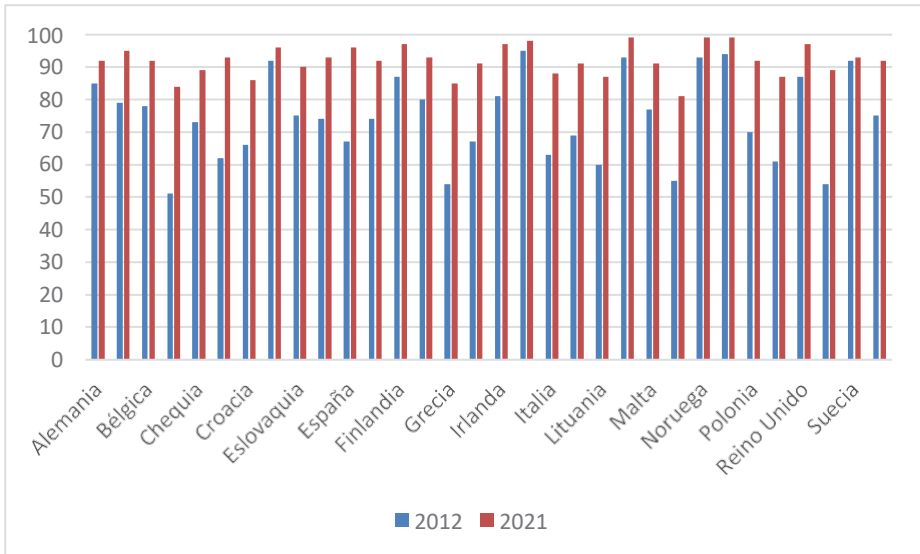


Fig. 1. Percentage of households with Internet access by European countries. Comparison between 2012 and 2021.

The internet and ICTs have become fundamental to social, personal and business use. This can be seen very well in Figure 1, where a time comparison of today versus 2012 shows that all European countries have registered increases in their percentages. The development of these technologies has represented great benefits for companies on multiple levels: improvements in productivity, access to national and international markets, and the implementation of

innovative business models. But we should also not forget those «companies» in the public sector, such as public administrations, which with the continuous implementation of new technologies and the digitization of their processes, ensure more excellent quality and access, as well as making them more flexible and agile, favouring the growth of economies.

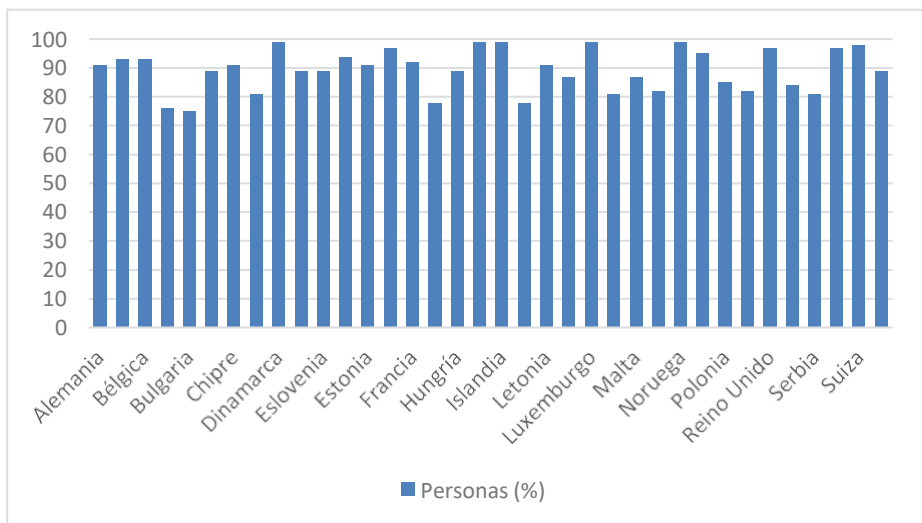


Fig. 2. Internet usage in the last three months by European countries (2021).

In contrast to historical precedents, this digital wave has been largely corporate led, with the interaction between governments and corporations being almost non-existent or delayed [4]. This digital disruption by certain companies has led to the creation of tech giants, leaving governments secondary in importance to their technological expansion. The tech giants have created their stream of innovation and development of new ideas and products to meet emerging global needs, bringing these companies to the international frontier of technology and innovation. Thanks to their value propositions in digital innovation, these digital giants are at the forefront of digital market dominance, so they are wealth creators. Still, they are also complicit in growing inequality in the age of digitalization.

This generation of inequalities has two focuses. The first is aimed at the imbalance between technological giants and companies. The ones most affected by this situation are small companies or start-ups, which are often unable to compete or reach a sufficient level of digitization and development to remain in the market, which means that they end up closing or not progressing and that these giants can create an oligopoly in specific sectors. The second situation of inequality would be caused, according to recent studies, by the bias, displacement and substitution of medium-skilled employment in the long term, and something more novel, also of capital, that digitalization would be exerting [2].

3 Linking up with border and peripheral areas

Technology is a public good, not exclusive or rival, so digital technology tends to evolve and innovate for this constantly. It seeks to expand digitization in all areas, social, economic and geographical [15]. To develop better advances and new digitization methods that achieve more excellent comparative benefits; if we talk about barriers or borders in terms of digital technologies, we could say that territorial borders are blurring or even disappearing to give way to organizational barriers [11]. The benefit and importance of ICT or the different technologies developed in this wave of digitalization are so substantial that the available quest of states and companies is for optimal collaboration, with the sole objective of moving forward.

Many of the developments that have taken place with digitization are aimed at connection and communication between areas, regions, states or organizations, such as the facilitation of cross-border data flows, infrastructure integration, the development of digital platforms and trade facilitation measures [12]. All this shows that the intention is to remove as many barriers and borders as possible. An example that has been highlighted before is the effects of the pandemic, strict confinement that meant that education and work had to be done from places other than the usual centre. Thanks to digitization and advances in digital technologies, this has been made possible and, in many cases, with very positive results, giving rise to a new labour market mentality. More and more companies are finding advantages in the implementation of

«teleworking», as it allows them to look for more and better talent without worrying about location restrictions and also allows them to optimize costs and production; this can also be applied to the offshoring of the company or of specific processes, in pursuit of the above [1].

Numerous global organizations have initiated efforts to design or revise their digital integration strategies. If we look at the Pacific Alliance, «*it has proposed the design of a regional digital market strategy that allows for greater market scale, better coordination of resources and lower transaction costs*» [8]. Regulatory harmonization between different geographic markets could reduce transaction costs and increase the quality of communications. This can be seen in our geopolitical context, where the European Union, since the formation of the Digital Single Market strategy, has managed to increase its level of digitization more than other OECD countries that are not part of this space; the digitization rate has grown at a compound annual growth rate (CAGR) that is on average 1.12 times higher than that of OECD countries that are not part of this space.

4 Conclusions

Starting from the concept of technologies of general utility, which are no other technologies than those defined as a set of higher-order knowledge in the sense that they derive from more specific and lower order technological applications, we have focused on technology as one of the current means that has generated and generates more externalities and overflows without forgetting that it constitutes a non-rival and non-excludable good, that is to say, that it is a public good and therefore its exchange or distribution cannot be protected, making these technologies accessible in an equitable manner within the framework of nations.

Focusing on the economic value of the technology, we have made progress in developing these technologies in and for peripheral and cross-border territories.

Based on the study carried out, we can see that three main criteria have been defined to carry out a correct and exhaustive classification of utility technologies:

To be considered valuable technologies, they must constantly improve (improvement).

- They must generate innovation (innovation spawning).

- They must be available and pervasive (pervasiveness).

Although the three classification criteria are involved in the development of frontier territories, it is the third of these, the so-called pervasiveness, which provides the capacity to extend to all economic activities, producing a series of benefits and efficiencies in production processes. This provision has significant roots in peripheral and cross-border areas, eliminating as many barriers as possible.

With all of the above, companies and organizations linked to border territories are mainly involved in:

- Finding advantages in the establishment of «teleworking», thus having the opportunity to fix talent without worrying about location restrictions.
- Finding the opportunity to optimize costs and production is an issue that can also apply to the offshoring of the company or organization, or even of specific processes.

Acknowledgments

This work has been partially supported by the European Regional Development Fund (ERDF) through the Interreg Spain-Portugal V – A Program (POCTEP) under gran 0677_DISRUPTIVE_2_E (Intensifying the activity of Digital Innovation Hubs within the PocTep region to boost the development of disruptive and last generation ICTs through cross-border cooperation).

References

1. Belzunegui-Eraso, A., Erro-Garcés, A.: Teleworking in the Context of the Covid-19 Crisis. *Sustainability*, 12(9), 3662 (2020).
2. Benzell, Seth G., Yifan Ye, V.: Simulating the future of global automation, its consequences, and evaluating policy options. *Voxeu* (2021).
3. Bodrožić, Z., Adler, P.S.: What explains the evolution of management models over the past two centuries? *LSE Business Review* (2018).

4. Brands, K.: Digital demands: Management accountants must heed the call to participate in information technology initiatives. *Strategic Finance*, 100(4), 68-70 (2018).
5. Bresnahan, T.F., Trajtenberg, M.: General purpose technologies «Engines of growth»? *Journal of econometrics*, 65(1), 83-108 (1995).
6. Borowski, P.F.: Digitization, digital twins, blockchain, and industry 4.0 as elements of management process in enterprises in the energy sector. *Energies*, 14(7), 1885 (2021).
7. Carlaw, K.I., Lipsey, R.G.: Externalities, technological complementarities and sustained economic growth. *Research Policy*, 31(8-9), 1305-1315 (2002).
8. CEPAL. Tecnologías digitales para un nuevo futuro. *Naciones Unidas CEPAL*. 2022.
9. Circella, G., Mokhtarian, P.L.: Impacts of information and communication technology. *The Geography of urban transportation*, 86 (2017).
10. Chawla, R.N., Goyal, P.: Emerging trends in digital transformation: a bibliometric analysis. Benchmarking: *An International Journal* (2021).
11. De Miguel, A., Parra-Domínguez, J., Benzinho, J.M.: Costes de Contexto Transfronterizos en el Ámbito Empresarial. *Territorio BIN-SAL* (2014).
12. Dubois, A., Sielker, F.: Digitalization in sparsely populated areas: between place-based practices and the smart region agenda. *Regional Studies*, 1-12 (2022).
13. Effenberger, M., Kronbichler, A., Shin, J.I., Mayer, G., Tilg, H., Perco, P.: Association of the COVID-19 pandemic with internet search volumes: a Google TrendsTM analysis. *International Journal of Infectious Diseases*, 95, 192-197 (2020).
14. Fitzgerald, M., Kruschwitz, N., Bonnet, D., Welch, M.: Embracing digital technology: A new strategic imperative. *MIT sloan management review*, 55(2), 1 (2014).
15. Laudal, T.: *A New Approach to the Economics of Public Goods*. Routledge (2019).
16. Lee, S.M., Olson, D.L., & Trimi, S.: Co-innovation: convergenomics, collaboration, and co-creation for organizational values. *Management decision* (2012).
17. Lindgren, I., Madsen, C. Ø., Hofmann, S., Melin, U.: Close encounters of the digital kind: A research agenda for the digitalization of public services. *Government information quarterly*, 36(3), 427-436 (2019).
18. Rostow, W. W.: Kondratieff, Schumpeter, and Kuznets: trend periods revisited. *The Journal of Economic History*, 35(4), 719-753 (1975).
19. Schatzberg, E.: *Technology: critical history of a concept*. University of Chicago Press (2018).
20. Scherrer, W.: How «General purpose technologies» trigger long waves of economic development and thereby generate diversities of innovation. *UCJC* (2020).

21. Schradie, J.: The great equalizer reproduces inequality: How the digital divide is a class power divide. *In Rethinking class and social difference*. Emerald Publishing Limited (2020).
22. Teich, A.H.: *Technology and the Future*. St. Martin's Press (1997).
23. Trajtenberg, M. Artificial intelligence as the next gpt. *The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda*, 175 (2019).

*AI4MANUFACTURING TOOLKIT: LA COLECCIÓN DE
TECNOLOGÍAS, HERRAMIENTAS Y PLATAFORMAS DE
INTELIGENCIA ARTIFICIAL DEL PROYECTO AI REGIO
PARA LA INDUSTRIA MANUFACTURERA*

*AI4MANUFACTURING TOOLKIT: THE AI REGIOP PROJECT'S
COLLECTION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE*

Marta GALENDE  y Aníbal RENÑONES 

CARTIF Centro Tecnológico, Boecillo, Valladolid, España
{margal, aniren}@cartif.es

RESUMEN: El proyecto AI REGIO «Regiones y DIHs para la transformación digital impulsada por la IA de las PYMEs manufactureras europeas» tiene como objetivo principal apoyar la creación y el crecimiento sostenible de los Centros de Innovación Digital (DIH) centrados en Inteligencia Artificial (IA), para fomentar la integración de las innovaciones digitales en los procesos de transformación de las PYMEs manufactureras en Europa.

El presente artículo presenta el estado actual de desarrollo de una de las plataforma abiertas que se estan desarrollando dentro del proyecto, a la que denominamos *AI4Manufacturing Toolkit*, un kit de herramientas y técnicas de analisis en la que los conjuntos de datos, preparados y depurados, pueden ser explotados utilizando técnicas de inteligencia artificial. Una de sus funciones principales será facilitar la integración de diferentes activos relevantes de IA en términos de algoritmos, marcos de software, herramientas de desarrollo y conjuntos de datos, en el desarrollo de nuevas soluciones inteligentes.

PALABRAS CLAVE: inteligencia artificial; PYMEs; manufactureras; AI DIH.

ABSTRACT: AI REGIO project «Regions and DIHs for AI-driven digital transformation of European manufacturing SMEs» aims to support creation and sustainable growth of AI-focused Digital Innovation Hubs (AI DIHs) to support European manufacturing SMEs in their digital transformation.

This article presents the current state of development of one of the open platforms being developed within the project, called AI4Manufacturing Toolkit. This Toolkit is a set of data analytics tool and techniques where prepared and cleaned data can be exploited for enabling experimentation with AI technologies. One of its main objectives will be to facilitate the integration of different relevant AI assets, which includes mainly algorithms, software frameworks, development tools and datasets, to create new AI-based applications.

KEYWORDS: artificial intelligent; manufacturing SMEs; AI DIH.

1 Introducción: AI REGIO project

El proyecto AI REGIO[1]¹, financiado por la UE, tiene como objetivos (1) apoyar la transformación digital impulsada por la inteligencia artificial de las PYMEs manufactureras europeas; (2) ampliar y coordinar diferentes estrategias regionales de especialización inteligente, integrando las Plataformas de Fabricación Digital (DMP) y los Centros de Innovación Digital (DIH) en un grupo de experimentos transfronterizos a gran escala; y (3) enriquecer los resultados anteriores de la iniciativa europea I4MS (*ICT Innovation for Manufacturing SMEs*) en el dominio de la Industria 4.0 con aplicaciones innovadoras de IA y plataformas abiertas.

Para alcanzar estos objetivos el proyecto ha establecido un marco de colaboración entre 13 regiones VANGUARD[3] que busca mejorar la oferta de los DIHs regionales a las PYMEs manufactureras realizando acciones en distintos frentes:

- A nivel político: mejorando la coordinación de las estrategias regionales de especialización inteligente mediante la participación activa de

¹ This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 952003.

las autoridades regionales y fomentando una cooperación más estrecha entre regiones europeas, dentro y fuera de la UE, para garantizar que la innovación pueda ampliarse.

- A nivel tecnológico: mejorando la transferencia de conocimientos a través de la red de DIHs mediante la integración de la plataforma de código abierto *Data4AI* con una plataforma de colaboración de innovación de DIH y con un kit de herramientas denominado *AI4Manufacturing Toolkit*.
- A nivel empresarial: actualizando la oferta de los DIH incluyendo en ella aplicaciones basadas en IA y orientadas a las PYMES manufactureras, supervisando la realización de más de 30 experimentos impulsados por las PYMES y los DIH bajo un marco común de medición, evaluación y comparación del impacto ético-social-empresarial.

Poniendo el foco en el nivel más tecnológico, el proyecto propone diseñar e implementar los siguientes cinco subsistemas o plataformas:

1. *Data4AI Platform*: nueva generación de plataformas para garantizar la calidad de los datos en las aplicaciones de IA.
2. *AI4Manufacturing Toolkit*: conjunto de herramientas y técnicas de análisis de datos que permitan la experimentación con tecnologías de IA.
3. *DIHIWARE Platform*: entorno en el que los proveedores y consumidores de tecnologías digitales relacionadas con el desarrollo y la adopción de la IA puedan, no solo poner en común sus activos y necesidades, sino también colaborar para impulsar la innovación.
4. *Collaborative Intelligence Platform*: donde diseñar, supervisar, optimizar y simular la orquestación del flujo de trabajo de los procesos centrados en el ser humano.
5. *AI Data Spaces for Manufacturing*: solución de soberanía de datos basada en las iniciativas *International Data Spaces* actuales de código abierto[5].

El proyecto, que comenzó su andadura en octubre de 2020 y tiene una duración prevista de 3 años, está siendo coordinado por el Politécnico de Milano (<https://www.polimi.it/en/>) y en él participan otras 35 entidades europeas,

entre las que se encuentra el Centro Tecnológico CARTIF (<https://www.cartif.es>), coordinando el desarrollo del kit de herramientas *AI4manufacturing Toolkit* y contribuyendo a la búsqueda de sinergias con otros proyectos. El presente artículo presenta el estado actual de desarrollo de *AI4Manufacturing Toolkit*, las acciones llevadas a cabo hasta el momento, las sinergias con otras plataformas y los planes futuros de mejora.

El resto del artículo se organiza como sigue: la sección 2.1 presenta el ecosistema del actual catálogo de activos *AI4Manufacturing Toolkit*; la sección 2.2 muestra los avances realizados en los primeros meses de desarrollo y el enriquecimiento semántico propuesto sobre el catálogo; y la sección 2.3 resume los planes a futuro. Finalmente en la sección 3 se resumen las principales conclusiones.

2 Kit de herramientas AI4Manufacturing

Actualmente, en su primera versión, *AI4Manufacturing Toolkit* es una colección de activos tecnológicos de IA diseñados para dar apoyo a los integradores de sistemas y a los usuarios que adoptan esta tecnología para crear nuevas aplicaciones de IA en el dominio manufacturero.

Se presentan a continuación los principios que están guiando el desarrollo de *AI4Manufacturing* dentro del proyecto AIREGIO, junto con una breve descripción de su arquitectura y ecosistema. Posteriormente se explica cómo se está llevando a cabo el enriquecimiento semántico a nivel de catálogo y los planes futuros de desarrollo hacia la denominada *AI4Manufacturing Platform*.

2.1 Arquitectura y ecosistema

Cuatro son los principios básicos que están guiando el desarrollo del kit de herramientas *AI4Manufacturing*:

1. «Evitar reinventar la rueda», para que todo el mundo pueda utilizar lo que es popular y accesible en la comunidad de IA.
2. Llenar el vacío identificado en relación a la existencia de recursos de IA en entornos de fabricación, especialmente para las PYMEs.

3. Dar a los desarrolladores e implantadores de soluciones «libertad de elección», para que no tengan que limitarse a una sola plataforma, sino a una colección de ellas.
4. «Reutilizar tanto como sea posible» lo ya disponible, tanto por parte de los socios como de otras comunidades relevantes, como las comunidades de software de código abierto y el proyecto AI4EU[2]².

La Figura 1 muestra la arquitectura y el ecosistema actual de *AI4Manufacturing Toolkit*. A nivel interno los activos tecnológicos de IA que conforman el kit de herramientas son clasificados en tres categorías principales:

1. Los recursos de IA, vistos estos como modelos reutilizables de aprendizaje automático o aprendizaje profundo orientados a resolver problemas específicos del ámbito de la fabricación.
2. Los diseñadores de tuberías de IA, donde un conjunto de recursos de IA son integrados en un flujo de trabajo.
3. Los orquestadores de IA, donde se pueden gestionar tanto los recursos como las tuberías de IA previos.



Fig. 1. *AI4Manufacturing*: arquitectura y ecosistema.

² This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation Programme under grant agreement No 825619.

Por supuesto, *AI4manufacturing* no actuó aislado en el ecosistema del proyecto AI REGIO, sino que está estrechamente interrelacionado con la plataforma *Data4AI*, donde los datos pueden ser pre-procesados, y con el portal AI REGIO (<https://airegio-portal.eu>), que da acceso al kit de herramientas y permite a los usuarios finales (ingenieros de datos, científicos de datos, e integradores de sistemas) realizar búsquedas para encontrar los activos tecnológicos mas adecuados (Figura 2).

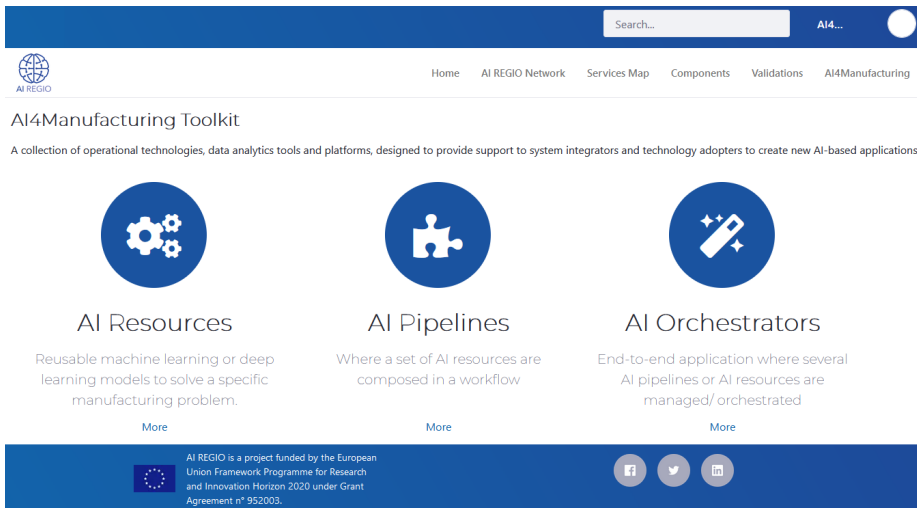


Fig. 2. *AI4Manufacturing*: página inicial.

Como principal actor externo con el que se están buscando sinergias destacar la Plataforma Europea de Inteligencia Artificial Bajo Demanda (*AI4EU*). En este sentido el propósito final perseguido es poder garantizar la interoperabilidad entre ambos entornos, facilitando lo máximo posible el intercambio de activos entre *AI4Manufacturing* y *AI4EU*.

2.2 Enriquecimiento semántico

Uno de los objetivos finales de *AI4Manufacturing* es facilitar lo máximo posible la reutilización de los recursos ya existentes, proporcionando flexibilidad en el desarrollo de nuevos recursos y tuberías de IA. Es por ello que la

categorización de activos tecnológicos inicialmente establecida (basada en tres categorías: recursos, diseñadores de tuberías y orquestadores) ha sido extendida desde un punto de vista semántico, ampliando así las posibilidades de búsqueda del catálogo y facilitando la adopción de su contenido.

Varias fueron las propuestas realizadas e ideas analizadas para enriquecer semánticamente la categorización, inspiradas tanto en taxonomías normalmente utilizadas en el ámbito de la IA como en otras más cercanas al ámbito de la fabricación. Finalmente 2 han sido las categorizaciones adicionales seleccionadas y puestas en marcha (Tabla 1):

- la primera de ellas, más relacionada con categorías técnicas típicas de IA, coincide con la categorización definida en el informe »*AI Watch. Defining Artificial Intelligence 2.0*« de la JCR[4]. Dicha categorización es utilizada también por la plataforma AI4EU;
- y la segunda, más centrada en el ámbito industrial de fabricación, y desarrollada ad-hoc dentro del proyecto AI REGIO. Se trata de una categorización dinámica, abierta a cambios y modificaciones, que será ampliada/mejorada a medida que avance el proyecto.

2.3 Evolucionando hacia una plataforma

Actualmente *AI4Manufacturing* es una colección de activos tecnológicos de IA accesible a través del portal de AI REGIO. De cara a su evolución futura, y como valor añadido, se ha propuesto evolucionar la *Toolkit* actual hacia una *Platform* donde los usuarios finales puedan, no solo realizar búsquedas, sino también probar los activos disponibles.

El reto a abordar es determinar cómo transformar el actual catálogo estructurado de activos de IA en soluciones compatibles con *AI4EU Experiments*, una plataforma de código abierto para el desarrollo, el entrenamiento, el intercambio y el despliegue de modelos de IA en forma de microservicios en contenedores portátiles accesible a la que se puede acceder a través del enlace <https://aiexp.ai4europe.eu/#/home>.

Categorías de IA	Razonamiento	Representación del conocimiento Razonamiento automatizado Razonamiento de sentido común
	Planificación	Planificación y programación Búsquedas Optimización
	Aprendizaje	Aprendizaje automático
	Comunicación	Procesamiento del lenguaje natural
	Percepcion	Visión artificial Procesamiento de audio
	Integracion e Interaccion	Sistemas multiagentes Robótica y automatización Vehículos conectados y automatizados
	Servicios	Servicios de IA
	Ética y Filosofía	Ética de la IA Filosofía de la IA
Categorías de fabricación	Desarrollo de productos, I+D	Desarrollo de nuevos productos Validación de productos en I+D Mejora del producto
	Planificación de la demanda	Planificación, previsión de la demanda Gemelos digitales para la planificación de la demanda
	Gestion de inventarios	Optimización de pedidos Planificación de inventarios
	Control de procesos	Optimización en tiempo real de los parámetros del proceso Optimización del cambio de equipos Gemelos digitales para el control de procesos
	Producción	Optimización de la productividad global de la línea de procesos Visión por ordenador para la identificación de productos Planificación de la disposición Robots colaborativos, Colaboración entre robots y humanos Fabricación flexible Fabricación sostenible Fabricación centrada en el ser humano Gemelos digitales para la producción Fabricación con cero defectos Cero residuos
	Control de calidad	Inspección de la calidad del producto Predicción de la calidad del producto final Gestión de la calidad
	Cadena de suministro	Gestión de la cadena de suministro Gestión de la cadena circular
	Mantenimiento	Mantenimiento inteligente, Mantenimiento predictivo Gestión de la energía Seguridad de los trabajadores Reducción de desechos, desperdicios Aumento de la eficiencia de los equipos Gestión de activos Gemelos digitales para el mantenimiento

Tabla 1. AI4Manufacturing: categorización semántica de activos tecnológicos.

3 Conclusiones

El principal objetivo del proyecto AI REGIO es reducir las barreras que impiden que los DIHs centrados en IA implementen vías de transformación digital totalmente efectivas para sus PYMES manufactureras. Para alcanzarlo/conseguirlo el proyecto está desarrollando una plataforma de ventanilla única que permita el acceso a los recursos de IA enfocados a conseguir una fabricación eficiente y sostenible. *AI4Manufacturing Toolkit* es uno de los componentes de esa ventanilla única, que se encarga de dar acceso a los activos/soluciones basadas en IA.

El presente artículo muestra, de forma resumida, como se está llevado a cabo la implementación de dicha *Toolkit*, y las mejoras de enriquecimiento semántico e interoperabilidad con AI4EU propuestas, que le van a permitir desempeñar un papel fundamental en la adopción exitosa de soluciones de AI en el sector manufacturero e impulsar el ecosistema de fabricación digital de la UE.

Actualmente la *Toolkit* es un catálogo que engloba 18 activos tecnológicos de IA, que se espera sea ampliado antes de que acabe el proyecto AI REGIO con nuevos activos procedentes de los experimentos que se están llevando a cabo como de las convocatorias abiertas (<https://www.airegio-project.eu/open-calls>). Igualmente en los próximos meses se espera que el kit de herramientas evolucione hacia una plataforma que permita, no solo localizar los activos, sino también ejecutarlos y experimentar con ellos.

Para mantenerse al día de todas las novedades relacionadas con este proyecto, el lector puede acceder a la web <https://www.airegio-project.eu/subscription> y darse de alta como parte interesada.

Agradecimientos

El proyecto AI REGIO ha sido apoyado por el Programa de Investigación e Innovación Horizon 2020 de la Unión Europea bajo el acuerdo de subvención n.º 952003.










El proyecto AI4EU ha sido financiado por el Programa de Investigación e Innovación Horizon 2020 de la Unión Europea bajo el acuerdo de subvención n.º 82561.

Referencias

1. AI REGIO project. Online, <https://www.airegio-project.eu/> (2022).
2. Europe's AI-on-Demand Platform. Online, <https://www.ai4europe.eu> (2022).
3. VANGUARD INITIATIVE. Online, <https://www.s3vanguardinitiative.eu/>
4. Centre., E.C.J.R.: AI watch, defining artificial intelligence 2.0: towards an operational definition and taxonomy for the AI landscape. Publications Office (2021). <https://doi.org/10.2760/019901>
5. International Data Spaces e. V.: Data sovereignty. You decide how your data gets used! Online, <https://internationaldataspaces.org/why/data-sovereignty/>

COMPARATIVA DE ESTRATEGIAS DE DESPLIEGUE DE REDES MEC EN CASTILLA Y LEÓN

COMPARISON OF MEC NETWORK DEPLOYMENT STRATEGIES IN CASTILLA Y LEÓN

Camilo ANZOLA-ROJAS¹ , Ramón J. DURÁN BARROSO¹ ,
Ignacio DE MIGUEL¹ , Javier PARRA-DOMÍNGUEZ² , Andrea GIL-EGIDO² ,
Noemí MERAYO¹ , Juan Carlos AGUADO¹ , Patricia FERNÁNDEZ¹ ,
y Evaristo J. ABRIL¹ 

¹ *Universidad de Valladolid, E.T.S.I. de Telecomunicación, Campus Miguel Delibes, 47011 Valladolid, España*

{camilo.anzola, rduran, noemer, juancarlos.aguado.manzano}@tel.uva.es

² *BISITE Grupo de Investigación. Universidad de Salamanca. Edificio Multiusos I+D+i, Calle Espejo, 2, 37007, Salamanca, España*

{javierparra, age}@usal.es

RESUMEN: La computación de borde multiacceso o *Multi-access Edge Computing* (MEC) es una tecnología disruptiva basada en acercar los recursos de computación distribuidos en la red a los usuarios finales. Gracias al uso de MEC se reduce la latencia y congestión en las redes haciendo posible la implementación de múltiples aplicaciones novedosas como realidad virtual, realidad aumentada y conducción autónoma, por nombrar algunas. La planificación de redes MEC no solo consiste en distribuir los servidores MEC entre sus potenciales ubicaciones sino también en diseñar la red para interconectar los recursos MEC, las estaciones base (BSs, *base stations*) y la pasarela de la red de área amplia (WAN, *Wide Area Network*) para su conexión a Internet o a recursos en la nube. Debido a su gran ancho de banda y flexibilidad, los enlaces de fibra son en muchas ocasiones la mejor opción para

estas conexiones. El coste de despliegue de la fibra es especialmente importante en zonas poco pobladas, ya que la distancia entre los puntos a conectar es mucho mayor que en entornos urbanos. En este artículo se realiza un estudio de distintas metodologías de despliegue de redes MEC en la región POCTEP de Castilla y León, España, comparando las características y los costes de cada propuesta. Los esquemas estudiados se diferencian en cuanto a la estrategia de conexión de las pasarelas WAN con los centros de datos MEC (MECDCs). Se encontró que resulta conveniente implementar conexiones en anillo tanto por razones económicas como de resistencia a fallos, además, los resultados sugieren que es preferible conectar toda la zona de Castilla y León con un único anillo, que implementar anillos más pequeños para cada provincia.

PALABRAS CLAVE: multi-access edge computing; MEC; Wide Area Network; WAN; servidores; redes ópticas.

ABSTRACT: Multi-access Edge Computing (MEC) is a disruptive technology based on bringing computing resources distributed in the network closer to end users. Thanks to the use of MEC, latency and congestion in the networks are reduced, making it possible to implement multiple innovative applications such as virtual reality, augmented reality and autonomous driving, to name a few.

MEC network planning not only consists of distributing MEC servers among their potential locations but also designing the network to interconnect MEC resources, base stations (BSs), and the Wide Area Network (WAN) gateway.

WAN, Wide Area Network) for your connection to the Internet or cloud resources. Due to its high bandwidth and flexibility, fiber links are often the best option for these connections. The cost of deploying fiber is especially important in sparsely populated areas since the distance between the points to be connected is much larger than in urban environments. In this article, a study of different MEC network deployment methodologies in the POCTEP region of Castilla y León, Spain, is carried out, comparing the characteristics and costs of each proposal. The studied schemes differ in terms of the connection strategy of the WAN gateways with the MEC data centers (MECDCs). It was found that it is convenient to implement ring connections both for economic reasons and for resistance to failures, in addition, the results suggest that it is preferable to connect the entire area of Castilla y León with a single ring, than to implement smaller rings for each province.

KEYWORDS: multi-access edge computing; MEC; Wide Area Network; (WAN); servers; optical networks.

1 Introducción

La importancia, complejidad y alcance de Internet ha crecido de forma acelerada durante los últimos años. El Internet de las Cosas (IoT, *Internet of Things*) [1] está haciendo que haya cada vez más dispositivos conectados, con una amplia variedad de aplicaciones y requerimientos, por lo cual la red necesaria para mantener la conectividad debe estar en constante revisión y mejora. Es frecuente que los dispositivos conectados a una red no cuenten con todas las capacidades que necesitan, principalmente en términos de almacenamiento de información y potencia de cómputo, por lo cual resulta conveniente que estos dispositivos limitados se apoyen en servidores externos para completar sus tareas. La computación en la nube (CC, *Cloud Computing*), es el paradigma actual más popular para brindar apoyo a dispositivos que requieran de ayuda de servidores. La idea principal de CC es conectar los dispositivos finales a servidores «en la nube», es decir, en una ubicación remota que por lo general se encuentra a una distancia considerable de los dispositivos o usuarios. Si bien CC permite la implementación de múltiples aplicaciones y presenta una utilidad evidente, el hecho de que los servidores se encuentren a grandes distancias de los usuarios implica dificultades para algunas aplicaciones de altas exigencias en términos de latencia y ancho de banda, como realidad virtual, realidad aumentada y conducción autónoma, entre otras. Si los servidores están lejos, la señal tardará más en llegar, por lo que habrá mayor latencia, y a su vez, una porción mayor de la red tendrá que usarse para transportar estas señales, por lo que aumentará la congestión.

Como solución a los inconvenientes mencionados de CC surgió el paradigma de Computación móvil de Borde (MEC, *Mobile Edge Computing*) [2], la palabra «borde» o *edge* hace referencia a que, en lugar de en una «nube» lejana, los servidores se sitúan en el borde de la red local, por lo cual están mucho más cerca de los usuarios o dispositivos finales que en CC, mitigando así notablemente los problemas de latencia y congestión mencionados anteriormente. En 2017, la ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*)

cambió la palabra «*Mobile*» en MEC por «*Multi-Access*», para incluir en el concepto no sólo tecnologías móviles, sino también otras como redes fijas y Wi-Fi, de tal manera que el significado estándar de MEC es ahora *Multi-Access Edge Computing*.

2 Planificación de redes MEC

Un problema particular en la implementación de la tecnología MEC es la planificación física de la red, cuyo objetivo es definir las ubicaciones de los servidores y de las conexiones de la manera más conveniente posible. Como en MEC los servidores deben estar cerca de los dispositivos finales, es necesario definir un conjunto de ubicaciones para los servidores de tal manera que se brinde cobertura a usuarios en distintas zonas, manteniendo los requerimientos de las aplicaciones y buscando el mayor ahorro económico. Dadas las altas exigencias de las aplicaciones de MEC, (por ejemplo, realidad virtual, que requiere gran ancho de banda y baja latencia), el medio de transmisión que se considera más conveniente para conectar servidores es la fibra óptica, que cuenta con las prestaciones adecuadas.

Un escenario común, y que será el supuesto en este artículo, es en el cual una serie de dispositivos se conectan por medios inalámbricos a una BS, la cual puede contar con servidores MEC, en cuyo caso realizará las tareas solicitadas por los usuarios de manera local. Si la BS a la que se conecta el usuario no cuenta con servidores, se redirigirán a través de fibra óptica las solicitudes de servicios a otra BS que sí tenga servidores, estas BS con servidores reciben el nombre de centros de datos MEC (MEC-DCs). Además de la comunicación entre usuarios y servidores MEC, la red necesita conexión con el exterior (Internet), por lo cual cada MEC-DC debe contar con una conexión a la pasarela WAN, a través de la cual se enviarán/recibirán aquellos datos dirigidos/provenientes de ubicaciones lejanas y que no necesiten latencias reducidas. En la Fig. 1 se ilustra el escenario de red descrito, y que se tendrá en cuenta a lo largo de este documento.

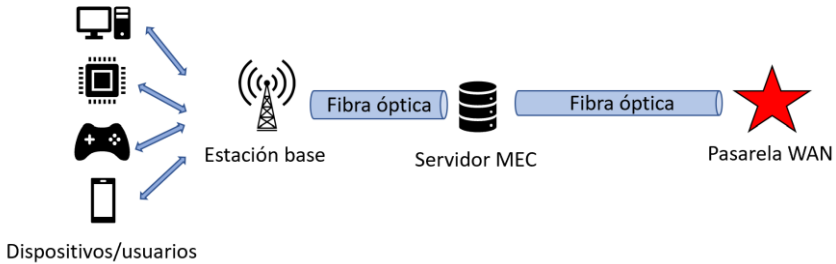


Fig. 1. Esquema de una red MEC.

3 Caso de uso: despliegue MEC en Castilla y León

Actualmente es usual que los estudios y despliegues de redes y servicios MEC se realicen sobre entornos urbanos con alta densidad poblacional y sin tener en cuenta la infraestructura necesaria para interconectar los servidores. Esto se debe a que las áreas densamente pobladas suelen representar un mayor retorno de inversión para quien eventualmente realice la implementación. Adicionalmente, en entornos urbanos usualmente se cuenta con redes de comunicaciones de altas prestaciones, por lo que la planificación de la red puede no ser un problema.

Especialmente cuando se trata de desplegar redes en regiones con baja densidad de población, los costes de las conexiones adquieren especial importancia, pues las distancias entre nodos a interconectar son grandes. Como se describe en [3], la implementación de MEC en entornos rurales con poca población puede implicar múltiples beneficios, haciendo posible el uso de tecnologías como agricultura inteligente, telemedicina y conducción autónoma, entre otras. Desafortunadamente, es frecuente que en áreas poco pobladas no exista una infraestructura adecuada para ofrecer servicios MEC.

La comunidad autónoma española de Castilla y León es el escenario que se ha utilizado para la evaluación y comparación de las estrategias propuestas (ver Sección 4). Castilla y León cuenta con las características idóneas para realizar estudios enfocados en áreas de población dispersa con largas distancias por conectar, por esta razón se ha seleccionado como caso de uso de los modelos propuestos. En concreto, Castilla y León cuenta con una densidad poblacional de

25.42 habitantes por kilómetro cuadrado, cifra que contrasta por ejemplo con la comunidad de Madrid, que tiene 844.53 habitantes por kilómetro cuadrado.

Para la implementación de los modelos se combinaron dos bases de datos existentes: una de ubicaciones de antenas (BSs) [4], y otra de población por municipios [5]. La carga de tráfico asociada a cada BS se estimó basándose en la población de la zona en la que la BS está ubicada, asumiendo que la carga es proporcional a la población.

En la Fig. 2 se muestra el mapa de Castilla y León dividido por provincias, cada una de ellas tiene una ciudad capital con su mismo nombre. Las ciudades capitales están indicadas con estrellas verdes y serán las ubicaciones de las pasarelas WAN en los experimentos analizados en este trabajo.



Fig. 2. Mapa de provincias de Castilla y León con sus capitales.

4 Descripción de las estrategias de despliegue

Dado el potencial beneficio de llevar MEC a entornos rurales y la actual escasez de infraestructura para su despliegue, se hace necesario estudiar distintos métodos de planificación de redes MEC para determinar la estrategia más conveniente en términos técnicos y económicos.

En esta sección se describen tres estrategias de despliegue de redes MEC aplicadas a Castilla y León, todas ellas suponen que la única infraestructura previa son BSs, que cuentan con enlaces de radio para recibir y enviar datos a los usuarios finales cercanos, además se asume que cada capital de provincia cuenta con una pasarela WAN.

Las propuestas aquí presentadas obtienen como resultados los siguientes datos:

- Las ubicaciones de los centros de datos MEC (MEC-DCs) y su respectiva cantidad de servidores.
- La cantidad total de servidores de la red (n_s).
- Las conexiones de fibra óptica necesarias para conectar las BSs con los MEC-DCs y los MEC-DCs con la pasarela WAN.
- La longitud (en kms) de la obra civil necesaria para las conexiones (l_o).
- La longitud (en kms) del cable de fibra necesaria (l_c).

Otro dato relevante que se obtiene de la simulación de cada modelo es el coste total de la red, que se calcula a partir de los demás datos, de acuerdo con la ecuación (1), y que suma los costes relativos a servidores, cable, y obra civil.

$$\text{Coste total} = c_s n_s + c_o l_o + c_c l_c \quad (1)$$

El coste c_s de un servidor MEC se asumió de 30000 €, basándose en el coste de 16 máquinas Dell R340 [6]. El coste por kilómetro de obra civil c_o se fijó en 15000 € [7], y el coste por kilómetro del cable de 24 fibras c_c que se utilizaría es de 1100 € [8].

Las estrategias de despliegue de redes que se estudian en este trabajo tienen como base el modelo de programación lineal entera (ILP, *integer linear programming*) propuesto en [9], añadiendo una restricción de distancia máxima entre BSs y MEC-DCs fijada a 50 km. En los experimentos presentados en esta sección se consideraron 1576 BSs, que corresponden a las antenas de Telefónica en toda Castilla y León, suponiendo inicialmente que el 1% de la población se conecta simultáneamente. A continuación, se analizan las tres estrategias de despliegue consideradas: conexiones WAN en estrella por provincia, conexiones WAN en anillo por provincia y conexiones WAN en anillo para toda la región.

4.1 Conexiones WAN en estrella por provincia

Esta opción aplica la formulación presentada en [9] para cada provincia de Castilla y León, de tal manera que se define un grupo o *cluster* independiente para cada provincia. Dado que cada provincia tiene una pasarela (o *gateway*) WAN, todos los MEC-DCs de una provincia se conectarán a su respectiva pasarela en una topología en estrella con enlaces directos y dedicados. La red obtenida con esta estrategia se ilustra en la Fig. 3 donde se pueden apreciar los enlaces entre BSs y MEC-DCs (*MEC links*) en color azul, los MEC-DCs como puntos rojos, los enlaces entre MEC-DCs y pasarelas WAN (*gateway links*) como líneas rojas, y las pasarelas WAN como estrellas verdes. Se pueden apreciar nueve grupos o *clusters*, correspondientes a las nueve comunidades autónomas de Castilla y León, cada una con una pasarela WAN en su capital.

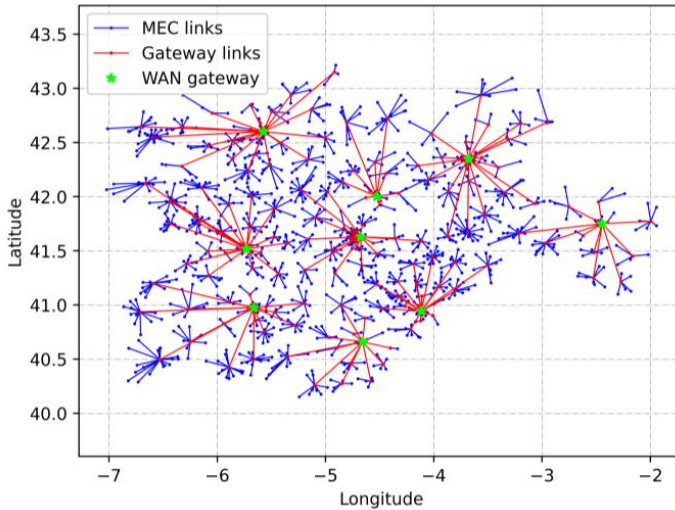


Fig. 3. Conexiones WAN en estrella por provincia.

4.2 Conexiones WAN en anillo por provincia

En este caso se mantienen todos los enlaces entre BSs y MEC-DCs del caso anterior, pero la diferencia es que los MEC-DCs y la pasarela de la respectiva provincia se conectan por medio de una topología en anillo, es decir, se conectarán todos los MECDCs y el nodo WAN entre sí con un ciclo cerrado que

pase una vez por cada punto. La optimización de rutas en anillo es un problema conocido como «problema del vendedor viajero» (TSP, *Traveling Salesman Problem*), y para ello hemos utilizado el algoritmo 2-opt [10]. La Fig. 4 ilustra el esquema de conexión en anillo de esta propuesta.

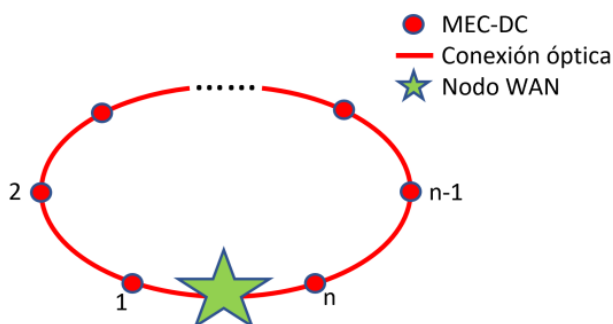


Fig. 4. Esquema de anillo por provincia.

Teniendo conexiones en anillo entre nodos WAN y MEC-DCs, es posible dotar a la red de cierta tolerancia a fallos respecto a cortes en las fibras, de tal manera que, si un enlace dentro del anillo deja de funcionar, la comunicación que inicialmente iba en un sentido del anillo puede continuar en el sentido opuesto y alcanzar aún su destino.

Es importante notar que para que sea posible aprovechar la ventaja mencionada, es necesario que cada MEC-DC tenga dos conexiones con la pasarela WAN; una en cada sentido del anillo. Asumimos que se utiliza una fibra en exclusiva para cada conexión entre el MEC-DC y la pasarela WAN. Por tanto, tener conexiones en ambos sentidos para cada MEC-DC es equivalente a tener, para cada uno, una fibra óptica que rodea completamente el anillo. Así las cosas, cada anillo debe tener en todo su recorrido al menos la misma cantidad de fibras que de MEC-DCs.

Como hemos usado para los experimentos cables de 24 fibras, la cantidad efectiva de cables que deberá desplegarse en el anillo estará dada por la ecuación (2).

$$n_{\text{cables_anillo}} = \lceil n_{\text{MEC-DCs}}/24 \rceil \quad (2)$$

De forma similar al caso anterior, la Fig. 5 muestra la red obtenida. En este caso las líneas rojas corresponden a las conexiones que forman los anillos de cada provincia.

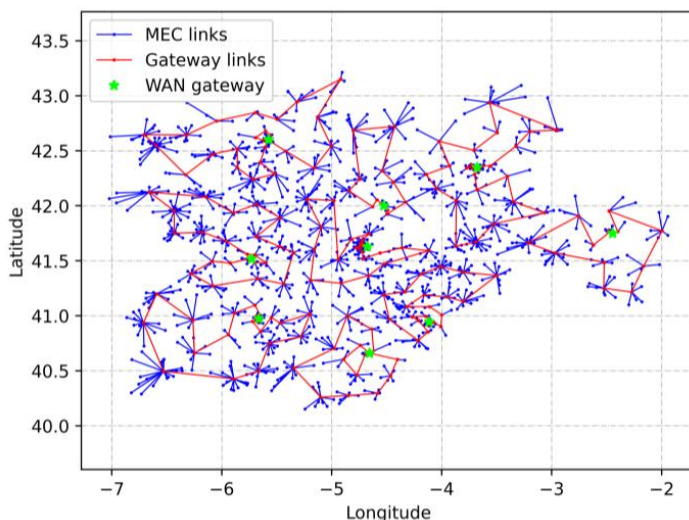


Fig. 5. Conexiones WAN en anillo por provincias.

4.3 Conexiones WAN en anillo para toda Castilla y León

En lugar de desplegar anillos para cada provincia, esta opción conecta todos los MECDCs obtenidos y las pasarelas WAN de toda la comunidad autónoma utilizando un solo anillo. Se siguen teniendo en cuenta las nueve pasarelas WAN de las capitales de provincia.

El cálculo de los cables de fibra en este caso es similar al anterior, a diferencia de que ahora no hay que contar la cantidad de MEC-DCs que hay en todo el anillo, sino los que hay entre cada nodo WAN y el siguiente a lo largo del anillo global, como se ilustra en la Fig. 6. De esta forma, cada MEC-DC está conectada a dos nodos WAN (primario y backup) y consigue ofrecer tolerancia respecto a cortes en las fibras (como en el caso anterior) y, además, respecto a fallos en un nodo WAN. De esta forma, consigue ofrecer mayor resiliencia que las opciones anteriores.

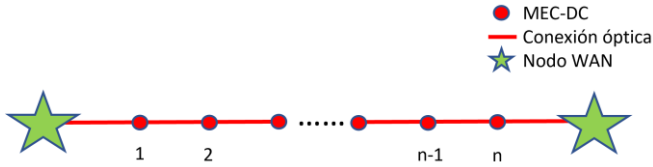


Fig. 6. MEC-DCs entre nodos WAN consecutivos.

En esta modalidad se determinará la cantidad de cables paralelos entre cada pareja de terminales WAN según la cantidad de MEC-DCs entre ellas, de manera similar a la ecuación (2). La Fig. 7 ilustra la red obtenida en este caso, se puede ver que, a diferencia del caso anterior, todas las pasarelas WAN y los MEC-DCs están unidos por un único anillo.

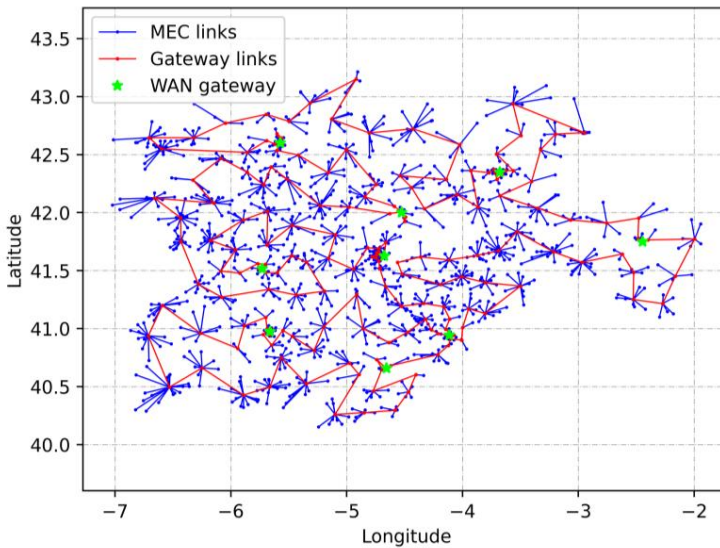


Fig. 7. Conexiones WAN en anillo para toda Castilla y León.

5 Análisis de resultados

En esta sección se comparan y analizan los resultados de las distintas estrategias de despliegue descritas anteriormente. La Tabla 1 resume los resultados de

los ejemplos de cada estrategia mostrados en la Sección 4. Se puede apreciar que las estrategias en anillo resultaron tener un menor coste asociado que la propuesta en estrella. Las tres opciones parten de la misma etapa inicial (la formulación de [9]) y lo único que varía es la forma de conectar MEC-DCs y terminales WAN, así que para todos los casos la cantidad y ubicación de servidores y MEC-DCs es igual. Es evidente que el mayor componente del coste es debido a la obra civil.

Para las propuestas en anillo, como se explicó anteriormente, existen casos en los que hay que desplegar varios cables de fibra por un mismo camino (cuando hay más de 24 puntos entre extremos), razón por la cual la longitud del cable es mayor a la longitud de la obra. Aunque el despliegue de varios cables implica un coste adicional, las propuestas de anillo siguen siendo menos costosas que la opción en estrella.

Estrella Provincias		Anillo Provincias	Anillo CyL
Obra civil (kms)	15 070.15	13 141.72	13 082.4
Cable (kms)	15 070.15	15 914.83	15 723.43
Servidores MEC	392	392	392
Coste obra civil (€)	226 052 250	197 125 800	196 236 000
Coste cable (€)	16 577 165	17 506 313	17 295 773
Coste servidores MEC (€)	11 760 000	11 760 000	11 760 000
Coste total (€)	254 389 353	226 392 048	225 291 788

Tabla 1. Comparación de resultados de las diferentes estrategias.

Como se mencionó anteriormente, utilizar conexiones en anillo entre MEC-DC y nodos WAN (dos últimos casos) implica una ventaja independiente de los costes, que no aparece cuantificada en la tabla, y es que, al implementar un lazo cerrado, la topología en anillo presenta mayor resistencia a fallos. En el caso del Anillo por provincias la resiliencia es frente al corte en una fibra mientras que el Anillo CyL protege frente al corte en una fibra y también frente al fallo de un nodo WAN.

Respecto a la tercera opción, en este caso la conexión de forma global a toda Castilla y León del modelo con conexiones en anillo resulta la menos costosa de

las tres, pues en este caso para desplegar el anillo que conecta todos los MEC-DCs y las pasarelas WAN, se requiere de una menor cantidad de fibra que para desplegar un anillo en cada provincia, aunque las cifras son bastante similares para los dos casos de conexiones en anillo. Adicionalmente, la opción del anillo global (CyL) es la opción que ofrece mayor nivel de protección frente a fallos.

Una comparación del coste total de los tres modelos para distintas fracciones de población conectada se muestra en la Fig. 8. Se puede ver que la tendencia se mantiene, siendo la opción en estrella la más costosa y las opciones de anillo presentan resultados similares entre sí, pero siempre menor coste que la opción en estrella. Al aumentar la población el coste sube, pues se hace necesario un incremento en la cantidad de servidores MEC para hacer frente al aumento de tráfico. El coste de las conexiones (obra y cables) se mantiene prácticamente igual ante variaciones de la población, razón por la cual aún para valores muy bajos de población conectada, el coste en todos los casos mantiene un valor considerable, pues lo único que disminuye al reducir la población es la cantidad de servidores mas no las conexiones.

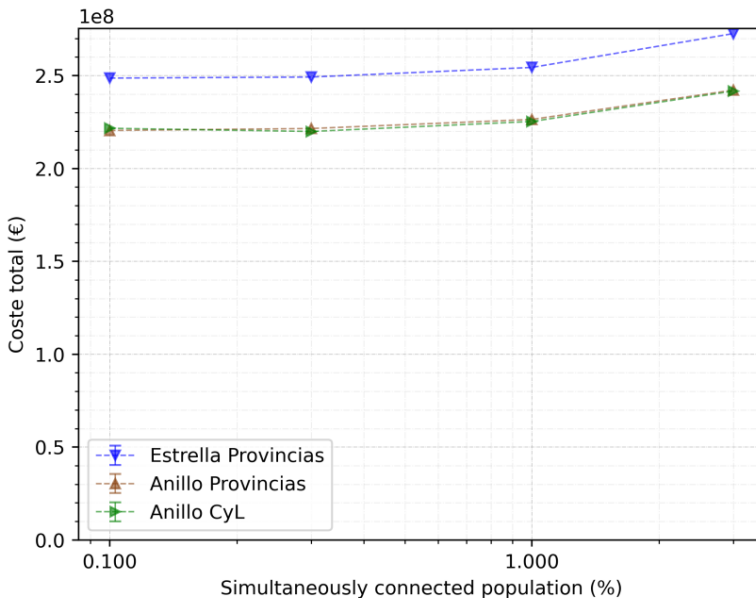


Fig. 8. Comparación de coste dependiendo de la población conectada.

6 Conclusiones

En este artículo se han presentado y comparado distintas estrategias para el despliegue de redes MEC en Castilla y León, dado que dicha área cuenta con una baja densidad de población y largas distancias a ser conectadas, el coste relacionado a las conexiones tiene especial importancia. Se tomó como base una red inicial de conexiones en estrella entre los MEC-DCs y la pasarela WAN de cada provincia, y se implementaron dos opciones adicionales introduciendo conexiones en anillo en dos distintas formas: anillos para cada provincia y un único anillo para toda Castilla y León. Los resultados mostraron que las soluciones en anillo implican un menor coste total, lo cual, añadido a las ventajas de tolerancia a fallos de la topología en anillo, hacen evidente la conveniencia de dichas implementaciones. Adicionalmente, para el escenario estudiado, la estrategia de conectar en un solo anillo toda la red resultó más conveniente que implementar anillos independientes para cada provincia, pues es la opción que mayor nivel de protección ofrece.

Agradecimientos

La investigación desarrollada en este artículo ha sido financiada por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional FEDER a través del proyecto DISRUPTIVE del Programa Interreg V-A España-Portugal (POCTEP) 2014-2020, la Consejería de Educación de Castilla y León y el FEDER (VA231P20), y el Ministerio de Ciencia e Innovación y la Agencia Estatal de Investigación (Proyecto PID2020-112675RB-C42 financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y RED2018-102585-T). Las opiniones son de exclusiva responsabilidad de los autores que las emiten.

Referencias

1. Atzori L., Iera A., Morabito G.: The Internet of Things: A survey. *Computer Networks*. 54, 2787-2805 (2010).
2. Hu Y.C., Patel M., Sabella D., Sprecher N., Young V.: Mobile Edge Computing A key technology towards 5G. ETSI White Paper No 11 Mobile. 1-16 (2015).

- C. Anzola-Rojas, R. J. Durán, I. de Miguel, J. Parra-Domínguez, A. Gil-Egido, N. Merayo, J. C. Aguado, P. Fernández y E. J. Abril / *Comparativa de estrategias de despliegue de redes MEC en Castilla y León*
3. Anzola-Rojas C., Durán Barroso R.J., De Miguel I., Parra-Domínguez J., Chaves A.: Multi-access Edge Computing: Características y aplicación en entornos rurales de baja densidad de población. III Workshop on Disruptive Information and Communication Technologies for Innovation and Digital Transformation, 59-75 (2022).
 4. Infoantenas, <https://antenasgsm.com/> (2021).
 5. Instituto Nacional de Estadística. Cifras oficiales de población de los municipios españoles: Revisión del Padrón Municipal, https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736177011&menu=resultados&idp=1254734710990 (2022).
 6. Dell. Servidor para rack 1U PowerEdge R340 para pequeñas empresas | Dell España, https://www.dell.com/es-es/work/shop/productdetailstxn/power-edge-r340#techspecs_section (2021).
 7. USTelecom, Dig Once: A Solution for Rural Broadband – USTelecom, <https://www.ustelecom.org/dig-once-a-solution-for-rural-broadband/> (2021).
 8. Fibercomm. CABLE 1X24 FIBRA ÓPTICA SM(9/125) INT/EXT, FIBRA DE VIDRIO, HLFR | Fibercom, <http://tienda.fibercom.es/cable-1x24-fo-sm-9-125-interior-exterior-fibra-de-vidrio-hlfr.html> (2021).
 9. Anzola-Rojas C., Barroso R.J.D., De Miguel I., Merayo N., Aguado J.C., Fernández P., et al.: Joint Planning of MEC and Fiber Deployment in Sparsely Populated Areas. 25th International Conference on Optical Network Design and Modelling, ONDM, 5-7 (2021).
 10. Croes G.A. A Method for Solving Traveling-Salesman Problems. *Oper Res.* 6: 791-812 (1958).

VISUALIZACIÓN INTELIGENTE PARA MAQUINAS- HERRAMIENTA: SOPORTE A LA TOMA DE DECISIONES*

SMART VISUALIZATION FOR MACHINE-TOOLS: SUPPORT FOR DECISION-MAKING

Laura SANZ , Marta GALENDE ,
Anibal REÑONES , and Antonio CORRAL 

CARTIF Centro Tecnológico, Boecillo, Valladolid, España

{laumar, margal, aniren, antcor}@cartif.es

RESUMEN: Uno de los principales avances que ha surgido a raíz de la implantación de la conocida como Industria 4.0 en las pymes de CastillaLeón es la cada vez mayor disponibilidad de datos relacionados con el funcionamiento de los medios productivos que utilizan. Sin embargo, esta alta disponibilidad de datos no suele ser aprovechada por la empresa de forma sistemática por múltiples razones. Es entonces cuando la empresa detecta la necesidad de disponer de un sistema informático de análisis inteligente de datos que permita transformar los datos que recoge y almacena en información/conocimiento que de soporte a los expertos de dominio en sus procesos de toma de decisiones.

Con el objetivo final de poner en valor los datos disponibles en la industria se busca desarrollar una interfaz gráfica de visualización inteligente de datos que ayude a extraer conocimiento de los mismos. El presente artículo presenta la interfaz gráfica *ad-hoc* generada por Fundación CARTIF <https://www.cartif.>

* La investigación desarrollada en este artículo ha sido financiada por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional FEDER a través del proyecto DISRUPTIVE (Dinamización de los Digital Innovation Hubs dentro de la región PocTep para el impulso de las TIC disruptivas y de última generación a través de la cooperación en la región transfronteriza) del Programa Interreg V-A España-Portugal (POCTEP) 2014-2020 (0677_DISRUPTIVE_2_E). Las opiniones son de exclusiva responsabilidad de los autores que las emiten.

es, con el objetivo de explotar los datos disponibles de una máquina-herramienta que está siendo monitorizada en continuo. Dicha interfaz permitirá a personal no experto en el análisis inteligente de datos, visualizar de forma sencilla los datos asociados a una máquina-herramienta para así detectar fácilmente las tendencias, los valores atípicos y los patrones en los datos.

PALABRAS CLAVE: industria 4.0; visualización inteligente; máquina; herramienta.

ABSTRACT: One of the main advances that has arisen as a result of the implementation of what is known as Industry 4.0 in SMEs in Castilla-León is the increasing availability of data related to the operation of the production means they use. However, this high availability of data is not usually taken advantage of by the company in a systematic way for many reasons. This is when the company detects the need for a computer system for intelligent data analysis that allows transforming the data it collects and stores into information/knowledge that supports the domain experts in their decision-making processes. With the ultimate goal of making the most of the data available in the industry, the aim is to develop a graphical interface for intelligent data visualization that helps to extract knowledge from data. This article presents the ad-hoc graphic interface generated by CARTIF with the aim of exploiting the data available from a machine-tool that is being continuously monitored. This interface will allow non-experts in intelligent data analysis to easily visualise the data associated with a machine-tool in order to easily detect trends, outliers and patterns in the data.

KEYWORDS: industry 4.0; smart visualization; machine-tool.

1 Introducción

Se conoce con el nombre de Análisis Inteligente de Datos a aquellos procesos basados en analizar diversas fuentes de datos, transformarlas en información y extraer el conocimiento útil, válido y relevante que puedan contener. Dentro del dominio de la Industria 4.0 estos procesos de extracción de conocimiento están siendo aplicados con éxito por diversas empresas que buscan mejorar sus procesos de fabricación y dar un valor añadido a su actividad [2, 1, 6, 3].

Una de las formas más eficientes para que los datos almacenados por el sector industrial se conviertan en información valiosa es encontrar la forma correcta de visualizarlos. De esta forma cualquier persona del equipo de trabajo será capaz de interpretarlos, sacar conclusiones de ellos y tomar decisiones que ayuden a aumentar la eficiencia operativa de la empresa [9, 7].

Con esta idea en mente, dentro del proyecto DISRUPTIVE (0677_DISRUPTIVE_2_E <https://disruptive.usal.es>), se ha llevado a cabo un caso de uso centrado en desarrollar una interfaz de visualización inteligente con gráficos sencillos de entender, que pueda ser utilizada por el personal de una empresa del sector industrial para extraer información/conocimiento de los datos que están siendo almacenados y que, por distintas razones, no son puestos en valor. En concreto, el caso de uso aquí presentado se centra en estudiar el comportamiento de una máquina-herramienta [8] operada mediante control numérico a través del análisis de los datos asociados a la misma, tanto de fabricación (qué piezas mecaniza la máquina) como de monitorización en continuo (cómo lo hace).

Para validar el desarrollo realizado se utilizan datos procedentes de máquina-herramienta propiedad de Industrias Maxi, <https://www.industrias-maxi.es>, una empresa que dispone de un área de mecanizado dedicada a fabricar piezas tanto para clientes externos (en sectores como automoción, agrario y artes gráficas principalmente) como para las estructuras de sus máquinas especiales que desarrollan para sus proyectos llave en mano (utillajes, automatización y soluciones integradas). Actualmente el parque de máquinas-herramienta disponibles en la empresa está formado por 12 fresadoras (de las cuales se han seleccionado 2) y 6 tornos de diferentes fabricantes, tamaño y antigüedad.

Aplicar estas técnicas a este tipo de máquinas constituye un reto debido a que su forma de trabajo es muy variable por no usarse para fabricar en serie la misma pieza sino una gran variedad de las mismas como moldes de embutición o utillaje a medida.

El resto del artículo se organiza como sigue: las secciones 2 y 3 presentan los objetivos generales y la metodología aplicada en el desarrollo de la interfaz gráfica respectivamente. La sección 4 presenta el caso de uso concreto que ha inspirado el desarrollo mientras que la sección 5 presenta las interfaces de visualización inteligente desarrolladas en este caso de uso. Finalmente la sección 6 presenta las principales conclusiones obtenidas.

2 Exploratory Data Analysis: motivación y metodología

A la hora de abordar proyectos enfocados a extraer conocimiento de los datos (*Knowledge Discovery from Data*) saber realizar un buen análisis exploratorio de datos (*Exploratory Data Analysis*) es fundamental. Esta tarea inicial centrada en comprender los datos va a permitir al analista de datos familiarizarse con los datos, identificar problemas de calidad en los mismos, describir conocimiento preliminar y formular hipótesis relacionados con la posible información oculta en los datos.

Sin embargo, para poder aprovechar al máximo los resultados de este estudio inicial de los datos es imprescindible el soporte de los expertos de dominio, en nuestro caso del personal directamente involucrado en la fabricación de piezas mediante máquina-herramienta. Aparece entonces la necesidad de disponer de herramientas e interfaces gráficos que estos expertos de dominio, no expertos en el tratamiento de datos, puedan utilizar de forma sencilla.

El objetivo principal de este caso de uso es proporcionar herramientas de visualización de datos provenientes de máquinas-herramienta basadas en CNC (control numérico por computadora), que den soporte digital al trabajo inicial que deben realizar conjuntamente los expertos de dominio y los expertos en análisis de datos en los proyectos en los que se realiza Análisis Inteligente de Datos. Para poder alcanzar este objetivo principal se propusieron los siguientes objetivos específicos:

- O1 Analizar todas aquellas variables del entorno de una máquinas-herramienta que sean medibles y pudieran estar directamente relacionadas con los diferentes modos de funcionamiento/fallo de la máquina.
- O2 Aplicar distintas técnicas de tratamiento y pre-procesamiento de datos que permitan obtener un conjunto de datos útil y de calidad para su posterior visualización.
- O3 Desarrollar una herramienta de visualización de datos que permita identificar, de forma sencilla y visual, los patrones en los datos con los diferentes tipos de funcionamiento y las alteraciones/anomalías con los diferentes tipos de fallo.

La metodología de trabajo planteada en este caso de uso englobó la realización de las siguientes acciones:

- A1 *Selección de datos*. Actividad destinada a seleccionar todas las fuentes de información disponibles relacionadas con el uso y funcionamiento de una máquina-herramienta. Se seleccionan señales provenientes tanto de la propia máquina (consumo eléctrico, velocidad angular, velocidad de avance, etc) como de su uso (tiempos de inicio y parada, tipo de actividad/tarea/incidencia, etc.) que permitan ofrecer información del estado de salud, en este caso de la herramienta.
- A2 *Preparación de los datos*. Actividad destinada a fusionar las distintas fuentes de información disponibles, homogenizando los formatos de los datos y resolviendo las posibles incoherencias que pudieran aparecer.
- A3 *Generación ad-hoc de gráficos*. Se analizan los distintos tipos de gráficos disponibles más comúnmente utilizados, seleccionando en cada caso el más conveniente (sencillo e interpretable) según el objetivo perseguido y las características propias de la variable analizada.

COMPRENDER LOS DATOS

	Tipo de variable	Tipo de gráfica
Cualitativa	Menos de 5 categorías	Gráfico circular
	Entre 5 y 25 categorías	Gráfico de barras
	Más de 25 categorías	Tabla de frecuencias
Cualitativa VS Cualitativa	Menos de 15 categorías en ambas variables	Gráfico de barras apiladas
	Más de 15 categorías en al menos una de las variables	Tabla de frecuencias
Cuantitativa	(todas)	Diagrama de caja Histograma
	Serie temporal	Gráfico de series temporales

CALIDAD DE LOS DATOS

	Tipo de variable	Tipo de gráfica
Cualitativa	(todas)	Gráfico de barras Mapa de calor
Cuantitativa	(todas)	Gráfico de barras Mapa de calor
	Serie temporal	Diagrama de caja

Tabla 1. Propuesta de gráficas a generar según actividad y tipo de variable.

A4 Interfaz de visualización. Desarrollo de una herramienta de visualización inteligente de los datos.

3 Generación ad-hoc de gráficas: propuesta

Como se ha mencionado previamente, uno de los objetivos propuestos en este caso de uso es el de definir, en función del tipo y la cantidad de variables que se quiera analizar, el tipo de gráfico más adecuado que deberá mostrarse en la interfaz de visualización inteligente para que cualquier usuario final pueda interpretarlo fácilmente. A su vez, el tipo de gráfico dependerá también del objetivo perseguido, distinguiendo entre comprender los datos o determinar la calidad del conjunto de datos disponible.

Tras analizar los principales tipos de gráficos disponibles y los más comúnmente utilizados [4, 5] se seleccionaron aquellas representaciones visuales que resultaron ser más conveniente para nuestro caso de uso, por su sencillez de interpretación. La Tabla 1 muestra la propuesta concreta realizada para el caso de uso que nos ocupa, en función del objetivo perseguido y del número de variables implicadas en el análisis. Posteriormente en la sección 5 se mostrarán algunas pantallas de ejemplo relacionadas con estas gráficas.

4 Caso de estudio: máquina-herramienta

La interfaz inteligente de visualización descrita en este artículo se ha validado utilizando datos provenientes de máquinas-herramienta propiedad de Industrias Maxi. Más concretamente se trata de dos máquinas-herramienta MAZAK VTC 800 de 10 años de antigüedad que se utilizan para realizar piezas seriadas y utillaje, y a las que denominaremos MAZAK-1 y MAZAK-2 de ahora en adelante¹. Una de estas máquinas-herramienta, MAZAK-1, están siendo monitorizadas en continuo a través de sondas efecto hall que permiten medir el consumo eléctrico requerido por los cinco motores que guían los movimientos de la herramienta en sus ejes X, Y, Z, B y S. Estos ejes de movimiento suelen estar presentes en la mayoría de las máquinas-herramienta basadas en CNC (control numérico por computadora), por lo que la metodología aquí aplicada es fácilmente extrapolable a otras empresas que dispongan de máquinas-herramienta similares.

Actualmente se dispone de dos fuentes de información principales relacionadas con las máquinas-herramienta mencionadas (2):

- **Datos de fabricación:** son datos relacionados con el tipo de pieza fabricada en cada momento por la máquina. Entre otros datos se almacenan la fecha y hora inicial y final del proceso, su tipo, referencia, cliente, o incluso el identificador del operario. Este tipo de datos están disponibles en ambas máquinas-herramienta, MAZAK-1 y MAZAK-2.
- **Datos de monitorización:** son datos en streaming (5000Hz) que son procesados para obtener un valor cada 2 segundos, relacionados con el consumo eléctrico de los motores en los cinco ejes de movimiento (X,Y,Z,B,S). Concretamente se monitorizan el valor RMS de la intensidad de corriente (I_{RMS}), medida en Amperios (A), y la frecuencia de la corriente (f), medida en Hercios (Hz). Según los expertos de dominio estas son las medidas que podrían verse alteradas en el caso de que la máquina herramienta sufra un fallo. Este tipo de datos están disponible solo para la máquina-herramienta MAZAK-1.

¹ Datos obtenidos gracias al proyecto MEDEA4.0 “Modelo predictivo de diagnóstico y optimización de la vida útil remanente en máquina-herramienta aplicado al sector de automoción” financiado por el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, exp. AEI-010500-2018-15.

La tabla 2 muestra el número de variables disponibles en cada caso, así como su tipo y su número, una vez realizada la selección de datos y el preprocesado inicial de los mismos (eliminando del estudio aquellas variables que no contienen valores o que tienen un valor constante y resolviendo las incoherencias). Todos los datos han sido registrados entre marzo de 2019 y febrero de 2021.

5. Smart Visualization: interfaz de visualización

Se presenta a continuación la interfaz visual implementada que va a permitir a los responsables de fabricación de una máquina-herramienta interpretar fácilmente las grandes cantidades de datos disponibles. Para ello se han desarrollado gráficos interactivos que ayudan al usuario final a interactuar con los datos para obtener información/conocimiento de los mismos.

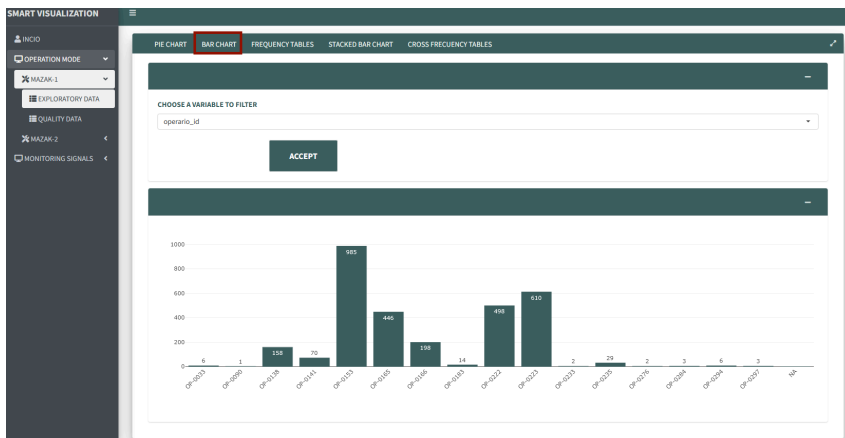
DATOS DE FABRICACIÓN		MAZAK-1	MAZAK-2
Tipo	Nombre	#registros	#registros
Cualitativas	<i>Plano, Calidad, Operario, OPJP, Material, Actividad</i>	3031	3040
Cuantitativas	<i>NMaquinas</i>		
DATOS DE MONITORIZACIÓN		MAZAK-1	MAZAK-2
Tipo	Nombre	#registros	#registros
Cuantitativas	<i>I.RMS_X, I.RMS_Y, I.RMS_Z, I.RMS_B, I.RMS_S, f_X, f_Y, f_Z, f_B, f_S</i>	3862655	0

Tabla 2. Máquinas-herramienta: variables disponibles.

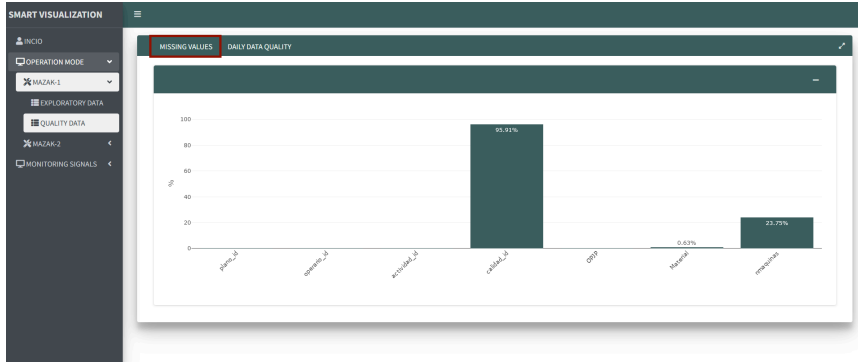
Para diseñar y desarrollar la interfaz gráfica se ha utilizado el lenguaje de programación R, usando RStudio como entorno de desarrollo integrado. Más concretamente, la aplicación web se ha desarrollado utilizando el paquete Shiny y librerías como *plotly* <https://plotly.com/> y *echarts4r* <https://echarts4r.john-coene.com/>

En primer lugar se implementan las gráficas asociadas a los datos de fabricación (*OPERATION MODE*) de las máquinas-herramienta, aplicando la propuesta presentada en 3. La Figura 1 muestra un ejemplo de las gráficas generadas en este caso, en concreto:

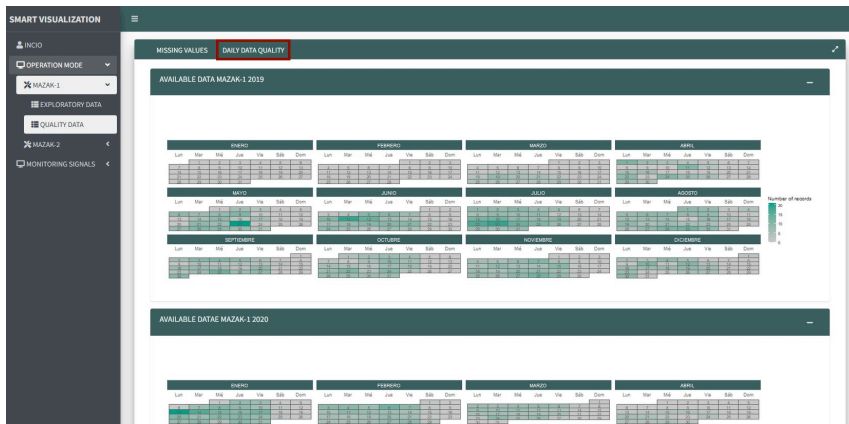
- gráfico de barras generado sobre una variable cualitativa (*Operario*) que tiene entre 5 y 25 categorías. Este tipo de gráficas le permite al usuario entender lo que representa el dato graficado y conocer los valores concretos que toma la variable.
- gráfico de barras representando el porcentaje de valores perdidos (*MIS-SING VALUES*) en todo el conjunto de datos, como métrica asociada a su calidad. En general aquellas variables con un alto porcentaje de valores perdidos se consideran variables de baja calidad y no deberían ser utilizadas para realizar tareas de modelado a partir de datos.
- mapa de calor, en forma de calendario, representando la cantidad diaria de datos disponibles (*DAILY DATA QUANTITY*), también como métrica asociada a la calidad de los datos. En este sentido cualquier conocimiento extraído a partir del análisis realizado tendrá más credibilidad cuanto mayor sea la cantidad de datos disponibles y más uniformemente distribuidos en el tiempo estén. Esta propiedad es realmente interesante sobre todo al analizar datos en continuo.



(a) Gráfico de barras



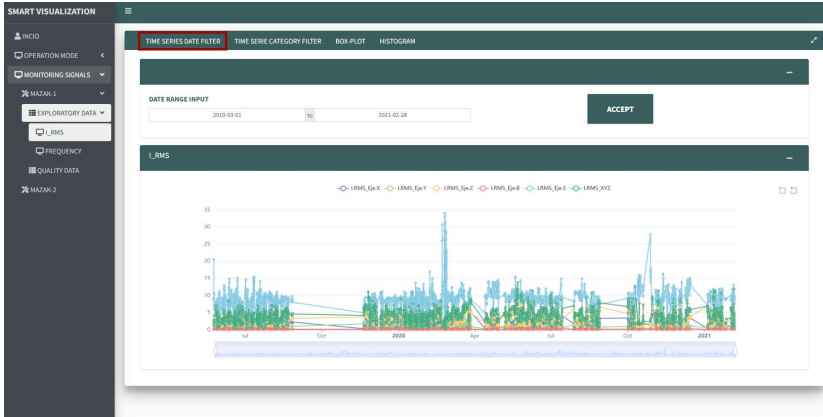
(b) Gráfico de barras: valores perdidos



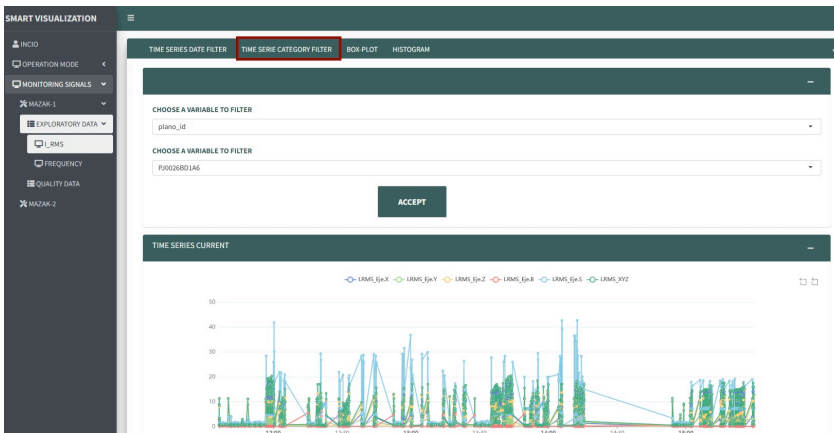
(c) Mapa de calor

Fig. 1. Herramienta de visualización. Datos de fabricación.

Por otro lado, para la visualización de los datos de monitorización (*Monitoring Signals*) se implementan gráficas interactivas de series temporales, sobre las que el usuario puede aplicar distintos criterios de filtrado, diagramas de caja e histogramas. La Figura 2 muestra un ejemplo de las gráficas generadas en este caso.



(a) Serie temporal filtrada por fecha.



(b) Serie temporal filtrada por valor de Plano

Fig. 2. Herramienta de visualización. Datos de monitorización.

Por último, con la finalidad de poder analizar la calidad de los datos, la herramienta ofrece la posibilidad de visualizar tanto la cantidad de datos diario como la frecuencia de actualización de dichos datos, utilizando mapas de calor en forma de calendario y diagramas de caja respectivamente. La Figura 3 muestra un ejemplo de estos últimos.

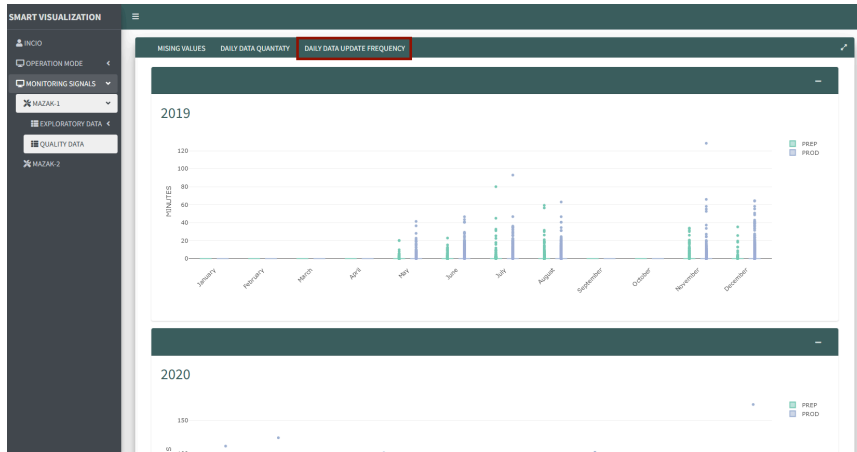


Fig. 3. Herramienta de visualización. Frecuencia de actualización de datos de monitorización.

7 Conclusiones

El principal objetivo del caso de uso aquí presentado, y que forma parte del proyecto DISRUPTIVE, es dotar al usuario final de una herramienta de visualización con la que pueda interactuar y visualizar de forma sencilla y clara los datos que son almacenados por las empresas a lo largo del tiempo y que muchas veces no son puestos en valor. Se quiere demostrar que mejorar las interfaces de visualización de datos, haciéndolas más inteligentes y autónomas, es fundamental para dar un buen soporte a los procesos de toma de decisiones. El presente artículo ha presentado, de forma resumida, como se ha llevado a cabo la implementación del caso de uso dentro de una empresa como Industrias Maxi, propietaria de varias máquina-herramienta, presentando la metodología general desarrollada y los resultados obtenidos. Se ha desarrollado una interfaz gráfica inteligente capaz de generar distintos tipos de gráficos sencillos y fáciles de interpretar, que permiten al usuario tomar decisiones disponiendo de la mayor cantidad de información posible, incluyendo una medida de calidad de dicha información. La interfaz gráfica desarrollada es directamente extrapolable a otras máquinas-herramienta de la empresa, y con pequeñas adaptaciones, a cualquier otra máquina o procesos de la empresa en el que se recopilen datos.

Referencias

1. Çınar, Z.M., Nuhu, A.A., Zeeshan, Q., Korhan, O., Asmael, M., Safaei, B.: Machine learning in predictive maintenance towards sustainable smart manufacturing in industry 4.0. *Sustainability* 12(19), 8211 (oct 2020). <https://doi.org/10.3390/su12198211>
2. Dogan, A., Birant, D.: Machine learning and data mining in manufacturing. *Expert Systems with Applications* 166, 114060 (mar 2021). <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.114060>
3. Gertosio, C., Dussauchoy, A.: Knowledge discovery from industrial databases. *Journal of Intelligent Manufacturing* 15(1), 29-37 (feb 2004). <https://doi.org/10.1023/b:jims.0000010073.54241.e7>
4. Kabacoff, R.: *Data Visualization with R*. Opensurce (2020), <https://rkabacoff.github.io/datavis/>
5. Kabacoff, R.: *R in Action*. Manning (2015), https://www.ebook.de/de/product/20661820/robert_kabacoff_r_in_action.html
6. Lenz, J., Wuest, T., WestkÄmpfer, E.: Holistic approach to machine tool data analytics. *Journal of Manufacturing Systems* 48, 180-191 (jul 2018). <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.03.003>
7. Myatt, G.: *Making sense of data : a practical guide to exploratory data analysis and data mining*. Wiley-Interscience, Hoboken, N.J (2007).
8. Tlusty, J.: *Manufacturing processes and equipment*. Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ (2000).
9. Zhou, F., Lin, X., Liu, C., Zhao, Y., Xu, P., Ren, L., Xue, T., Ren, L.: A survey of visualization for smart manufacturing. *Journal of Visualization* 22(2), 419-435 (nov 2018). <https://doi.org/10.1007/s12650-018-0530-2>

TOWARDS A MASSIVE DATA-TASK ECONOMY AND ITS RELATIONSHIP WITH THE INFORMATION ECONOMY AND SOCIETY IN FRONTIER AND PERIPHERAL TERRITORIES

RUMBO A UNA ECONOMÍA DE DATOS MASIVOS Y SU RELACIÓN CON LA ECONOMÍA Y LA SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN EN LOS TERRITORIOS FRONTERIZOS Y PERIFÉRICOS

Javier PARRA-DOMÍNGUEZ¹ , Andrea GIL-EGIDO¹ , Jonas QUEIROZ² , Paulo LEITÃO²  and Fernando DE LA PRIETA¹ 

¹ *BISITE Research Group. University of Salamanca, Edificio Multiusos I+D+i, Calle Espejo, 2, 37007, Salamanca, Spain*
{javierparra, age, fer}@usal.es

² *CeDRI Research Centre, Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal*
jonas.queiroz@fe.up.pt, pleitao@ipb.pt

ABSTRACT: This article motivates a historical review of the evolution of the information economy and the data economy or massive task. The implications are drawn from the study make us assess the step toward the new industrial revolution and its technological capacity in border and peripheral territories because of the current state of digital transformation. Throughout the work, we ask ourselves about the place of technological evolution in border and peripheral territories, responding to this concern related to the progress of these areas by highlighting the main factors of non-evolution such as the theoretical barriers of borders, the different societies and rates of progress concerning social and economic changes and the new geography and geopolitics of digital globalization. To fight against the above factors, the result of the review is that it is necessary to deepen the development and innovation of the area, the creation of infrastructures, the

dissemination of organizational models based on and adapted to the logic of related technologies and the establishment of regulations and institutions appropriate to the existing technological paradigm.

KEYWORDS: information economy; massive data-task economy; border and peripheral territories.

RESUMEN: Este artículo muestra la revisión histórica de la evolución de la economía de la información y la economía de datos o tarea masiva. Las implicaciones que se extraen del estudio nos hacen evaluar el paso hacia la nueva revolución industrial y su capacidad tecnológica en los territorios fronterizos y periféricos debido al estado actual de transformación digital. A lo largo del trabajo nos preguntamos por el lugar de la evolución tecnológica en los territorios fronterizos y periféricos, respondiendo a esta inquietud relacionada con el progreso de estas áreas destacando los principales factores de no evolución como son las barreras teóricas de las fronteras, las distintas sociedades y ritmos de avance en torno a los cambios sociales y económicos y la nueva geografía y geopolítica de la globalización digital. Para luchar contra los factores anteriores, el resultado de la revisión es que es necesario profundizar en el desarrollo y la innovación del territorio, la creación de infraestructuras, la difusión de modelos organizativos basados y adaptados a la lógica de las tecnologías afines y el establecimiento de regulaciones e instituciones adecuadas al paradigma tecnológico ya existente.

PALABRAS CLAVE: economía de la información; economía de tareas masivas de datos; territorios fronterizos; territorios periféricos.

1 Introduction

In the last three decades of the twentieth century, we can notice some significant changes in the capitalist society of the time, these changes were characterized by their great depth in the socio-economic impact of the time and their basis in the productive development of new technologies, because of this characterization, the classification of these changes as two technological revolutions began to be popularized through media discourses [10, 2, 26, 23]

sometime later, some experts in the field came to the consensus of defining them as two industrial revolutions [1, 7]. To establish context, we understand the industrial revolution process to be underpinned by: first, a set of fundamental technical changes in the production and distribution of goods [20], together with, second, a group of significant social and cultural differences [24].

We must highlight the significant difference between the first (18th) and second (19th) industrial revolutions of these last two revolutions. The focus of these ruptures is very different, giving greater importance to scientific knowledge as a driving instrument for technological, economic and social development. This can be seen in the direction of the changes and advances of the breakthroughs closest to our time, such as the invention of the microprocessor and the exponential growth of processing (1971), or the generation of deoxyribonucleic acid (DNA) sequencing methods and the genetic modification of living organisms (1977). In the first half of the 1970s, major historical events took place that marked a turning point in the world economy [16], including the collapse of the Bretton Woods international financial system [11], due to the abandonment of the gold standard by the United States [12]. Despite all this, the advanced industrialized countries managed to keep the global economy from collapsing in the post-1973 crises, «they were, on the whole, richer and more productive than in the early 1970s, and the world economy of which they remained the central core was much more dynamic» [14].

That period was not only characterized by significant changes in productivity as the relationship between capital and labour and the labour force but also new points began to be worked out in terms of regularization and commodification, expanding the exploitation of resources, the entry of a natural and effective economic and trade globalization, the construction of new legal frameworks in the different markets, are some of the changes and transformations that stand out to defend the idea of the industrial revolution in this era (Mokyr, 2018). Since the concept of the industrial revolution has received significant criticism, in theory, it is a social and economic rupture based on the irruption of a specific radical technological innovation, which over time expands and overflows these innovations globally. However, the criticism focuses on a «European superiority», as this overflow, on numerous occasions, does not reach the globality of which the theoretical framework speaks [22].

This raises several questions about the nature and extent of the transformations in society, economy and culture and whether they represent a significant enough rupture to be considered an industrial revolution. Answering these questions would entail an arduous and extensive analysis, so this study will focus on showing the effects and evolution of the economy and society due to these waves of digitalization in cross-border and peripheral territories. For the development of the work and following this introduction, we will introduce the current reality of the economy and society in section two. Section three will link this reality with that of the cross-border and peripheral areas, and we will end with some conclusions.

2 Current reality of the economy and society

2.1 Information and Knowledge Economy-Society

We understand the information society as a concept that highlights the consideration that the production, multiplication and distribution of information is the constituent principle of today's organizations [27]. This refers to the new role that technology plays in this context, assigning it a position of great importance in the social order and situating it as an engine of economic development [3].

Suppose we focus more closely on the context and situate ourselves in the European sphere. In that case, we can observe how a conceptual change has been generated from information to knowledge over the last few decades, considering it as the structuring principle of modern society. This conceptual change is of great importance in modern societies, as it has a tremendous evolutionary impact in terms of education, economic structures and markets.

When we study these terms, we can check the significant link they have with globalization, highlighting the political and ideological constructions which were affected most rapidly in the search to create an open, global and automated market paradigm. Of its resulting consequences, the most well known and most pointed out result in the socio-economic sphere is the deepening of the gaps between rich and poor societies, noting that these gaps are also observed within the organizations themselves, with significant differences between rich and poor [13].

In the late 1990s, the term knowledge society was coined, which seeks to incorporate other areas and thus achieve a more comprehensive conception so as not to be linked only to the economic dimension and to show a broader scope of the study [8]. It is currently considered to summarize the transformations taking place in modern society and serves to analyze these transformations. For all these reasons, we understand that information and knowledge societies are characterized by this digitalization or wave of digitization, where information, communication and knowledge predominate in the economy and all human activities.

2.2 Features of today's Information and Knowledge Economy Society

First of all, we must consider a question that is currently driving reality: «science and technology in mutual feedback, constantly creating, force continuous innovation in all fields: scientific, technological, organizational at all levels and also axiological» [5]. We find ourselves at a time when new sciences and technologies are developing more and more. However, at the same time, they are still tied to a world of values, ideologies, religions and axiologies that can slow down or harm this development.

The spheres of social and economic life have been gradually transformed due to information technology, as it has enabled the development of interconnected networks as an expansive and dynamic form of organization of social and human activity. These networks allow and facilitate a globalized economy based on innovation, competitiveness and efficiency, which in turn seeks to generate wealth, giving rise to a context where culture, knowledge, and technology feedback are significant players in the economic performance of societies [25].

Technical-productive changes

Businesses and the economy are subject to a new production system, with the corresponding implications and transformations in the workplace. This new system is closely dependent on the capacity to generate, process, and apply everything that technological innovations in the fields of information and knowledge bring us, such as the application of new energy sources, inventions,

or new basic materials. The adoption of digitalization, automation and ratification has enabled production processes to reach higher optimization levels in their work. A correct combination of these, with workers specialized in different fields, allows companies to get unthinkable production levels decades ago [17].

Moreover, we must not forget that we are in an organization on a global scale, either through a network of links between economic agents or in a more direct way. «Access by global networks of capital, management and information to technological knowledge constitutes the basis of productivity and competition». [4]. With such changes, we find that, at present, industrial technology capital and financial capital are increasingly interdependent, creating what some consider to be a network of capital networks.

In terms of work, we can observe a tendency toward more individualized work processes, with a diversity of related tasks, resulting in multiple occasions in the loss of their collective identity, individualizing skills, working conditions, interests and projects; this is due to, in part, to the increasing emergence of new occupations. The flexibility and continuous change we observe in processes and markets introduce flexibility also in the labour market and work, creating a new type of worker with a temporary and part-time job. This individualization has also pushed workers to build teams to maintain and expand knowledge, seeking accurate communication and solidarity, resulting in improved working conditions and work optimization.

Social-cultural and institutional-political changes

We find ourselves at a time when the nation-state is still struggling not to lose its place in the face of the continuing advance of global capitalism. We can see a perspective where states function more like components of a worldwide system than sovereign states, leading to a contradictory situation. The more they represent their identity, the less effective they are on a global scale and vice versa. Globality in sovereignty has its pros and cons, so each state has to consider how it wants to position itself for actual effectiveness to be achieved.

The social change that these digital and global firms are bringing about is the idea that there is no need for identities. This idea has been so widespread that counter social movements have been created that fight for the resistance

of identities, refusing to be erased by global flows and radical individualism. These movements do not communicate with the state except to fight and negotiate for their interests and often do not see themselves represented by states.

The new social structure is fully linked to globalization and digital and technological development, creating and combining new digital forms, giving rise to the need for greater regulation of digital giants and global powers [9]. In addition, these changes have also led to greater awareness and the pursuit of citizen empowerment and participatory and direct democracy.

3 Linking up with border and peripheral areas

All the changes and evolutions shown in the previous section have led us to find ourselves in a new socio-economic paradigm, a paradigm that has greatly influenced all aspects related to the state. A very interesting object of study to see how this new framework has influenced together with the continuous globalization we are suffering is the study of borders and markets between nations, in this way we will be able to see in a real way how the points previously exposed are represented in the nations.

As has been explained, today's globalized society is predominant, creating situations in which states are seen more as components of a global system, and there are circumstances in which the identity of each nation can be lost. Under these circumstances, we can observe that on many occasions and in some geographical regions, the theoretical barriers of borders or cross-border areas are blurred and even disappear due to the similar adaptation of the different societies to social and economic changes. We are facing new geography and geopolitics of digital globalization, where territorial borders give way to other border zones, marked not by territories but by the development and innovation of the area [6]. All this causes the population to have greater awareness and trust in international policies and institutions than in national ones, as we can see in the following graph; therefore, we can affirm that the paradigm shift affects all socio-economic levels.

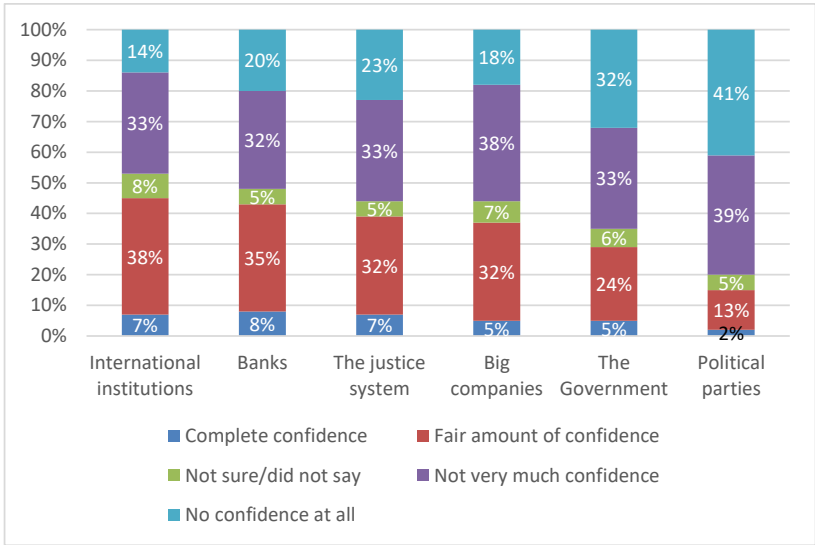


Fig. 1. Level of confidence people from select countries have in national and international institutions, as of July 2018.

A great example of these new frontiers would be the OECD, an Organization for Economic Co-operation and Development, an international cooperation body composed of 38 states (2022) from 4 different continents, aiming to coordinate their economic and social policies. The quest to exchange information and knowledge, together with the harmonization of policies, blurs the borders between them with the sole objective of maximizing their economic growth and collaborating in their development, as well as trying to contribute to a healthy economic expansion and progress for non-member countries in the process of economic development.

This linkage is closely related to a society's level of nation-state establishment [15]. Therefore, it would depend on the decisions adopted in each country concerning the creation of infrastructure, the dissemination of an organizational model adapted to the logic of related technologies, and the establishment of regulations and institutions appropriate to the current paradigm [21]. With this new paradigm, we find localities that begin to form part of functional networks, detaching themselves from their cultural, historical and geographical significance.

The digitalization of the economy and society, together with the different states' globalization, comes to play a significant role, particularly when we talk about peripheral states and border areas. Accessing flexible and digital jobs increases the chance to offshore such work; this offshoring can have two approaches. The first has a more positive impact on the person, while the second is on the company. In the first case, the worker is being allowed to perform their work remotely or, as it is commonly called, «telework», thus choosing from where to carry out these tasks. This modality of work has grown exponentially in the coming years, with Spain, for example, seeing an evolution from 9.8 % of the working population teleworking in 2020 to 25.2 % in 2021, representing a growth of 15.4 percentage points in just one year. This point helps a lot to the population. If a person does not have an obligation to be in a specific place to work, they can choose from which location they want to work. This results in many choosing to stay in their city or country of origin or even decide to telework in «quieter» areas; The latter could be seen during the pandemic between 2020 and 2021, where, with the growth of teleworking, there was a trend of population growth in rural areas, as opposed to the population loss of previous years [18].

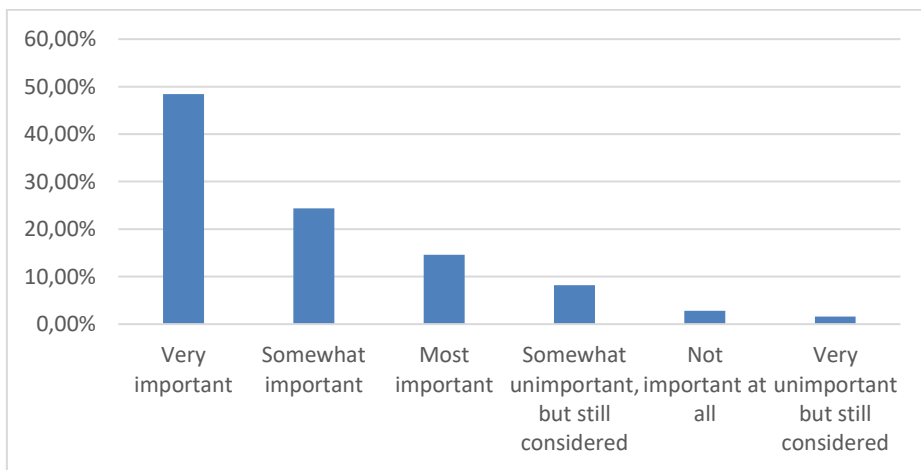


Fig. 2. Importance of remote work ability for future employment decisions worldwide 2021.

The second point we highlight, where the company is the significant beneficiary, is the offshoring of large organizations. The digitization and automation of work will modify current business strategies, which will seek cheaper and more efficient production. This commonly leads companies to relocate production to areas with lower labour costs or to states that impose lower taxes on such practices (so-called tax havens). Finally, there is a global context, both economic and social, where nations are moving towards an increasingly digitized society, striving to achieve innovation goals, with a general tendency to establish «Smart cities», where every part of society benefits from this digitization. This objective has a global tinge, which means that many societies are working together to make progress and achieve interconnection between them, blurring the borders between states.

Therefore, we can conclude that we are at a point where, depending on each state's position, its borders are being affected in opposite ways. While societies that are more driven by the nation-state ideology impose more and more barriers at their borders, societies with a more global mindset are gradually blurring these borders.

4 Conclusions

It is apparent and notorious the space of time that we share due to the advance in digitalization. In this advance, historically, the logical evolution of the data economy or massive task has a great weight, as we have seen.

The historical study we have carried out shows how the advance of the information society highlights the consideration that the production, multi-application and distribution of information is the constituent principle of current societies, to which we must add the context of digital transformation in which we are currently immersed.

It is important to note that the social shift towards these digital forms is conducive to the so-called digitization mentioned above and thus to the idea that there is no need for identities in the world.

Related to the above, the process can be taken to its fullest extent by commissioning it to affect cross-border and, in some cases, peripheral areas, giving rise to identities specific to those particular regions.

It is concerning these identities that we can observe the relevant role of combating the factors that we have identified in the literature, such as:

- The theoretical barriers of borders.
- Different societies and rates of progress to social and economic change.
- New geography and geopolitics of digital globalization.

For which border states and peripheral zones have to deepen the progress of:

- Development and innovation of the area.
- Creation of infrastructures.
- Diffusion of organizational models adapted to the logic of related technologies.
- Establishment of regulations and institutions adapted to the existing technological paradigm.

Acknowledgments

This work has been partially supported by the European Regional Development Fund (ERDF) through the Interreg Spain-Portugal V - A Program (POCTEP) under gran 0677_DISRUPTIVE_2_E (Intensifying the activity of Digital Innovation Hubs within the PocTep region to boost the development of disruptive and last generation ICTs through cross-border cooperation).

References

1. Ashton, T.S. *The industrial revolution 1760-1830*. OUP Catalogue (1998).
2. Brown, L.: Cable y Pay TV on Eve of Technological Revolution. *The Times*, 31 (1978).
3. Castells, M. La era de la información. *Economía, Sociedad y Cultura*. Vol.1. La Sociedad Red. Madrid, Alianza Editorial (1996).
4. Castells, M. La era de la información. *Economía, Sociedad y Cultura*. Vol.2. El poder de la identidad. Madrid, Alianza Editorial (1998).
5. Cucarull, M. *Sociedad informacional y sociedad del conocimiento*. Coincidencias y divergencias. Cetr (2016).
6. De Miguel, A., Parra-Domínguez, J., Benzinho, J.M.: Costes de Contexto Transfronterizos en el Ámbito Empresarial. Territorio BIN-SAL (2014).

7. De Vries, J.: The industrial revolution and the industrious revolution. *The Journal of Economic History*, 54(2), 249-270 (1994).
8. Drucker, P.F.: The rise of the knowledge society. *The Wilson Quarterly*, 17(2), 52-72 (1993).
9. Edmunds, J., Turner, B. ¿S.: Global generations: social change in the twentieth century. *The British journal of sociology*, 56(4), 559-577 (2005).
10. Guillén, A.: La revolución tecnológica, la más importante del siglo XX. *El País* (1986).
11. Hahn, E., Mestre, R.: *The role of oil prices in the euro area economy since the 1970s* (2011).
12. Hallwood, P., MacDonald, R., Marsh, I. W.: An Assessment of the Causes of the Abandonment of the Gold Standard by the US in 1933. *Southern Economic Journal*, 67(2), 448-459 (2000).
13. Heiserman, N., Simpson, B.: Higher inequality increases the gap in the perceived merit of the rich and poor. *Social Psychology Quarterly*, 80(3), 243-253 (2017).
14. Hobsbawm, E.J., Faci, J.: *Historia del siglo XX (Vol. 10)*. Buenos Aires: Crítica (1998).
15. Hoffmann, S.: Reflections on the nation-state in Western Europe today. *J. Common Mkt. Stud.*, 21, 21 (1982).
16. Isoglio, A.: La economía basada en el conocimiento: discusiones conceptuales sobre los cambios ocurridos a escala global desde la década de 1970. *Investigación y Desarrollo*, 29(2), 169-195 (2021).
17. Li, J.Q., Yu, F.R., Deng, G., Luo, C., Ming, Z., Yan, Q.: Industrial internet: A survey on the enabling technologies, applications, and challenges. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 19(3), 1504-1526 (2017).
18. Luis, N.A.S., Ricardo, R.F.: Tax Incentives in Rural Environment as Economic Policy and Population Fixation. Case study of Castilla-León Region (2020).
19. Mokyr, J.: Editor's introduction: The new economic history and the Industrial Revolution. In *The British industrial revolution* (pp. 1-127). Routledge (2018).
20. North, D.C., Wallis, J.J.: Integrating institutional change and technical change in economic history a transaction cost approach. *Journal of Institutional and Theoretical Economics (JITE)/Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft*, 150(4), 609-624 (1994).
21. Perez, C.: Technological revolutions, paradigm shifts and socio-institutional change. Globalization, economic development and inequality: An alternative perspective, 217-242 (2004).
22. Schäfer, M.: The fourth industrial revolution: How the EU can lead it. *European View*, 17(1), 5-12 (2018).

23. Schuyten, P.J.: Technology, *The Times* (1978).
24. Sorokin, P., Richard, M.P.: Social and cultural dynamics: a study of change in major systems of art, truth, ethics, law, and social relationships. *Routledge* (2017).
25. Schweitzer, F., Fagiolo, G., Sornette, D., Vega-Redondo, F., Vespignani, A., White, D. R.: Economic networks: The new challenges. *science*, 325(5939), 422-425 (2009).
26. Vogl, F.: A technological revolution in American banking habits. *The Times*, 8 (1975)
27. Webster, F.: *Theories of the information society*. Routledge (2014).

AQUILAFUENTE, 337

The workshop on Disruptive Information and Communication Technologies for Innovation and Digital transformation, organized under the scope of the DISRUPTIVE project (disruptive.usal.es) and held on September 12, 2022 in Valladolid, aims to discuss problems, challenges and benefits of using disruptive digital technologies, namely Internet of Things, Big data, cloud computing, multi-agent systems, machine learning, virtual and augmented reality, and collaborative robotics, to support the on-going digital transformation in society.

The main topics included: Intelligent Manufacturing Systems; Industry 4.0 and digital transformation; Internet of Things; Cyber-security; Collaborative and intelligent robotics; Multi-Agent Systems; Industrial Cyber-Physical Systems; Virtualization and digital twins; Predictive maintenance; Virtual and augmented reality, Big Data and advanced data analytics; Edge and cloud Computing; Digital Transformation.

The workshop program included 6 accepted technical papers, 2 invited talks and a networking session. This volume contains 6 of the papers presented at the Workshop on Disruptive Information and Communication Technologies for Innovation and Digital Transformation.

This workshop was organized by ICE (Institute for Business Competitiveness of Castilla y León), UVa (University of Valladolid) and mainly supported by the European Regional Development Fund (ERDF) through the Interreg Spain-Portugal V-A Program (POCTEP) under grant 0677_DISRUPTIVE_2_E (Intensifying the activity of Digital Innovation Hubs within the PocTep region to boost the development of disruptive and last generation ICTs through cross-border cooperation).



**VNIVERSIDAD
D SALAMANCA**

ISBN: 978-84-1311-741-6



9 788413 117416