



MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Digitalización de equipos de convertidores de frecuencia y
uso del Centro ABB de Servicios Avanzados

Autor: Mario Serrano Rodríguez

Director: Juan Bachiller Corral

Madrid

Enero de 2022

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
**Digitalización de equipos de convertidores de frecuencia y uso del Centro
ABB de Servicios Avanzados**

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el curso
académico 2021/2022 es de mi autoría, original e inédito y no ha sido
presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es plagio de otro, ni
total ni parcialmente y la información que ha sido tomada de otros documentos
está debidamente referenciada.

Fdo.: Mario Serrano Rodríguez

Fecha: 24/01/2022



Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Juan Bachiller Corral

Fecha://



MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Digitalización de equipos de convertidores de frecuencia y
uso del Centro ABB de Servicios Avanzados

Autor: Mario Serrano Rodríguez

Director: Juan Bachiller Corral

Madrid

Enero de 2022

DIGITALIZACIÓN DE EQUIPOS DE CONVERTIDORES DE FRECUENCIA Y USO DEL CENTRO ABB DE SERVICIOS AVANZADOS

Autor: Mario Serrano Rodríguez.

Director: Juan Bachiller Corral.

Entidad colaboradora: Asea Brown Boveri S.A.

RESUMEN DEL PROYECTO

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el mundo de la industria se ha visto modificado y mejorado fuertemente por la transformación digital. Cada vez escuchamos más frecuentemente los términos IoT, big data, fabricación aditiva o machine learning en el ámbito industrial.

Esta transformación digital, llamada de muchas maneras (industria conectada, industria 4.0 o cuarta revolución industrial), siempre bien aplicada y de manera coherente, supone un buen valor añadido a las empresas, por lo cual irá tomando un papel cada vez más fundamental.

Este proyecto no es más que otra de las muchas maneras de promover e implementar estos cambios en la industria. En este caso, nos centraremos en los variadores de frecuencia fabricados por ABB (aunque estudiaremos más casos de aplicación). Los variadores de frecuencia son uno de los elementos fundamentales en muchos procesos industriales que requieran el uso de motores eléctricos, e implementar técnicas de digitalización en ellos puede suponer un gran valor añadido y una mejora en general de la actividad industrial a desempeñar.

ESTADO DE LA TÉCNICA

Son muchas las nuevas tecnologías en las que se basa la industria 4.0 (o industria conectada). Si tuviéramos que englobar todas ellas en 4 pilares fundamentales, estos serían los siguientes: IIoT (Industrial Internet of Things), inteligencia artificial, computación en la nube y sistemas ciberfísicos.

Desde que estas tecnologías comenzaron a implementarse en el ámbito industrial, cada vez son más las aplicaciones que vamos encontrando conforme pasan los años. Estas aplicaciones suponen en muchos casos unas inversiones de dinero considerables. Sin embargo, conllevan, por norma general, grandes mejoras en términos de productividad y reducción de costes.

Dos ejemplos de aplicación de tecnologías de la industria conectada son los siguientes [1]:

- Fábrica del futuro de Airbus: debido a la complejidad que requiere la manufactura de aeronaves (millones de componentes y miles de pasos que requieren el montaje), Airbus ha desarrollado una fábrica provista de la última tecnología en industria conectada que permite que estos procesos sean más eficientes y menos erráticos. La compañía ha

dispuesto sensores inteligentes a lo largo de toda la fábrica (máquinas, suelo, herramientas...) y dotado a los trabajadores de “wearables” (entre los que se incluyen gafas inteligentes de realidad aumentada). Como resultado, en uno de los procesos de la fábrica, estas tecnologías permitieron una mejora del 500% en productividad.



Ilustración 1: Fábrica del futuro de Airbus

- Almacenes inteligentes de Amazon: uno de los casos más conocidos de cómo plasmar la cuarta revolución industrial en unos almacenes. De entre toda la tecnología que han ido incorporando, destaca notablemente la inclusión de los robots móviles autónomos (AGVs). Los cuales se encargan de transportar material por todo el almacén sin necesidad alguna de supervisión humana. En 2014, el uso de robots en los almacenes supuso un ahorro del 20% en los costes de operación.

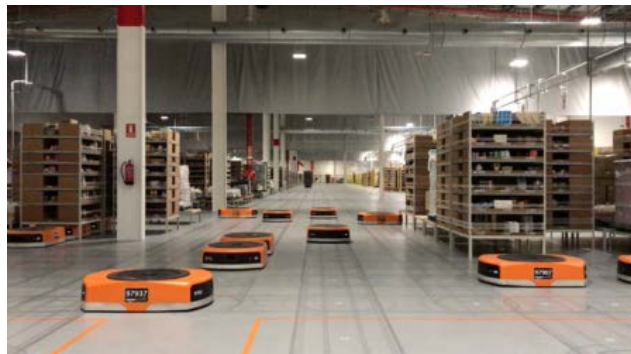


Ilustración 2: Primer almacén robotizado de España en Amazon Barcelona

En la empresa en la que se desarrolla el proyecto, ABB, ya hay desarrolladas distintas aplicaciones relacionadas con la industria conectada. Entre ellas destacan las desarrolladas en el área de robótica, como los sensores inteligentes presentes en los robots de la compañía. Estos sensores ayudan a realizar un mantenimiento predictivo de los equipos, pudiendo así actuar y realizar mantenimiento antes de que el robot se rompa o de algún fallo.

Este proyecto se va a centrar en la aplicación de la industria conectada en variadores de frecuencia a través de su digitalización. Sin embargo, a fecha de hoy, no hay desarrollado ningún proyecto significativo de esta índole en ninguna otra empresa, siendo ABB, por lo tanto, una de las empresas pioneras en lo que a digitalización de variadores de frecuencia respecta.

OBJETIVOS

Es importante mencionar que la digitalización de convertidores de frecuencia en ABB es un proyecto que llevaba un tiempo desarrollándose previamente al comienzo de este proyecto. Los objetivos de este proyecto no incluyen el desarrollo de software ni hardware, ya que esas labores ya están cumplimentadas por el equipo de trabajadores de la empresa.

El objetivo principal, entonces, es potenciar y sacar el máximo partido a esas tecnologías ya desarrolladas, centrándose en el territorio español y en los equipos conectados en España, para así, hacer ver al cliente el valor añadido que supone esta tecnología. Para cumplir este objetivo principal, se establecieron 4 objetivos a cumplimentar a lo largo del proyecto:

- Familiarizarse y aprender las funciones de las herramientas y apps de digitalización ya desarrolladas.
- Analizar posibles mejoras en el sistema.
- Realizar un trabajo de supervisión periódica de los equipos digitalizados en España.
- Poner en marcha y supervisar el correcto funcionamiento del Centro ABB de Servicios Avanzados (CASA).

METODOLOGÍA

Para cumplir el primer objetivo del proyecto, las primeras semanas consistieron en realizar formaciones sobre las 3 herramientas principales de digitalización de variadores de frecuencia en ABB España. Estas herramientas son las siguientes:

- Condition monitoring: Condition monitoring es la plataforma principal de digitalización de variadores de frecuencia en ABB. En ella, tanto clientes como trabajadores de ABB son capaces de ver en tiempo real y en histórico distintos parámetros y datos de los variadores de frecuencia conectados a este servicio [2].
- Drivetune: es una aplicación para smartphones que permite al usuario conectarse con móvil a un convertidor de frecuencia de ABB a través de una comunicación Bluetooth, siempre y cuando el equipo cuente con un panel de control Bluetooth [3].
- Mobile Connect: esta herramienta permite el mantenimiento, puesta en marcha y configuración de un convertidor de frecuencia de manera totalmente remota y en tiempo real [4]. En resumen, un técnico (situado en las oficinas de ABB, por ejemplo) puede conectarse a un variador de frecuencia (situado en una fábrica, por ejemplo) a través del smartphone de un operario.



Ilustración 3: Esquema de conexiones de Mobile Connect

Después de esto, se realizó un análisis de datos de aquellos proporcionados por Condition Monitoring. Este análisis permitió relacionar varios paros en la producción con los valores registrados de intensidad y par ejercido. Gracias a esto, se implementó un sistema capaz de detectar fallos antes de que ocurriesen, mejorando la productividad de los equipos.

En cuanto al segundo objetivo, se realizó un estudio en profundidad de los principales aspectos en los que estas herramientas pueden mejorar. Las mejoras propuestas fueron presentadas a directivos y empleados de ABB, y se dividen en 2 tipos:

- Mejoras a corto plazo: diversas mejoras en el sistema de notificaciones y ampliación del periodo de tiempo del histórico de datos almacenados. El impacto de estas mejoras fue analizado gracias a los datos de uso de la herramienta registrados.
- Mejoras a largo plazo: automatización completa del sistema de mantenimiento preventivo e implementación de técnicas de análisis de datos de cara a establecer un sistema de mantenimiento predictivo.

La solución al tercer objetivo consistió en, de manera periódica, generar y completar de manera personalizada unos informes de los equipos digitalizados. Estos informes se generaron con la ayuda de Condition Monitoring, y fueron rellenados a mano con análisis de fallos y avisos registrados, así como conclusiones del funcionamiento y mantenimiento del equipo. Se realizó un análisis en profundidad de la repercusión del envío de estos informes. Dicho análisis permitió llegar a la conclusión de que las acciones realizadas supusieron un aumento significativo del número de equipos conectados.

Por último, el cuarto objetivo consistió en la puesta a punto del Centro ABB de Servicios Avanzados (CASA). Este centro, situado en las oficinas de ABB en Madrid, dispone de las últimas tecnologías que ayudan a la monitorización de equipos digitalizados. Para ello, se realizaron las siguientes tareas:

- Rehabilitación de la sala de reuniones.
- Puesta en marcha del EOW.
- Rehabilitación del videowall.
- Reconfiguración del punto de acceso que comunica la domotización de la sala con un dispositivo de comandos por voz (Amazon Alexa).

RESULTADOS

- La familiarización con las herramientas de digitalización fue muy positiva, y ayudó a comprender cómo las herramientas de la industria conectada pueden aportar valor y mejorar equipos y procesos existentes. El nuevo sistema de prevención de fallos repercutió muy positivamente en el desempeño de los dispositivos conectados.
- Las mejoras propuestas de Condition Monitoring fueron presentadas a directivos y trabajadores de ABB. Estas propuestas tuvieron una muy buena acogida. Las mejoras a corto plazo fueron implementadas en el sistema, y significaron un importante aumento en las estadísticas de uso de las herramientas de digitalización
- La supervisión de equipos conectados y el envío de informes periódicos a clientes es el objetivo que más resultados concretos ha obtenido, ya que un número significativo de clientes han decidido renovar los contratos de servicios de digitalización a raíz del envío de estos informes.
- En cuanto al Centro ABB de Servicios Avanzados, su completa rehabilitación ha significado, sobre todo, en nuevas visitas de clientes y partners. Estas visitas han incluido una presentación de los servicios de digitalización, así como una demo en directo de la herramienta Mobile Connect con un equipo físico. Gracias a estas visitas, se ha a conocer los servicios de digitalización de ABB en un centro impactante a nivel visual y funcional, dando a la empresa una imagen vanguardista, y aportando valor añadido a la digitalización en ABB.

CONCLUSIONES

Como puede verse, los 4 objetivos propuestos al inicio del proyecto han sido cumplimentados satisfactoriamente. Este proyecto tenía como propósito potenciar y mejorar la digitalización de los convertidores de frecuencia en ABB, y esto se ha cumplido gracias a la realización de las tareas mencionadas, como puede verse en el análisis de los resultados.

Gracias a este proyecto, ha quedado claro el valor añadido que aporta la digitalización de los convertidores de frecuencia y otros activos, ya que soluciona problemas reales y aporta mejoras tangibles a corto y largo plazo.

La industria conectada está adquiriendo cada vez más importancia en el panorama internacional, y es muy importante que las empresas actualicen sus productos y servicios para seguir siendo competentes en el mercado, ya que la optimización de recursos y mejoras de los procesos van a ser siempre demandados por las industrias.

Además, con la realización de este proyecto, ha quedado claro que este es un proceso de mejora continuo, ya que continuamente aparecen nuevas tecnologías y mejoras por implementar y es necesaria una mejora constante para no quedarse atrás.

BIBLIOGRAFÍA

1. *The Top 20 Industrial IoT Applications* (URL: <https://www.iiotworldtoday.com/2017/09/20/top-20-industrial-iiot-applications/>) 20/7/2017
2. ABB Ability Condition monitoring, sitio oficial de ABB. (URL: https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK107046A0262&LanguageCode=es&DocumentPartId=&Action=Launch&_ga=2.152850682.293738614.1640452929-827541529.1640452927) 2021
3. Drivetune, sitio oficial de ABB. (URL: <https://new.abb.com/drives/es/apps-convertidores/drivetune>) 2021
4. Mobile Connect, sitio oficial de ABB. (URL: <https://new.abb.com/news/es/detail/81096/abb-ability-mobile-connect-para-variadores-de-frecuencia-una-solucion-de-soporte-remoto-que-satisface-los-retos-digitales-de-la-industria>) 2021

DIGITALIZATION OF VFD EQUIPMENT AND USE OF THE ABB ADVANCED SERVICES CENTER

Author: Mario Serrano Rodríguez.

Director: Juan Bachiller Corral.

Collaborating entity: Asea Brown Boveri S.A.

PROJECT SUMMARY

INTRODUCTION

In recent years, the world of industry has been strongly modified and enhanced by digital transformation. We hear more and more frequently the terms IoT, big data, additive manufacturing or machine learning in the industrial field.

This digital transformation, called in many ways (connected industry, industry 4.0 or fourth industrial revolution), always well applied and in a coherent manner, represents a good added value to companies, and that is why it will take an increasingly fundamental role.

This project is just another way to promote and implement these changes in the industry. In this case, we will focus on VFDs manufactured by ABB (although we will study more application cases). VFDs are one of the key elements in many industrial processes that require the use of electric motors and implementing digitization techniques in them can mean a great added value and an overall improvement of the industrial activity to be performed.

STATE OF THE ART

Industry 4.0 (or connected industry) is based on many new technologies. If we were to encompass all of them in 4 fundamental pillars, these would be the following: IIoT (Industrial Internet of Things), artificial intelligence, cloud computing and cyber-physical systems.

Since these technologies began to be implemented in the industrial field, we are finding more and more applications as the years go by. In many cases, these applications involve considerable investments of money. However, they generally lead to major improvements in terms of productivity and cost reduction.

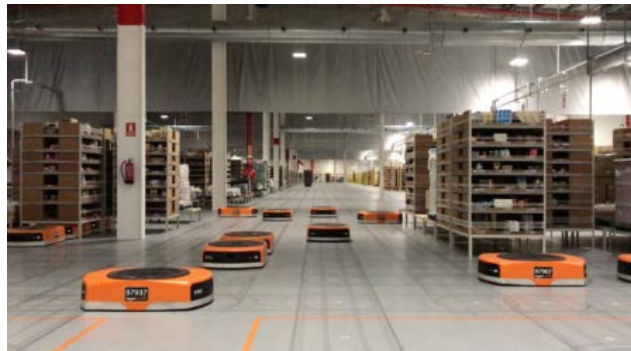
Two examples of the application of connected industry technologies are as follows [1]:

- Airbus factory of the future: due to the complexity of aircraft manufacturing (millions of components and thousands of assembly steps), Airbus has developed a factory equipped with the latest connected industry technology to make these processes more efficient and less erratic. The company has placed smart sensors throughout the factory (machines, floor, tools...) and equipped workers with wearables (including augmented reality smart glasses). As a result, in one of the factory's processes, these technologies enabled a 500% improvement in productivity.



Picture 1: Airbus factory of the future

- Amazon's smart warehouses: one of the best-known cases of how to capture the fourth industrial revolution in warehouses. Among all the technology they have been incorporating, the inclusion of autonomous mobile robots (AGVs) stands out. These are responsible for transporting material throughout the warehouse without any need for human supervision. In 2014, the use of robots in warehouses led to a 20% saving in operating costs.



Picture 2: First robotized warehouse in Spain at Amazon Barcelona

ABB, the company where the project is being developed, has already developed several applications related to the smart industry. Among them are those developed in the robotics area, such as the intelligent sensors present in the company's robots. These sensors help to perform predictive maintenance of the equipment, thus being able to act and perform maintenance before the robot breaks down or fails.

This project is going to focus on the application of the smart industry in variable frequency drives through their digitalization. However, to date, no significant project of this nature has been developed in any other company, being ABB, therefore, one of the pioneering companies in terms of digitization of variable frequency drives.

OBJECTIVES

It is important to mention that the digitization of variable frequency drives at ABB is a project that had been under development for some time prior to the start of this project. The objectives of this project do not include the development of software or hardware, since these tasks are already being carried out by the company's team of employees.

The main objective, then, is to enhance and make the most of these technologies already developed, focusing on the Spanish territory and on the equipment connected in Spain, in order to show the customer the added value of this technology. To meet this main objective, 4 objectives were established to be fulfilled throughout the project:

- To become familiar with and learn the functions of the digitization tools and apps already developed.
- To analyze possible improvements in the system.
- To carry out a periodic supervision of the digitized equipment in Spain.
- To start up and supervise the correct operation of the ABB Advanced Services Center.

METHODOLOGY

To meet the first objective of the project, the first weeks consisted of training on the 3 main tools for digitization of variable frequency drives in ABB Spain. These tools are the following:

- Condition monitoring: Condition monitoring is the main platform for digitalization of VFDs at ABB. In it, both customers and ABB employees are able to view in real time and historically different parameters and data of the VFDs connected to this service [2].
- Drivetune: it is an application for smartphones that allows the user to connect to an ABB variable frequency drive via Bluetooth communication, provided that the equipment has a Bluetooth control panel. [3].
- Mobile Connect: this tool allows maintenance, commissioning and configuration of a VFD completely remotely and in real time [4]. In short, a technician (located in ABB's offices, for example) can connect to a VFD (located in a factory, for example) via an operator's smartphone.

After this, a data analysis of the data provided by Condition Monitoring was performed. This analysis made it possible to relate several production stoppages with the recorded values of intensity and exerted torque. Thanks to this, a system capable of detecting failures before they occur was implemented, improving equipment productivity.

As for the second objective, an in-depth study of the main areas in which these tools can be improved was carried out. The proposed improvements were presented to ABB managers and employees, and are divided into 2 types:

- Short-term improvements: various improvements in the notification system and extension of the time period of the stored data history. The impact of these improvements was analyzed thanks to the tool usage data recorded.
- Long-term improvements: complete automation of the preventive maintenance system and implementation of data analysis techniques in order to establish a predictive maintenance system.

The solution to the third objective consisted of periodically generating and completing customized reports on the digitized equipment. These reports were generated with the help of Condition Monitoring and were filled in by hand with analysis of faults and warnings recorded, as well as conclusions of the operation and maintenance of the equipment. An in-depth analysis of the impact of sending these reports was carried out. This analysis led to the conclusion that the actions carried out meant a significant increase in the number of connected devices.

Finally, the fourth objective consisted of the set-up of the ABB Center for Advanced Services. This center, located in ABB's offices in Madrid, has the latest technologies that help the monitoring of digitized equipment. For this purpose, the following tasks were carried out:

- Refurbishment of the meeting room.
- Commissioning of the EOW.
- Refurbishment of the video wall.
- Reconfiguration of the access point that communicates the domotization of the room with a voice command device (Amazon Alexa).

RESULTS

- The familiarization with digitization tools was very positive and helped to understand how connected industry tools can add value and improve existing equipment and processes. The new failure prevention system had a very positive impact on the performance of the connected devices.
- The proposed Condition Monitoring improvements were presented to ABB managers and employees. These proposals were very well received. Short-term improvements were implemented in the system, resulting in a significant increase in the usage statistics of the digitization tools.
- The monitoring of connected equipment and the sending of periodic reports to customers is the objective that has achieved the most concrete results, since a significant number of customers have decided to renew digitization service contracts as a result of the sending of these reports.
- As for the ABB Advanced Services Center, its complete refurbishment has meant, above all, new visits from customers and partners. These visits included a presentation of the digitization services, as well as a live demo of the Mobile Connect tool with a physical

VFD. Thanks to these visits, ABB's digitization services have been presented in a visually and functionally impressive center, giving the company an avant-garde image, and adding value to ABB's digitization.

CONCLUSIONS

As can be seen, the 4 objectives proposed at the beginning of the project have been satisfactorily fulfilled. The purpose of this project was to enhance and improve the digitization of VFDs in ABB, and this has been achieved thanks to the completion of the above-mentioned tasks, as can be seen in the analysis of the results.

Thanks to this project, the added value of digitizing VFDs and other assets has become clear, as it solves real problems and brings tangible improvements in the short and long term.

The connected industry is becoming increasingly important on the international scene, and it is very important that companies update their products and services to remain competent in the market, since the optimization of resources and process improvements will always be demanded by industries.

Furthermore, with the realization of this project, it has become clear that this is a continuous improvement process since new technologies and improvements to be implemented are continuously appearing and constant improvement is necessary in order not to be left behind.

BIBLIOGRAPHY

1. *The Top 20 Industrial IoT Applications* (URL: <https://www.iotworldtoday.com/2017/09/20/top-20-industrial-iot-applications/>) 20/7/2017
2. ABB Ability Condition monitoring, ABB official website. (URL: <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK107046A0262&LanguageCode=es&DocumentPartId=&Action=Launch&ga=2.152850682.293738614.1640452929-827541529.1640452927>) 2021
3. Drivetune, ABB official website. (URL: <https://new.abb.com/drives/es/apps-convertidores/drivetune>) 2021
4. Mobile Connect, ABB official website. (URL: <https://new.abb.com/news/es/detail/81096/abb-ability-mobile-connect-para-variadores-de-frecuencia-una-solucion-de-soporte-remoto-que-satisface-los-retos-digitales-de-la-industria>) 2021

Índice

Índice de figuras	2
Memoria	3
1. Introducción	4
2. Estado de la cuestión	6
3. Motivación	11
4. Objetivos del proyecto	12
5. Herramientas de digitalización.....	13
5.1. Condition Monitoring.....	14
5.2. Drivetune.....	19
5.3. Mobile Connect	21
5.4. Uso de los datos almacenados de los equipos.....	24
6. Propuestas de mejora	30
6.1. Mejoras a corto plazo.....	31
6.2. Mejoras a largo plazo	38
7. Supervisión de equipos conectados.....	40
8. Reacondicionamiento del Centro ABB de Servicios Avanzados (CASA).....	45
9. Resultados	49
10. Conclusiones.....	50
Bibliografía	51
Anexo 1: Alineación con los ODS.....	52
Anexo 2: Ejemplo de un informe de Condition Monitoring.....	54
Anexo 3: Presentación con las propuestas de mejora	55

Índice de figuras

Ilustración 1: Fotografía del Centro ABB de Servicios Avanzados.....	5
Ilustración 2: Fotografía de la Feria de Hannover.....	6
Ilustración 3: Fábrica del futuro de Airbus.....	7
Ilustración 4: Primer almacén robotizado de España en Amazon Barcelona	7
Ilustración 5: Gráfico explicativo del track and trace de Bosch	8
Ilustración 6: Plataforma petrolífera y una representación de su gemelo digital	8
Ilustración 7: Logotipo de Lumada, la plataforma IoT de Hitachi	9
Ilustración 8: Principales características de los cobots de ABB	10
Ilustración 9: Página principal de Condition Monitoring	14
Ilustración 10: Página principal de Condition Monitoring, pestaña 2.....	15
Ilustración 11: Vista de las señales de los parámetros de un equipo en Condition Monitoring	15
Ilustración 12: Menú de acciones sobre la monitorización de un equipo	16
Ilustración 13: Vista del mantenimiento preventivo de un variador de frecuencia	17
Ilustración 14: Tercera pestaña de la página principal de Condition Monitoring.....	18
Ilustración 15: Página de inicio de Drivetune.....	19
Ilustración 16: Esquema de conexiones de Mobile Connect	21
Ilustración 17: Captura de pantalla de la interfaz de la aplicación web de Mobile Connect.....	22
Ilustración 18: Captura de pantalla del chat de Mobile Connect en la app para smartphone	22
Ilustración 19: Gráficos de las estadísticas de uso de la plataforma Condition Monitoring.....	32
Ilustración 20: Personalización de alertas por email en Condition Monitoring.....	34
Ilustración 21: Evolución de equipos digitalizados y media de equipos digitalizados por cliente...	41
Ilustración 22: Ejemplo de uno de los tres cronogramas.....	42
Ilustración 23: Centro ABB de Servicios Avanzados	45
Ilustración 24: Sala de reuniones del CASA.....	46
Ilustración 25: Fotografía de un EOW	46
Ilustración 26: Fotografía de la zona de trabajo y colaboración triangular	47
Ilustración 27: Fotografía del videowall	47
Ilustración 28: Logotipo del ODS nº 8	53
Ilustración 29: Logotipo del ODS nº 13	53

Memoria

1. Introducción

En los últimos años, el mundo de la industria se ha visto modificado y mejorado fuertemente por la transformación digital. Cada vez escuchamos más frecuentemente los términos IoT, big data, fabricación aditiva o machine learning en el ámbito industrial.

Esta transformación digital, llamada de muchas maneras (industria conectada, industria 4.0 o cuarta revolución industrial), siempre bien aplicada y de manera coherente, supone un buen valor añadido a las empresas, por lo cual irá tomando un papel cada vez más fundamental.

Este proyecto no es más que otra de las muchas maneras de promover e implementar estos cambios en la industria. En este caso, nos centraremos en los variadores de frecuencia (aunque estudiaremos más casos de aplicación). Los variadores de frecuencia son uno de los elementos fundamentales en muchos procesos industriales que requieran el uso de motores eléctricos, e implementar técnicas de digitalización en ellos puede suponer un gran valor añadido y una mejora en general de la actividad industrial a desempeñar.

El proyecto se ha desarrollado en ABB, uno de los principales fabricantes de variadores de frecuencia en el mundo y con fuerte presencia en España. Para implementar técnicas de industria conectada en este producto, se están desarrollando y mejorando continuamente varias herramientas. Entre ellas, podemos encontrar el Condition Monitoring, que consiste en un portal con varias funciones, entre las que destaca la visualización de medidas de distintos parámetros de cada variador de frecuencia en tiempo real. Esta herramienta también permite la visualización de la información sobre el mantenimiento preventivo que debe llevarse a cabo en el equipo, la cual se actualiza cada vez que hay alguna intervención en este.

A lo largo de este documento se irán explicando otras herramientas usadas para la digitalización de convertidores de frecuencia, e incluso herramientas destinadas a la digitalización de otros productos fabricados por ABB.

Relacionado con la digitalización, no solo de variadores de frecuencia, sino de diversos productos de ABB, está el Centro de Servicios Avanzados. Este centro consiste en un espacio de trabajo destinado a la monitorización y supervisión de activos de la empresa digitalizados. Para ello, cuenta con la última tecnología adecuada para este propósito, como varios puestos de trabajo con doble monitor, domótica conectada por control de voz, diversas comodidades para hacer el trabajo diario más agradable y, por último, un Videowall compuesto por 8 pantallas donde podrán visualizarse de manera práctica diferentes aplicaciones destinadas a la digitalización de productos de ABB. Esta sala estará siempre disponible como puesto de trabajo para la realización del proyecto.

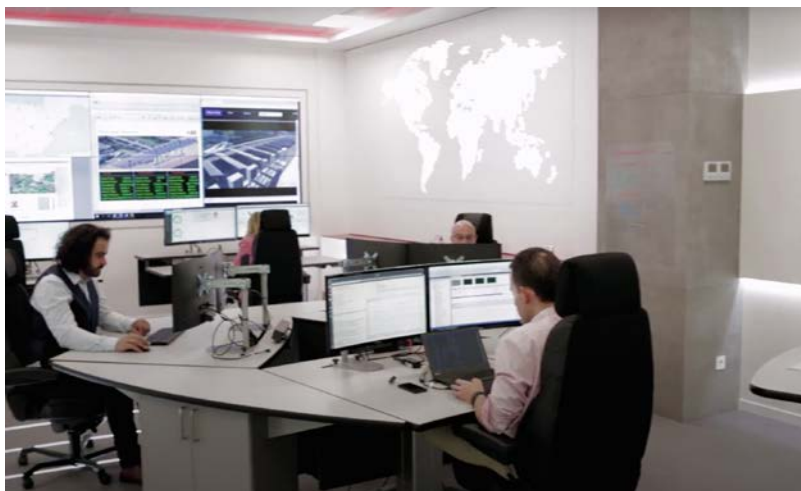


Ilustración 1: Fotografía del Centro ABB de Servicios Avanzados

2. Estado de la cuestión

No se puede determinar una fecha exacta del comienzo de la Cuarta Revolución Industrial, ya que esta etapa comprende una serie de técnicas y herramientas muy diversas, las cuales se han ido introduciendo en la industria paulatinamente.

Sin embargo, sí se sabe cuándo se utilizó por primera vez el término Industria 4.0, y es en la Feria de Hannover del año 2011. Esta exposición es el evento tecnológico industrial más grande del mundo [1], se realiza anualmente y a día de hoy, atrae a más de 6.000 expositores y 200.000 visitantes.



Ilustración 2: Fotografía de la Feria de Hannover

Son muchas las nuevas tecnologías en las que se basa la industria 4.0 (o industria conectada). Si tuviéramos que englobar todas ellas en 4 pilares fundamentales, estos serían los siguientes: IIoT (Industrial Internet of Things), inteligencia artificial, computación en la nube y sistemas ciberfísicos.

Desde que estas tecnologías comenzaron a implementarse en el ámbito industrial, cada vez son más las aplicaciones que vamos encontrando conforme pasan los años. Estas aplicaciones suponen en muchos casos unas inversiones de dinero considerables. Sin embargo, conllevan, por norma general, grandes mejoras en términos de productividad y reducción de costes.

A continuación, se expondrán algunos de los casos más exitosos de aplicación de tecnologías de la industria conectada [2]:

- **Fábrica del futuro de Airbus:** debido a la complejidad que requiere la manufactura de aeronaves (millones de componentes y miles de pasos que requieren el montaje), Airbus ha desarrollado una fábrica provista de la última tecnología en industria conectada que permite que estos procesos sean más eficientes y menos erráticos. La compañía ha dispuesto sensores inteligentes a lo largo de toda la fábrica (máquinas, suelo, herramientas...) y dotado a los trabajadores de "wearables" (entre los que se incluyen gafas inteligentes de realidad aumentada). Como resultado, en uno de los procesos de la fábrica, estas tecnologías permitieron una mejora del 500% en productividad.



Ilustración 3: Fábrica del futuro de Airbus

- Almacenes inteligentes de Amazon: uno de los casos más conocidos de cómo plasmar la cuarta revolución industrial en unos almacenes. De entre toda la tecnología que han ido incorporando, destaca notablemente la inclusión de los robots móviles autónomos (AGVs). Los cuales se encargan de transportar material por todo el almacén sin necesidad alguna de supervisión humana. En 2014, el uso de robots en los almacenes supuso un ahorro del 20% en los costes de operación.

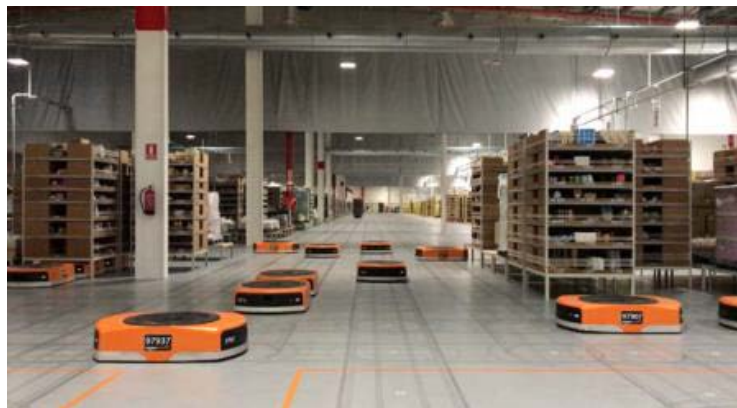


Ilustración 4: Primer almacén robotizado de España en Amazon Barcelona

- Boeing: el fabricante de aviación ha comenzado a implementar notoriamente la tecnología IoT en sus fábricas para mejorar la eficiencia en la fabricación. La compañía ha aumentado también el número de sensores embebidos conectados en sus aviones.
- Bosch y su tecnología *track and trace*: esta tecnología fue implementada debido a que se analizó que los operarios empleaban una cantidad de tiempo notoria buscando distintos

tipos de herramientas que necesitaban para su trabajo. Para evitar esto, la compañía decidió instalar sensores conectados en las herramientas de los trabajadores para que fueran fácilmente localizables, lo cuál fue un éxito y redujo los tiempos de fabricación.



Ilustración 5: Gráfico explicativo del track and trace de Bosch

- Shell y sus campos de petróleo inteligentes: gracias a su conexión por fibra óptica, los pozos de petróleo pueden ser monitorizados de manera remota por los empleados de Shell. Con esto, la compañía afirma que logra obtener hasta un 10% más de petróleo y un 5% más de estas localizaciones. Además, la compañía cuenta con un proyecto de digitalización de plataformas petrolíferas por medio de desarrollar un gemelo digital de estas.



Ilustración 6: Plataforma petrolífera y una representación de su gemelo digital

- Hitachi: mientras que otras compañías dependen de terceros para integrar soluciones IoT, Hitachi cuenta con 16.000 empleados a lo largo del mundo encargados de desarrollar e implementar esta tecnología. La compañía ha desarrollado una plataforma IoT (Lumada), y cuenta con una integración del IoT en diversos productos, incluyendo trenes. Además, Hitachi cuenta con una integración de esta tecnología en diversos procesos de fabricación propios, reduciendo los tiempos de producción drásticamente.



Ilustración 7: Logotipo de Lumada, la plataforma IoT de Hitachi

- North Star BlueScope Steel: esta compañía ha focalizado el uso de la tecnología de la industria 4.0 en mejorar la seguridad y bienestar de sus trabajadores. Para ello, han hecho uso de los *wearables*, en concreto, cascos y pulseras inteligentes. Estos ayudan a monitorizar la seguridad del empleado, así como identificar posibles peligrosas en el entorno laboral para prevenir futuros accidentes y evitarlos antes de que ocurran. Aparte de esto, los *wearables* monitorizan también la salud de los empleados, recogiendo datos en tiempo real sobre su temperatura corporal, pulso, nivel de actividad... etc. para así darles descanso en el momento en que lo necesiten. Por último, la compañía ha instalado también sensores conectados que miden condiciones ambientales, como temperatura, radiación y presencia de gases tóxicos.

Estos son solo algunos ejemplos de las multitudes de soluciones de industria conectada presentes a lo largo del mundo. Como puede verse, las aplicaciones pueden ser de índole muy variada y destinadas a diferentes fines (mejora de productividad, eficiencia energética, salud y bienestar de los empleados...).

En la empresa en la que se desarrolla este proyecto, ABB, ya hay desarrolladas distintas aplicaciones relacionadas con la industria conectada. Entre ellas destacan las desarrolladas en el área de robótica, como los sensores inteligentes presentes en los robots de la compañía. Estos sensores ayudan a realizar un mantenimiento predictivo de los equipos, pudiendo así actuar y realizar mantenimiento antes de que el robot se rompa o dé algún fallo.

A su vez, destacan las soluciones desarrolladas en el ámbito de robots colaborativos (cobots), como el YuMi, o los recientemente incorporados al catálogo GoFa y SWIFTY. Estos equipos permiten disponer de uno o varios brazos robóticos en la misma área de trabajo que las personas, ayudando en tareas manuales que desempeñen los operarios. Para que esto sea posible, los robots colaborativos cuentan con un amplio despliegue de sensores que se encargan de evitar colisiones peligrosas con cualquier parte del cuerpo de la persona junto a la que estén trabajando. Además, la

velocidad máxima de los robots está limitada por software, ya que unas velocidades tan altas como las de los robots industriales convencionales serían demasiado peligrosas en un entorno colaborativo, incluso con la presencia activa de los sensores mencionados.

				
	Dual-Arm YuMi®	Single-Arm YuMi®	GoFa™	SWIFTI™
Payload	0,5kg/arm	0,5kg	5kg	4kg
Reach	0,56m	0,56m	0,95m	0,58m/0,475m
DoF (Degree Of Freedom)	14	7	6	6
Max TCP Speed	1.5m/s/arm	1.5m/s	2.2m/s	5m/s
Robot Weight	38kg incl. controller	9,6kg	27kg	21kg
Protection Class	IP30	IP30	IP54	IP40
Mounting Positions	Tabletop	Any Position	Any Position	Any Position
Features	<ul style="list-style-type: none"> • RobotStudio® AR viewer for quick and convenient robot visualization • Inherent safety = close collaboration • Soft padded joints • Servo fingers • Integrated vision • Scanning QR code • 2 x vacuums • Integrated controller 	<ul style="list-style-type: none"> • RobotStudio® AR viewer for quick and convenient robot visualization • Inherent safety = close collaboration • Soft padded joints • Servo fingers • Integrated vision • Vacuum gripper • Lead through programming 	<ul style="list-style-type: none"> • RobotStudio® AR viewer for quick and convenient robot visualization • Integrated joint design with torque sensors • Arm Side Interface (ASI) featuring user-customizable buttons and light ring • Lead through programming • Wizard easy programming • Interaction status light (white, green and red) encourages greater user interaction • Small footprint 	<ul style="list-style-type: none"> • RobotStudio® AR viewer for quick and convenient robot visualization • Four integrated air supplies • Industrial robot speeds of 5m/s • Lead through programming • Wizard easy programming • Interaction status light • Safety laser scanner & SafeMove Collaborative software • Works tirelessly with accuracy of 0.01mm

Ilustración 8: Principales características de los cobots de ABB

Este proyecto se va a centrar en la aplicación de la industria conectada en variadores de frecuencia a través de su digitalización. Sin embargo, a fecha de hoy, no hay desarrollado ningún proyecto significativo de esta índole en ninguna otra empresa, siendo ABB, por lo tanto, una de las empresas pioneras en lo que a digitalización de variadores de frecuencia respecta.

3. Motivación

La principal motivación de la digitalización de convertidores de frecuencia es añadir valor a este producto, y hacer el uso de éste más eficiente, predecible, seguro y cómodo.

Las tecnologías de la industria conectada han demostrado en numerosas ocasiones suponer un gran beneficio para el usuario, ahorrando costes y mejorando la eficiencia de los procesos, por lo que es de esperar que estos beneficios surtan efecto aplicándose a convertidores de frecuencia.

Además, la inclusión de nuevas tecnologías en sus productos no solo añade valor a los mismos, sino que añaden valor al nombre de la empresa, demostrando que los productos están a la vanguardia del sector y cuentan con las tecnologías más punteras disponibles.

4. Objetivos del proyecto

Es importante mencionar que la digitalización de convertidores de frecuencia en ABB es un proyecto que llevaba un tiempo desarrollándose previamente al comienzo de este proyecto. Los objetivos de este proyecto no incluyen el desarrollo de software ni hardware, ya que esas labores ya están cumplimentadas por el equipo de trabajadores de la empresa.

El objetivo principal, entonces, es potenciar y sacar el máximo partido a esas tecnologías ya desarrolladas, centrándose en el territorio español y en los equipos conectados en España, para así, hacer ver al cliente el valor añadido que supone esta tecnología. Para que los clientes estén satisfechos con el servicio y la tecnología de digitalización adquiridos, es importante hacerles entender los beneficios que ésta puede aportar. Parece una tarea muy obvia, pero debido a que muchos de los beneficios son a largo plazo y a veces no son tangibles, es importante preocuparse por proporcionar información clara, veraz y útil al cliente.

Por lo tanto, para conseguir este objetivo principal, los objetivos secundarios en los que el proyecto se divide son los siguientes:

1. Familiarizarse y aprender las funciones de las herramientas y apps de digitalización ya desarrolladas, ya que, para sacar el máximo partido de estas, es indispensable conocerlas bien. Más adelante, se explicarán cuáles son estas herramientas y como contribuyen a la digitalización de variadores de frecuencia.
2. Analizar posibles mejoras en el sistema. Pese a que el proyecto no incluya el desarrollo de la tecnología, el análisis de esta y la propuesta de posibles mejoras será importante para crear un mayor valor añadido en los productos y una mayor apreciación de las herramientas proporcionadas a los clientes
3. Supervisar los equipos ya conectados en España. Será importante asegurarse de que la conexión entre los equipos (convertidores de frecuencia) y “la nube” es correcta y que todos los parámetros del variador son adecuados. Así se asegura la continuidad del servicio y la satisfacción del cliente. Además, la supervisión de estos equipos ha comprendido también la realización de informes periódicos informando a los clientes del estado de sus respectivos equipos.
4. Poner en marcha y supervisar el correcto funcionamiento del Centro ABB de Servicios Avanzados (CASA). Este centro, situado en las oficinas de ABB en Madrid, dispone de las últimas tecnologías que ayudan a la monitorización de equipos digitalizados. Debido a que lleva un tiempo sin utilizarse debido a la pandemia causada por la COVID-19, el proyecto contemplará también la tarea de volver a ponerlo en funcionamiento y revisar que todo funciona correctamente día a día.

5. Herramientas de digitalización

Los principales activos de este proyecto son cada una de las herramientas sobre las que se ha trabajado para conseguir los objetivos del proyecto.

Estas herramientas son aplicaciones a las que se accede a través de un navegador web o una app para smartphones. Son de acceso restringido a los trabajadores de ABB, así como a los clientes hayan contratado los servicios de digitalización.

Para entender bien estas herramientas y conseguir una buena familiarización con ellas, las primeras semanas de proyecto se centraron en realizar formaciones sobre estas.

A continuación, se hará una descripción de cada una de ellas.

5.1. Condition Monitoring

Condition Monitoring es la plataforma principal de digitalización de variadores de frecuencia en ABB. En ella, tanto clientes como trabajadores de ABB son capaces de ver en tiempo real y en histórico distintos parámetros y datos de los variadores de frecuencia conectados a este servicio [3]. Es una aplicación web a la que se puede acceder desde el navegador de Internet de cualquier ordenador, siempre y cuando se disponga de un usuario y su respectiva clave de acceso.

A continuación, se va a explicar las distintas secciones del portal web, así como las funciones que esta herramienta permite realizar.

En primer lugar, la siguiente figura muestra la página principal del portal:

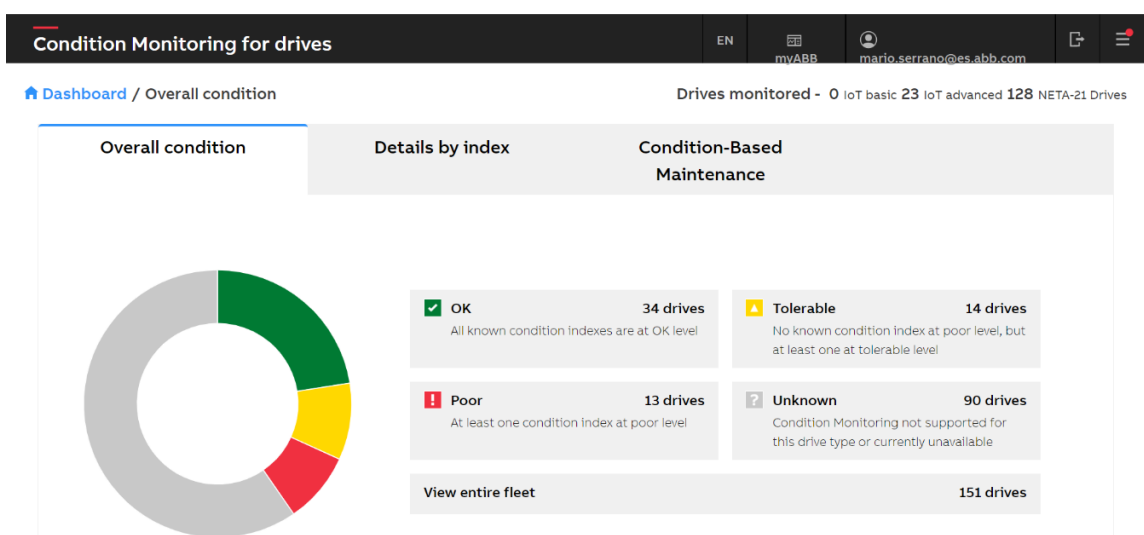


Ilustración 9: Página principal de Condition Monitoring

Como puede verse, el portal muestra una clasificación general de toda la flota de convertidores digitalizados. Se clasifica el estado general de un equipo en 4 posibles estados: OK, tolerable, pobre y desconocido. Para hacer esta clasificación, se tienen en cuenta 4 factores fundamentales:

- Disponibilidad: tiene en cuenta si actualmente el equipo cuenta con una falta (fault) o aviso (warning) activo.
- Ambiente: considera si las condiciones ambientales de presión, humedad y temperatura son adecuadas para el correcto funcionamiento del variador de frecuencia.
- Fiabilidad: se basa en la cantidad de tiempo que ha estado el equipo fuera de servicio el último mes.
- Estrés: tiene en cuenta las señales de los distintos parámetros del convertidor (frecuencia, intensidad, tensión, par... etc.) y si estas han rebasado los límites establecidos por el usuario en numerosas ocasiones.

En la siguiente captura de pantalla se muestra la segunda pestaña de la página principal:

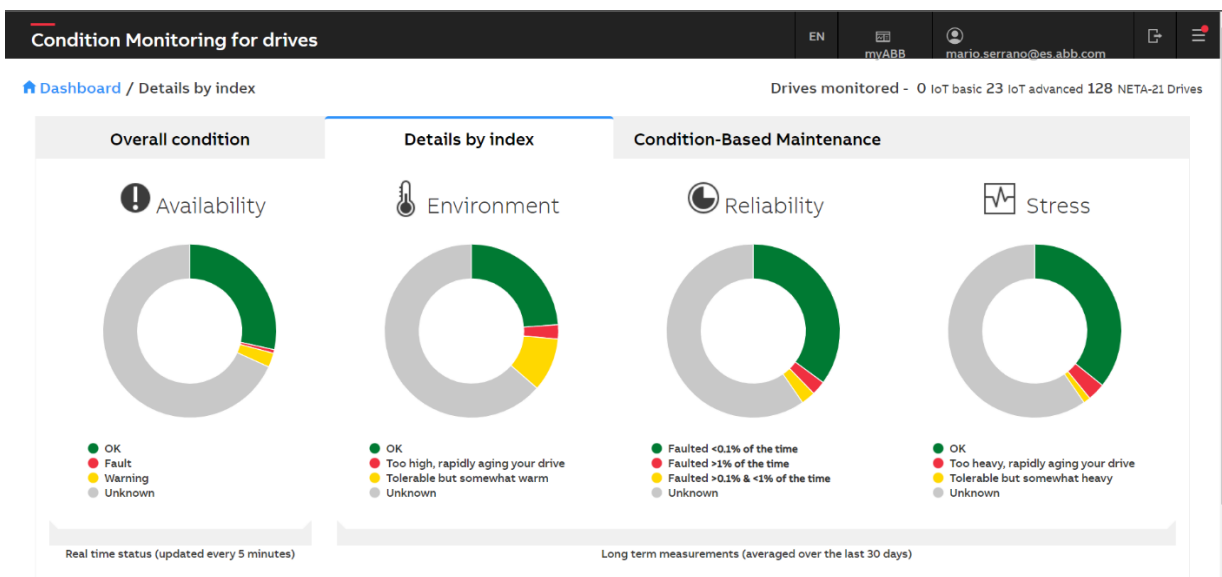


Ilustración 10: Página principal de Condition Monitoring, pestaña 2

En este caso, se hace una clasificación de cada uno de los 4 factores explicados anteriormente. Dicha clasificación y su código de colores viene explicada en la leyenda de cada gráfico. De esta manera, el usuario final puede ver rápidamente el estado general de su flota y de cada uno de los 4 factores fundamentales de la misma.

Una vez el usuario entra a ver los equipos en detalle, se puede ver lo siguiente de cada uno de ellos:

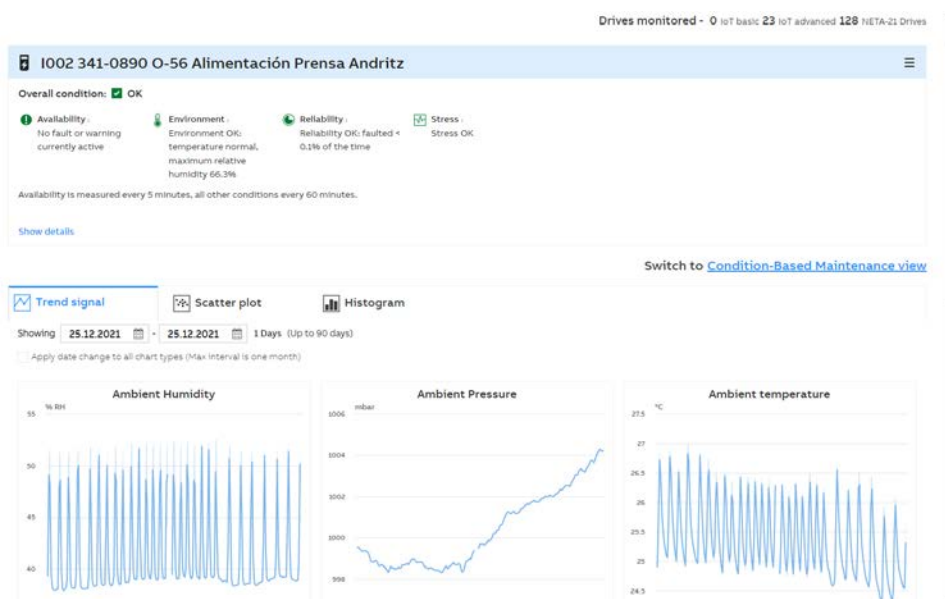


Ilustración 11: Vista de las señales de los parámetros de un equipo en Condition Monitoring

Como puede verse, a la izquierda de esta sección del portal web hay una barra donde se puede seleccionar el equipo deseado entre toda la flota de la que se disponga. Arriba del todo se hace una pequeña descripción de cómo se encuentra cada uno de los 4 factores fundamentales del equipo y más abajo se muestra las señales de todos los parámetros en tiempo real. El usuario puede establecer el intervalo de tiempo que muestre la página y los parámetros de los que dispone son muy variados: intensidad de salida, temperatura de componentes internos, temperatura ambiente, humedad ambiente, presión ambiente, frecuencia, tensión, par ejercido por el motor... etc.

En esta misma sección del portal, en el menú de las 3 rayas horizontales de arriba a la derecha, el usuario puede hacer diversas acciones, las cuales pueden verse en el siguiente recorte y se explican a continuación:

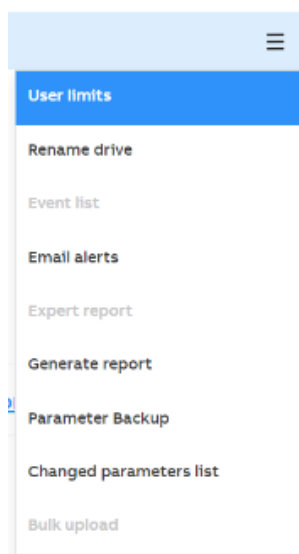


Ilustración 12: Menú de acciones sobre la monitorización de un equipo

- Límites de usuario: el usuario puede establecer los límites inferior y superior de un parámetro para que el portal le informe automáticamente en el momento en el que se rebasen.
- Cambiar nombre del dispositivo
- Generar informe: esta herramienta permite generar un informe completo del estado del dispositivo en formato PDF. El usuario decide el intervalo de tiempo del que se muestre información. Puede verse un ejemplo de estos informes en el Anexo 2: Ejemplo de un informe de Condition Monitoring de esta memoria.
- Obtener un archivo backup de los parámetros de configuración del equipo: este es un archivo muy utilizado por los técnicos de servicio a la hora de reparar o diagnosticar un convertidor de frecuencia.
- Obtener una lista de cambios de los parámetros de configuración: muestra un histórico de aquellas variaciones que se han realizado en los parámetros, el cual sirve también para diagnosticar posibles fallos de un equipo.

Aparte de la monitorización de señales en histórico y en tiempo real, otra de las grandes aplicaciones de la herramienta Condition Monitoring es ver el estado del mantenimiento preventivo programado para los equipos. Los 3 componentes de los que se realiza el mantenimiento preventivo son:

- Ventiladores para la refrigeración
- Módulo del convertidor
- Batería de condensadores

El mantenimiento preventivo de cada equipo indica la fecha programada en la que estos componentes deben cambiarse. Dicha programación se ve reflejada en el portal web de la siguiente manera:

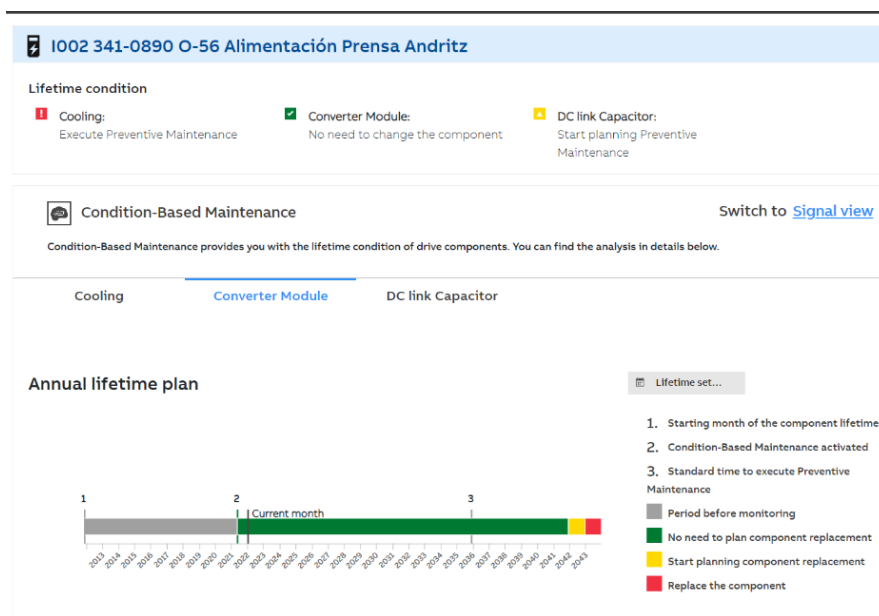


Ilustración 13: Vista del mantenimiento preventivo de un variador de frecuencia

Dentro de la vista de cada equipo se encuentran 3 pestañas, que corresponden a cada uno de los 3 componentes mencionados anteriormente. En cada pestaña se muestra un gráfico que ilustra la fecha en la que corresponde realizar el mantenimiento preventivo de ese componente. Según la cercanía a la fecha límite programada, el momento actual se clasifica en 4 colores:

- Rojo: se debe cambiar el componente lo antes posible.
- Amarillo: se debe empezar a planear el cambio del componente, ya que pronto deberá cambiarse.
- Verde: no es necesario planear un cambio de componente.
- Gris: periodo antes de comenzar la monitorización del equipo

Por último, la siguiente captura muestra la tercera pestaña de la página principal de Condition Monitoring, donde el usuario puede ver el estado general del mantenimiento preventivo de la flota monitorizada:

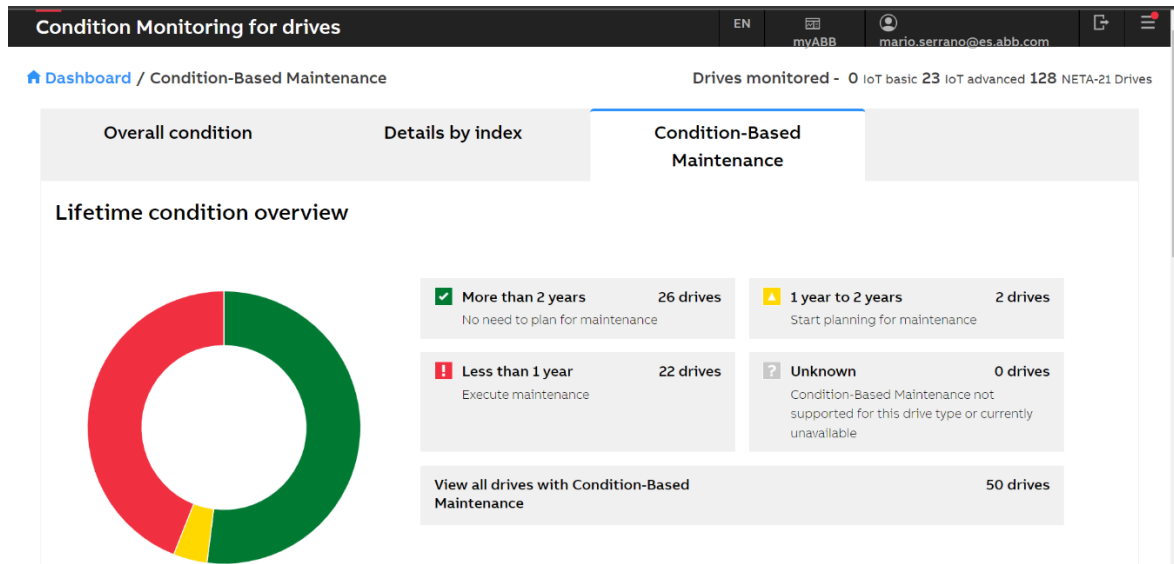


Ilustración 14: Tercera pestaña de la página principal de Condition Monitoring

5.2. Drivetune

Drivetune es una aplicación para smartphones (Android y iOS) que permite al usuario conectarse con móvil a un convertidor de frecuencia de ABB a través de una conexión Bluetooth, siempre y cuando el equipo cuente con un panel de control Bluetooth [4].

La aplicación cuenta con funciones muy diversas, todas ellas reflejadas en la pantalla de inicio, la cual puede verse en la siguiente captura:

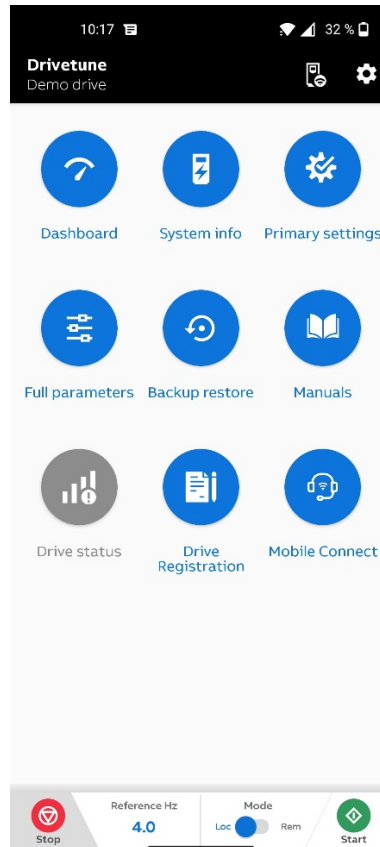


Ilustración 15: Página de inicio de Drivetune

A continuación, se hará una breve descripción de cada una de ellas:

- **Dashboard:** muestra el estado actual del variador de frecuencia (frecuencia, intensidad, par ejercido), así como la lista de faltas y avisos activos y el estado de las salidas y entradas digitales y analógicas.
- **Información del sistema:** muestra información diversa del producto, como el modelo, número de serie, versión de firmware... etc.
- **Ajustes sencillos:** permite modificar y consultar una lista de ajustes compuesta por aquellos más frecuentemente utilizados y cambiados por los técnicos.

- Todos los parámetros: permite modificar y consultar la lista completa de parámetros de configuración del equipo.
- Restauración de backups: sirve para cargar un archivo backup de los parámetros de configuración al convertidor. Este archivo debe encontrarse en el teléfono desde el que se realice la conexión.
- Manuales: proporciona un acceso rápido a los manuales de hardware, firmware y demás utilidades del dispositivo.
- Estado del convertidor: esta característica sirve para aquellas ocasiones en las que el convertidor que se quiera consultar no cuente con un panel Bluetooth. Para poder ver el estado completo del convertidor, el panel de éste genera un código QR, que deberá ser escaneado con el móvil del usuario para poder ver una “fotografía” del estado del equipo en ese momento.
- Registro del variador: permite realizar el registro del variador a través de su número de serie de una manera rápida y sencilla.
- Mobile Connect: de esta herramienta se hablará en profundidad en el siguiente apartado.

La aplicación cuenta también con una barra de acceso rápido presente en la parte inferior de la pantalla en todo momento. Esta barra permite activar la acción de marcha y paro del variador, establecer una velocidad de referencia rápidamente y alternar entre los modos de funcionamiento local y remoto.

Todas estas funciones, junto con una interfaz sencilla, aportan al usuario la capacidad de manejar sus equipos de una manera cómoda e intuitiva. Además, la conexión inalámbrica Bluetooth permite conectarse aún estado a cierta distancia del variador de frecuencia, ahorrando a los técnicos el acceso a zonas de trabajo peligrosas o de difícil entrada.

5.3. Mobile Connect

Esta herramienta permite el mantenimiento, puesta en marcha y configuración de un convertidor de frecuencia de manera totalmente remota y en tiempo real [5]. La herramienta cuenta con 2 elementos principales:

- Aplicación web de escritorio: se accede a través de un navegador de Internet en un ordenador de escritorio. A este portal accede el técnico encargado de realizar cualquier tarea de mantenimiento o configuración del convertidor, y puede estar situado en cualquier parte del mundo.
- Sección de la aplicación Drivetune: como se ha visto anteriormente, la app para smartphone cuenta con el apartado Mobile Connect. Primero, el operario que esté en el lugar de trabajo del convertidor de frecuencia debe conectar de manera local por Bluetooth su smartphone al variador de frecuencia. Una vez hecho esto, se debe entrar en la sección Mobile Connect de la app para así establecer la conexión on-line con el técnico que esté utilizando la aplicación web de escritorio.



Ilustración 16: Esquema de conexiones de Mobile Connect

En resumen, un técnico (situado en las oficinas de ABB, por ejemplo) puede conectarse a un variador de frecuencia (situado en una fábrica a cientos de kilómetros, por ejemplo) a través del smartphone de un operario.

Cabe destacar que no es necesario que este operario tenga formación de cómo realizar la configuración de un convertidor de frecuencia, ya que la conexión se hace a través de una interfaz sencilla. Es el técnico que se conecte a la aplicación web de escritorio quien deberá contar con la formación y experiencia requerida para realizar la configuración del variador de frecuencia.

La interfaz de la aplicación web de escritorio es la siguiente:

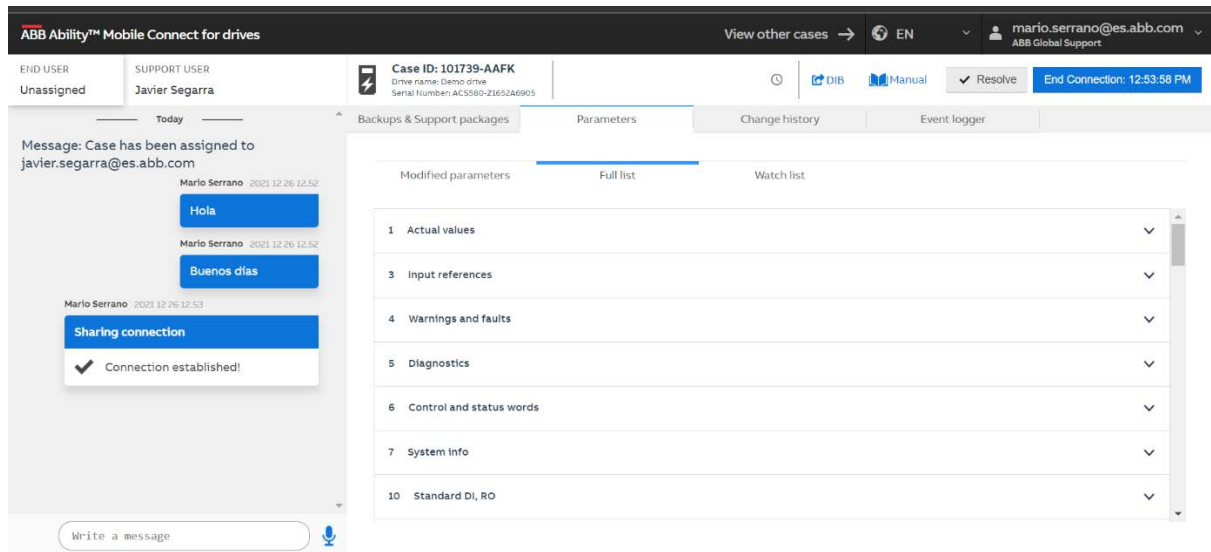


Ilustración 17: Captura de pantalla de la interfaz de la aplicación web de Mobile Connect

En el margen izquierdo hay un chat en tiempo real con el operario de fábrica, por el cual se pueden enviar fotos, vídeos y todo tipo de archivos. Cabe destacar que, para establecer la conexión con el variador de frecuencia, así como realizar cualquier cambio de parámetros de configuración o backups, es necesaria la autorización del operario de fábrica. Estas autorizaciones saltan al chat, y se aceptan o rechazan desde el mismo en el smartphone, tal y como puede verse en la siguiente imagen:

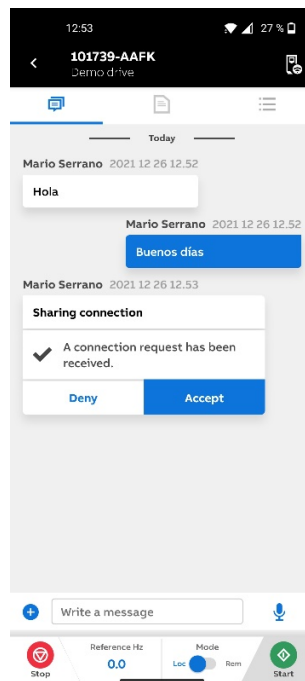


Ilustración 18: Captura de pantalla del chat de Mobile Connect en la app para smartphone

El resto de la interfaz consta de 4 pestañas. Cada una corresponde a un tipo de acción que puede realizar el técnico para configurar el convertidor de frecuencia:

- Recibir o enviar backups: el técnico podrá obtener el archivo backup con todos los parámetros de configuración presentes en el equipo en ese momento. También podrá enviar un archivo de este tipo que se encuentre en los documentos del ordenador desde el que realiza la conexión.
- Cambiar cualquier parámetro de configuración en tiempo real: una vez realice los cambios, el usuario conectado a través de la aplicación para smartphone deberá aceptarlos para que estos tengan lugar en el convertidor.
- Consultar el historial de cambios en los parámetros de configuración del convertidor.
- Consultar el historial de faltas, avisos y eventos que hayan saltado en el convertidor.

Como puede verse, la utilidad principal de esta herramienta es ahorrar el desplazamiento del técnico al lugar de trabajo donde se encuentre el convertidor de frecuencia, pudiendo así realizar una gran variedad de acciones de configuración de manera remota. Gracias a poder prescindir de estos desplazamientos, tanto los clientes como ABB consiguen un gran ahorro de costes y tiempo, además de reducir drásticamente la huella de CO₂ en las labores de mantenimiento de un convertidor de frecuencia.

5.4. Uso de los datos almacenados de los equipos

Una vez comprendido el funcionamiento de estas herramientas, se llegó a la conclusión de que se podría obtener alguna utilidad de los datos almacenados de los equipos ya digitalizados. Para ello, se realizó un profundo análisis de estos datos y se implementaron una serie de mejoras que se describirán a continuación.

5.4.1. *Obtención y descripción de datos*

Para poder trabajar con una base de datos real de la flota completa de equipos digitalizados, fue necesaria pedirla al equipo de desarrollo de la herramienta, compuesto por empleados de ABB que se encuentran mayoritariamente en Finlandia.

La información obtenida consistió en un archivo .csv por cada convertidor de frecuencia. Dentro de cada uno de estos archivos, cada fila tiene un timestamp determinado y el valor registrado en ese momento de los siguientes parámetros: intensidad de salida, intensidad de entrada, tensión aplicada, tensión de alimentación, frecuencia de alimentación, frecuencia de salida, temperatura ambiente, temperatura de los IGBTs y par aplicado al motor. A su vez, cada fila también tiene un booleano (0,1) por cada fallo y cada aviso (estos fallos están estandarizados y tienen su codificación propia). Cuando salta un fallo, el booleano correspondiente se pone a 1 en la fila con el timestamp correspondiente al instante en el que salta.

Viendo la naturaleza de estos datos, se decidió que lo más útil sería intentar encontrar una correlación entre alguno de los parámetros obtenidos (magnitudes continuas) con la aparición de cada dato o aviso (booleanos). Para así poder prevenir estos fallos antes de que se produzcan y provoquen algún paro en la producción o posterior avería del equipo.

5.4.2. *Limpieza de datos*

Antes de comenzar a aplicar un modelo estadístico, fue necesario adecuar y limpiar los archivos .csv para así obtener resultados válidos. Lo primero que se hizo fue analizar qué fallos o avisos son los que se repiten con mayor frecuencia en la flota completa de convertidores, lo cual fue sencillo, pues solo hubo que sumar el número de apariciones de cada tipo fallo y ver cuáles son las más numerosas. Al ver los resultados, se comprobó que hay un fallo que se repite mucho más que el resto ya que se ha comprobado que ha supuesto más del 80% de todos los fallos totales registrados en la base de datos con la que se trabajó. Este fallo tiene el código A5A0 y se llama Safe Torque Off. Consiste en una función de seguridad que se activa cuando se produce algún tipo de anomalía, como una

sobrecarga o una entrega de potencia excesiva al motor [10]. Esta función permite llevar el motor accionado a un estado sin par, debido a que se ha producido un paro de emergencia.

Dado que este fallo es el causante de la gran mayoría de paros en la producción, el estudio de datos se centró a partir de aquí en darle alguna explicación estadística usando las variables medidas (intensidad, par, frecuencia... etc.). Por lo tanto, para trabajar con una base de datos más manejable, se optó por eliminar todas las variables booleanas que hacen referencia a los otros fallos, convirtiéndose el booleano del fallo A050 en nuestra variable objetivo a explicar.

Por último, también se eliminaron los valores extremos (outliers) de los parámetros medidos, asumiendo que estas medidas puntuales se corresponden con errores de medición o algún otro tipo de anomalía obvia.

5.4.3. Análisis de datos

Una vez listos los datos a analizar, se pasó a elegir el modelo estadístico más adecuado a este caso particular. Debido a que tratamos de explicar una variable booleana (aparece el fallo A5A0) a través de varias variables continuas (intensidad, par, frecuencia, temperatura...) se llegó a la conclusión de que el modelo estadístico más adecuado a aplicar es el de regresión logística [9].

Para no sobreentrenar el modelo, se usaron los archivos .csv de 100 equipos como set de entrenamiento (*training set*), y se dejó el resto de los archivos como set de validación (*validation set*), los cuales suman un total de 157.

Estos 100 archivos se combinaron en uno solo para poder obtener el modelo mediante lenguaje R. Una vez se obtuvo el modelo, se comprobó que ninguna de las variables de entrada era lo suficientemente significativa como para explicar o predecir la variable de salida, por lo que se pasó a pensar alguna posible solución a este problema.

Consultando esto con el equipo de digitalización de ABB en España, se llegó a la conclusión de que es comprensible que el fallo A0A5 no esté relacionado con las magnitudes de los parámetros medidos en sí, ya que, analizando cómo funciona un convertidor de frecuencia, lo que más sentido tendría sería que este fallo fuese producido por cambios bruscos en estas variables, y no por sus magnitudes absolutas.

Sabiendo esto, el siguiente paso fue crear un nuevo set de variables compuesto por las derivadas de las variables originales, ya que este nuevo tipo de dato sí que recoge los cambios bruscos.

Para crear la derivada de una magnitud con un muestreo discreto, se usó la siguiente aproximación, donde X es la variable original, dX la nueva variable y t se calcula gracias a los timestamps.

$$dX(t_i) = \frac{X(t_i) - X(t_{i-1})}{t_i - t_{i-1}}$$

Una vez obtenido el nuevo set de variables, se pasó a calcular el modelo de regresión logística para nuestro set de entrenamiento. Esta vez, los resultados obtenidos sí fueron lo suficientemente significativos como para estar satisfecho con el modelo. En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos por el modelo en R:

Variable	Estimate (coeficiente beta)	Std. Error	Valor z	Pr
(Intercept)	0,11032	0,13028	0,960	0,39686
Intensidad de salida	0,82836	0,11848	7,722	2,82e-14 ***
Intensidad de entrada	0,69498	0,12195	6,370	3,95e-10 ***
Tensión aplicada	0,10862	0,09751	1,274	0,25595
Tensión de alimentación	0,09753	0,12486	0,872	0,45749
Frecuencia de alimentación	0,04751	0,08751	0,687	0,57429
Frecuencia de salida	0,05785	0,07162	0,781	0,59349
Temperatura ambiente	0,18896	0,09840	2,478	0,12893
Temperatura de los IGBTs	0,18215	0,08269	2,158	0,11478
Par aplicado al motor	0,34798	0,17893	3,478	0,00078 **

Tabla 1: Resultados obtenidos del modelo de regresión logística

De los resultados anteriores, se puede asumir claramente que las variables más significativas (coeficiente beta suficientemente alto y p-valor casi cero) son las derivadas del par aplicado al motor y las intensidades de entrada y salida. Esto quiere decir que cuando se produce un cambio brusco en alguna de estas tres magnitudes, hay una alta probabilidad de que después se registre el fallo A5A0 en el equipo.

Por lo tanto, el paso siguiente fue eliminar el resto de las variables de nuestro modelo, ya que no cuentan con el nivel de significación suficiente.

Una vez obtenido el modelo deseado, se comprobó su correcta fiabilidad con el set de entrenamiento y, posteriormente, con el set de validación.

Con el set de entrenamiento, la matriz de confusión obtenida arroja una precisión total (número de previsiones acertadas entre el número de previsiones totales) de 94%. Este porcentaje es muy satisfactorio, pero es necesario comprobar también la sensibilidad, ya que las muestras están desbalanceadas (hay muchísimos más ceros que unos, ya que el uno solo se da cuando se registra el error A0A5, y el cero se da en cualquier otro momento). El porcentaje de sensibilidad obtenido (positivos previstos entre positivos totales) fue del 89%, lo cual se consideró lo suficientemente alto, por lo que se pasó a comprobar el modelo con el set de validación.

Con este set, los resultados fueron ligeramente peores, pero dentro de los márgenes aceptables. La precisión total fue del 91% y la sensibilidad fue del 83%. Esto quiere decir que se estima que, de todos los fallos A0A5 que se produzcan, el modelo será capaz de detectar un 83% de ellos aproximadamente. Por lo tanto, el modelo fue considerado como válido, y se autorizó la puesta en marcha de un plan de actuación para prevenir la aparición de fallos basado en este modelo.

5.4.4. *Pruebas realizadas*

Antes de implementar este sistema de prevención en toda la flota de variadores de frecuencia digitalizados, hubo un periodo de prueba en el que se comprobó que este modelo de predicción funcionaba correctamente.

Para ello, se hizo un acuerdo con un cliente particular que contaba con 15 variadores digitalizados. Con la ayuda del equipo de desarrollo de ABB en Finlandia, se implementó un sistema automatizado que avisa al cliente en caso de que se detecte un aumento brusco en las intensidades de entrada y salida y en el par ejercido por el motor controlado por el equipo. El cliente, una vez recibe este aviso, tiene la tarea de disminuir la carga aplicada por el variador.

Tras un mes de prueba, se comprobó que el número de veces que se registraba el error A5A0 (con su respectivo paro en la producción) bajó de 20 veces a tan solo 5 en toda la flota compuesta por los 15 equipos (un 75% de acierto frente al 83% esperado, pero resultados aceptables aún así).

5.4.5. *Mejoras implementadas*

Dados los positivos resultados del periodo de pruebas, se implementó este sistema de avisos automatizados en todos los equipos de variadores de frecuencia digitalizados de ABB en España. Esta implementación fue análoga a la realizada con la flota de prueba compuesta por 15 equipos y se realizó, de nuevo, con la ayuda del equipo de desarrollo de la herramienta.

Para comprobar el correcto rendimiento de estas mejoras, se estableció un sistema de KPIs a mejorar. El primer KPI se definió como el número de veces que se registra el fallo A0A5.

Debido a que se pensaba que este fallo está relacionado con paros en la producción y posteriores averías en los equipos, también se establecieron estas dos medidas como KPIs a mejorar.

Ya que, durante el periodo de prueba, los fallos A0A5 registrados se redujeron en un 75%, se estimó que ese porcentaje fuera similar aplicando las mejoras a la flota completa de equipos digitalizados en España.

En cuanto al número de paros en la producción y averías, con ayuda del equipo técnico de ABB se estimó que, aproximadamente, la mitad de estos contratiempos están relacionados con el fallo A0A5. Por lo tanto, si se prevé que este fallo se va a reducir en un 75%, la previsión de la reducción del número de paros de producción y averías es de la mitad de este porcentaje, es decir, un 37,5%.

5.4.6. Comprobación y verificación

Una vez transcurrido un mes desde la implementación completa del sistema de mejora, se pasó a analizar la mejora de KPIs y a compararla con la estimada.

Para medir el número de fallos AOA5 registrados, fue tan sencillo como obtener ese dato de la herramienta Condition Monitoring. El número de paros en la producción también fue posible obtenerlos de dicha herramienta. En cuanto al número de averías de equipos, fue necesario pedir dicha información al departamento de ingeniería de servicio de ABB.

Estos KPIs se compararon con el mes anterior (es decir, se comparó un mes sin mejora frente a un mes con mejora), y se obtuvieron los siguientes porcentajes, que se muestran en una tabla comparativa con los porcentajes de mejora estimados anteriormente.

KPI	Porcentaje de mejora estimado	Porcentaje de mejora real
Número de fallos AOA5 registrados	75%	76,3%
Número de paros en la producción	37,5%	34,7%
Número de averías totales	37,5%	23,8%

Tabla 2: Comparación de KPIs reales con los estimados

Como puede observarse, las mejoras de KPIs obtenidas son lo suficientemente similares a las estimadas en un principio como para considerar el modelo y las implementaciones de mejora válidas.

No obstante, se observa que el número de averías totales se ha reducido bastante menos de lo que se esperaba, lo cual significa que este contratiempo no está tan relacionado con el fallo AOA5 como se pensaba inicialmente. No obstante, se considera que una reducción del 26,8% de averías es un resultado también muy positivo e impacta de forma significativa en el ahorro de costes del cliente.

5.4.7. *Documentación de resultados*

De cara a posibles futuros desarrollos, todo este procedimiento se dejó documentado, quedando por escrito todos los pasos realizados y código utilizado para la obtención del modelo estadístico en R.

También se documentaron todos los problemas encontrados a lo largo del proceso, entre los que se incluyen:

- La dificultad que supuso acceder a la base de datos real de los equipos.
- La necesidad de encontrar un nuevo tipo de variable que explicara que se produjera el fallo A0A5. En este caso fue relativamente sencillo, pues la derivada de las variables iniciales sirvió para elaborar un modelo estadístico válido.
- La lentitud con la que se implementaron las mejoras descritas. Para establecer un sistema de avisos automatizados en el sistema de Condition Monitoring, fue necesario trabajar con el equipo de desarrollo de esta herramienta. Una posible solución sería hacer posibles los cambios en el código de la aplicación sin necesidad de aprobaciones.

A pesar de estos problemas, las notables mejoras de los KPIs establecidos permiten afirmar que este análisis de datos y su posterior mejora aportaron un valor añadido a la digitalización de variadores de frecuencia de ABB.

6. Propuestas de mejora

Una vez entendido el funcionamiento de las principales herramientas de digitalización de convertidores de frecuencia en ABB, la siguiente fase del proyecto consistió en la elaboración y exposición de una serie de posibles mejoras en estas herramientas ya descritas.

Estas propuestas de mejora surgieron de la necesidad de hacer ver a los clientes el valor añadido que aporta contratar los servicios de digitalización para sus convertidores de frecuencia de ABB.

Hay dos tipos de propuestas: mejoras a corto plazo y mejoras a largo plazo.

6.1. Mejoras a corto plazo

Comenzando con las mejoras a corto plazo, el principal problema encontrado en la aplicación de Condition Monitoring es la implicación de los clientes con esta herramienta. Se ha encontrado una baja tasa de visitas al portal web de la plataforma, así como de descargas de los informes de forma proactiva por parte de los encargados de mantenimiento.

Por lo tanto, una buena mejora a implementar sería la automatización de la descarga de estos informes, de tal forma que lleguen al cliente de manera periódica sin necesidad de visitar la página asiduamente.

6.1.1. *Obtención y descripción de la información*

Se ha llegado a la conclusión de que la implicación de los clientes con la herramienta es baja gracias a los datos de uso de la misma.

Los datos se solicitaron al equipo de desarrollo, el cual proporcionó tres archivos .xls con las siguientes estadísticas de uso: consultas al portal web, número de notificaciones recibidas y número de informes descargados. Cada uno de estos archivos muestran los datos con una periodicidad de un día, es decir, cada fila de los documentos se corresponde con un día de uso.

Para trabajar más cómodamente, se decidió combinar estos 3 archivos en uno solo. El archivo final, por lo tanto, consistió en el que cada fila se corresponde con un día de uso y tiene 3 variables asociadas (consultas al portal web, número de notificaciones recibidas y número de informes descargados).

6.1.2. *Análisis de datos*

Una vez fue posible trabajar con archivos de datos reales, el primer análisis a realizar fue una representación gráfica y una inspección visual de la misma, ya que la información obtenida es de complejidad sencilla.

Debido a que estos datos se corresponden con los últimos 12 meses de uso de la herramienta, se optó por agrupar los datos de cada mes, para simplificar la representación visual de los mismos.

Hecho esto, los gráficos obtenidos son los siguientes:

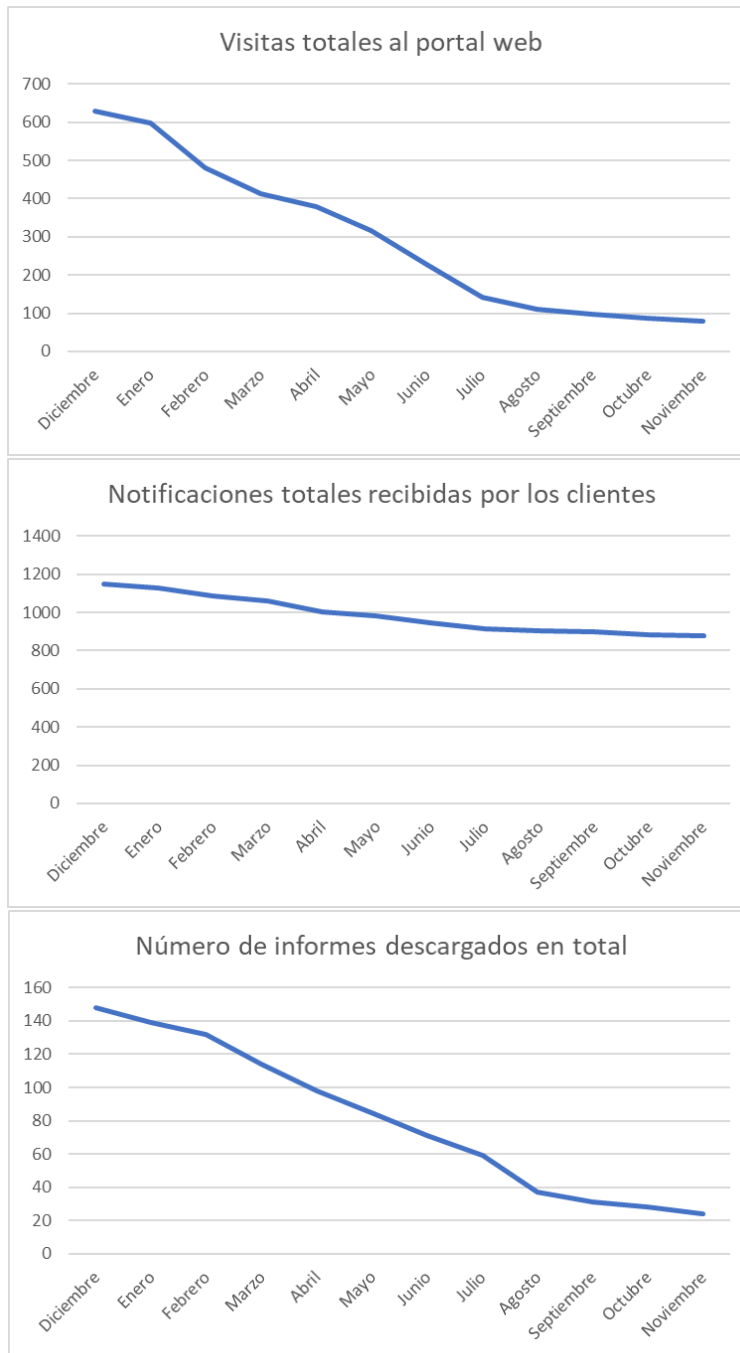


Ilustración 19: Gráficos de las estadísticas de uso de la plataforma Condition Monitoring

Como puede verse, en todos los gráficos se muestra una clara tendencia a la baja. Esto indica que los clientes han dejado de ver atractiva la herramienta de digitalización, por lo que existe el riesgo de que la digitalización de variadores de frecuencia de ABB no crezca según lo previsto.

Analizando cada variable individualmente, se observa que el número de visitas totales al portal web se ha visto reducido en un 87,3%; las notificaciones totales recibidas por los clientes han descendido un 23,4% y el número de informes descargados en total ha decrecido un 83,8%. Viendo las gráficas y estos porcentajes, está claro que las estadísticas que se están viendo más afectadas por el desuso son las visitas al portal y el número de informes descargados en total, mientras que las notificaciones recibidas por los clientes han descendido mucho menos que las dos otras variables.

Esto puede deberse a que las notificaciones ocurren de manera pasiva y no requieren de ninguna acción por parte de los clientes. Sin embargo, el hecho de que se hayan reducido tanto como un 23,4% quiere decir que los clientes han dejado de ver esta funcionalidad como algo atractivo y hayan decidido anular el envío de algunas notificaciones.

Por ello, este aspecto en concreto debe mejorarse pese a no haberse visto tan perjudicado por el desuso de la plataforma, puesto que es una utilidad esencial que aporta mucha implicación del cliente con los servicios de digitalización.

6.1.3. Mejoras implementadas

Tal y como se ha explicado anteriormente, el portal permite descargar informes detallados en PDF del último intervalo de tiempo (cuya longitud la establece el usuario). Sin embargo, esta es una acción manual y es el cliente el que tiene que entrar al portal y hacer clic en “generar informe” para poder descargarlo.

Gracias al análisis de datos explicado previamente, se ha visto que esta acción se realiza cada vez menos. La mejora realizada para solucionar esto es añadir una nueva opción al panel desplegable de Condition Monitoring que permita al cliente establecer un envío automático de informes vía email. El cliente puede también decidir la frecuencia con la que se envían estos informes.

Muy relacionado con este problema está el de las notificaciones por email que sí que están presentes actualmente en Condition Monitoring.

Max number of emails of a drive alerts / day

This is a user-specific settings applied to all the selected drive alerts below.

ABB CIC Demo IPC1

Faults

Warnings

Parameter changes

No realtime data received (>1h)

User limits

Save Close

Ilustración 20: Personalización de alertas por email en Condition Monitoring

Tal y como se puede ver en la anterior ilustración, el usuario es capaz de establecer el número máximo de comunicaciones por email que recibe al día, así como decidir qué tipos de eventos quiere recibir (fallos, avisos, cambios en los parámetros de configuración, falta de comunicación durante más de una hora y rebasamiento de una señal de los límites de usuario establecidos).

Pese a que esta opción ya es muy completa y útil, se han implementado las siguientes 2 mejoras que la harían más efectiva todavía:

- Posibilidad de priorizar los eventos según su nivel de urgencia: ya que no es lo mismo un aviso de un error menor que el de una falta grave que pueda detener toda la producción. También se permite al usuario distinguir cuánto se ha rebasado el límite establecido de una señal. Por ejemplo, si la temperatura ambiente supera 1 °C el límite, no es lo mismo que si la supera por 10 °C. Así, el usuario puede decidir qué alertas le llegan y cuales no y centrarse en las que más le importen, haciendo más atractivo esta opción.
- Posibilidad de establecer otras vías de comunicación más directas: esta mejora está muy relacionada con la anterior, ya que es muy práctico que el usuario pueda personalizar el envío de comunicaciones también por SMS o incluso una llamada de teléfono automatizada. Estos medios más directos están pensados solamente para los eventos más urgentes, por lo que es muy útil poder establecer varios niveles según su urgencia y personalizar qué medios de comunicación utilizará cada nivel.

Para implementar estas dos mejoras (envío automático de informes y mejora del sistema de notificaciones) se trabajó conjuntamente con el equipo de desarrollo de la compañía.

6.1.4. Pruebas realizadas y estimaciones de mejora de KPIs

Una vez implementadas estas mejoras en el sistema, se pasó a comprobar su funcionamiento en un equipo propiedad de ABB antes de lanzarlas a los variadores digitalizados propiedad de los clientes.

Este equipo mencionado se usa normalmente para realizar demostraciones de funcionamiento de cara al público, pero esta vez se utilizó para comprobar el correcto funcionamiento de las mejoras desarrolladas.

Por lo tanto, las pruebas realizadas consistieron en las siguientes:

- Se configuró el envío periódico de informes generados automáticamente para este equipo. Estableciendo una periodicidad de 1 día, se comprobó en varias ocasiones que el informe generado automáticamente se recibe correctamente y todo su contenido es el esperado.
- Se probó el nuevo sistema de notificaciones. Se configuraron varias nuevas notificaciones personalizadas, y se llevó al equipo a condiciones que propiciaran el envío de dichas notificaciones. Todos los avisos llegaron correctamente en el momento adecuado.

Una vez comprobado el correcto funcionamiento de las mejoras, se pasó a estimar cuánto pueden mejorar los KPIs gracias a estas.

Lo primero, consistió en definir qué KPIs son los que se quisieron mejorar, y dada la sencillez de los datos con los que se contaban, que se corresponden con las estadísticas de uso de Condition Monitoring (consultas al portal web, número de notificaciones recibidas y número de informes descargados), fueron estas 3 variables las que se establecieron mismamente como KPIs.

La estimación cuantitativa que cuánto podrían mejorar se estableció en base a las cifras de uso de la plataforma 12 meses atrás. De esta manera, se estimó que, en 6 meses, las cifras volvieran de nuevo a los valores registrados hace un año. Sin embargo, dado que la comprobación de estas mejoras estaba prevista que se realizara de manera mensual, se aproximó que la curva de crecimiento fuese lineal, por lo que cada mes, los KPIs deberían mejorar un sexto del total esperado.

En la siguiente tabla puede verse resumido la estimación de mejora de cara a un mes y de cara a 6 meses:

KPI	Valor actual (noviembre 2021)	Valor hace 1 año (diciembre 2020)	Crecimiento esperado en 6 meses	Crecimiento esperado en 1 mes
Visitas totales al portal web	80	628	548	91
Notificaciones recibidas por los clientes	879	1147	268	45
Número de informes descargados en total	24	148	124	21

Tabla 3: Resumen de estimación de KPIs

6.1.5. Comprobación y verificación

Durante el siguiente mes, se comprobó periódicamente que las mejoras implementadas seguían funcionando correctamente.

Al terminar el mes, se volvieron a pedir los datos con las estadísticas de uso de la plataforma, para así poder comprobar el grado de cumplimiento de mejora de las medidas de rendimiento (KPIs).

Las mejoras esperadas y reales pueden verse en la siguiente tabla:

KPI	Crecimiento esperado	Crecimiento real
Visitas totales al portal web	91	24
Notificaciones recibidas por los clientes	45	57
Número de informes descargados en total	21	42

Tabla 4: Resumen de mejora de KPIs esperadas y reales

De estos resultados pueden obtenerse las siguientes conclusiones:

- El nuevo sistema mejorado de notificaciones es más atractivo de cara al cliente. Se ha hecho saber a los clientes acerca de las mejoras de este sistema, y estos han respondido configurando nuevas notificaciones personalizadas, lo cual ha repercutido en que los clientes ahora reciben un mayor número de avisos. Este aumento ha sido incluso mayor que el esperado.
- El envío de informes al email de manera automatizada también ha tenido éxito entre los clientes, pues ha aumentado significativamente el número de informes descargados en total, superando las expectativas.
- Las visitas totales al portal web han aumentado mucho menos de lo esperado. Esto puede deberse a que las mejoras implementadas no promueven que el cliente entre activamente al portal web, sino la automatización de tareas por medio de notificaciones.

De esta manera, para que el cliente se implique con el servicio, ya no es necesaria su participación activa entrando al portal web, sino un atractivo sistema de notificaciones y el envío automatizado de informes.

6.1.6. Documentación de resultados

De cara a posibles futuros desarrollos, todo este procedimiento se dejó documentado, quedando por escrito todos los pasos realizados.

Analizados los resultados obtenidos, se pudo concluir que las mejoras implementadas a corto plazo supusieron un punto de inflexión en cuanto a la implicación de los clientes en los servicios de digitalización de convertidores de frecuencia contratados.

No solo los KPIs pasaron a mejorar después de un año empeorando, sino que esta implicación cambió totalmente de naturaleza, basándose en las notificaciones y la automatización de la recepción de información, y no en la participación activa entrando al portal web.

6.2. Mejoras a largo plazo

Al contrario que las anteriormente descritas, no es posible implementar las siguientes mejoras propuestas en un futuro próximo o dentro de un tiempo concreto, ya que conllevarían invertir en nuevo personal, infraestructura y nuevos métodos de operación que no se pueden implementar a corto plazo.

El primer elemento de Condition Monitoring que se ha considerado falto de una mejora sustancial es el mantenimiento preventivo de los equipos. Actualmente, el portal web solo permite consultar el estado de este mantenimiento y ver las próximas fechas de sustitución de los componentes (kit de ventilación, módulo del convertidor y batería de condensadores), tal y como puede verse en la Ilustración 13.

Con esa situación, es el cliente el que debe preocuparse por ir consultando el portal web periódicamente y estar pendiente de las próximas fechas de mantenimiento.

La propuesta realizada para mejorar esta característica es, para empezar, notificar al cliente por medio de email (u otros métodos) en el momento en el que se vaya aproximando alguna fecha que requiera un mantenimiento en sus equipos.

Yendo más allá, una opción que aportaría mucho valor añadido y ahorraría tiempo al cliente, sería establecer un sistema totalmente automatizado en el que los técnicos de servicio fueran avisados automáticamente por la herramienta cuando se requiera una labor de mantenimiento. De esta forma, se evitaría que el cliente tuviera que llamar para solicitarlo por sí mismo.

La segunda mejora propuesta a largo plazo va más enfocada a proporcionar una mayor utilidad a todo el histórico de datos que se almacena de los equipos.

Para empezar, sería necesario crear una base de datos común con la información almacenada de todos los equipos digitalizados por ABB. Así, no solo se compara la información de los convertidores de frecuencia de un solo cliente, sino que se enriquece al máximo la base de datos, haciéndola mucho más extensa y útil de cara a futuro.

El objetivo sería aplicar distintas técnicas de análisis de datos (como machine learning) para así obtener tendencias y correlaciones que puedan servir para, por ejemplo, aplicar soluciones de mantenimiento predictivo.

Gracias al mantenimiento predictivo se pueden detectar posibles anomalías en los convertidores de frecuencia en las etapas incipientes. Así, se evita que estos fallos deriven en uno más grande que afecte al funcionamiento del equipo, provocando paros de emergencia e interrupciones en la producción.

Para poder aplicar esta técnica, es necesario contar con un gran histórico de datos y unas técnicas avanzadas de análisis que permitan al modelo ser lo suficientemente inteligente como para obtener conclusiones válidas que deriven en procedimientos de mantenimiento adecuados.

Para la implementación este sistema es necesaria la contratación de personal cualificado en el análisis de datos, así como aumentar la infraestructura que permita el almacenamiento de un mayor volumen de información de las distintas señales de los convertidores de frecuencia. Todo ello conllevaría una notable inversión de capital por parte de la empresa.

Por último, otro problema que debería solucionarse a largo plazo es que se almacenan únicamente los 3 últimos meses de los datos históricos de las distintas señales de los parámetros de los equipos (intensidad, tensión, temperatura, frecuencia... etc.).

De cara a posibles futuros estudios y análisis de datos, se propone que se aumente la cantidad y longevidad de los datos guardados por lo menos a un año, para que estos potenciales estudios tengan suficientes datos para resultar efectivos. Esta mejora debería implementarse lo antes posible, pues actualmente hay datos útiles que se están perdiendo, ya que toda información con antigüedad de más de 3 meses es desechada.

Una vez elaboradas estas propuestas de mejora, todas ellas fueron presentadas a distintos empleados de la empresa en formato PowerPoint, el cual se puede consultar en el [Anexo 3](#): Presentación con las propuestas de mejora de este documento. Dicha presentación tuvo una buena acogida, por lo que se espera que las mejoras propuestas comiencen a implementarse próximamente.

7. Supervisión de equipos conectados

La siguiente tarea por realizar en este proyecto consistió en un trabajo más diario con los equipos conectados al Condition Monitoring.

Como se ha descrito anteriormente, Condition Monitoring tiene la opción de generar informes del último periodo de tiempo personalizado de uno o varios equipos. Además, con las mejoras implementadas, varios clientes han configurado el envío automático de estos informes, por lo que esta herramienta está volviendo a ser apreciada por ellos.

Sin embargo, para acelerar todavía más esta implicación de los clientes con el servicio, se ha decidido que la siguiente tarea de este proyecto consista en descargar y completar de manera personalizada los informes para enviarlos periódicamente a los clientes.

Esta tarea va muy bien alineada con el objetivo principal del proyecto (que consiste en mejorar y potenciar los servicios de digitalización en ABB España) y se prevé que hacer estas revisiones muestre a los clientes la importancia de tener un convertidor de frecuencia digitalizado con ABB.

7.1. *Obtención de la información*

De cara a poder medir el impacto que esta tarea pueda tener para ABB, se decidió hacer un análisis de algunos indicadores clave que arrojaran información sobre el éxito del envío periódico de informes.

Para ello, se pidió al departamento de servicio y financiero de la compañía toda la información posible que pudiera servir para este propósito.

La información recibida consistió en un resumen los últimos 12 meses con la evolución de la cantidad total de equipos digitalizados, así como el número de equipos digitalizados por cada cliente. Dicho resumen llegó en formato PDF, por lo que, para un posterior correcto análisis de la información, se decidió elaborar un archivo .xls que contuviera toda la información.

7.2. Análisis de datos

Después de preparar el set de datos para su correcto análisis, se procedió a hacer una representación gráfica de la evolución de las cifras de la cantidad de equipos digitalizados en total y la media del número de equipos digitalizados por cliente. Dicha representación gráfica puede verse a continuación:

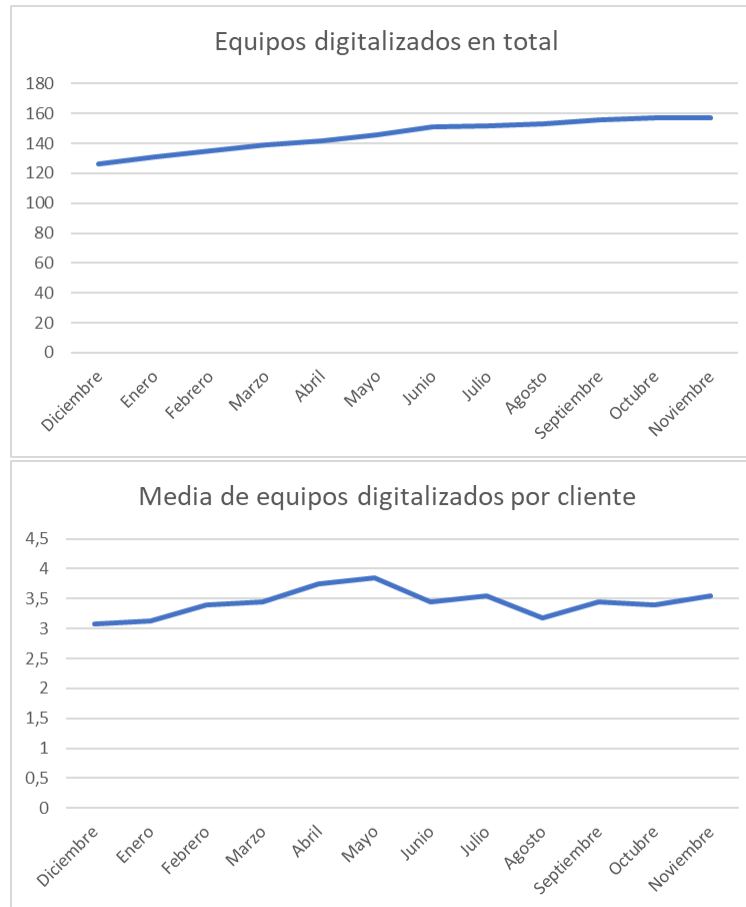


Ilustración 21: Evolución de equipos digitalizados y media de equipos digitalizados por cliente

Analizando la gráfica de equipos digitalizados en total, puede observarse que el crecimiento de nuevos equipos digitalizados ha comenzado a frenarse. A principios de 2021, ABB esperaba alcanzar la cifra de 200 equipos digitalizados, por lo que estos resultados no son positivos para la compañía.

En cuanto a la media de equipos digitalizados por clientes, puede apreciarse que no está experimentando un aumento claro con el paso del tiempo. La cifra se encuentra estancada oscilando entre los 3 y 4 equipos de media. Esto quiere decir que los clientes, por regla general, no han decidido extender la contratación de servicios de digitalización a otros variadores de frecuencia que puedan tener instalados.

Por lo tanto, podemos asumir que el flujo de nuevos convertidores de frecuencia digitalizados viene dado por nuevos clientes que se dan de alta en el servicio mayoritariamente.

Después de analizar estos datos, se llegó a la conclusión de que, si se quiere alcanzar un buen ritmo de crecimiento de equipos digitalizados, estos nuevos equipos deben llegar tanto por parte de nuevos clientes como por parte de nuevos variadores digitalizados por clientes existentes.

Las mejoras implementadas que se describirán a continuación tienen, por lo tanto, el objetivo de aumentar este flujo de nuevos equipos por medio de las dos fuentes mencionadas anteriormente.

7.3. Mejoras implementadas

Como se ha descrito anteriormente, se ha decidido que una buena manera de hacer ver al cliente el valor añadido que supone digitalizar sus equipos es mediante el envío directo de informes.

Para no saturar en primera instancia a los clientes con información y correos electrónicos, se ha decidido que la frecuencia para elaborar y enviar informes sea de cada 3 meses. En el Anexo 2: Ejemplo de un informe de Condition Monitoring puede verse un ejemplo de uno de los informes completos enviados a clientes en el mes de noviembre.

La primera información que se muestra en el documento son 3 gráficos con la cronología del estado del equipo en cuanto a los siguientes 3 factores:

- Disponibilidad: muestra el porcentaje de tiempo que el equipo ha estado fuera de servicio debido a un fallo activo (color rojo) o con un aviso activo (color amarillo). Si no hay ningún evento activo, se muestra el color verde.
- Fiabilidad: se basa en el riesgo de avería del equipo debido a la presencia de fallos (color rojo, alto riesgo) o avisos (color amarillo, riesgo moderado). Si el riesgo es bajo, se muestra en color verde.
- Ambiente: considera si las condiciones ambientales de presión, humedad y temperatura son adecuadas para el correcto funcionamiento del variador de frecuencia. Si las condiciones son buenas, se muestra en color verde; si son tolerables, se muestra en color amarillo; y si son malas, se muestra en rojo.

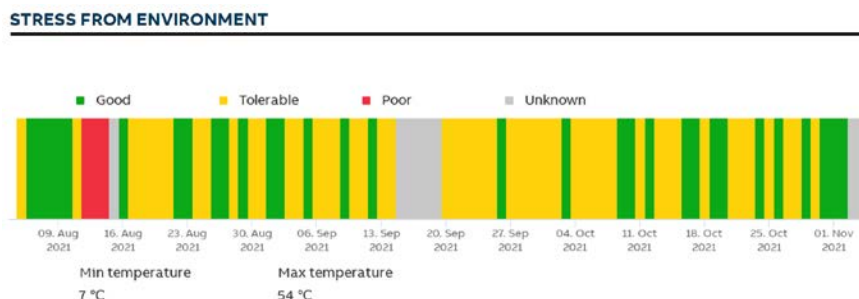


Ilustración 22: Ejemplo de uno de los tres cronogramas

A continuación, aparecen en el informe dos listas con los fallos y avisos que se han registrado en el equipo en el intervalo de tiempo de estudio. En las listas solamente se muestra el nombre del fallo o aviso y el número de veces que se ha producido en el intervalo de tiempo. Como puede apreciarse, no se aporta ningún otro tipo de información.

La siguiente sección del documento sirve para aportar al cliente unos datos más detallados sobre los fallos o avisos ocurridos. Esta sección se ha rellenado de manera completamente manual para cada uno de los informes enviados a clientes. Se ha incluido una descripción de la causa para cada fallo o aviso, así como las posibles acciones a realizar para subsanar el percance o prevenirlo en un futuro. En el ejemplo del Anexo 2: Ejemplo de un informe de Condition Monitoring, se han producido tantos fallos y avisos distintos que solo se han descrito los que se han repetido un mayor número de veces.

La última sección del documento consiste en una caja de comentarios en la que se incluyen conclusiones generales sobre las condiciones y monitorización del equipo, así como recomendaciones a seguir. Esta sección, al igual que la anterior, también se redacta a mano y de manera personalizada para cada informe.

Por último, cabe destacar que se ha prestado especial atención a aquellos equipos que no han enviado ninguna información durante un periodo de tiempo significativo en los últimos 3 meses. En dichos casos, se ha contactado directamente a los clientes para poder conocer el motivo de estas anomalías, y dando soporte personalizado con los pasos a seguir para solucionar estos problemas de conexión.

7.4. Estimación de mejora de KPIs

En este caso, se escogieron como indicadores de rendimiento las dos variables que han estado analizándose, es decir, la evolución de equipos de frecuencia digitalizados en total y de la media de equipos digitalizados por cliente.

Ya que las mejoras implementadas aportan atractivo a esta herramienta, se espera que esto repercuta en el aumento de equipos digitalizados en total. Por lo tanto, se estima que, en 1 mes, esta cifra aumente tanto como ha aumentado en total los últimos 12 meses.

En los últimos 12 meses esta cifra ha pasado de ser de 126 a 158, por lo tanto, se espera que esta cifra aumente en 32 equipos en el próximo mes.

A su vez, ya que las mejoras implementadas repercuten en el atractivo percibido por los clientes existentes, se prevé que la media de equipos digitalizados salga de su estancamiento y consiga rebasar en 1 mes los 4 equipos digitalizados de media, lo cual supone un aumento de 0,45 equipos de media, ya que la cifra actual se sitúa en 3,55 equipos.

7.5. Verificación de resultados

Después de enviar un primer lote de informes personalizados a todos los clientes, se dejó un mes de margen para que las mejoras implementadas se vieran reflejadas en las cifras de los KPIs.

Cabe destacar que el envío de estos informes personalizados tuvo muy buena acogida por parte de los clientes, ya que estos reportaron un feedback muy positivo tras recibirlos.

Una vez transcurrido este mes, se volvieron a pedir los datos de las cifras del último mes. Como era de esperar, hubo una mejora significativa de ambas cifras. En la siguiente tabla puede verse una comparativa de las mejoras reales con las previstas antes de implementar las mejoras.

KPI	Aumento previsto	Aumento real
Equipos digitalizados en total	32	26
Media de equipos digitalizados por cliente	0,45	0,48

Tabla 5: Comparativa entre las mejoras previstas y reales

Como puede verse, el aumento de la media de equipos digitalizados por cliente sí que ha cumplido con las expectativas iniciales. Sin embargo, no se ha logrado alcanzar las expectativas de aumento total de equipos digitalizados. Esto es debido a que estas mejoras han tenido mucha más repercusión entre los clientes que ya tenían algún equipo digitalizado, lo cuál tiene sentido, ya que han sido estos clientes los que han podido observar los informes personalizados de primera mano.

7.6. Documentación de resultados

De cara a posibles futuros desarrollos, todo este procedimiento se dejó documentado, quedando por escrito todos los pasos realizados.

No se encontraron problemas verdaderamente significativos. Los mayores retos de este proceso fueron:

- El tiempo que consumió la redacción de las secciones personalizadas de los informes.
- La familiarización con la documentación de variadores de frecuencia para poder describir los fallos o avisos registrados y sus posibles soluciones.
- Encontrar un formato atractivo para hacer la información lo más accesible posible a los clientes.

El envío periódico de informes quedó establecido como un procedimiento que se sigue realizando a día de hoy.

8. Reacondicionamiento del Centro ABB de Servicios Avanzados (CASA)

En las oficinas centrales de Madrid se encuentra la Dirección General de ABB en España y representantes de ingeniería y ventas de las cuatro áreas de negocio de ABB.

En estas oficinas, se inauguró en 2018 el Centro ABB de Servicios Avanzados. Este centro consiste en una sala de trabajo equipada con toda la tecnología y comodidades necesarias para que la monitorización de convertidores de frecuencia y otros activos digitalizados sea más cómoda y efectiva.

El proyecto “Centro ABB de Servicios Avanzados”, además de prestar servicios digitales para áreas como la automatización, monitorización, servicios remotos, etc., surge con los siguientes objetivos:

- Ser un Showroom de proyectos y aplicaciones piloto, tanto de proyectos propios como de nuestros clientes.
- Ser una sede dónde desarrollar proyectos en colaboración con nuestros clientes.
- Ser un portal digital de monitorización, de soluciones digitales y de asistencia remota, servicios y mantenimiento para nuestros clientes.



Ilustración 23: Centro ABB de Servicios Avanzados

A continuación, se hará una descripción de la distribución y de cada uno de los componentes principales de este centro:

- Sala de reuniones: es una pequeña sala situada al lado de la estancia principal, separada por medio de paredes de cristal. Esta sala cuenta con un control mediante pantalla táctil o por voz para videollamadas a través de Teams o Skype; iluminación y persianas domotizadas mediante protocolo KNX para edificios inteligentes y pantalla integrada en la pared con

cámara angular para reuniones de equipo mediante altavoz y micrófono integrado en el asistente central



Ilustración 24: Sala de reuniones del CASA

- EOW, zona de control extendido para operadores: este equipo, como el resto de los componentes que se describirán a partir de ahora, se encuentra en la estancia principal del CASA. El EOW consiste en un Microentorno de control ergonómico para diferentes procesos y aplicaciones (ajustable a las condiciones físicas de cada operador). Aporta soluciones de visualización y comunicación mediante dispositivos multipantalla y permite monitorizar procesos de diferentes ámbitos industriales. Está diseñado para apoyar la interacción efectiva en un entorno 24/7. Gracias a esto, el EOW aporta una mejora la colaboración y optimiza los recursos y el tiempo en la planta de trabajo.



Ilustración 25: Fotografía de un EOW

- Zona de trabajo y cooperación triangular: es un entorno de trabajo en disposición triangular pensado para 3 operarios o trabajadores. En cada puesto de trabajo se puede tener hasta 3 monitores conectados simultáneamente para aumentar el rendimiento personal. Cuenta con una gran simplificación de la conexión de los periféricos, centralizada a través un único puerto USB (dock stations). La altura de los monitores es ajustable y las sillas son ergonómicas para cuidar la salud del trabajador. En general, es un espacio pensado para la co-creación, comunicación y team building.



Ilustración 26: Fotografía de la zona de trabajo y colaboración triangular

- Videowall y zona de visualización: está formado por 8 monitores y un ordenador industrial, permitiendo el uso de las pantallas de forma individual o en conjunto. A su vez, situadas junto a las pantallas se encuentran cuatro puestos de trabajo adicionales, con 4 monitores curvos y mesas con altura regulable. El videowall está enfocado para la visualización de diferentes procesos y herramientas de digitalización implementados en ABB, los cuales son las principales aplicaciones de ABB Ability: Power Train, Condition Monitoring, Smart Sensor, ELINK, Mobile Connect... etc. El videowall también permite la visualización y monitorización de las placas solares instaladas en el edificio principal.



Ilustración 27: Fotografía del videowall

- Domotización de la sala CASA: hay diversos elementos domotizados (luces, persianas, tiras LED, marcos, cenefas, luces RGB, detectores de presencia... etc.). Toda la domotización está integrada a través de un bus central con el protocolo de comunicaciones KNX. Conectados a este bus central, hay dos puntos de acceso: el ControlTouch (para el control de la domótica a través de una app para smartphones y PCs) y el VoiceControl (que puede conectarse a sistemas inteligentes de control por voz como Google Home o, en el caso del CASA, Amazon Alexa). Gracias a la domotización, todos los elementos se pueden controlar a través de una app o a través de comandos por voz con Alexa. Esto permite establecer rutinas programadas, así como diferentes estancias personalizadas.

Debido a la pandemia causada por la COVID-19, el Centro ABB de Servicios Avanzados había permanecido cerrado y sin utilizarse de ninguna manera durante un año hasta el comienzo de este proyecto. Para que este centro pudiera empezar a ser útil para la digitalización en ABB en España, se realizaron diversas tareas de puesta a punto, las cuales se describen a continuación.

- Rehabilitación la sala de reuniones: el dispositivo que permite el control de videoconferencias (un Polycom Trio [8]) estaba configurado para su integración con Skype. En el tiempo que el CASA permaneció cerrado, la herramienta de videoconferencias pasó a ser Microsoft Teams, por lo que hubo que reconfigurar el dispositivo para usar esta plataforma en lugar de Skype.
- Puesta en marcha del EOW: este equipo no disponía de ningún proceso de automatización visible, por lo que se instalaron los programas requeridos y se accedió a varios procesos de automatización para que estos pudieran verse y controlarse desde el EOW.
- Se volvió a usar la zona de trabajo y cooperación triangular como puesto de trabajo habitual.
- Rehabilitación del videowall: se hizo una lista de todas las herramientas operativas de digitalización en ABB que tuviera sentido que fueran añadidas al videowall. También se usó un software que desplegara automáticamente todas estas herramientas en las distintas pantallas, para así ahorrar tiempo cada vez que se iniciara el videowall. La formación realizada en las herramientas de Condition Monitoring y Mobile Connect también forma parte de la rehabilitación del videowall, ya que saber usarlas permite el aprovechamiento de este equipo para una monitorización efectiva de los activos digitalizados.
- Reconfiguración del punto de acceso VoiceControl: al llegar a la sala después de que hubiera permanecido cerrada, se comprobó que los comandos por voz de Alexa no funcionaban. Esto fue debido a que el firmware del punto de acceso fue eliminado por alguna razón. Para que volviese a funcionar, fue necesario volver a cargar este firmware actualizado. Además, fue necesario crear desde cero el archivo de proyecto KNX de la sala, ya que este también había sido eliminado. Para ello, se necesitó una gran cantidad de tiempo para la familiarización con el protocolo KNX [6] y cómo crear un archivo de proyecto. Este archivo de proyecto mencionado incluye todas las direcciones de grupo de cada dispositivo domotizado, así como el tipo de elemento que es (luz, persiana, RGB... etc.). Una vez creado el proyecto, se cargó al VoiceControl, y los comandos de control por voz de la domótica de la sala fueron reestablecidos.

9. Resultados

Los resultados obtenidos en este proyecto son los siguientes:

- La familiarización con las herramientas de digitalización fue muy positiva y ayudó a comprender cómo las herramientas de la industria conectada pueden aportar valor y mejorar equipos y procesos existentes. En cuanto al análisis de los datos proporcionados por la herramienta, este ha aportado un notable descenso en el número de paros y averías en los equipos.
- Las mejoras propuestas de Condition Monitoring fueron presentadas a directivos y trabajadores de ABB y tuvieron una muy buena acogida. Las mejoras implementadas a corto plazo han repercutido muy positivamente en las estadísticas de uso de las herramientas de digitalización. En cuanto a las mejoras a largo plazo, se ha comenzado a estudiar cómo podrán implementarse en un futuro en la compañía.
- La supervisión de equipos conectados y el envío de informes periódicos a clientes es el objetivo que más resultados concretos ha obtenido. El análisis de la evolución de las cifras de equipos digitalizados muestra como las mejoras han repercutido positivamente en la contratación de nuevos servicios.
- En cuanto al Centro ABB de Servicios Avanzados, su completa rehabilitación ha resultado en, sobre todo, nuevas visitas de clientes y partners. En estas visitas se ha incluido una presentación de los servicios de digitalización, así como una demo en directo de la herramienta Mobile Connect con un equipo físico. Gracias a estas visitas, se ha dado a conocer los servicios de digitalización de ABB en un centro impactante a nivel visual y funcional, dando a la empresa una imagen vanguardista y aportando valor añadido a la digitalización en ABB.

10. Conclusiones

Como puede verse, los 4 objetivos propuestos al inicio del proyecto han sido cumplimentados satisfactoriamente. Este proyecto tenía como propósito potenciar y mejorar la digitalización de los convertidores de frecuencia en ABB, y esto se ha cumplido gracias a la realización de las tareas mencionadas, como puede verse en el análisis de los resultados.

Gracias a este proyecto, se ha puesto en claro el valor añadido que aporta la digitalización de los convertidores de frecuencia y otros activos, solucionando problemas reales y aportando mejoras tangibles a corto y largo plazo.

La industria conectada está adquiriendo cada vez más importancia en el panorama internacional, y es de vital importancia que las empresas actualicen sus productos y servicios para seguir siendo competitivas en el mercado, ya que la optimización de recursos y mejoras de los procesos van a ser cada vez más demandados por las industrias.

Además, con la realización de este proyecto se ha podido demostrar que éste es un proceso de mejora continua, ya que cada día aparecen nuevas tecnologías y soluciones por implementar y es necesario estar actualizado para no quedarse atrás.

Bibliografía

1. *Fourth Industrial Revolution*. Wikipedia (URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Fourth_Industrial_Revolution#Third_Industrial_Revolution). 2/11/2021
2. *The Top 20 Industrial IoT Applications* (URL: <https://www.iiotworldtoday.com/2017/09/20/top-20-industrial-iiot-applications/>) 20/7/2017
3. ABB Ability™ Condition monitoring para convertidores de frecuencia, sitio oficial de ABB. (URL: https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK107046A0262&LanguageCode=es&DocumentPartId=&Action=Launch&_ga=2.152850682.293738614.1640452929-827541529.1640452927) 2021
4. Drivetune, sitio oficial de ABB. (URL: <https://new.abb.com/drives/es/apps-convertidores/drivetune>) 2021
5. Mobile Connect, sitio oficial de ABB. (URL: <https://new.abb.com/news/es/detail/81096/abb-ability-mobile-connect-para-variadores-de-frecuencia-una-solucion-de-soporte-remoto-que-satisface-los-retos-digitales-de-la-industria>) 2021
6. Webinar about Busch-VoiceControl® KNX, YouTube. (URL: https://www.youtube.com/watch?v=hvhaTKzaJYM&ab_channel=ABBBuilding%26HomeAutomationSolutions) 18/10/2018
7. Moderna automatización de ABB: EOW X3, ProActivo. (URL: <https://proactivo.com.pe/moderna-automatizacion-de-abb-eow-x3/>) 24/11/2013
8. Configuración de Polycom RealPresence Trio 8800, My Pure Cloud. (URL: <https://es-help.mypurecloud.com/articles/polycom-real-presence-trio-8800-settings/>) 2021
9. Regresión logística. Wikipedia. (URL: https://es.wikipedia.org/wiki/Regresi%C3%B3n_log%C3%ADstica) 30/12/2021
10. Funciones de seguridad típicas, sitio oficial de ABB. (URL: <https://new.abb.com/drives/es/seguridad-funcional-variadores/funciones-de-seguridad-tipicas>)
- 11.

Anexo 1: Alineación con los ODS

Este proyecto se centra en la inclusión de nuevas tecnologías en variadores de frecuencia y, por lo tanto, una mejora general del producto que aporta valor real. Pese a que es una pequeña aportación, el desarrollo de nuevas tecnologías siempre ha repercutido positivamente a la sociedad y a su economía. Además, todos los puestos de trabajo que rodean este proyecto cuentan con muy buenas condiciones. Por estos motivos, este proyecto se alinea con el ODS número 8: Trabajo decente y crecimiento económico.



Ilustración 28: Logotipo del ODS nº 8

A su vez, este proyecto se centra en mejorar un producto (variador de frecuencia) que siempre se ha caracterizado por suponer un ahorro significativo en el consumo de electricidad de un motor eléctrico. Gracias a mejorar los variadores de frecuencia, éstos serán cada vez más atractivos en el sector industrial y, por lo tanto, cada vez más motores eléctricos industriales irán conectados a la red por medio de un variador de frecuencia. Por lo tanto, este proyecto promueve claramente el ahorro de consumo de energía eléctrica, lo cual reduce las emisiones de CO₂ y ayuda a reducir el efecto invernadero.

Además, la herramienta de Mobile Connect, la cual es un elemento de digitalización de convertidores de frecuencia, permite que el mantenimiento de un equipo pueda realizarse de manera remota, sin que el técnico de servicio deba desplazarse hasta el lugar de trabajo del equipo a realizar el mantenimiento o reparar. Al ahorrarse desplazamientos, se ahorran emisiones de CO₂, por lo que esto también ayuda a prevenir el cambio climático.

Debido a esto, este proyecto se alinea con el ODS número 13: Acción por el clima.



Ilustración 29: Logotipo del ODS nº 13

Anexo 2: Ejemplo de un informe de Condition Monitoring



CONDITION MONITORING FOR DRIVES REPORT

Informe

ACS580-01 - Wall-mounted drive

2021-08-05 to 2021-11-04

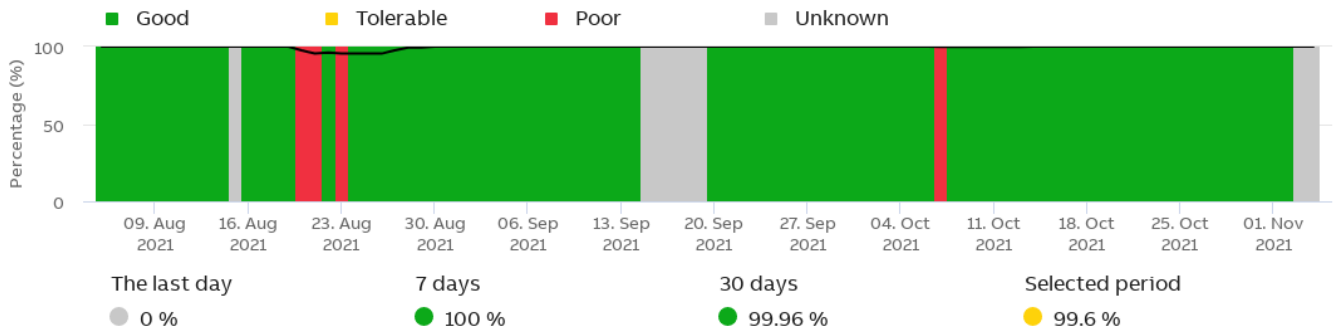


Drive name: ACS580-01-293A-4_IoT Type: ACS580

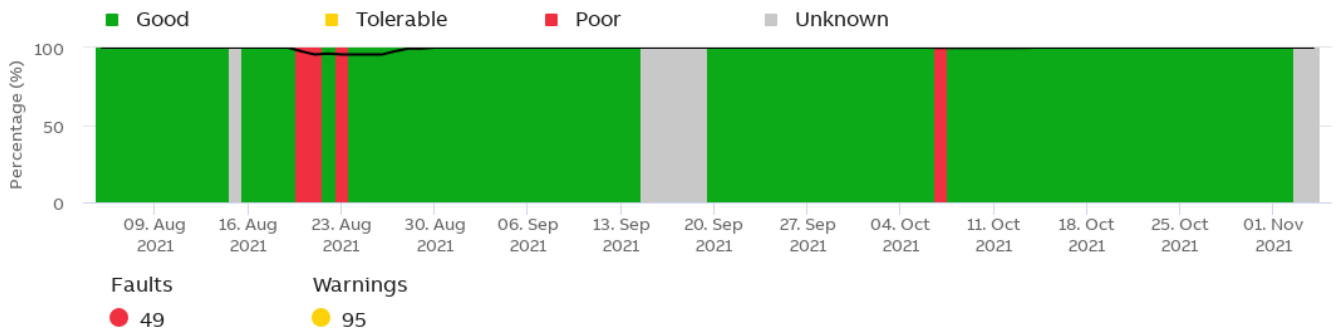
Serial No.: M202601436

Country: SPAIN

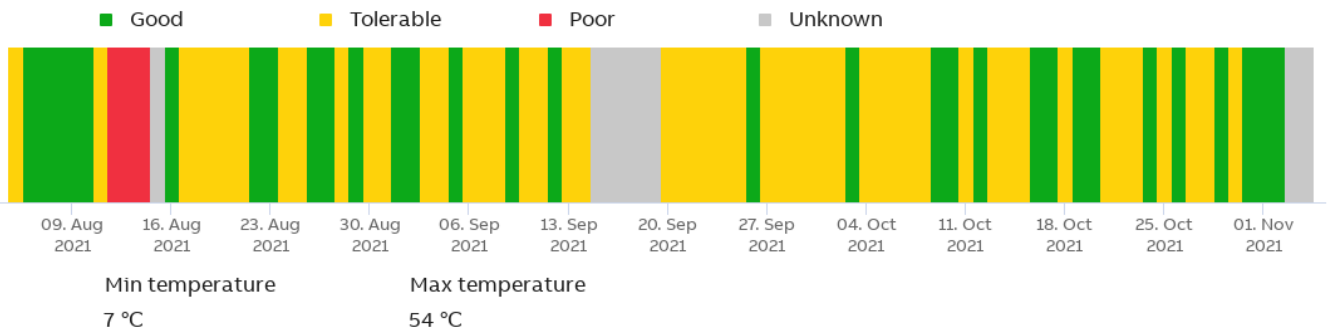
AVAILABILITY



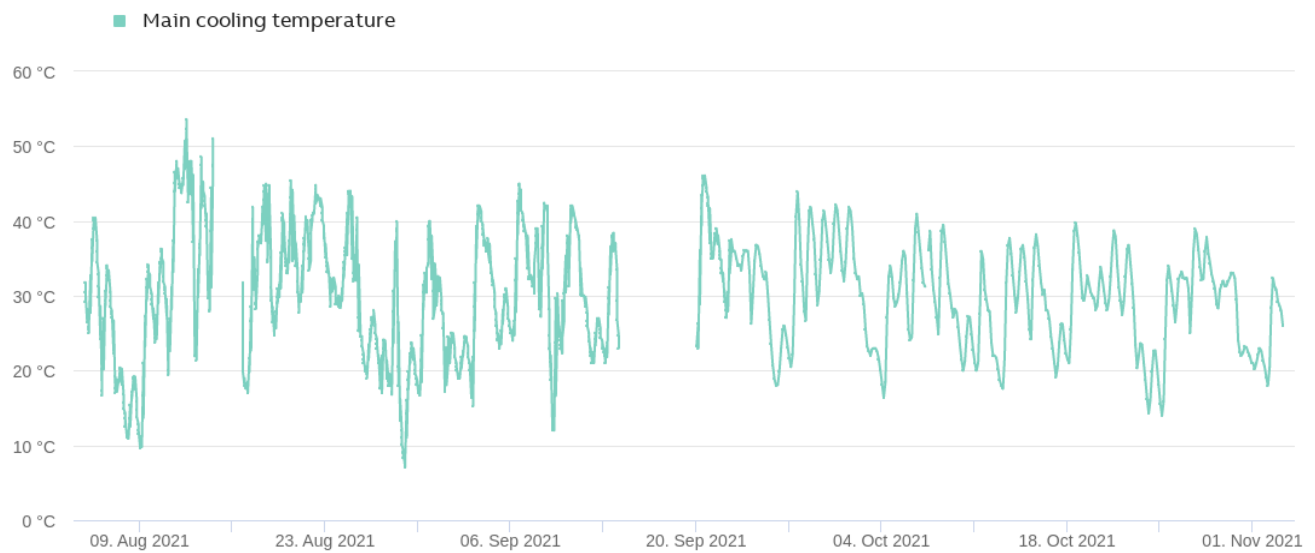
RELIABILITY - RISK OF FAILURE DUE TO FAULTS OR LIFETIME



STRESS FROM ENVIRONMENT




ENVIRONMENTAL CONDITIONS



FAULTS

Total Faults: ● 49

Event name	Occurrence
Secondary fault: Ventilador de refrigeración atascado o desconectado - Base:0X5080 Aux:0X1	37
Secondary fault: La temperatura de los IGBT del convertidor es excesiva. - Base:0X42F1 Aux:0X0	6
Secondary fault: Temperatura externa 1 demasiado alta - Base:0X4981 Aux:0X0	3
Secondary fault: Temperatura externa 2 demasiado alta - Base:0X4982 Aux:0X0	2
Secondary fault: La intensidad de salida ha superado el límite de fallo interno. - Base:0X2310 Aux:0X2	1

WARNINGSTotal Warnings:  95

Event name	Occurrence
Warning: Subtensión bus CC - Aviso de subtensión en el bus de CC activated - Base:0XA3A2 Aux:0XFA	29
Warning: Subtensión bus CC - Aviso de subtensión en el bus de CC deactivated - Base:0XA3A2 Aux:0X0	18
Warning: Difer. temperatura excesiva - Dif temperatura entre IGBT unidad de alimentación demasiado alta deactivated - Base:0XA4B1 Aux:0X0	9
Warning: Temperatura de IGBT - La temperatura de los IGBT del convertidor es excesiva. deactivated - Base:0XA4F6 Aux:0X0	8
Warning: Temperatura de IGBT - La temperatura de los IGBT del convertidor es excesiva. activated - Base:0XA4F6 Aux:0X0	7
Warning: Difer. temperatura excesiva - Dif temperatura entre IGBT unidad de alimentación demasiado alta activated - Base:0XA4B1 Aux:0X3	7
Warning: Temperatura externa 2 - Temperatura externa 2 demasiado alta deactivated - Base:0XA492 Aux:0X0	6
Warning: Temperatura externa 2 - Temperatura externa 2 demasiado alta activated - Base:0XA492 Aux:0X0	4
Warning: Temperatura externa 1 - Temperatura externa 1 demasiado alta activated - Base:0XA491 Aux:0X0	4
Warning: Temperatura externa 1 - Temperatura externa 1 demasiado alta deactivated - Base:0XA491 Aux:0X0	3

EVENT COMMENTS

El equipo ha sufrido 49 fallos en los últimos tres meses. De los cuales 37 de ellos, es decir, el 75,5% de los fallos se debe a un problema en el ventilador de refrigeración:

0X5080. Ventilador de refrigeración atascado o desconectado.

Causa

Falta la realimentación del ventilador de refrigeración.

Acción

- Compruebe el código auxiliar para identificar el ventilador. El código 0 indica el ventilador principal 1. Otros códigos (formato XYZ): "X" especifica la palabra de estado (1: Marcha de ID, 2: normal). "Y" = 0, "Z" especifica el índice del ventilador (1: Ventilador principal 1, 2: Ventilador principal 2, 3: Ventilador principal 3).
- Compruebe el funcionamiento y la conexión del ventilador.
- Sustituir el ventilador si está defectuoso.

En cuanto al resto de fallos, el siguiente tipo es el que más sucede:

0X42F1. Temperatura de IGBT excesiva.

Ocurre 6 veces.

Causa

La temperatura de los IGBT del convertidor es excesiva.

Acción

- Compruebe las condiciones ambientales.
- Compruebe el caudal de aire y el funcionamiento del ventilador.
- Compruebe si hay acumulación de polvo en las aletas del disipador térmico.
- Compruebe la potencia del motor con respecto a la potencia del convertidor.

Cabe destacar que el equipo sufre 95 avisos, 47 relacionados con la subtensión del bus de CC:

0XA3A2. Subtensión bus CC - Aviso de subtensión en el bus de CC.

29 veces se ha activado el aviso y 18 se ha desactivado.

Causa

El aviso por subtensión A3A2 se activa si se da una de las siguientes condiciones:

- Si la tensión del bus de CC pasa a estar por debajo del límite de aviso por subtensión (85%) cuando el convertidor no está modulando.
- Si la tensión del bus de CC pasa a estar por debajo del límite de espera (el 73%) cuando el convertidor está modulando y el autoarranque está habilitado. El aviso continuará mostrándose si la tensión del bus de CC actual permanece por debajo del límite de espera y hasta que transcurra el tiempo de autoarranque. La tarjeta de control del convertidor debe alimentarse externamente con 24 V CC para esta funcionalidad; de no ser así, la tarjeta de control puede estar apagada si la tensión pasa a estar por debajo del límite hardware.

COMMENT BOX

Se observa que gran parte de los avisos de los últimos 3 meses son debidos a la temperatura: la temperatura externa 1 o 2 es demasiado alta, la temperatura de los IGBT del convertidor es excesiva y la diferencia de temperatura entre IGBT de la unidad de alimentación es demasiado alta.

Por ello se recomienda hacer un seguimiento de la temperatura para que dichos avisos no vayan en aumento y puedan suponer un problema grave para el equipo.

Se observa como en el apartado de Stress from environment, no hay un comportamiento estable en estos tres meses, hay constantes oscilaciones entre stress tolerable y bueno, incluso se ha llegado a tener un stress perjudicial a inicios-mediados de agosto.

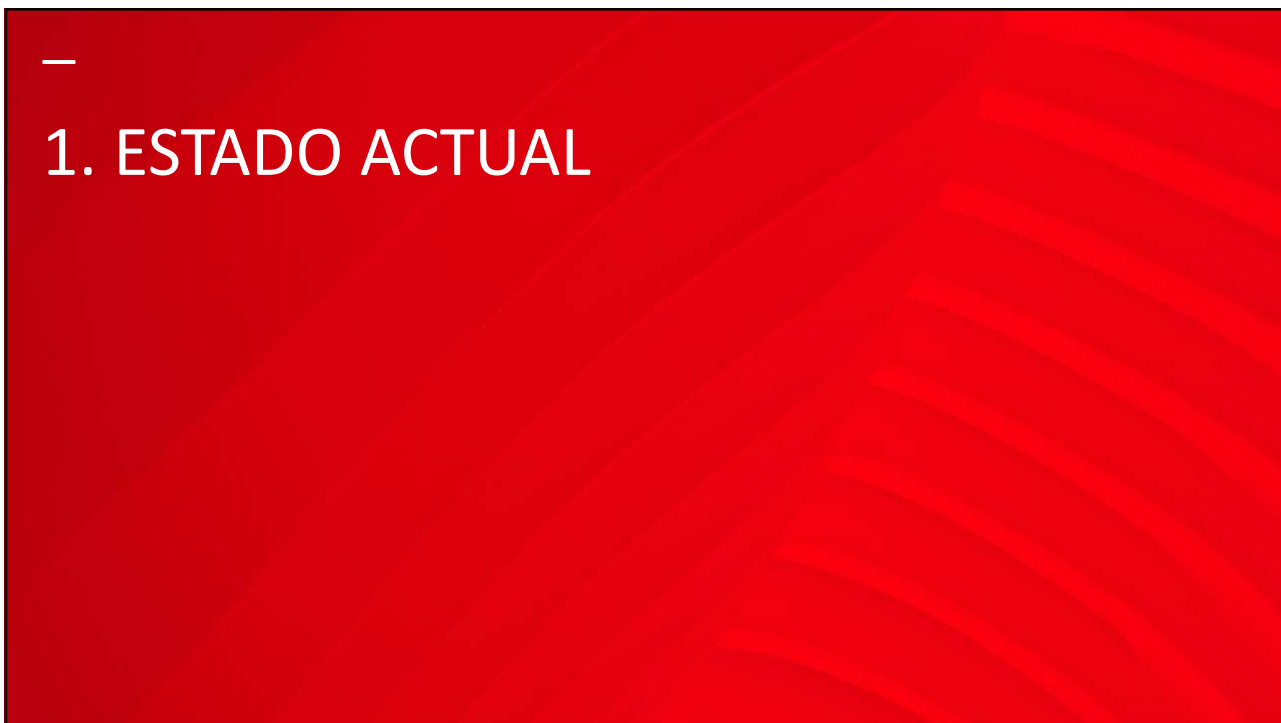
Para más información contactar con el soporte habitual.



Anexo 3: Presentación con las propuestas de mejora



1

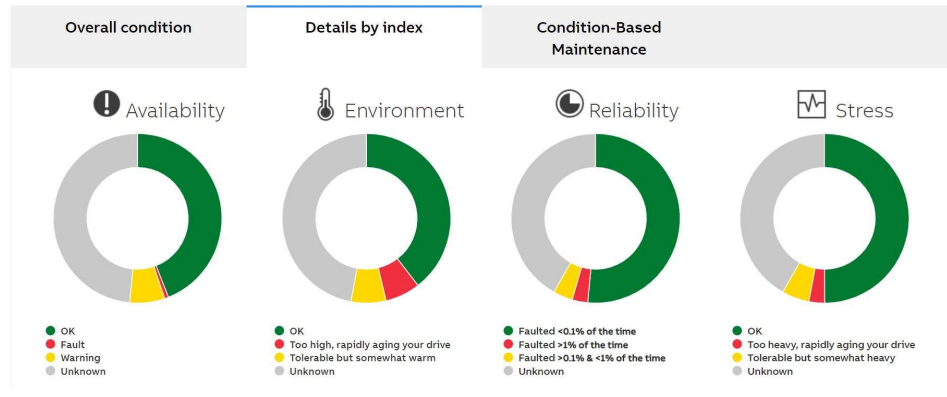


2

Condition Monitoring

Estado de los equipos

En el Condition Monitoring se observa el estado de los diferentes drives que ABB tiene monitorizados. Estos se organizan mediante un código de colores.



©ABB

December 29, 2021

Slide 3

Propuestas Digitalización ABB 2021



3

Condition Monitoring

Interacción con el usuario

The screenshot shows the ABB Ability Demo 1 interface. At the top, it displays the overall condition as 'Stress'. Below this, there are three status indicators: Availability (No fault or warning currently active), Environment (Environment OK: temperature is normal, maximum relative humidity 57.2%), and Reliability (Reliability OK: faulted < 0.1% of the time). A 'Show details' link is provided. At the bottom, there are chart options: Trend signal, Scatter plot, and Histogram. A date range is set to 19.04.2021 - 20.04.2021 for 2 Days (Up to 90 days). A 'Switch to Condition' button is visible. A user menu is open, listing options: User limits, Rename drive, Event list, Email alerts, Expert report, Generate report, Parameter Backup, Changed parameters list, and Bulk upload.

Se pueden definir límites para las variables observadas

El usuario ve los cambios realizados en el equipo

Los datos se almacenan durante 90 días

©ABB

December 29, 2021

Slide 4

Propuestas Digitalización ABB 2021



4

Condition Monitoring

User Limits

SIGNAL NAME	USER LIMITS	ENABLE EMAIL ALERT
Power	99.10	<input type="checkbox"/>
Torque	Calculated Motor Nominal Torque	<input type="checkbox"/>
Speed	30.11 30.12	<input type="checkbox"/>
Main cooling temperature	Fixed 60°C	<input type="checkbox"/>
Current	99.06	<input type="checkbox"/>

©ABB
December 29, 2021 | Slide 5 | Propuestas Digitalización ABB 2021

5

Condition Based Maintenance

Mantenimiento predictivo

Equipos individuales

Para cada equipo se puede ver en tiempo real como varia sus señales y a su vez en la pestaña Condition-Based Maintenance view se tienen predicciones de la vida util del equipo.

- Starting month of the component lifetime
- Condition-Based Maintenance activated
- Standard time to execute Preventive Maintenance

- Period before monitoring
- No need to plan Preventive Maintenance
- Start planning Preventive Maintenance
- Execute Preventive Maintenance

Switch to [Condition-Based Maintenance view](#)

©ABB
December 29, 2021 | Slide 6 | Propuestas Digitalización ABB 2021

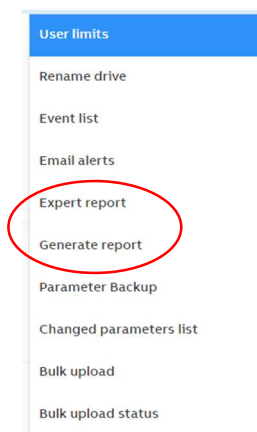
6

2. MEJORAS Y PROPUESTAS

7

Automatización de las comunicaciones con el cliente

- Actualmente la web de condition monitoring for drives permite descargar informes de **forma manual**
- El cliente solo puede acceder a estos informes si se le envían vía email o entrando en la herramienta y descargándolos el mismo.
- **Propuesta:** añadir una nueva opción al panel desplegable de **condition monitoring**: "Report communications settings"
- Poder **enviar** de forma automatizada los informes al cliente con una **frecuencia variable** dependiendo de sus necesidades (1 vez a la semana o 1 vez al mes)



8

Automatización de las comunicaciones con el cliente

- Sistema de **alarmas vía email** ya integrado en la plataforma.
- Frecuencia de avisos variable según necesidad del cliente.
- Propuesta: implementar una **funcionalidad similar para los "Reports" y "Expert reports"** generados en la web para que el cliente **perciba más valor** en el servicio.
- Posibilidad de establecer **alarmas vía SMS o llamada móvil** para casos de urgencia.
- Ofrecer la posibilidad de **priorizar y organizar las alarmas** en función del "nivel de urgencia"

Email alert settings for
✕

Max number of emails of a drive alerts / day

This is a user-specific settings applied to all the selected drive alerts below.

ABB CIC Demo IPC1
▼

Faults

Warnings

Parameter changes

No realtime data received (>1h)

User limits

Save
Close

©ABB

December 29, 2021

| Slide 9

Propuestas Digitalización ABB 2021



9

Historial de datos guardados



Actualidad

"Parameter Backup" **máximo de 90 días.**

Acceso a los datos de **manera manual**, tanto de manera interna como por parte de cliente

No existe la función **"autosave"** en disco duro o nube

Ficheros TXT con los datos almacenados de los últimos 3 meses

Propuestas

Ampliar el tiempo de almacenamiento de los datos a **1 año o de forma ilimitada** según necesidades del cliente.

Sincronización automática con la nube del cliente y/o nube interna de ABB bajo demanda (Onedrive)

Volcado en base de datos para su posterior estudio y tratamiento.

Mejorar la experiencia de usuario y la interacción con el cliente

©ABB

December 29, 2021

| Slide 10

Propuestas Digitalización ABB 2021



10

3. FUTURO

11

Automatización del mantenimiento predictivo



Estado actual

- El cliente debe participar activamente
- Entrar manualmente a Condition Monitoring



Objetivo

- Notificar automáticamente al cliente
- Nuevos métodos de notificación (notificación a través de una app)



Posibles mejoras

- Automatización completa
- Notificación de reparaciones a técnicos cualificados
- Gestión de equipos a través de la app

12

— Crear una base de datos común



Analizar los datos de todos los equipos



Conseguir visualizarlos agrupando por:

- Tipo de equipo
- Rango de potencias
- Localización



Obtener tendencias y correlaciones

Técnicas de análisis de datos


- Machine learning
- Inteligencia Artificial

— 4. CONCLUSIONES

—

1. Mejorar la experiencia de usuario con la herramienta
2. Ampliar funcionalidades de la web y automatizar acciones básicas
3. Crear una base de datos interna para los equipos conectados actualmente (volcado de datos)
4. Aumentar el valor añadido que percibe el cliente.

©ABB
December 29, 2021 | Slide 15 | Propuestas Digitalización ABB 2021



15

—

PREGUNTAS



16

