

Plataforma software digital innovadora para la transformación digital a laboratorio 4.0

R. Benyon Puig⁽¹⁾, J.A. Martín Martínez⁽²⁾ y J.A. Garrido Antonio⁽³⁾

Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial “Esteban Terradas” (INTA),
Ctra. Ajalvir, km 4, 28850 Torrejón de Ardoz (Madrid)

⁽¹⁾ Centro de Metrología y Calibración

⁽²⁾ Departamento de Calidad.

⁽³⁾ Departamento de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.

RESUMEN: Se presenta el proyecto de transformación digital de los laboratorios de calibración y ensayo del INTA, INTALab 4.0. Es la plataforma única para todo el Instituto para la integración de conocimientos, capacidades y técnicas innovadoras de metrología, sistemas de calidad y ensayos, para producir un resultado altamente eficiente y fiable garantizando la trazabilidad metrológica de los resultados de la I+D+i y proporcionando los datos necesarios para el apoyo en la toma de decisiones. Tiene como objetivo resolver muchas de las problemáticas actuales de la actividad de laboratorios y centros de ensayo. Se desarrolla en los siguientes ejes de actuación: (a) Automatización de aseguramiento de la calidad de las medidas según norma UNE-EN ISO/IEC 17043; (b) Automatización de la captura y análisis de medidas de procedimientos de calibración del CMYC y de diversos ensayos; (c) Servicios digitales de auditoría remota de los servicios de medida y ensayo conforme a la norma UNE-EN ISO/IEC 17025 y UNE-EN ISO/IEC 17043; (d) Evoluciones para las mejoras en la flexibilización y ampliación de la parametrización de todos los módulos que faciliten la implantación en cualquier tipo de laboratorio del INTA y MINISDEF.

1. INTRODUCCIÓN

El Centro de Metrología y Calibración del INTA (CMYC), tras la integración en el INTA de los diferentes organismos y centros de investigación del Ministerio de Defensa [1], asume el reto de satisfacer las necesidades de metrología y calibración del Instituto, de forma transversal, dando servicio de metrología e ingeniería de medida a la nueva configuración del INTA. Coincidiendo este año con el 50 aniversario como laboratorio de calibración acreditado (el primero en España).

Dispone, en el campus de Torrejón, de un edificio de más de 4500 m² de planta, construido expresamente para minimizar vibraciones y otras perturbaciones radioeléctricas, que está dotado de un avanzado sistema de climatización que permite conseguir un riguroso control de temperatura y humedad (24 horas al día, 365 días al año). Así mismo, tiene otro edificio de características análogas con una superficie de 3740 m², en el campus de La Marañosa, donde se ubican los laboratorios de dimensional, fuerza y par y factores humanos. Dispone de otras instalaciones que se emplean con dependencia funcional, en el campus de Torrejón y el Centro General Marvá, en Madrid.

Desde la primera acreditación del *British Calibration Service* (BCS) en abril de 1972, que cubría las actividades en laboratorio permanente en electricidad corriente continua y baja frecuencia, del entonces laboratorio de patrones eléctricos de Torrejón de Ardoz, hasta el actual alcance de acreditación ENAC de calibración del CMYC [2] en once áreas metrológicas, tres emplazamientos y calibración in situ, las necesidades de gestión de los laboratorios ha cambiado considerablemente. A las actividades anteriores, conforme a la norma UNE-EN ISO/IEC 17025 [3], en mayo de 2010 se sumó la acreditación ENAC del CMYC como

proveedor de programas de intercomparación [4], conforme a la norma UNE-EN ISO/IEC 17043 [5].

Para toda esta actividad, el CMYC cuenta con una plantilla orgánica de 63 personas, compuesto por un 30 % titulado superior (incluyendo 5 doctores), 14 % titulado medio y 56 % técnicos de laboratorio.

En los orígenes la trazabilidad de los registros se obtenía mediante una ficha de cartulina por cada equipo (propio y de clientes) con un número único que identificaba el equipo y que contenía los datos del equipo y del cliente, así como referencia del procedimiento de calibración e intervalo de calibración. En esta ficha se añadía el historial de calibraciones con la fecha, número calibración e iniciales del técnico que realizaba la calibración (o reparación) y el titulado que daba la conformidad. Los certificados e informes se confeccionaban con máquina de escribir con copia de papel calco, que se guardaba como registro documento emitido. En las hojas de calibración, se incluía el número de ficha del equipo calibrado y de los patrones empleados, se anotaban los resultados y las condiciones ambientales y la fecha de entrada y salida del laboratorio, así como la fecha de realización de las medidas, correcciones aplicadas y firmas de técnico y supervisor. Todas las gráficas de estabilidad se las correcciones de los patrones se llevaban en hojas milimetradas de gran tamaño, almacenadas en cajones de planos, identificados con el número de ficha del patrón.

De los procedimientos se mantenía solo el original firmado y aprobado y los responsables hacían las anotaciones sobre el mismo que se fechaban y firmaban, para toma en consideración en una sucesiva revisión. Las entradas y salidas de equipos se llevaban en enormes libros de entrada y salida en la que se consignaban todos los datos de equipos y accesorios y las fechas correspondientes.

Se participaba de forma regular en intercomparaciones, normalmente bilaterales, organizadas por el BCS y mediante un concepto denominado “*Audit Via Traceability*” en el que en los patrones que exhibían deriva predecible (patrones de tensión, resistencias patrón, etc.), se estimaba el valor en la fecha prevista de calibración en base al histórico disponible y se facilitaba al BCS previo al traslado del patrón al laboratorio externo.

Esta sistemática sencilla aseguraba, de forma manual, el acceso a toda la información pertinente de una calibración, sin la existencia de un sistema de calidad formalmente documentado. El primer manual de calidad se aplicó tras la entrada en vigor de ISO Guide 25 [6] y UNE 66-501-91 [7], a principios de los 90.

A medida que los requisitos de sistema de calidad fueron incrementando y comenzaban a requerir mucho más tiempo para otras tareas distintas a las consideradas puramente técnicas, se desarrollaron en el INTA, con recursos propios, varias herramientas. La primera, denominada SISECA se empleaba para toda la gestión documental y registros de auditoría. La segunda, denominada LaMeca, para la gestión de los equipos, incluida la recepción y manejo de estos. A partir de aquí se contrató el desarrollo de una herramienta a medida para sustituir a SISECA y se usó otra herramienta comercial para sustituir a LaMeca, ambas con tecnologías no soportadas ya por el entorno TIC del Instituto.

Hasta este punto, se seguía emulando la sistemática inicial, adaptada a los requisitos normativos cambiantes y con un sistema de calidad general enfocado al papel y tratamiento manual de los datos e incontables hojas de cálculo, cada vez más complejas.

A mediados de 2016, la nueva dirección del CMYC, consciente del nuevo enfoque que traería la nueva versión de la ISO 17025 [3], con énfasis en el uso de las tecnologías de la información como medio para asegurar el cumplimiento de los requisitos de la norma, se embarcó en el primer paso de la transformación digital del CMYC y que sería el germen del proyecto descrito en este artículo.

2. DESARROLLO, RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.1 Primeros pasos – proyecto CDTI

En noviembre de 2016 se comenzó a trabajar en una propuesta de una empresa española de desarrollo de software, en el marco del Centro de Desarrollo Tecnológico e Industrial (CDTI) cofinanciado por el fondo europeo de desarrollo regional (FEDER), con una duración de 24 meses, que culminó a finales de 2018 [8]. Se parte de la versión existente del software WHITESTONE Calibry [9], diseñado para la gestión del equipamiento de laboratorios de calibración y ensayo, pensada principalmente para pequeñas y medianas empresas que ofrecen sus servicios de calibración a numerosos clientes industriales dentro de un entorno clásico de laboratorio acreditado. Acomete la recepción de ítems de calibración y ensayo, la gestión de los procesos de calibración y el almacenamiento de los certificados de calibración generados manualmente. Dispone de un portal básico para la entrega segura de los certificados de calibración a los clientes. Esta versión sirvió como plataforma sobre la cual los nuevos procesos a desarrollar en el nuevo producto se integraron para su funcionalidad.

La **Fig. 1** resume de forma gráfica el desarrollo de los trabajos, incluidos hitos y entregables destacados de cada una de las fases.



Fig. 1 Resumen de hitos y plan de trabajo

La herramienta a desarrollar buscaba ir más allá de la pura gestión de equipamiento como activo de un laboratorio tradicional, introduciendo como principales elementos técnicos diferenciales a destacar, los indicados en la **Tabla 1**:

- Análisis automático de los datos de calibraciones en base a los requisitos establecidos en la Norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2005 (que estaba en la fase final de la nueva revisión) para las siguientes familias:
 - Caracterización de medios isoterms
 - Calibración de datalogger y registradores de temperatura, humedad y presión
 - Calibración de instrumentos de metrología dimensional
- Aplicación avanzada de factores de corrección con modelos que permiten una asociación inteligente entre familias de instrumentos y sus funciones de transferencia.
- Identificación automática de funciones de interpolación de patrones de referencia e instrumentos de medida, basada en los principios físicos de sus sensores.
- Determinación de la robustez del análisis estadístico empleado en la determinación de valores de referencia.
- Estimación de la incertidumbre de medida en función del uso de patrones e instrumentos.
- Análisis de deriva y funciones de predicción en casos de deriva significativa con incertidumbre reducida.
- Determinación de criterios de aceptación y rechazo fiables en función del histórico de calibraciones.
- Análisis de datos automático para la determinación de series de medida con parámetros dependientes para la obtención de valores con mínima incertidumbre.
- Análisis de impacto de la propagación de incertidumbre en casos de incumplimiento de criterios de aceptación y auditoría automática de datos.

Tabla 1: Elementos técnicos diferenciales.

Adicionalmente a los trabajos necesarios para el desarrollo de algoritmos e implementación de los procesos indicados, la nueva versión introduciría importantes aspectos de usabilidad mediante el desarrollo de herramientas orientadas a facilitar el uso de las mejoras introducidas. Entre estas destacan las indicadas en la **Tabla 2**.

- Herramienta gráfica para el desarrollo de procedimientos de medida y análisis de datos que permita al usuario la generación automática de flujos de procesos complejos de automatización.
- Generación dinámica de informes de resultados que permita la flexibilidad necesaria de adaptación a las exigencias normativas o de organismos de acreditación y requisitos específicos de clientes. En especial a las distintas variantes nacionales de la normativa aeronáutica.
- Visualización gráfica inteligente de datos de medidas a gran escala que permita la fácil visualización, interpretación espacial y temporal de los datos, así como la identificación de anomalías y eventos asociados.
- Optimización de interfaz de usuario en distintos dispositivos de visualización.

Tabla 2: Mejoras introducidas.

Como resultado de este proyecto se generó un software para la automatización del análisis, evaluación de resultados y cálculo de incertidumbre de las medidas realizadas, mejorando su eficacia y asegurando los resultados a la vez que garantiza su trazabilidad metrológica.

Los objetivos técnicos del proyecto se definieron en base a necesidades concretas de impacto, de tres sectores clave que comparten requisitos tecnológicos muy similares: Aeroespacial, medioambiente y salud.

El proyecto enfatizó la necesidad del estudio de medidas bajo condiciones y métodos estándar, proporcionando trazabilidad al sistema internacional de unidades (SI) y la validez de los cálculos realizados en base a criterios de aceptación y rechazo establecidos en los procedimientos de medida. La **Fig. 2** muestra las componentes del producto final desarrollado.

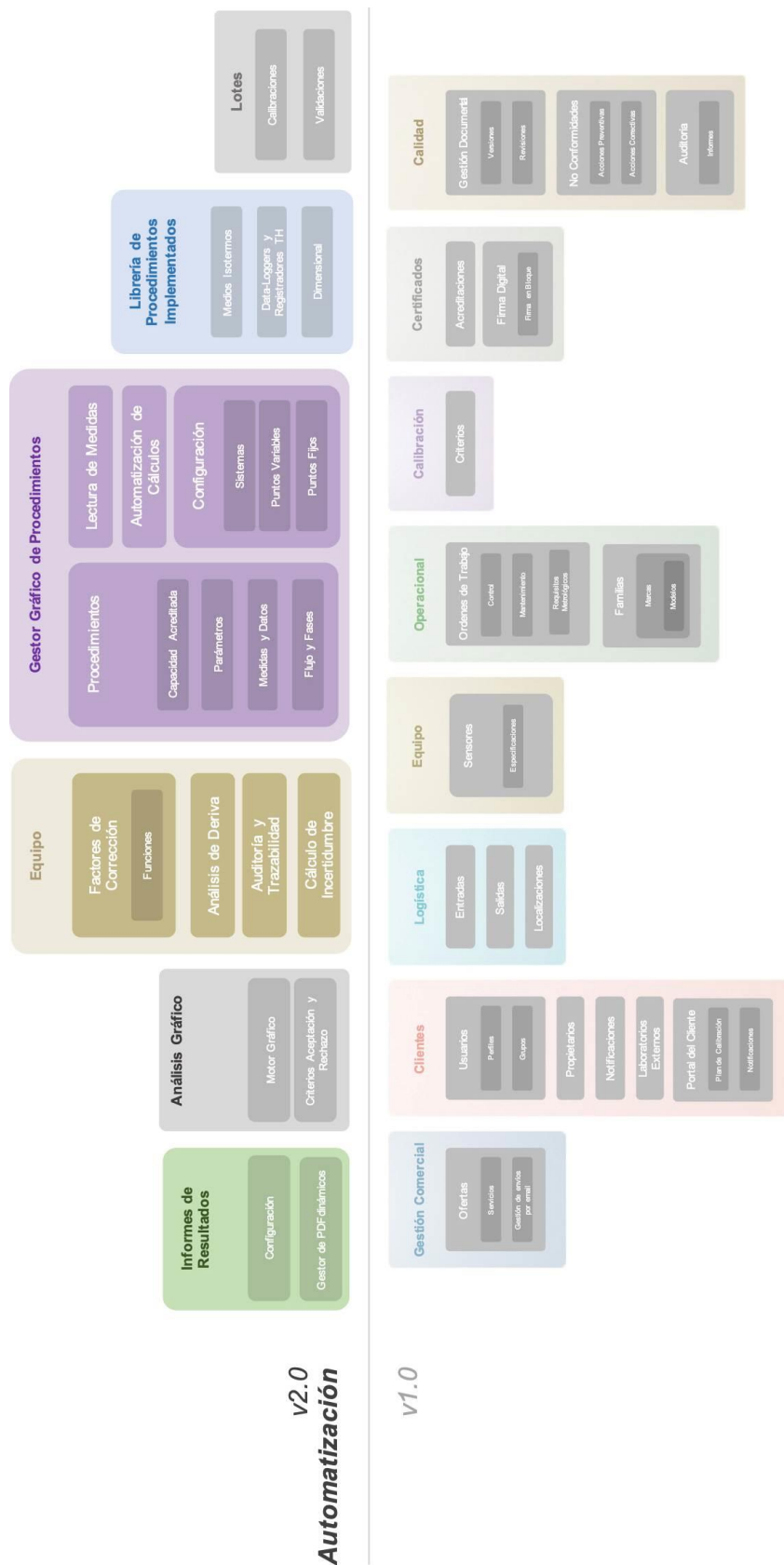


Fig. 2 Componentes del producto

En este proyecto, el INTA actuó también como laboratorio piloto para la validación de datos y procedimientos al contar con los medios, tanto técnicos como humanos, indispensables para el desarrollo de los trabajos de calibración y caracterización de instrumentos de medida y medios isotermos. Se realizaron las pruebas obligatorias para la evaluación de la consistencia de los resultados obtenidos, partiendo de datos reales y comparando la sistemática aplicada en la actualidad con la automatización de la evaluación y análisis de datos implementado en la herramienta software.

2.2 Nuevo enfoque - optimización

Durante el desarrollo del proyecto descrito en el apartado anterior, el CMYC dispuso de la herramienta en sus distintas versiones, para la realización de las pruebas necesarias, instalado en los servidores del INTA. Una vez concluido el proyecto y valorada la propiedad intelectual generada como consecuencia del proyecto, el INTA obtuvo una licencia perpetua, no exclusiva, no transmisible y gratuita del software Whitestone Calibry completo y de sus futuras modificaciones para las actividades propias del Instituto en materia de metrología y calibración.

Asegurada la disponibilidad de esta herramienta corporativa de forma sostenible para el Instituto, se estaba en condiciones de realizar su implantación en el CMYC, disponiendo de la herramienta más avanzada del mercado para la gestión de todos los procesos de la norma ISO/IEC 17025:2017 aplicables a la actividad de calibración y ensayos. Con esta herramienta software se podrá gestionar todo el plan de calibración de la instrumentación de medida y ensayo del Instituto, para asegurar la trazabilidad al SI de las medidas realizadas por los laboratorios del INTA.

Una vez conseguido este hito, se podía acometer la transformación digital del CMYC. Los procesos de gestión existentes son el resultado de una evolución a lo largo de varias décadas con soluciones incrementales ante cambios de requisitos normativos o de acreditación y de desarrollo institucional. Se analizó la naturaleza del servicio a realizar y se identificaron los aspectos de los procesos que se consideraban debilidades o amenazas para la consecución de la misión del CMYC y los riesgos asociados a los mismos [10], para proceder a la optimización de los procesos de gestión del CMYC.

La optimización se analizó desde la perspectiva de los cambios en la organización, la implantación de la nueva solución software y el diseño y ejecución de varias iniciativas que han sido posibles gracias a estos cambios. Estas acciones persiguen dar los primeros pasos en mitigar los principales riesgos identificados de forma realista y asumible para funcionar de hecho como un solo laboratorio de cara al cliente, con los mismos procedimientos y con la máxima eficacia y eficiencia de los procesos.

Cabe reseñar que la implantación de este proceso es muy compleja debido a la resistencia al cambio, habitual en una organización del tamaño del INTA y más en la Administración.

2.2.1 Nueva organización

Los cambios implementados en la nueva organización se basan en cuatro líneas principales de actuación:

- Creación de una Oficina Técnica (OT), como dependencia responsable de todos los aspectos de coordinación técnica y administrativa, tanto internos como externos. Es la ventanilla única con el cliente (interno y externo).
- Implantación del concepto de dependencia funcional en el CMYC. Para esto se creó como elemento organizativo la unidad técnica, entendida como “agrupación funcional formada por uno o varios servicios, laboratorios o unidades, que comparte un conjunto de medios técnicos y humanos perfectamente definido y adscrito a los fines propios de una acreditación”. Funcionalmente, el CMYC se organiza en unidades técnicas para llevar a cabo las actividades cubiertas por la acreditación ENAC del Centro [2]. En la realización de algunas de las actividades acreditadas están implicadas también otras dependencias del INTA, las cuales dependen funcionalmente del CMYC.
- Responsabilidad técnica compartida. La responsabilidad en las unidades técnicas es compartida entre todos los responsables de las dependencias que integran la Unidad Técnica.
- Acreditación única. En materia de gestión de expedientes administrativos, el director del Centro es único interlocutor con ENAC, responsable de coordinar un único expediente de contratación para los gastos de acreditación del Instituto. El CMYC ha asumido todas las funciones de calibración del Instituto, unificando en un solo expediente de los distintos expedientes de acreditación de capacidades de calibración del Instituto. Gracias a la dependencia funcional creada, y la aplicación de un único sistema de gestión de calidad, ENAC ha aceptado esta iniciativa y ha procedido a otorgar el primer alcance de acreditación consolidado con tres emplazamientos más uno in situ, que incorpora las dependencias funcionales descritas y que engloba a cuatro subdirecciones generales del INTA.

2.2.2 Implantación de la nueva solución software

La plataforma Calibry tiene tres grandes bloques: El entorno de gestión, el portal del usuario y el *management console*. El primero es el que se usa para la gestión integral del laboratorio, el segundo es para el cliente y el tercero es para la explotación de los datos mediante consultas y análisis personalizado (ver Fig. 3).



Fig. 3 Pantalla de acceso a la solución software

Para poder implantar el portal del usuario, con acceso desde fuera de la Intranet del INTA, el departamento de TIC tuvo que desarrollar una sistemática segura de acceso cumpliendo con todos los requisitos del Ministerio de Defensa.

La implantación correcta de la solución en el CMYC implica su integración con otros software corporativos, como son el sistema de gestión implementado en SAP, el servidor seguro de firmas digitales, repositorio documental basado en SharePoint, etc.

El primer paso fue unificar todo el control de documentación del sistema de gestión. La gestión documental permite incorporar en la plataforma documentos y gestionarlos bajo políticas de aprobación, control de revisiones y versiones, estableciendo permisos de acceso y relaciones con otros documentos, normativas y apartados. Desde un documento de consulta, pasando por una normativa, hasta las plantillas usadas en la impresión de las ofertas y etiquetas de calibración, Calibry gestiona cada documento bajo un sistema de gestión de calidad documental.

La plataforma a través del registro de eventos proporciona un sistema de gestión de calidad ajustado al cumplimiento de las normas de referencia, garantizando la calidad de la prestación del servicio. Estos eventos funcionan como entidades individuales, pero relacionados entre sí, permitiendo crear registros complejos, manteniendo un control y una visión global simplificada de los mismos. En Calibry los eventos se dividen en los siguientes tipos: Auditorías, Desviaciones, Acciones, Seguimientos, Quejas, Riesgos, Intercomparaciones y aseguramiento de la validez de los resultados.

Con la excepción de los Seguimientos (vinculados necesariamente a las Acciones), cada uno de estos tipos puede existir como entidad aislada sin relación a otros eventos. La creación de vínculos entre eventos está sujeta a la siguiente relación de tipos y estados del evento de origen.

Una Auditoría desde que está en estado “abierta” permite crear Desviaciones. Una Desviación desde que está en estado “abierta” permite crear Acciones y una acción estando en estado “En seguimiento” permite crear Seguimientos. Estas relaciones vinculares se encuentran representadas en el árbol de navegación presente en la pestaña de detalles de cada uno de los eventos. Las auditorías pueden contener vínculos a los demás tipos de eventos, por lo que siempre están en el nivel más alto del árbol jerárquico. A la izquierda está el árbol de navegación, a la derecha la información general y debajo las desviaciones vinculadas. Las desviaciones pueden contener vínculos a otros tipos de eventos, pero su origen no necesariamente está vinculado a otro evento. Las acciones pueden contener vínculos a otros tipos de eventos, estando su origen no necesariamente vinculado al mismo, por ejemplo, una desviación generada a partir de un resultado no conforme.

Cuando una acción está en estado “Implantada”, la plataforma posibilita la creación automática de seguimientos de una acción, definiendo la periodicidad y el número de seguimientos. Los seguimientos siempre están vinculados a una acción ya que su función consiste en verificar su eficacia.

La gestión de las quejas sigue la misma línea de actuación de los eventos.

La gestión de las intercomparaciones y del aseguramiento de la validez de los resultados se realiza de la misma forma que los demás eventos.

La plataforma integra la actuación sobre los pilares básicos para asegurar la trazabilidad metrológica: procedimientos de calibración, formación y cualificación del personal, plan de calibración, control entre calibraciones y evaluación de la incertidumbre, todo ello como condición indispensable para demostrar competencia técnica. La gestión de equipos engloba el alta del equipo en la plataforma y consecuente seguimiento de todas las acciones realizadas sobre el mismo, así como sus vínculos y relaciones con cualquiera de los otros elementos presentes en la plataforma, estando o no bajo la custodia del laboratorio. Desde su vinculación a las ofertas, a otros ítems, pasando por la automatización de tareas, tales como el control de calibraciones y mantenimiento, coloca el ítem en el centro de una gestión con un histórico y registro detallado.

La plataforma automatiza el proceso de gestión de órdenes de trabajo al incorporar su generación automática a partir del desencadenar de dinámicas y eventos tales como la aceptación de una oferta o realización de un mantenimiento. Las órdenes de trabajo se dividen en distintos tipos que comparten características generales, aunque son poseedoras de características únicas a su género. Los tipos de Órdenes de Trabajo son: Calibración, Ensayo, Control entre Calibraciones, Mantenimiento, Reparación y Requisitos Metrológicos. Las ordenes de trabajo se crean tanto vía procesos de automatización dentro de la plataforma (por ejemplo, al confirmar que una oferta ha sido aceptada o al preparar una calibración en lote) como por vía manual y se encuentran centralizadas en la opción "Listado" del menú.

Las órdenes de trabajo permiten el registro de distintos tipos de acciones: Nota, Incidencia y Supervisada. Algunas de las acciones tienen un efecto directo en el estado de la orden de trabajo.

Las entradas constituyen la recepción de los ítems, indicando el momento en que estos pasan a estar bajo la custodia del laboratorio mientras los vinculan a los servicios ofertados pendientes de realizar, Manteniendo de ese modo no solo un control de los ítems sino también de las ofertas y respectivos servicios.

Las salidas procesan la devolución física de los ítems al cliente finalizados los trabajos vinculando la operativa directamente con las entradas de dichos ítems, estableciendo de ese modo el control del estado y ubicación de los ítems, sino también de las ofertas y respectivos servicios relacionados para posterior facturación

2.2.3 Nuevas iniciativas

Como se identificó en el análisis previo, una mejora interesante consiste en la optimización del registro de condiciones ambientales. Para esto se estudiaron varias soluciones y se optó por la que ofrecía mayor flexibilidad de configuración y facilidad de calibración compatible con los sistemas de medida del laboratorio. Se optó por la adquisición de sensores de humedad relativa y temperatura con sensores digitales y comunicación inalámbrica con un Gateway integrado en una subred que sirviese para todas las necesidades del CMYC. Este modelo sería ampliable al resto de los laboratorios del INTA, pudiendo así dar un servicio integral de monitorización de condiciones ambientales de laboratorios incorporado en un sistema de gestión de calidad para las incidencias y desviaciones. Estos Gateway también permitían la

comunicación con protocolos Modbus y otros que permitirían la integración de otros medidores, por ejemplo, los empleados en el control de la calidad de las salas limpias (medidores de presión diferencial, contadores de partículas, etc.) [11].

La confirmación metrológica de los sensores se realizaría mediante la calibración automatizada simultánea de un grupo de sensores utilizando los generadores de humedad, higrómetros de punto de rocío y sensores de temperatura del laboratorio de temperatura y humedad del CMYC de acuerdo con lo indicado en su procedimiento de calibración. El resultado final de la calibración es un fichero con los datos de los patrones y un fichero por cada sensor. Esta calibración se realizaría de forma automática. Posteriormente se realizaría el análisis automático de los datos de calibración con la emisión automática de los certificados de calibración y actualización de los factores de calibración en Calibry. La plataforma posibilita no solo la ejecución a nivel individual, sino también que esta tarea se realice en lotes de ítems procesados simultáneamente [12].

Como se explicó en los apartados anteriores, una de las calibraciones más demandadas en el Instituto y que es difícil de asumir con el personal disponible, es la caracterización de medios isoterms “in situ” y en especial las cámaras climáticas.

Se ideó una fórmula que aprovechando el concepto de dependencia funcional y la existencia de la solución software, cambiase el modelo de negocio en las calibraciones in situ.

El cambio consiste en incorporar, con dependencia funcional, a los técnicos de la dependencia que demanda el servicio (cliente interno) en nuestra implantación del sistema de calidad en la herramienta Calibry, cualificándoles para la realización de las calibraciones con nuestros procedimientos y equipamiento, controlando todo el proceso de análisis y emisión de certificados desde la sede central en Torrejón [13].

2.3 Sigüientes pasos

Los grandes logros que se han dado en la transformación digital del CMYC se han realizado con escasos recursos propios y con una pandemia entre medias. Para completar los trabajos realizados y dar el salto final a una herramienta corporativa común para todo el Instituto, es necesario acometer un nuevo proyecto, que usa las funcionalidades que otorga la solución software, pero ampliándola a cubrir nuevas funcionalidades (algunas muy específicas de sectores de ensayo de armamento, por ejemplo) y dotarla de una infraestructura flexible, basada en microservicios, que permita al Departamento TIC del INTA desarrollar e integrar interfaces adecuadas a la actividad de las distintas dependencias del Instituto, integradas con otras herramientas corporativas.

El plan de digitalización y gestión integrada del INTA, es un plan estratégico cuyo objetivo es la transformación digital y modernización del Organismo, orientando su actividad a una visión 360° de los servicios. Este Plan pretende transformar, aplicaciones, infraestructuras y contenidos de la actividad del organismo. Pero no es un plan meramente tecnológico, ya que también implica un cambio cultural que propone transformar las competencias, la formación/capacitación y la manera de trabajar de los científicos e investigadores del INTA.

Este plan de digitalización y gestión integrada da respuesta al objetivo estratégico del INTA de gestión integrada y responsabilidad social para apoyar la participación en programas de desarrollo científico y técnico, debe estar apoyada por una organización que optimice los procesos de dirección y gestión.

En el conjunto del INTA existen, o están planificadas, una serie de actuaciones a desarrollar, con la finalidad principal de proceder a una revisión integral de las tareas, actividades y procesos funcionales y operativos y a la integración de los Servicios CIS/TIC en dichas actividades y procesos. Su objetivo es cerrar la brecha existente entre las capacidades operativas y los servicios CIS/TIC, aprovechando las posibilidades que estos últimos ofrecen, mejorando la calidad y facilidad de uso de dichos procesos, y en definitiva la eficiencia del INTA. De esta forma, se podrá conseguir que estos medios y servicios contribuyan de la forma más eficiente posible al desarrollo de las misiones y cometidos del INTA y a la consecución de sus objetivos estratégicos de alto nivel establecidos en el Plan Estratégico del INTA.

El Plan pretende establecer una renovada Organización basada en la gestión por procesos y centrada en el conocimiento (dato/documento electrónico), que racionalice sus sistemas para el mejor empleo de las TIC. Este plan tiene un enfoque *TOP-DOWN* en el que se parte de los Objetivos Estratégicos del Plan Estratégico del INTA 2021-2025, para atender las diferentes estrategias asociadas, en base a unas líneas de acción perfectamente definidas.

Por lo tanto, dentro de la Línea LA1 – Transformar los procesos de gestión de las unidades en electrónicos, nace este proyecto para disponer de una PLATAFORMA DE TRANSFORMACION DIGITAL DE LABORATORIOS DE ENSAYO Y CALIBRACIÓN, denominado INTALab 4.0

INTALab 4.0 tiene como objetivo resolver muchas de las problemáticas actuales de la actividad de laboratorios y centros de ensayo. Por un lado, existen numerosos problemas de índole tecnológica, que se han resumido a continuación:

- Obsolescencia tecnológica de las aplicaciones informáticas de soporte a los diferentes ensayos y laboratorios. Lo que las hace vulnerable a distintos tipos de ciberataques. Existe actualmente un riesgo muy alto de sufrir ex filtración de datos sensibles de los ensayos y laboratorios; ciberespionaje de datos sensibles de las instituciones del Estado; ciberataques mediante ransomware, que podrían afectar a la propia disponibilidad de estas aplicaciones de soporte y a la integridad y confidencialidad de los datos que manejan.
- Número elevado de aplicaciones informáticas independientes, implementadas con diferentes arquitecturas lógicas y tecnologías (lenguajes de programación, protocolos de comunicaciones, etc.) lo que dificulta y encarece la gestión, el mantenimiento y el soporte de las mismas (modelo basado en “setas”).
- Datos dispersos y no compartidos entre las aplicaciones, servicios o trámites. Esto conlleva a duplicidades e incoherencias en los datos, y a una mayor dificultad en la gobernanza y gestión de los mismos.
- El conocimiento acerca de los procedimientos y trámites está muy compartimentado, y existe la carencia de una base de conocimientos global de los procesos de la institución.
- Gestión y gobernanza complicadas de la Información Clasificada.

Por otro lado, algunos ensayos ni siquiera disponen de aplicaciones de gestión, con realización de trámites de forma manual y utilizando principalmente documentación en papel.

Por todo lo expuesto, se considera necesario ampliar el actual software de sistema de calibración y gestión de ensayos en algunas áreas del organismo para convertirlo en una plataforma tecnológica unificada de gestión de ensayos y laboratorios, que garantice la seguridad y los datos gestionados, y con una clara orientación hacia la estandarización en la forma de realizar la gestión de los ensayos.

Asimismo, será necesario implementar en el ámbito del INTALab 4.0 otros sistemas de soporte para garantizar los objetivos completos del plan:

- los sistemas necesarios para garantizar la apropiada gobernanza y gestión de la plataforma tecnológica unificada
- la implantación de un ecosistema de DEVOPS, e CI/CD junto con una arquitectura basada en microservicios que permita al organismo la continuación de proceso de implantación de INTALab 4.0 en todos los centros de ensayos y laboratorios del mismo, pudiendo analizar, diseñar e implantar las diferentes necesidades de los mismos de forma ágil y sencilla sin estar vinculados a un único *framework* de desarrollo, así como la creación y desarrollo ágil de microservicios que permitan personalizar y comunicación con diferentes sistemas y equipos de adquisición de datos.

Esta nueva plataforma, tiene como objetivo resolver muchas de las problemáticas actuales de la actividad de laboratorios y centros de ensayo del INTA. Se desarrolla los siguientes ejes de actuación:

- Automatización de aseguramiento de la calidad de las medidas según norma UNE-EN ISO/IEC 17043 [5] y que permitirá proveer servicios digitales de aseguramiento de la calidad de las medidas a los laboratorios de I+D+i y ensayos de AA.PP e industria.
- Automatización de la captura y análisis de medidas de procedimientos de calibración del CMYC
Automatización de la captura y análisis de medidas de ensayos de homologación de productos de específica utilización en el ámbito de Defensa según ENAC RDE-12 [14]
- Automatización de análisis de ensayos de combustibles y lubricantes conforme a la norma UNE-EN ISO/IEC 17025.
- Automatización de análisis de ensayos sobre vehículos y sus componentes, conforme a la norma UNE-EN ISO/IEC 17025.
- Automatización de análisis de ensayos de compatibilidad electromagnética (EMC) y evaluación de la exposición humana a campos electromagnéticos, conforme a la norma UNE-EN ISO/IEC 17025
- Automatización de análisis de ensayos de estimación de potencia en el Canal de Aguas Tranquilas (CAT).
- Auditoría remota de los servicios de medida y ensayo conforme al Sistema de Gestión de Calidad del INTA.
- Evoluciones para las mejoras en la flexibilización y ampliación de la parametrización de todos los módulos que faciliten la implantación en cualquier tipo de laboratorio del INTA y MINISDEF.

Posibilitará el empleo de fuentes únicas, fiables y actualizadas de datos e información, en especial de todos los equipos de medida y ensayo del Instituto empleados en sus laboratorios en los distintos emplazamientos, mejorando la accesibilidad a la información mediante la estandarización de los procesos en los sistemas de gestión y la deslocalización de los puestos de trabajo. Busca incrementar la eficiencia en la gestión medioambiental del Instituto, al eliminar el formato papel y al reducir pasos y trámites innecesarios que consumen recursos y capacidades.

Esta plataforma pretende integrar conocimientos, capacidades y técnicas innovadoras de metrología y de sistemas de calidad, para producir un resultado altamente eficiente y fiable garantizando la trazabilidad de los resultados y proporcionando los datos necesarios para el apoyo en la toma de decisiones.

El plan de implantación (ver Fig. 4) se divide en grandes bloques cada uno con un entregable como hito principal. Cada uno de estos bloques se divide en diferentes fases con hitos parciales. Cada uno de los tres hitos principales proporcionará la capacidad final operativa para el paquete correspondiente.

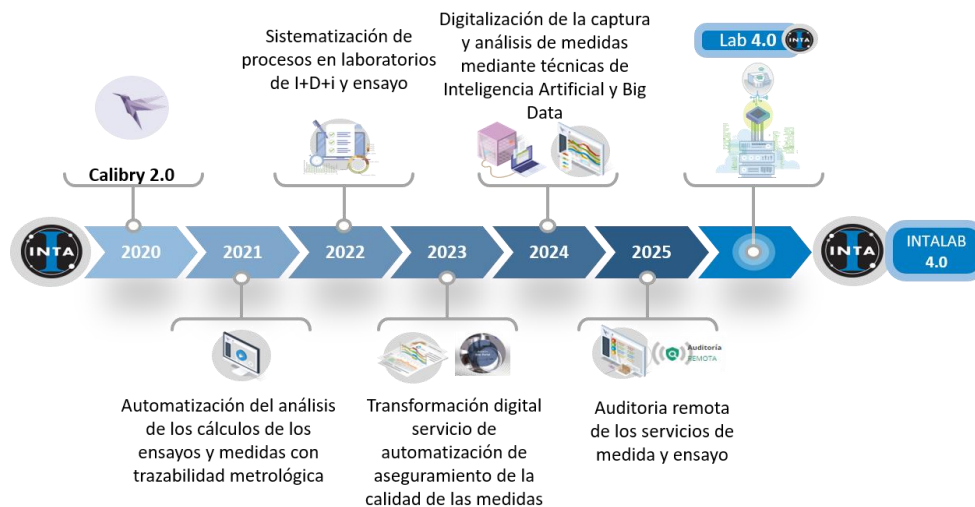


Fig. 4 INTALab 4.0 – Plan de implantación

Se articula como un instrumento fundamental para el desarrollo del Plan de Acción para la Transformación Digital del MDEF [15][16]. Contribuye a la consecución de los Objetivos Estratégicos de este Plan, especialmente en lo que respecta al incremento de la productividad y eficacia en el funcionamiento interno de la Administración, a la mayor eficiencia en la prestación de los servicios TIC y a la gestión corporativa inteligente del conocimiento, la información y los datos. Estos objetivos están alineados con la Estrategia TIC de la AGE en esta materia [17] y con su continuación en el Plan de Digitalización de las Administraciones Públicas 2021 -2025 [18].

3. CONCLUSIONES

Se ha presentado la evolución de la transformación digital del Centro de Metrología y Calibración (CMYC) del INTA, comenzando con un proyecto de desarrollo de software con una empresa nacional dentro del marco del CDTI cofinanciado con fondos FEDER y su implantación en el CMYC. Se ha presentado el nuevo enfoque del CMYC tras la optimización de su organización y las acciones tomadas para mitigar los principales riesgos identificados de forma realista y asumible para funcionar de hecho como un solo laboratorio de cara al cliente, mediante la homogeneización y simplificación de los procesos optimizando el uso de los recursos mediante la incorporación de nuevas tecnologías más eficientes. Esta plataforma ha permitido potenciar las sinergias entre los distintos laboratorios de calibración y ensayo, maximizando el uso de los recursos, compartiendo servicios comunes y reduciendo costes operativos. Esta plataforma dispone ya de la base tecnológica necesaria que permite plantear con confianza el desarrollo de nuevos servicios.

Se han enumerado otras iniciativas adoptadas como consecuencia de la implantación de la nueva herramienta software, incluida la optimización del registro de condiciones ambientales, calibración automatizada de lotes de instrumentos, la caracterización de medios isoterms y la consecución de una acreditación única de ENAC para distintos emplazamientos.

Finalmente, se ha presentado el proyecto de plataforma software digital innovadora para la transformación digital del INTA, INTALab 4.0, partiendo de una nueva evolución que se apoya en la versión actual de la herramienta del INTA.

4. REFERENCIAS

- [1] Real Decreto 925/2015, de 16 de octubre, por el que se aprueba el Estatuto del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial «Esteban Terradas», BOE N.º 249 de 17 de Octubre.
- [2] Acreditación ENAC del expediente 16/LC10.007. Alcance en vigor disponible en <https://www.enac.es>. (Última consulta realizada 26/07/2022.)
- [3] UNE-EN ISO/IEC 17025:2017. (Versión corregida en fecha 2018-05-09). Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración
- [4] Acreditación ENAC del expediente 3/PPI006. Alcance en vigor disponible en <https://www.enac.es>. (Última consulta realizada 26/07/2022.)
- [5] UNE-EN ISO/IEC 17043:2010 Evaluación de la conformidad. Requisitos generales para los ensayos de aptitud.
- [6] ISO/IEC Guide 25. *General requirements for the competence of calibration and testing laboratories*. ISO, Ginebra, 1990. Obsoleta.
- [7] UNE 66-501-91 (Norma Europea EN 45001). Criterios generales para el funcionamiento de los laboratorios de ensayo. AENOR, Madrid, 1991. Obsoleta.
- [8] Proyecto CDTI IDI-20170265 “Desarrollo de una aplicación software para la automatización del análisis de los cálculos de los ensayos y medidas con trazabilidad metrológica”
- [9] WHITESTONE Calibry <http://calibry.com/>
- [10] J.M Torres Castellano, “Optimización de procesos de confirmación metrológica mediante una gestión de calidad moderna enfocada a industria 4.0.” Trabajo fin de grado. Universidad católica de Ávila. (2019).

- [11] M.R. Larroca Sanz et al. “Aseguramiento del cumplimiento de las condiciones ambientales de laboratorios y salas limpias en multi emplazamientos”. 7º Congreso Español de Metrología, Ávila 27-29 de septiembre 2022.
- [12] F. Conde García et al. “Calibración automatizada de grandes lotes de sensores de temperatura y humedad con mínima incertidumbre”. 7º Congreso Español de Metrología, Ávila 27-29 de septiembre 2022.
- [13] T. Vicente Mussons et al. “Transformación digital aplicada a la caracterización in situ de medios isotermos de temperatura y humedad”. 7º Congreso Español de Metrología, Ávila 27-29 de septiembre 2022.
- [14] ENAC RDE-12 Condiciones particulares para la acreditación de Laboratorios de Ensayo en el marco del Real Decreto 165/2010 de 19 de febrero relativo al Reglamento de homologación de productos de específica utilización en el ámbito de la Defensa. Rev. 1 Mayo 2017.
- [15] Instrucción 33/2018, de 6 de junio, del Secretario de Estado de Defensa, por la que se aprueba el Plan Estratégico de los Sistemas y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones del Ministerio de Defensa. BOD N.º 111, de 7 de junio de 2018.
- [16] Instrucción 14/2020, de 15 de abril, del Secretario de Estado de Defensa, por la que se aprueba la segunda parte del Plan de Acción del Ministerio de Defensa para la Transformación Digital. BOD N.º 92 de 7 de mayo de 2020.
- [17] Plan de Transformación Digital de la Administración General del Estado y sus organismos públicos (Estrategia TIC 2015 -2020). <http://administracionelectronica.gob.es/> NIPO: 630-15-216-6.
- [18] Plan de Digitalización de las Administraciones Públicas 2021 -2025. Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital Madrid, enero 2021 NIPO: 094-21-071-7

5. AGRADECIMIENTOS

Se agradece al CDTI la financiación del proyecto CDTI IDI-20170265 “Desarrollo de una aplicación software para la automatización del análisis de los cálculos de los ensayos y medidas con trazabilidad metrológica” y al equipo de Whitestone Technology e INTA, que con su dedicación y esfuerzo hicieron posible desarrollar la herramienta software que constituirá la columna vertebral del futuro INTALab 4.0.