

DICIEMBRE, 2019

NÚMERO 12

INGENIERÍA DEL MANTENIMIENTO

EN CANARIAS



Edición digital: www.tbn.es



INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL
TBN
SERVICIOS INTEGRALES DE LUBRICACIÓN



INGENIERÍA DEL MANTENIMIENTO EN CANARIAS

Director Revista:

D. Luis García Martín
Director Gerente TBN.

Comité Técnico:

Dr. José Antonio Carta González
Catedrático Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

Dr. Mariano Chirivella Caballero
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

Dr. Juan Antonio Jiménez Rodríguez
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

D. Jesús Terradillos Azqueta
Bureau Veritas. Eibar. Gipuskoa.

Dra. M^ª del Pino Artilles Ramírez
TBN. Las Palmas de Gran Canaria.

Edita y promueve:

TBN- Ingeniería de Mantenimiento Industrial y Servicios Integrales de Lubricación, S.L.

Prolongación C/. Sao Paulo, s/n
Parque Empresarial Vista Mar – 2^ª Planta
35008 – El Sebadal

Las Palmas de Gran Canaria

Islas Canarias - España

Tfno.: +34 928 297356

Fax: +34 928 297891

Email: info@tbn.es - Web: www.tbn.es

Diseño Gráfico Portada:

TBN, S.L.

Diseño Gráfico, Maquetación e

Impresión:

Gráficas Bordón, S.L.

Formato: 21 X 29.7 cm (A4)

Depósito Legal: GC-396-2010

ISSN: 2174-6052

Tirada de este número:

1.000 Ejemplares Gratuitos.

Periodicidad: Anual.

EL PROPÓSITO EDITORIAL: Permitir el acercamiento de las estrategias y procesos de innovación llevadas a cabo por diferentes empresas e instituciones innovadoras, que sumado a la colaboración de agentes científicos como la Universidad y los Centros Tecnológicos, convierte a esta Revista en una adecuada vía para la transferencia de los conocimientos sobre tecnología a la sociedad. Por tanto, el propósito editorial se erige en ser fuente de conocimiento externo para la innovación en las empresas, potenciando el trabajo conjunto y de cooperación de los diferentes agentes implicados.



La Revista "Ingeniería del Mantenimiento en Canarias" se divulga en:

- **Directorio Latindex**, Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal (www.latindex.org).
- **ÍNDICES-CSIC** (Información y Documentación de la Ciencia en España) del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (<https://indices.csic.es/>).
- Portal **JABLE**, archivo de prensa digital de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (<http://jable.ulpgc.es>).
- Portal **RiuNet**, archivo digital de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) (<http://riunet.upv.es>).
- Portal **HISPANA** del Ministerio de Cultura de España (<http://hispana.mcu.es>).
- Portal **EUROPEANA**, el portal del patrimonio documental desarrollado por la Unión Europea (<http://www.europeana.eu>).

La Dirección de la Revista no acepta responsabilidades derivadas de las opiniones o juicios de valor de los trabajos publicados, que recaerán exclusivamente sobre sus autores.

Queda prohibida su reproducción sin la autorización expresa de la dirección de TBN- Ingeniería de Mantenimiento Industrial y Servicios Integrales de Lubricación.

Instrucciones y orientaciones a los autores en: www.tbn.es

Índice

Cordial Saludo:

Luis García Martín, Director-Gerente de TBN.



La Central Hidroeléctrica de Gran Canaria (Chira-Soria)

Autor:
Yonay Jesús Concepción Guodemar

6-14



El Mantenimiento como Factor de Éxito en el Canal de Panamá

Autor:
Abdiel Pérez Barretto

15-20



El Sistema de Molinos de Viento "Ortega": Creación e Icono Canario

Autores:
Manuel Poggio Capote
Antonio Lorenzo Tena

21-25



Fundamentos de los Sistemas de Depuración Natural (SDN). Tecnologías Disponibles

Autores:
Gilberto Manuel Martel Rodríguez
Dr. Juan José Salas Rodríguez
Dra. Luisa Vera Peña

26-33



Algunas Respuestas al Problema Actual de Agua

Autor:
Milagros Couchoud Gregori

34-38



Formación en CO₂ en el IES Ingenio

Autor:
Agustín Cabrera Peña

39-43



LIFE BAQUA

Autores:
Gisela Vega Rodríguez
Mario D. Monzón Verona

44-46



La Impresión Offset y su Evolución

Autor:
Antonio Padilla Medina

47-54



Proyecto Europeo ENDURUNS

Autores:
Pedro Bernalte
Isaac Segovia
Fausto García
Mayorkinos Papaelias

55-61



Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 30 Años de Investigación y Progreso en Canarias

Autor:
José Pablo Suárez Rivero

62-75



La Desidia en la Protección del Patrimonio Arquitectónico Industrial y sus Consecuencias

Autor:
Alejandro M. García Martín

76-77



Proyecto ARBoL: Del desecho de Plástico hacia el Peine Ecológico

Autor:
Andrea Domínguez Torres

78-82



Sistemas de Clima Radiante. Vuelta a la Actualidad

Autores:
Eliás Casañas Rodríguez
Elena Casañas Quintana

83-85



Los Ensayos No Destructivos, una Profesión para Toda la Vida

Autor:
Jesús Serrano Sánchez

86-87



El Mantenimiento en la Universidad

Autor:
Juan Pedro Maza Sabaleta

88-89



Capitalizar el Mantenimiento

Autor:
José Manuel Solanot García

90-94



El Análisis de Aceite, Programa de Lubricación y Cinco Frases Lapidarias

Autor:
Jorge Alarcón

95-97



Reparación y Mantenimiento Subacuático

Autor:
José Luis Samper Santiago

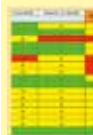
98-101



Presente y Futuro de las Infraestructuras Portuarias de Las Palmas

Autor:
Juan José Cardona González

102-104



Críticidad de Activos Alineada a la ISO 55001

Autor:
Alexis Lárez Alcázar

105-113



Reseñas

114-130



Luis García Martín
Director - Gerente de TBN



Cristóbal Colón y Los Ensayos No Destructivos

Hace ahora 527 años la tripulación de las naves que recalaron en Gran Canaria lideradas por el insigne navegante Cristóbal Colón, aparte de surtirse de víveres, uno de los motivos principales fue el preparar las naves para un largo viaje. Se necesitaba seguridad, fiabilidad, disponibilidad y mejorar la mantenibilidad de todas aquellas partes críticas y fundamentales en la navegación. Aplicaban el Ensayo No Destructivo (END) más usual hoy en día, la Inspección Visual.

Toda la estructura externa de los navíos era inspeccionada para detectar malos anclajes de los listones de madera, delaminaciones, podredumbre por humedad e infiltraciones de agua, carcoma, etc. Era habitual golpearlas para escuchar sonidos que advirtiesen de estas anomalías, por lo que la Emisión Acústica (END) también formaba parte consustancial de las inspecciones. Las cuerdas, las poleas, los cosidos de los velámenes, la alineación del timón, los anclajes del carajo, las debilidades estructurales... sufrían la misma suerte.

Desconozco qué tipo de formación se requería en aquella época. Probablemente, se valoraba la basada en el conocimiento tácito y las horas de navegación (experiencia) y eso, hoy en día, no ha cambiado.

Hace escasas semanas, en un artículo de prensa del País Semanal y con motivo del 500 aniversario de la fundación de la ciudad de La Habana, leía que "...el 16 de noviembre de 1519 y a la sombra de una Ceiba (Árbol tropical), se funda esta ciudad. Diez años antes, el hidalgo Sebastián de Ocampo, en labores de medición del perímetro de la isla (bojear), utilizó 2 naves para tal desempeño...". Comenta el autor de este artículo que "...porque uno de los navíos o ambos tuvieron necesidad de darse carena, (que significa renovarles o repararles las partes que andan bajo el agua, y ponerles pez y sebo), entraron en La Habana, y allí se la dieron, por lo cual se llamó aquel puerto de Carenas...".

Extrapolando esta historia de la navegación y el mantenimiento a los tiempos actuales, tenemos que los ensayos no destructivos, tales como los ultrasonidos para detectar grietas y discontinuidades, la termografía infrarroja para observar ósmosis y delaminaciones, la radiografía industrial, la medición de espesores...todo ello utilizado en los cascos de los actuales buques y embarcaciones, van encaminadas al mismo fin de hace más de cinco siglos.

Entroncando este mensaje, me complace anunciarles que recientemente la Federación Europea de Ensayos No Destructivos (EFNDT) ha decidido crear en Europa, el Foro Marino Europeo en Ensayos No Destructivos. Le ha dado esta responsabilidad a la Asociación Española de END y la misma ha elegido para liderarlo al Comité de Canarias de la AEND, asignándome la presidencia del mencionado Foro.

Después de la primera reunión celebrada en nuestra ciudad en el mes de septiembre, se acordó crear un grupo de trabajo específico que se reunió en el mes de noviembre en un importante astillero del Puerto de Las Palmas en la cual, anecdóticamente y recordando la frase "dar carena", los dos primeros puntos del día fueron:

- 1.- Desarrollo de niveles específicos de END (capacitación y experiencia) para mediciones de Espesor de Casco.
- 2.- Desarrollo de niveles específicos de END (capacitación y experiencia) para pruebas bajo el agua.

Ya que andamos de aniversarios, ilustre fue también nuestro César Manrique, del cual como sabrán se cumplen 100 años de su nacimiento. Una de sus frases más famosas decía:

"La tarea más importante que debería de plantearse un gobierno de cualquier país del mundo, es la educación de su pueblo. Un pueblo sin cultura está condenado a morir. Por eso creo que el mayor negocio que pueda tener un país, es culturizar a su propio pueblo".

Por ello, quiero agradecer a los autores de los artículos de esta décimo segunda edición de la revista Ingeniería del Mantenimiento en Canarias, su aportación para culturizar y por hacer pedagogía del mantenimiento, tanto industrial como patrimonial; o sea, enseñar la verdad a aquellas personas que en su día a día en el campo del mantenimiento, luchan y toman iniciativas para anticiparse al fallo, a la avería, al correctivo, a la ineficiencia, al despilfarro energético, a la inseguridad, a la indisponibilidad y a la falta de fiabilidad de equipos e instalaciones. Porque ellos nunca perderán, siempre ganarán o aprenderán.

Aprovecho para invitarles a asistir a la cuadragésima tercera Feria Internacional del Atlántico en INFECAR, los días 25, 26 y 27 de marzo de 2020, organizada por el Cabildo Insular de Gran Canaria y la Institución Ferial, donde se va a celebrar ATLANTUR 2020, una feria de interés para el sector turístico y de la cual hemos recibido el encargo de organizar unas jornadas diarias sobre el Mantenimiento para Instalaciones Turísticas.

No debo acabar este saluda sin darle las gracias a la familia de la Formación Profesional de Instalación y Mantenimiento del Gobierno de Canarias, a la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, al COGITLPA y al COIICO, por involucrarse de manera extraordinaria en la difusión de cursos de formación para alumnos, profesores y colegiados, en los campos de los Ensayos No Destructivos, la Gestión del Mantenimiento y las Técnicas Predictivas.

Luis García Martín es:

- **Presidente del Comité de Canarias de la AEND (Asociación Española de Ensayos No Destructivos).**
- **Responsable de Formación en Canarias de la AEM (Asociación Española de Mantenimiento).**
- **Presidente del Foro Marino Europeo en Ensayos No Destructivos (EFNDT).**
- **Presidente de AEMIN (Asociación Provincial de Empresarios del Sector del Mantenimiento Industrial, Servicios de Ingeniería, Diseño, Consultoría Tecnológica y Asistencia Técnica de Carácter Industrial de Las Palmas).**
- **Presidente del Comité Organizador del Congreso Internacional de Ingeniería del Mantenimiento en Canarias.**
- **Miembro de ASTM (American Standard Test and Methodology-comité DO2 Lubricantes y Petróleo).**
- **Miembro de STLE (Society of Tribologists and Lubrication Engineers).**
- **Miembro de ICML (International Council for Machinery Lubrication).**
- **Miembro impulsor de la RAI (Real Academia de Ingeniería).**
- **Integrante del Grupo de Cooperación Internacional para la Enseñanza Técnica y el Desarrollo e Innovación de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.**

La Central Hidroeléctrica de Gran Canaria (Chira-Soria)



Yonay Jesús Concepción Guodemar

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Director Técnico de la Central Hidroeléctrica
Consejo Insular de Aguas de Gran Canaria

1. ANTECEDENTES

La idea de desarrollar la energía hidroeléctrica en Gran Canaria mediante la central hidroeléctrica reversible Chira-Soria, tiene su origen a finales de los años 90, cuando se realiza el primer proyecto que, mediante la conexión de los embalses, aprovecha la diferencia de cotas existente entre las presas para transformarla en electricidad.

Este planteamiento se siguió desarrollando durante la siguiente década hasta el año 2011, cuando se convoca el concurso público para la "Concesión Administrativa de las aguas embalsadas y vaso de la Presa de Chira con fines hidroeléctricos (Chira-Soria)", actuando en calidad de promotor el Cabildo de Gran Canaria (en adelante Cabildo) mediante su Consejo Insular de Aguas (en adelante CIAGC), que asume la dirección técnica de la central hidroeléctrica, de conformidad con lo establecido en el Reglamento Regulador Estatal del Dominio Público Hidráulico, aprobado por Real Decreto 849/1986, de 11 abril, debidamente fundamentado en que existe la posibilidad de utilizar con fines hidroeléctricos presas de embalse propiedad de la Institución Insular y gestionados por el CIAGC. Según lo expuesto, el Cabildo y su CIAGC, desarrollan una triple función: la dirección de la Concesión Administrativa, las obligaciones como titular de presas y la gestión del Dominio Público Hidráulico para el desarrollo de la Concesión Administrativa.

Este primer hito constituye el punto de ignición de la tramitación administrativa, que tiene como adjudicataria a la entidad mercantil Unión Eléctrica de Canarias Generación, S.A. (en adelante UNELCO).

Con estas premisas, tras la adjudicación de la Concesión Administrativa y el desarrollo de dos proyectos constructivos, marzo de 2012 y julio de 2013, el 29 de octubre de 2013, se publica la Ley 17/2013, para la garantía del suministro e incremento de la competencia en los sistemas eléctricos insulares y extrapeninsulares (actualmente sistemas eléctricos no peninsulares), que tiene por objeto sentar las bases para el desarrollo de los nuevos regímenes retributivos que se establezcan en estos sistemas, con la finalidad de incrementar la competencia y reducir los costes de generación, cambiando diametralmente el escenario desarrollado por UNELCO.

La citada Ley condiciona, de manera significativa, la Concesión de las aguas embalsadas y vaso de la presa de Chira, con fines hidroeléctricos (Chira-Soria), ya que, en su artículo 5 regula que, en los sistemas eléctricos insulares, las instalaciones de bombeo tendrán como finalidades principales la garantía del suministro, la seguridad del sistema y la integración de energías renovables no gestionables. En estos casos, la titularidad de las instalaciones de bombeo deberá corresponder al operador del sistema.

Además de lo expuesto, en su disposición transitoria segunda, prevé un régimen transitorio para las empresas que, con anterioridad al 1 de marzo de 2013, tuvieran otorgada la concesión de aprovechamiento hidráulico o dispusieran de autorización administrativa para la ejecución de instalaciones que incluyan una central de bombeo y que, a la fecha de entrada en vigor de la citada Ley, no dispusieran aún de autorización de puesta en servicio. Ello es el caso de UNELCO, en relación a la Concesión Administrativa.

Asimismo, y tal y como establece el punto 5 de la disposición transitoria segunda de la Ley 17/2013, "...Una vez realizada la transmisión el operador del sistema quedará subrogado en todas las autorizaciones y concesiones administrativas en los mismos términos que el titular anterior, así como en sus derechos y obligaciones...".

De conformidad con lo establecido en la Ley 17/2013, de 29 de octubre, y en la Orden Ministerial IET/728/2014, el 23 de enero de 2015, UNELCO y Red Eléctrica de España, S.A.U. (en adelante REE) formalizaron un acuerdo para la transmisión del proyecto, procediendo REE a adaptarlo a lo requerido en el artículo 5 de la Ley 17/2013, esto es, que en los sistemas eléctricos insulares, las instalaciones de bombeo cuya titularidad corresponda al Operador del Sistema, deben tener como finalidades principales la garantía del suministro, la seguridad del sistema y la integración de energías renovables no gestionables. El acuerdo quedó sujeto a la obtención de la preceptiva autorización administrativa del CIAGC, para la transmisión a favor de REE, de la concesión del citado proyecto.

La transmisión a REE del proyecto y, por tanto, de la Concesión Administrativa, quedó refrendada por el CIAGC, en julio de 2015, donde se adoptó acuerdo en el que se aceptó la subrogación de REE, en la Concesión Administrativa de las aguas embalsadas y vaso de las presas de Chira y Soria con fines hidroeléctricos, adjudicando inicialmente a REE dicha concesión.

Con este nuevo escenario, tras la subrogación, se inicia un intenso trabajo de adaptación del proyecto a las finalidades principales, la garantía del suministro, la seguridad del sistema y la integración de energías renovables no gestionables, siendo presentado el primer proyecto para alcanzar el objeto citado, denominado "Reformado del Proyecto de Construcción de la Central Hidroeléctrica de Bombeo Chira-Soria", en julio de 2016.

Tras la información pública realizada en el año 2016 y con el contenido de las alegaciones, se actualiza el proyecto, dando lugar al proyecto denominado "Central Hidroeléctrica de Bombeo Chira-Soria. Reformado del Proyecto de Construcción. Modificado I", presentado en febrero de 2019.

La información pública de este Modificado I del proyecto motivó que, por parte del Cabildo, se presentaran alegaciones para la acomodación del proyecto al Planeamiento Insular PIO/GC, el Medio Ambiente, el Patrimonio, las competencias en Carreteras, Dominio Público Hidráulico y la Concesión Administrativa.

Superado el trámite anterior, el Modificado I encuentra actualmente en fase de actualización a las alegaciones y obtención de Declaración de Impacto Ambiental por el Órgano Ambiental del Gobierno de Canarias, previa a la autorización de Puesta en Marcha y Declaración de Utilidad Pública por la Consejería de Transición Ecológica, Lucha contra el Cambio Climático y Planificación Territorial del Gobierno de Canarias y, finalmente, motivado por la dirección técnica del CIAGC, el Decreto que permitirá aprobar el proyecto e iniciar las obras.

2. SINGULARIDADES EN EL CONCEPTO

El planteamiento previsto en la Concesión Administrativa y que tenía que ser desarrollado por el adjudicatario, es el propio de una central de bombeo de tipo mixto dado que incluía las dos presas, entendiendo por central de tipo mixto aquella en la que el embalse superior recibe aportaciones al igual que el embalse inferior.

El esquema de operación previsto en la Concesión Administrativa se fundamentaba en una operación clásica para una central reversible, turbina en las horas de mayor demanda y bombeo en las horas valle de la curva de demanda eléctrica.

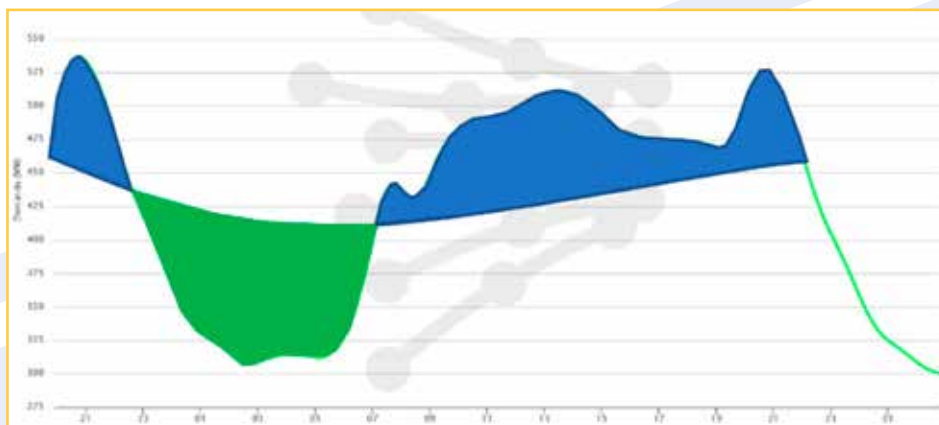


Figura Nº 1: Modo turbina (azul) y modo bombeo (verde) previsto. Fuente: REE/elaboración propia.

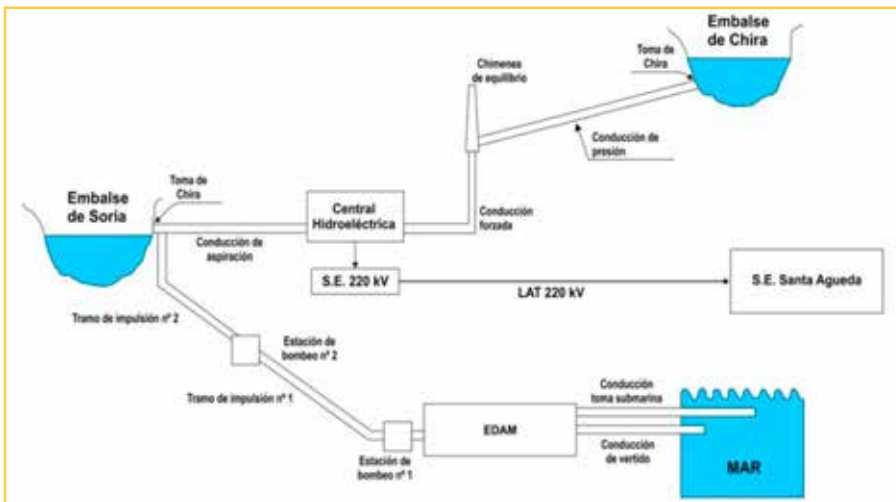


Figura Nº 2: Esquema de la Central Chira-Soria. Fuente: Modificado I – REE.

El posterior cambio en el funcionamiento, derivado de la subrogación de REE y su función de operar el sistema, motiva que la operación prevista no tenga un patrón tan definido y que la generación obedezca a criterios de potencia y frecuencia requeridos por el sistema.

En ambos casos, la lluvia como origen de los recursos naturales para garantizar la operación de la central hidroeléctrica, constituye una aportación anual en la isla de 444,3 Hm³, de los cuales el 68% (301,5 Hm³) se evapotranspira, el 17% (76 Hm³) se infiltra y el 15% (66,8 Hm³) constituye escorrentía, siendo el volumen de regulación anual aprovechado mediante presas de 11 Hm³.

Considerando la escasez y la variabilidad de las precipitaciones en la isla, situación que es más acusada en la zona sur, se podría repetir la situación de 2017, en la que la Presa de Soria (Ver Figura Nº 2), embalse inferior y regulador, se encontraba vacía, no pudiendo operar la central hidroeléctrica.

Para poder garantizar la operación de la central hidroeléctrica, desde la Concesión Administrativa se establece la obligatoriedad de realizar las aportaciones externas necesarias para compensar las pérdidas, esto es, mediante una planta desaladora

de agua de mar (en adelante EDAM) ubicada en la zona de Arguineguín.

La EDAM, cuya aportación anual mínima en operación al embalse de Soria es de 1,8 Hm³, constituye la garantía de operación de la central hidroeléctrica y la contribución a mejorar los recursos hídricos disponibles en la zona (Ver Figura Nº 3).

Esta configuración de la central hidroeléctrica Chira-Soria, como desarrollo de la Concesión Administrativa, tendrá que estar diseñada para permitir la ampliación posterior con la central hidroeléctrica Cueva de Las Niñas-Soria, como parte de la Central Hidroeléctrica de Gran Canaria.



Foto Nº 1: Presa de Soria, año 2017. Fuente: CIAGC.

3. CENTRAL HIDROELÉCTRICA CHIRA-SORIA

La central hidroeléctrica Chira-Soria se ubica en la parte suroeste de la isla, quedando amparado su desarrollo por lo establecido en el Decreto 41/2010, de 23 de abril, mediante el cual se dispone la suspensión, para un ámbito territorial concreto, de las determinaciones del Plan Insular de Ordenación de Gran Canaria, del Plan Rector de Uso y Gestión del Parque Rural del Nublo, del Plan General de Ordenación Urbana de San Bartolomé de Tirajana y de



Figura Nº3: Vista 3D de la EDAM. Fuente: Modificado I – REE.



Figura Nº 4: Ubicación del proyecto en la Isla de Gran Canaria y ámbito de suspensión. Fuente: IDEGranCanaria.

las Normas Subsidiarias de Mogán, y se aprueban las normas sustantivas transitorias de ordenación, a fin de legitimar la implantación de las instalaciones necesarias para el aprovechamiento hidroeléctrico de bombeo reversible de las presas de Chira-Soria y Cueva de las Niñas-Soria.

Examinado el contenido del proyecto, de forma muy resumida, se puede concluir que las obras consisten en la ejecución de una central hidroeléctrica reversible entre los embalses de las Presas de Chira (superior) y Soria (inferior), la alimentación del sistema mediante la elevación de agua desalada desde la costa hasta la Presa de Soria y la correspondiente línea de evacuación eléctrica. En ambos embalses se ejecutarán obras de toma que conectan con la central hidroeléctrica, alojada en caverna, mediante

conducciones, chimeneas de equilibrio y los correspondientes pozos para albergar las compuertas.

Por aplicación de la operación de REE conforme a sus funciones de operador del sistema, el embalse superior y su volumen, es el que determina la energía almacenable, es decir, la "pila" máxima para el sistema eléctrico.

El volumen máximo aprovechable hidroeléctricamente, se define entre el Nivel Mínimo de Operación +885,00 msnm (NMO) y el Nivel Máximo Normal +899,23 msnm (NMN) en explotación de la central, estando definido en 4 Hm³. Estas cotas garantizan poder atender a las demandas de la zona, la seguridad en la operación del sistema presa-embalse y las necesidades hidroeléctricas.

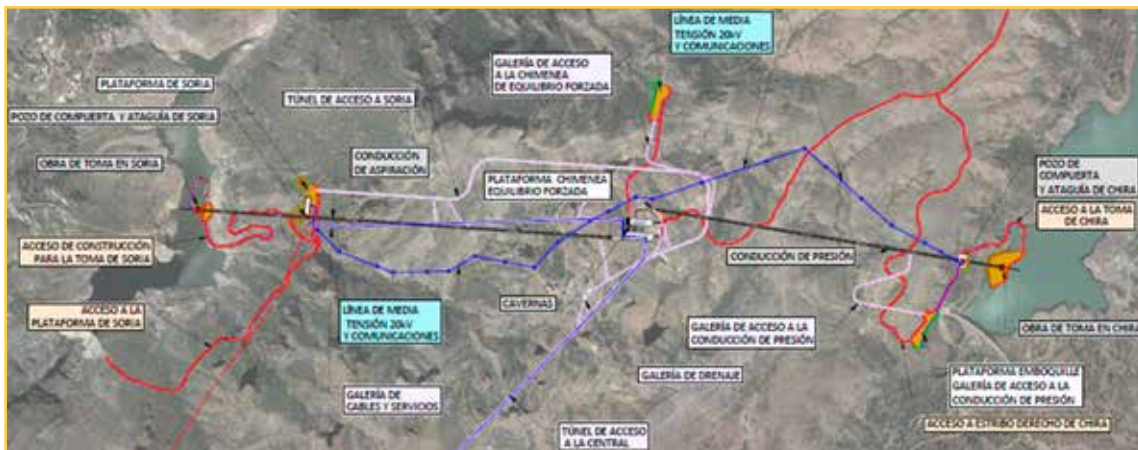


Figura Nº 5: Planta del circuito hidráulico de la central Chira-Soria e instalaciones. Proyecto Modificado I – REE.



Figura Nº 6: Perfil longitudinal de la central Chira-Soria. Proyecto Modificado I – REE.

La central se configura con los siguientes elementos principales:

- Seis (6) grupos binarios Francis reversibles de eje vertical con una potencia total de 200 MW en modo turbina y 220 MW en modo bombeo.
- Seis (6) Full Power Converters (FPC) para funcionamiento en modo bombeo preferiblemente y con interruptor de bypass, que permite el funcionamiento en cortocircuito hidráulico.
- Seis (6) transformadores elevadores de 45 MVA de potencia.

Esta configuración posibilita arranques y paradas suaves, ofrece la flexibilidad para funcionar de manera síncrona o a través del FPC aportando capacidad de regulación en modo bombeo y menor impacto en la red en caso de arranques y paradas programadas de los grupos y en caso de disparo de una máquina.

El equipamiento anterior permite a la central suministrar la máxima de 200 MW en el ciclo de turbinado, medidos en bornas de AT, y disponer de una energía almacenable de 3,20 GWh, con un salto bruto máximo de 357,23 m y un salto neto máximo que asciende a 345,52 m. El caudal de diseño en el ciclo de turbinado, es de 68,40 m³/s. Asimismo, la potencia en bombeo es de 220 MW, medidos en bornas de AT, y está equipada para un caudal de 53,4 m³/s en salto máximo y una altura manométrica máxima de 366,08 m.

El circuito hidráulico que materializa la central, además de los propios embalses y sus tomas, se compone de Conducción a Presión, Conducción Forzada, Hexafurcador de Alta Presión, Hexafurcador de Baja Presión y Conducción de Aspiración, con el siguiente detalle:

- Toma de Chira: Se define mediante planta circular de 17,95 metros en la base de entrada y transición hasta 5,00 metros, se ejecuta en pozo y con posterior unión a la conducción a presión mediante codo del mismo diámetro, siendo ejecutada íntegramente en hormigón.
- Conducción a Presión: Se divide en dos tramos, uno aguas arriba del Pozo de Compuerta de Chira y otro tramo aguas abajo del mismo. La longitud total de la conducción de presión es de 996,90 m y se calcula con una chimenea de equilibrio de alta presión. La conducción a presión es de hormigón, tiene un diámetro de 5,00 metros.
- Chimenea Equilibrio Alta Presión: Se ubica en el entronque con la conducción forzada. Tiene una longitud de 101,00 metros. La chimenea es de hormigón y un diámetro de 6,00 metros, excepto en la obturación del entronque donde el diámetro es de 2,50 metros.
- Conducción Forzada: Comienza en el entronque con la chimenea de equilibrio de alta presión y finaliza en el hexafurcador de alta presión. Tiene una longitud de 352,80 m y discurre en vertical hasta el Hexafurcador. La conducción forzada es de hormigón con blindaje de chapa de acero tipo S 460 NL, tiene un diámetro de 4,00 metros.
- Hexafurcador de Alta Presión: A la salida de la conducción forzada y previo a las turbinas, se ubica el hexafurcador de derivación al conjunto de seis (6) turbinas con reducción progresiva de diámetros hasta los 0,90 metros de la espiral de la turbina. El hexafurcador es de hormigón con blindaje de chapa de acero tipo S 460 NL.
- Hexafurcador de Baja Presión: A la salida de la zona de equipamiento hidromecánico se ubica el hexafurcador desde las turbinas a la conduc-

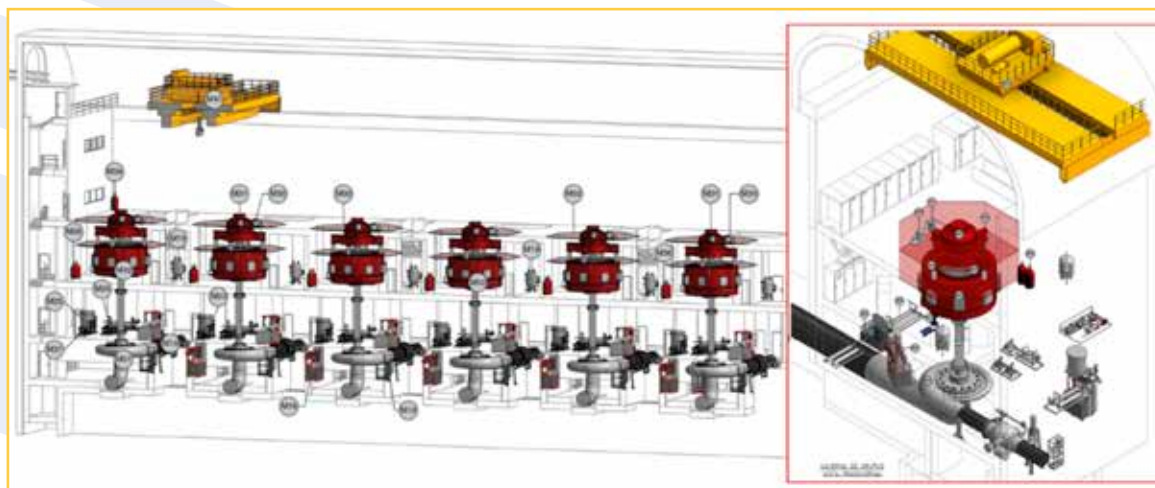


Figura Nº 7: Sección de la caverna y detalle de turbinas Francis. Fuente: Proyecto Modificado I – REE.

ción de aspiración, iniciado el diámetro en 1,70 metros con aumento progresivo hasta los 5,00 metros de la conducción de aspiración. El hexafurcador es de hormigón con blindaje de chapa de acero tipo S 355 NL.

- Chimenea Equilibrio Baja Presión: Se ubica tras el hexafurcador de baja presión. Tiene una longitud de 150,55 metros. La chimenea es de hormigón y un diámetro de 8,00 metros, excepto en la obturación del entronque donde el diámetro es de 3,00 metros.
- Conducción de Aspiración: Está constituida por

un primer tramo hasta el pozo de compuerta de Soria y un segundo tramo hasta el embalse. La longitud total de la conducción de aspiración es de 1.210,70 m y se calcula con una chimenea de equilibrio de baja presión debido a las necesidades hidráulicas. La conducción a presión es de hormigón, tiene un diámetro de 5,00 metros.

- Toma de Soria: Se define mediante planta circular de 17,95 metros en la base de entrada y transición hasta 5,00 metros, se ejecuta en pozo y con posterior unión a la conducción a presión mediante codo del mismo diámetro, siendo ejecutada íntegramente en hormigón.

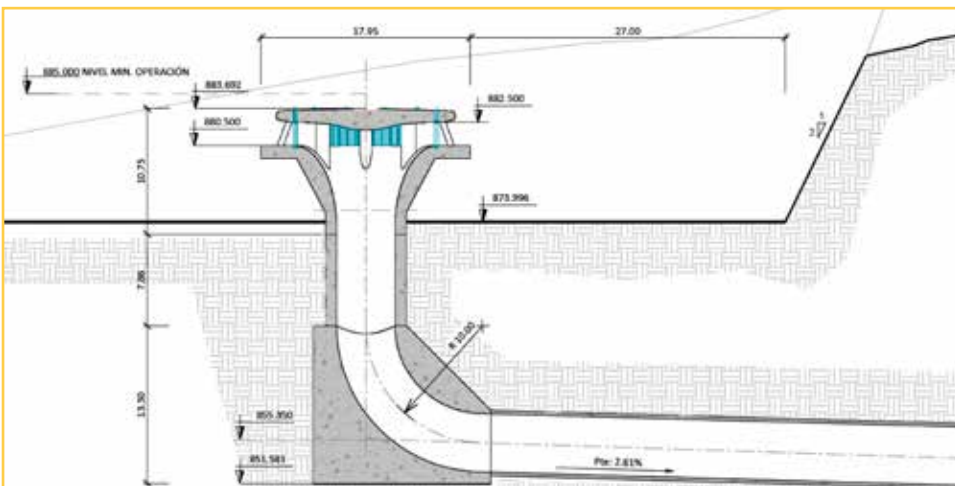


Figura Nº 8: Características de la obra de toma en los embalses. Fuente: Proyecto Modificado I – REE.

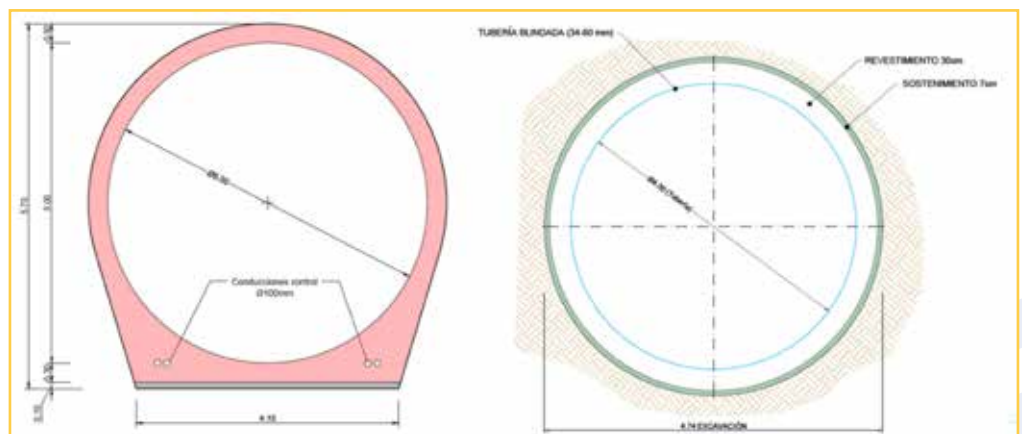


Figura Nº 9: Detalle de la sección de la conducción a presión y conducción de aspiración (izquierda) y conducción forzada (derecha). Fuente: Proyecto Modificado I – REE.

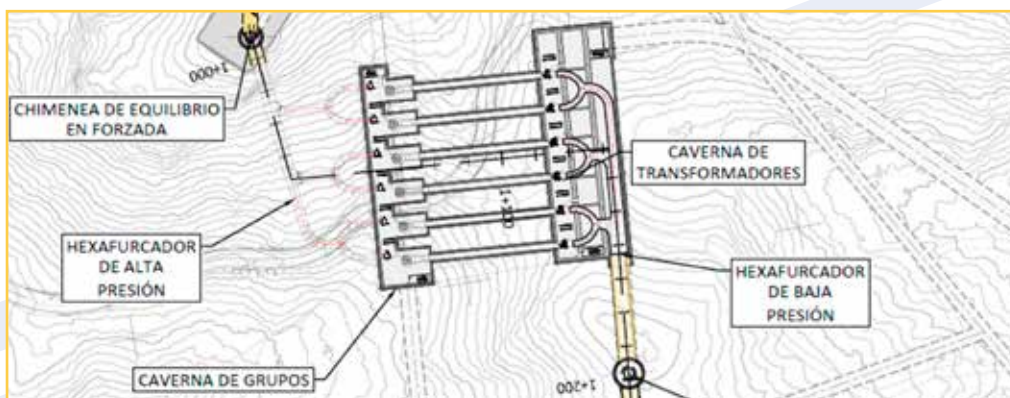


Figura Nº 10: Hexafurcadores de alta y baja presión. Fuente: Proyecto Modificado I – REE.



Foto N° 2: Presa de Chira desde aguas abajo. Fuente: CIAGC.

La estructura de ambas presas, desde el punto de vista de su concepción, es totalmente diferente. La Presa de Chira es una presa de gravedad de paramentos de mampostería y relleno confinado, terminada de ejecutar en el año 1965; mientras que la Presa de Soria es una bóveda, terminada de construir en el año 1972 y que se encuentra entre las diez presas más altas de España.

El circuito hidráulico descrito, se ha modelizado y se seguirá ajustando, incluyendo en la fase obras, mediante Computational Fluid Dynamics (CFD) que permiten resolver las ecuaciones de Navier-Stokes y la correspondiente optimización de los elementos, garantizando el posterior funcionamiento de la central en cortocircuito hidráulico. Este cortocircuito, permitirá que parte de la instalación esté funcionando en modo turbina y parte en modo bomba, mediante el reparto de los caudales entre ramales.

El estudio de transitorios hidráulicos, fundamentado en una amplia gama de maniobras, garantizan el arranque total de la planta en pocos segundos, por lo que la central aportará las herramientas necesarias para la operación del sistema.

4. PRESAS DE CHIRA Y SORIA

Las Presas de Chira y Soria son embalses de regulación y el desarrollo hidroeléctrico entre sus embalses constituye un cambio de aprovechamiento, siendo necesario evaluar su idoneidad para este nuevo uso, ya que desde su construcción su función ha sido la de regulación de aportaciones y atender a las demandas por sus tomas.



Foto N° 3: Presa de Soria desde aguas arriba. Fuente: CIAGC.

Los modelos numéricos con los que se ha trabajado están basados en un esquema de diferencias finitas de tipo explícito y se han modelizado modelos con y sin cimientado y con elementos tipo interfaz en los contactos presa-cimiento y entre bloques, en el caso de Soria.

Se han analizado modelos en 2D y 3D, estando los modelos 2D basados en los criterios Mohr Coulomb, mientras que en los modelos 3D se ha empleado un modelo elástico y lineal fundamentado en la Ley Hooke.

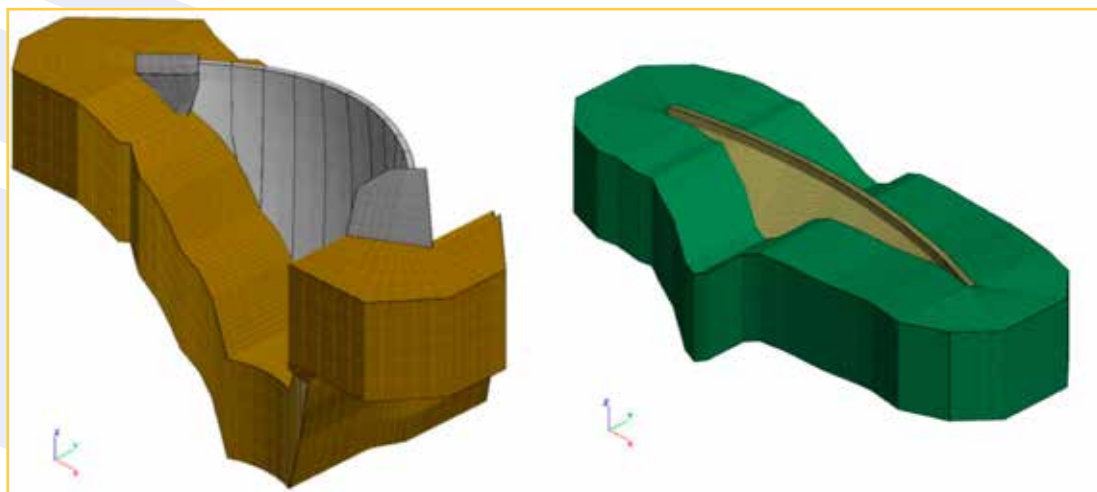


Figura N° 11: Modelos de cálculo con cimientado de las Presas de Soria y Chira. Fuente: Elaboración propia.

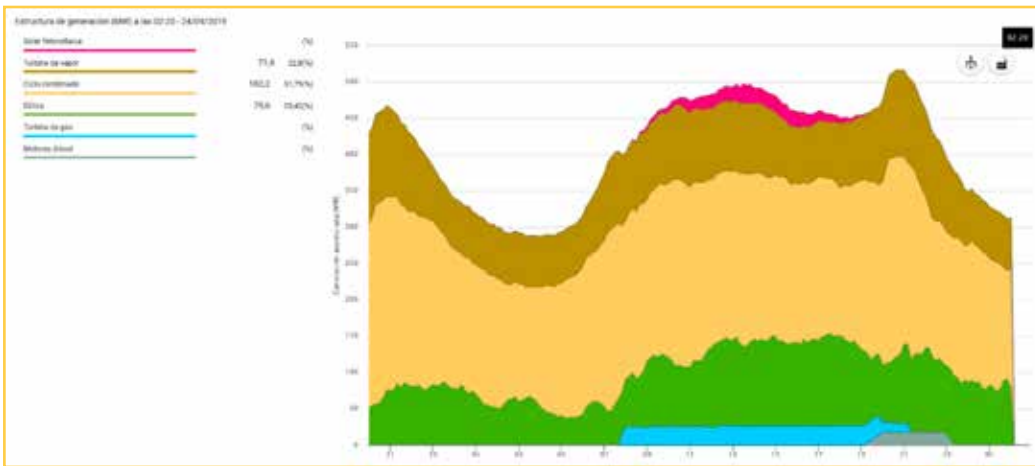


Figura Nº 12: Estructura de generación de Gran Canaria del 23/09/2019. Fuente: REE.

Con los resultados arrojados por la modelización numérica y considerando el gran estribamiento que presentan ambas estructuras, las presas, desde el punto de vista tensional, presentan valores compatibles con márgenes de seguridad que permiten garantizar la operación de la central hidroeléctrica para el Nivel Mínimo de Operaciones (NMO) y Nivel Máximo Normal (NMN).

5. INCIDENCIA DE LA CENTRAL EN EL SISTEMA ELÉCTRICO

El sistema eléctrico de Gran Canaria se caracteriza por ser un sistema aislado y una estructura de generación basada en el Ciclo Combinado y la Turbina de Vapor (Ver Figura Nº 12).

Esta estructura de generación se traduce en unas emisiones de CO₂, cuyos valores medios superan las 200 toneladas/hora.

El Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (PNIEC) establece como objetivos prioritarios para el año 2030, la reducción de 21% de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) respecto al nivel del año 1990 y una integración de energías renovables (EERR) del 42%.

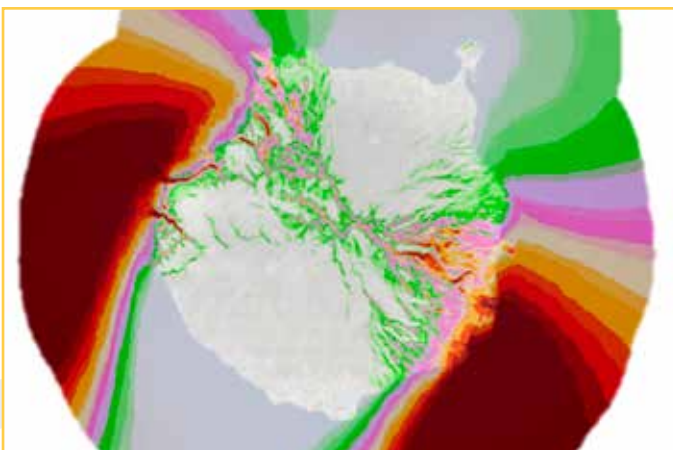


Figura Nº 13: Potencial eólico de Gran Canaria. Fuente: IDECanarias.

Del análisis del potencial de EERR, principalmente el eólico, para velocidades superiores del viento de 10 metros/segundo y a una altura de 80 metros, se observa que la costa del sureste presenta unas condiciones óptimas, con unas 4.000 horas equivalentes.

Para alcanzar los objetivos expuestos del PNIEC y que en la estructura de generación se alcancen valores superiores al 70% de EERR, es necesario contar con un almacenamiento masivo que permita reducir el porcentaje de participación en la generación del Ciclo Combinado y la Turbina de Vapor. Considerando el grado de desarrollo de las tecnologías disponibles en el mercado, el almacenamiento por bombeo es la única opción para alcanzar la soberanía energética de Gran Canaria.

Por otro lado, conforme a los datos del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), los sistemas de almacenamiento electroquímico: Plomo-Ácido, Flujo REDOX, Alta temperatura e Ión-Litio, ofrecen garantía de suministro en las horas de alta demanda y servicios auxiliares a la red, siendo necesaria una regulación estable a largo plazo. En este sentido, la central hidroeléctrica Chira-Soria, mediante la regulación de potencia y frecuencia, permitirá que las EERR se puedan desarrollar en el marco del modelo ECOISLA.

Sin lugar a duda, es necesario que la central hidroeléctrica sea complementada mediante almacenamiento distribuido como son las baterías, cuyo mayor desarrollo se centra en la tecnología del Ión-Litio, donde se prevé que el mayor avance en el almacenamiento distribuido sea en sistemas de autoconsumo, esperando que, en el año 2030, más del 60% de las baterías fabricadas a nivel mundial se empleen conjuntamente con la energía solar fotovoltaica o asociada a parques eólicos.

A nivel global, las centrales hidroeléctricas, al término del año 2018, representaron el 15,9% de la energía producida a nivel mundial, estimándose una gran progresión en la potencia instalada, principalmente por bombeos, por el gran desarrollo previsto en China, que al igual que ocurre en Gran Canaria, se sustenta en el gran parque de presas del que disponen.

Con respecto al desarrollo de los parques eólicos y en el caso concreto de Gran Canaria, el aumento de la potencia entre 2014 y 2017, motivó una degradación de la estabilidad del sistema.

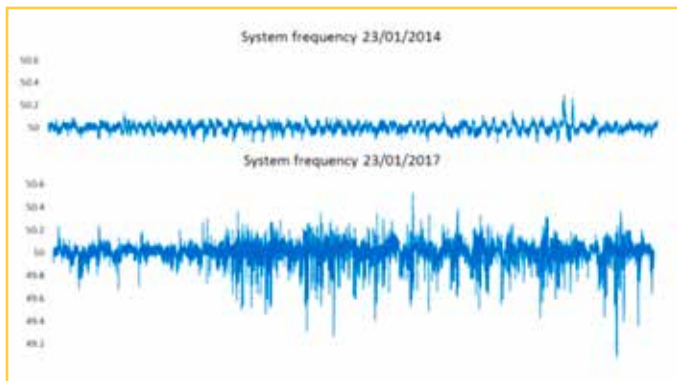


Figura Nº 14: Comparativa frecuencia años 2014 y 2017. Fuente: REE.

A modo de conclusión de la incidencia en el sistema eléctrico, la central hidroeléctrica Chira-Soria constituye la herramienta mediante la cual se garantizará la estabilidad y seguridad del sistema eléctrico insular, permitiendo gran desarrollo en la integración de energías renovables.

6. RESUMEN

Una vez materializada la transmisión de UNELCO a REE en el año 2015, se impulsa el desarrollo del proyecto de la Central Hidroeléctrica Chira-Soria, como primer proyecto de la Central Hidroeléctrica de Gran Canaria, encontrándose en la fase final de tramitación administrativa e implementándose las mejoras propuestas desde el Cabildo de Gran Canaria para: la acomodación del proyecto al Planeamiento Insular PIO/GC, el Medio Ambiente, el Patrimonio, las competencias en Carreteras, Dominio Público Hidráulico y la Concesión Administrativa.

La variabilidad de las precipitaciones en la isla motivan que, desde la Concesión Administrativa, se establezca la obligación de ejecutar una EDAM que garantice la operación de la central hidroeléctrica y constituya un aumento de los recursos disponibles en la zona de las Presas de Chira y Soria, siendo una medida para la soberanía hídrica.

La Central Hidroeléctrica Chira-Soria, con sus 200 MW de potencia en modo turbina y los 4 millones de metros cúbicos para uso hidroeléctrico, se configura como la "pila" de Gran Canaria, mediante la cual se avanzará en la soberanía energética y los objetivos del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030, constituyendo el necesario almacenamiento masivo que permita reducir el porcentaje de participación del Ciclo Combinado y la Turbina de Vapor. Además de lo expuesto y sin lugar a duda, en la soberanía energética, es necesario que

el sistema sea complementado mediante almacenamiento distribuido como son las baterías, donde se espera que, en el año 2030, más del 60% de las baterías fabricadas a nivel mundial se empleen conjuntamente con la energía solar fotovoltaica o asociada a parques eólicos.

Las Presas de Chira y Soria, concebidas como embalses de regulación, según los resultados de la comprobación numérica realizada, desde el punto de vista tensional, presentan valores compatibles con márgenes de seguridad que garantizan la operación de la central hidroeléctrica.

Por todo ello, Gran Canaria, al contar con la mayor densidad de grandes presas del mundo, se encuentra en una situación inmejorable para el desarrollo de la energía hidroeléctrica, siendo el mantenimiento de infraestructuras una herramienta esencial y una cuestión de oportunidad en el desarrollo de la ECOISLA.

7. REFERENCIAS

- 2012 – Proyecto Constructivo de la Central Hidroeléctrica de Bombeo Chira-Soria. UNELCO.
- 2013 – Proyecto Constructivo de la Central Hidroeléctrica de Bombeo Chira-Soria. UNELCO.
- 2016 – Reformado del Proyecto de Construcción de la Central Hidroeléctrica de Bombeo Chira-Soria. REE
- 2017 – Modelización Numérica de las Presa de Chira y Soria. CIAGC
- 2019 – Central Hidroeléctrica de Bombeo Chira-Soria. Reformado del Proyecto de Construcción. Modificado I. REE

8. PORTALES WEB

- Ministerio para la Transición Ecológica – www.miteco.gob.es
- Gobierno de Canarias, Infraestructuras de Datos Espaciales de Canarias – www.idecanarias.es
- Cabildo de Gran Canaria, Infraestructuras de Datos Espaciales de Gran Canaria – www.idegrancanaria.es
- Consejo Insular de Aguas de Gran Canaria – www.aguasgrancanaria.com
- Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas – www.ciemat.es
- Red Eléctrica de España – www.ree.es

El Mantenimiento como Factor de Éxito en el Canal de Panamá



Abdiel Pérez Barretto

ExGerente de División de Dragado del Canal de Panamá
Presidente del Comité Organizador del Congreso Internacional de Mantenimiento y Gestión de Activos - Canal de Panamá

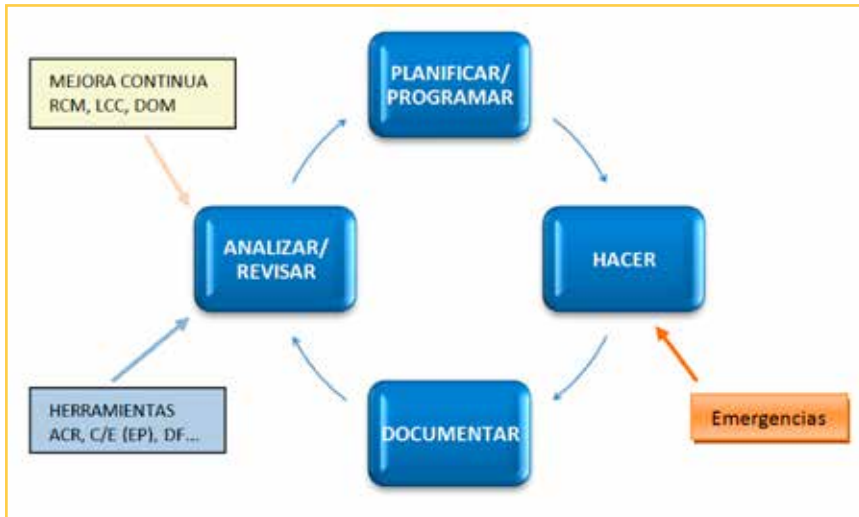
1. INTRODUCCIÓN

Para tener cualquier cosa en la vida primero hay que obtenerla, pero luego hay que mantenerla para seguir teniéndola. Decimos cualquier cosa porque así es, empezando por nuestro propio cuerpo, una casa, un auto, una pareja, un hijo, la educación, cualquier cosa. Pero, ¿cómo se hace esto? Bueno, cada cual mantiene las “cosas” como mejor le parece, algunas de ellas de manera muy sencilla o hasta automática, como el cepillado de los dientes; otras con mucha más atención, como el cuidado de un bebé; y otras, como sucede con demasiada frecuencia, simplemente no se mantienen. Pero no vamos a hablar del cuidado personal, de la familia o del planeta; aunque todo está relacionado. Queremos hablar del mantenimiento de infraestructuras, de propiedad, de planta y equipos y de activos físicos; en particular del Mantenimiento como Factor Crítico del Éxito del Canal de Panamá.

Empecemos por repasar el significado de la palabra mantenimiento, que aunque parezca muy básico, lo considero importante. Según define la Real Academia de la Lengua es el “Conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que instalaciones, edificios, industrias, etcétera, puedan seguir funcionando adecuadamente”. Wikipedia da una definición similar, pero añade la palabra “restaurarlo” y la amplía para incluir las “acciones técnicas y administrativas”. Esta ampliación de la definición es parte de la evolución que ha sufrido el mantenimiento a través de tiempo, similar a cualquier otra actividad humana. En el contexto del mantenimiento de infraestructuras, el mismo tiene sus orígenes a mediados de la revolución industrial, con la cual el hombre empezó a producir masivamente bienes materiales; lo que facilitó de forma extraordinaria el “obtener” dichos bienes.

En sus inicios el “mantener” bienes se enfocó en arreglar lo que se rompía, o el “run-to-failure”. Luego se hizo énfasis en la prevención de fallas mediante el “mantenimiento preventivo”, dentro del cual se privilegiaba en un inicio el mantenimiento a tiempos fijos. Después se empezó a hacer “mantenimiento basado en la condición”, lo que impulsó el mayor uso de tecnología y el nacimiento del término “mantenimiento predictivo”. En los últimos años, se ha hecho énfasis en el “design-out-maintenance”, o la eliminación del mantenimiento por rediseño, o mantenimiento proactivo como llaman otros.

Hoy el mantenimiento ha cobrado una relevancia primordial desde el diseño, o “design-for-reliability”, como base para la confiabilidad y eficiencia de los equipos. La evolución de las actividades directas de mantenimiento ha venido acompañada de una evolución en los sistemas administrativos para su planificación y control. Un método muy utilizado en este proceso de evolución ha sido el ciclo de Deming, o el PDCA, una herramienta de mejora continua en cuatro pasos, a saber: planear, hacer, verificar y actuar. Aunque la metodología fue propuesta originalmente a finales del siglo XX por Walter Shewhart para la mejora de los procesos de producción, fue William Edwards Deming quien lo desarrolló y popularizó en Japón después de la segunda guerra mundial, y en la década de los años setenta en los Estados Unidos a raíz del éxito del modelo japonés. Posteriormente, Deming sustituyó la palabra verificar por analizar. La implementación de este ciclo en los procesos de mantenimiento permite a las empresas una mejora integral de la disponibilidad, la confiabilidad y la rentabilidad de los activos. En torno a este ciclo se ha dado un gran desarrollo en las técnicas de análisis específicas para el mantenimiento.



El Canal de Panamá no ha sido ajeno a toda esta evolución del mantenimiento, por el contrario, ha sido pionero y en algunos casos modelo. Por ejemplo, desde su diseño, el Canal incorporó el mantenimiento como un elemento clave para el éxito de su operación a largo plazo. Es por esto que cada juego de esclusas tiene dos vías, a pesar de que en un principio los niveles de tráfico no lo justificaban. Además, todos los equipos principales, tales como compuertas, válvulas y sistemas de alimentación eléctrica tienen redundancia. Este esquema ha permitido hacer trabajos mayores de mantenimiento sin interrumpir el tránsito de buques.

2. RECONDICIONAMIENTO DE ESCLUSAS

Los trabajos de reacondicionamiento mayor de las esclusas son, tal vez, los que más atraen la atención fuera del Canal, como es el caso de los trabajos de cámara seca para el reacondicionamiento de compuertas. A partir de 1929, cuando se iniciaron estos trabajos, las cámaras de una vía se secaban completamente por varios meses para reacondicionar las compuertas in situ; mientras, el tránsito de buques se realizaba por la otra vía. Sin embargo, con el aumento del tráfico por el Canal, en la década de los años sesenta, se tuvieron que desarrollar procedimientos para la remoción y traslado de las compuertas al dique seco de Balboa, mientras que la vía permanecía operativa con el juego de compuertas de respaldo. A mediados de los años ochenta, se construyó un sincro-elevador en la antigua División Industrial para el reacondicionamiento de compuertas y así no depender del dique seco, el cual había sido transferido al Estado, como parte de los tratados del Canal. Los trabajos de los componentes fijos en las cámaras se empezaron a hacer en cierres que tomaban entre dos y tres semanas. Hoy en día, los cierres se han perfeccionado hasta el punto que pueden realizarse en cuatro días y medio, sin afectar a la calidad del trabajo.

Actualmente, los trabajos de reacondicionamiento de las compuertas conllevan gran cantidad de mejoras como: el uso de diversos sistemas de recubrimiento contra la corrosión, tales como la Brea Caliente (coal-tar), epóxicos y metalizados. Los sellos de acero originales han sido reemplazados por sellos de acero inoxidable, y el proceso de alineamiento se ha cambiado a un sistema de alineamiento con láser. El material de relleno de aleación de plomo (babbitt) ha sido sustituido por material epóxico de alta resistencia, reduciendo la duración del proceso y los riesgos de accidentes. Estas mejoras han permitido extender el período promedio entre reacondicionamientos de 15 años a 25 años. Cabe resaltar que todas las compuertas de las esclusas actuales son las originales de 1914.

Los trabajos en la cámara también han sido objeto de mejoras sustanciales, empezando con la remoción y flotado de las compuertas. En los últimos 20 años, el tiempo invertido en estos trabajos se ha reducido de unas 24 horas a menos de 5 horas. Este ahorro en tiempo se debe, en gran medida, a la adquisición de una grúa flotante de mayor capacidad y por el rediseño del aparejo de izamiento pero, sobre todo, por la planificación detallada de cada paso de la remoción. Los trabajos en las batientes y sellos en la cámara también han sido optimizados, mediante la implementación de nuevos sistemas de alineamiento, el encofrado prefabricado de la batiente y el reemplazo de los sellos de metal en la pared, similar a los sellos de las compuertas.



Otras mejoras sustanciales se observan en el mantenimiento de las válvulas de vástago ascendente (tipo compuerta), empezando por el reemplazo total de los cuerpos de válvulas remachados por estructuras soldadas. El reemplazo del sistema de rodadura por un sistema de deslizamiento plástico-acero inoxidable prolongó el período de reacondicionamiento promedio de 7 años a más de 20 años. Otras mejoras incluyen el reemplazo del sistema de recubrimiento anticorrosivo, sellos, ferretería y el sistema de protección catódica.

3. MANTENIMIENTO DE LOCOMOTORAS

Ya fuera del agua, el sistema de locomotoras y rieles ha sido el que mayores cambios ha sufrido. Las locomotoras originales diseñadas y fabricadas especialmente para el Canal fueron reemplazadas, por primera vez, en los años sesenta, por unidades de mayor capacidad; y una segunda vez en el año 2000 por locomotoras mucho más potentes. Cabe resaltar que este Canal es el único en el mundo que utiliza locomotoras para asistir a los buques durante el esclusaje, lo cual limita enormemente la disponibilidad de piezas y repuestos. El reemplazo de las locomotoras en los años sesenta coincidió con el cambio del sistema de alimentación eléctrica de 25 Hz por 60 Hz, lo que requirió la sustitución de todo el equipo eléctrico de las esclusas de las demás instalaciones del Canal. Después de algunos años en operación, las cargas impuestas por las nuevas locomotoras sobre las vías de rieles, deterioraron éstas hasta el punto que fue necesario reforzarlas, pero finalmente fue obligado el reemplazo total de todas las estructuras de las vías de remolque, las cuales suman más de 15 kilómetros de largo.



4. MANTENIMIENTO DEL CAUCE

El mantenimiento de los cauces, cuyo largo total es de unos 80 km, es otra actividad de mucha visibilidad y que impacta directamente en el tránsito de buques. El área más crítica es, sin duda, el corte Culebra, por los inmensos volúmenes excavados desde su construcción, lo que lo hizo muy susceptible a derrumbes por deslave de sus laderas; tanto es así que hubo un derrumbe un año después de inaugurado, lo que obligó al cierre del Canal por varios meses. Se dice que “el corte Culebra es una herida que el hombre hizo a la tierra, y ésta trata de cicatrizar”. Para mitigar ese riesgo se lleva un sofisticado programa de control de derrumbes, que incluye un sistema de vigilancia continua mediante la medición de movimientos superficiales y la variación del nivel de agua subterránea, la recopilación y análisis de la información y el diseño de medidas de mitigación. El corte tiene instalado unos 300 puntos de control entre piezómetros, pozos de observación y tubos viajeros. Con toda esta información, la Sección de Geotecnia desarrolla los planes de mitigación de riesgo, como ejemplo tenemos la estabilización de taludes y construcción de drenajes.



En el corte Culebra y en el resto de los canales de navegación se lleva además un programa de dragado de mantenimiento para el control de la sedimentación y la remoción de derrumbes. El canal ampliado requiere dragar unos 3,5 millones de metros cúbicos de sedimentación por año. Para esto, la División de Dragado cuenta con una draga de corte y succión y una draga mecánica. El Canal cuenta también con una barcaza de perforación para fragmentar el material duro cuando se realizan proyectos de profundización y ensanche.

5. MANTENIMIENTO DE EQUIPOS FLOTANTES

El tránsito de más de 13.000 buques al año no sería posible sin la asistencia de los remolcadores y sin las lanchas utilizadas principalmente para el transporte de prácticos, pasacables y personal de inspección y arqueo. La División de Mantenimiento de Flota y Equipos es responsable del mantenimiento rutinario de remolcadores, lanchas, un transbordador (ferry) y de toda la flota de equipo rodante. El mantenimiento de estas embarcaciones también incluye los carenados para la inspección y mantenimiento de los cascos y los reacondicionamientos mayores. Para el mantenimiento de los equipos flotantes se cuenta con un dique seco, un sincroelevador, muelles y talleres industriales en el Sector Atlántico, para los que hay planes de ampliarlos. Además, se cuenta con algunas instalaciones de menor envergadura en el Sector Pacífico para el mantenimiento menor.

6. MANTENIMIENTO DE OBRAS CIVILES E INFRAESTRUCTURAS

La Sección de Mantenimiento de Instalaciones y Obras Civiles es responsable del mantenimiento civil de las esclusas, presas, puentes, 15 muelles, 300 km de caminos y carreteras y más de 1.400 edificios. En esta sección se encuentra también la Unidad de Saneamiento, la más antigua del Canal, ya que fue gracias al énfasis que hicieron los norteamericanos en el control de plagas y vectores, específicamente del mosquito causante de la malaria y la fiebre amarilla, que fue posible la construcción del Canal. Esta unidad sigue hoy en día velando por mantener todos los predios del Canal libre de problemas de salubridad.

7. MANTENIMIENTO ELÉCTRICO

El Canal genera la electricidad que requiere para su operación y da mantenimiento a toda la infraestructura eléctrica necesaria. Dentro de esto cabe resaltar el mantenimiento de los sistemas de generación, transmisión y distribución eléctrica, incluyendo el mantenimiento preventivo, embobinado, balance y análisis de vibración de motores y generadores. Además, la División de Energía es responsable del mantenimiento eléctrico de estaciones de bombeo, potabilizadoras, edificios y demás instalaciones.

8. MANTENIMIENTO RUTINARIO

El mantenimiento rutinario en el Canal ha evolucionado a la par que las mejores prácticas de la industria y, en algunos casos, ha sido líder en su clase. Por ejemplo, a mediados de la década de los años

ochenta se reestructuró la organización del mantenimiento de las esclusas, pasando de talleres especializados (mecánicos, eléctricos y de edificaciones) a talleres por equipos (locomotoras, maquinaria de túnel, sistemas eléctricos, equipos auxiliares y de buceo). El nuevo esquema impulsó el concepto de pertenencia en los equipos de trabajo.

9. IMPACTO DE LOS GRUPOS DE CONFIABILIDAD

Con la reestructuración administrativa de las esclusas, se crearon grupos de confiabilidad integrados por equipos de 3 a 5 personas, en cada una de las tres esclusas. Los mismos se conformaron con personal de la planta, sin aumentar el número de empleados. Dicho grupo tuvo el reto de analizar e implementar la nueva filosofía de mejora continua. A principios de los años noventa, grupos de capataces e ingenieros asistieron a programas de capacitación y pasantías en Suecia. Los grupos de confiabilidad lideraron los procesos de análisis RCM (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad) de la maquinaria crítica de las esclusas, tales como locomotoras, compuertas y válvulas. El análisis FMECA (Failure Mode, Effects and Criticality Analysis) de los modos de falla de los componentes de estos equipos permitió establecer el mantenimiento más eficiente de acuerdo a la criticidad.

Entre los cambios realizados tenemos que se ajustaron las frecuencias de inspección, ajuste y lubricación de la gran mayoría de los equipos. El grupo de mantenimiento dejó de realizar tareas como verificar focos quemados en las luminarias de poste alto, daños a las defensas de los muros de las esclusas o si las fuentes de agua enfriaban; esto lo hace ahora el personal de operaciones como parte de su trabajo. Pero, sin duda alguna, el cambio más importante fue la incorporación del mantenimiento predictivo, donde se destaca el análisis de aceites, con el establecimiento de su propio laboratorio. Otras tecnologías utilizadas ampliamente son la termografía, además del análisis de vibraciones para detectar y mantener preventivamente rodamientos, en especial, los de motores eléctricos más críticos. Esos motores también son inspeccionados mediante la medición del aislamiento de los embobinados y los "medidores de balance y ángulo de fase".

10. LABORATORIO DE ACEITES

En el laboratorio de aceites inicialmente se adquirieron equipos sencillos de medición de partículas y agua y se capacitó al personal en su uso. Hoy en día, se cuenta con equipos sofisticados, como esespectrómetro de emisión atómica, el cual per-

mite identificar el material del que están compuestos los contaminantes, además el personal ha sido certificado. Aunque este cambio fue impulsado por el reemplazo de la maquinaria de las compuertas y válvulas por sistemas hidráulicos, en el laboratorio se analizan los lubricantes de las locomotoras, remolcadores y dragas, entre otros. También se cuenta con máquinas de filtrado que permite reacondicionar el aceite en lugar de reemplazarlo.

Esta labor ha logrado reducir enormemente el consumo de aceite en los equipos, que se reemplazaba antes a intervalos fijos. El control estricto de la calidad de los lubricantes ha reducido el riesgo de fallas de bombas, motores y demás componentes hidráulicos. Por ejemplo, la tasa de fallas de las más de 600 bombas hidráulicas instaladas se redujo de un 11% a un 0,2% anual.

11. CASOS DE ÉXITO DE LA MEJORA CONTINUA

Los ejemplos citados a continuación son muestra clara de los beneficios de una cultura de mejora continua en la gestión del mantenimiento. Dos casos de análisis profundos dignos de mencionar: el reemplazo de la flota de locomotoras y las tornamesas que se usan para transferir éstas de una vía a otra. En estos casos, el análisis realizado fue clave para identificar las mejoras que debían incluirse en los nuevos equipos. Todo empezó por los análisis RCM y FMECA que permitieron identificar los modos de falla y la criticidad de los mismos. Además se realizaron talleres con operadores, maestros de esclusas, pilotos, ingenieros y demás partes interesadas. Con este insumo se prepararon las especificaciones de desempeño con las que el contratista debía diseñar y fabricar las nuevas unidades.

En el caso de la locomotora, la mejora más significativa es el nuevo sistema de propulsión eléctrico, que utiliza variadores de frecuencias para controlar la velocidad y torque de los motores de tracción. Este sistema permite a la locomotora frenar eléctricamente, retroalimentando la energía de frenado en la red eléctrica en lugar de quemarla en frenos mecánicos, los cuales requerían un mantenimiento intensivo.

En el caso de las tornamesas, las mejoras en los rieles, ruedas y el sistema de propulsión de piñón-cremallera lograron eliminar las fallas constantes y reducir enormemente los costos de mantenimiento. Los tornamesas han sido un elemento crítico de éxito en la implementación del nuevo modelo de esclusaje "carrusel" en las esclusas de

Gatún, lo que aumentó la capacidad, redujo el riesgo de accidentes, a la vez que redujo los costos de operación.

Las nuevas locomotoras y tornamesas son dos claros ejemplos del llamado "design-for-reliability". Podemos concluir que el análisis es un aspecto



fundamental en la mejora continua del proceso de mantenimiento, razón por la que tal vez Deming cambió la palabra "check" por "análisis".

La evolución de las acciones técnicas y administrativas hasta ahora mencionadas ha requerido de programas intensivos de capacitación. La reorientación hacia la confiabilidad y la mejora continua requirió de formación en herramientas de análisis como RCM y FMECA. El reemplazo de la maquinaria nos obligó a re-convertir a nuestros artesanos capacitándolos en hidráulica, electrónica, controles programables, etc.

12. SISTEMAS INFORMÁTICOS

Un aspecto fundamental para la gestión eficiente del mantenimiento es contar con un sistema robusto de administración de la información. Hasta mediados de la década de los años ochenta la mayoría de la información se llevaba básicamente a mano. Si bien se contaba con manuales y se empezaba a utilizar la computadora, para la planificación y programación, la información recogida durante las actividades de mantenimiento se llevaba de forma manual. Fue entonces cuando se vio la necesidad de contar con un sistema computarizado para administrar el mantenimiento, o CMMS.

El primer intento en las esclusas fue un programa desarrollado en casa en lenguaje Clipper. Después, se empezó a desarrollar bases de datos en Access para algunas actividades de mantenimiento. Los primeros módulos fueron tan exitosos que, poco a poco, se fueron añadiendo más y, eventualmente, se implementaron en todas las esclusas. A través del tiempo, varias divisiones del Canal implementaron sus propios sistemas. No fue hasta el año 2011, cuando la alta dirección aprobó implementar una plataforma informática corporativa robusta y estandarizada. Paralelamente, el Canal inició la implementación de la administración de activos basado en la norma PAS-55, y posteriormente en la ISO-55000.

Para asegurar que los esfuerzos de mantenimiento lograsen los resultados esperados, se han establecido indicadores de desempeño y anualmente se fijan metas dentro de los objetivos estratégicos de la empresa. Entre estos métricos podemos destacar la disponibilidad de vía de las esclusas, de los remolcadores y de las dragas. Adicionalmente, cada división tiene indicadores específicos a distintos niveles.

Paralelo a las mejoras en los procesos de mantenimiento, cabe resaltar que el logro de mejores resultados ha sido posible gracias a la optimización de otros procesos de apoyo tales como compras y contrataciones, la administración de inventarios y la constante actualización de la tecnología de la información.

El éxito alcanzado en la gestión del mantenimiento a la fecha no hubiese sido posible sin otros factores críticos que debemos destacar. El primero es nuestra estructura legal, la cual nace de un sentido nacionalista para lograr una transferencia exitosa del Canal a manos panameñas. El compromiso de los panameños fue tal que el tema fue elevado a nivel constitucional. Tanto el título XIV de la constitución, como la Ley Orgánica que creó la Autoridad del Canal, ubicaron al Canal por encima de los intereses particulares y proveyeron a la vía de un modelo de gestión orientado a obtener los máximos beneficios de nuestra posición geográfica, fundamentado en un servicio eficiente a nuestros clientes. El establecimiento de una visión, misión y valores compartidos por toda la organización también fueron importantes para reforzar la nueva cultura Canalera.

13. COMPROMISO CON EL AMBIENTE

La implementación de un sistema de gestión de la calidad basado en la norma ISO 9000 reforzó la

necesidad de definir claramente los procesos y procedimientos y, posteriormente, impulsó el enfoque de mejora continua.

La certificación de nuestra División de Ambiente bajo la norma ISO 14000 dio estructura a nuestra intención de ser responsables con el medio ambiente. La campaña de las 3R's (Reduce, Reusa y Recicla) impulsada por esta división ha logrado calar en la conciencia de los canaleros y está rindiendo frutos dentro y fuera del Canal.

La directriz para la gestión de la Responsabilidad Social Empresarial provee la estructura para atender iniciativas que surgen de manera espontánea, evaluando necesidades y planificando los esfuerzos que hacen a todos los niveles. La directriz establecida para la gestión de la innovación de manera estructurada impulsa y potencia la identificación de necesidades y oportunidades y la generación soluciones creativas para atenderlas.

14. CALIDAD DEL RECURSO HUMANO

El Canal está poniendo mucho énfasis en el desarrollo integral de su personal, como la mejor forma de seguir creciendo y aportando al desarrollo del país. Por esto invierte anualmente unos 50 millones de dólares en capacitación. La Administración reconoce la importancia de mantener un clima laboral positivo como factor crítico para el logro de grandes retos, por lo que periódicamente hace mediciones y toma acciones de mejora oportunas.

En cuanto al canal ampliado, el mayor reto es, tal vez, el mantenimiento de las nuevas esclusas, que durante los 3 primeros años estuvo a cargo del contratista responsable de su diseño y construcción. El contrato requería que antes de traspasar el mantenimiento al Canal, el contratista presentara un análisis RCM de toda la maquinaria. Ante este reto, el personal del Canal tuvo una amplia participación en el proceso, al revisar los diseños presentados por el contratista, hacer observaciones pertinentes y participar como observador en la instalación y puesta en marcha de los equipos.

La información compartida, es tan solo una muestra del grado de compromiso del Canal para con el mantenimiento. El Canal reconoce el valor que éste aporta para ofrecer altos niveles de confiabilidad de nuestro servicio a la industria marítima, además de contribuir a la rentabilidad del negocio.

Hoy estamos más claros que nunca de que para tenerlo hay que mantenerlo.

El Sistema de Molinos de Viento “Ortega”: Creación e Icono Canario



Manuel Poggio Capote



Antonio Lorenzo Tena

Cronista Oficial de Santa Cruz de La Palma Centro Asociado UNED La Palma

El legado industrial de Canarias ha recibido un importante espaldarazo puesto que en fecha reciente se aprobó la Ley 11/2019 relativa al patrimonio cultural que afecta directamente a la conservación de los molinos, considerando que éstos constituyen piezas de un gran valor etnográfico y paisajístico (Boletín Oficial de Canarias, 13 de mayo de 2019). Esta ley reserva el capítulo III al patrimonio industrial y en su artículo 102 se mencionan los bienes inmuebles vinculados a “las fábricas, las edificaciones o las instalaciones que con expresión y testimonio de sistemas vinculados a la producción técnica e industrial, aun cuando hayan perdido su uso original o permanencia sin utilizar, y el paisaje cultural”.



Foto Nº 1: Molino de Monte Pueblo (Villa de Mazo).

La promulgación de esta normativa ha coincidido con el siglo y medio transcurrido desde que se pusiera en marcha el denominado “Sistema Ortega”, un modelo de ingenio eólico harinero conocido también como “molino de viento palmero”. Esta tipología molinar desarrollada en La Palma a mediados del siglo XIX se expandió, luego, al resto del archipiélago canario. Su artífice, Isidoro Ortega Sánchez, era en 1867, data de la génesis de este sistema, un joven de veinte y cinco años. Entre 1867 y 1868 levantó un prototipo en su vivienda de Monte Pueblo (Villa de Mazo) y con este propósito aprovechó su formación autodidacta en carpintería y herrería que con antelación había practicado en la reparación de tahonas. De igual manera, Ortega Sánchez concentró algunos intentos previos de fabricar molinos de viento por parte de algunos artífices locales (v. gr. Antonio Hernández Luis y José Rodríguez Bento), logrando una tipología propia, cuyas ventajas propiciaron, más tarde, su extensión a casi todo el archipiélago.

Isidoro Ortega Sánchez, hijo de Antonio Ortega Rodríguez y María Sánchez de Paz, había nacido en Santa Cruz de La Palma en 1843, ciudad en la que pasó su infancia y adolescencia. Sus ascendientes destacaron en labores manuales y artesanales, pues no debe olvidarse que su abuelo paterno, Domingo Ortega González, era carpintero, y su abuela materna Ambrosia de Paz Rodríguez, maestra dulcera. Tras una breve estancia domiciliaria en la lomada del Pinar (Puntagorda), donde pasó a residir junto a sus padres y hermanos, en 1864 contrajo matrimonio en Villa de Mazo con Francisca Yanes Bravo, y muy pronto, en su nuevo domicilio de Monte Pueblo, comenzó a aplicar sus capacidades innatas en diversos artilugios técnicos, dirigidos a la comodidad de la

vida diaria. Algunos de ellos alcanzó a presentarlos en la Exposición Palmense de 1876. Pero, sin duda, su aportación más relevante se circunscribió a una clase muy determinada de molinos de viento que — como se ha anotado— se han convenido en denominar Sistema Ortega.

En su vivienda familiar de Monte Pueblo, don Isidoro montó una especie de "laboratorio del viento", donde experimentar y concretar sus ideas. Incluso, Ortega Sánchez llegó a levantar una segunda torre junto a la embrionaria con el objetivo de efectuar las pertinentes pruebas.

Un año más tarde, en 1868, Ortega Sánchez fabricó un segundo molino, aunque ahora con carácter empresarial o de explotación vecinal, en la hacienda del acaudalado Manuel Cabezola (Miranda, Breña Alta). El éxito del sistema Ortega, que trascendió las fronteras locales, propició que el hábil carpintero palmero fuese requerido para la construcción de nuevos ejemplares. Así, en 1873 levantó un molino en Puerto de Cabras (Fuerteventura), auspiciado por el comerciante de origen palmero Bernabé Felipe Taño y, más adelante, trabajó en nuevos especímenes en San Sebastián de La Gomera, Tejina y La Laguna (Tenerife). La Palma fue también escenario de sus proyectos. De este modo, son conocidas sus intervenciones en el norte de la isla, especialmente en Puntallana, lugar donde, tras la muerte de su primera esposa, en las décadas de 1880 y 1890, fijó una nueva residencia. Allí colaboró en la construcción de los molinos de la Cruz de La Pasión o Santa Lucía. Incluso, su mentalidad abierta e innovadora le condujo a ensayar con un nuevo modelo de molino harinero de viento que erigió en El Granel (Puntallana), en el lugar conocido como Cruz de Herrera. Este último prototipo acoplaba algunas características que lo asemejaban a los aeromotores americanos de extracción de agua aunque ahora destinado a la molturación del grano. Asimismo, Ortega Sánchez construyó un singular molino de agua, diferente a los habituales que poblaban la geografía palmera y en el que sustituyó el tradicional cubo por una represa situada a mayor altitud.

Entre los molinos eólicos armados bajo la autoría de Ortega Sánchez pueden enumerarse los de Santo Domingo de Garafía (familias González y Rodríguez), Las Tricias (Bravo Carpintero), amén del conocido como Lucero, en la Montaña de Miraflores (Puntagorda) y, por último, los molinos la Familia García y de Gallegos (municipio de Barlovento). La fatalidad condujo a Isidoro Ortega a La Gomera en 1913, isla donde hacia 1905 había montado un molino por iniciativa del empresario Leandro González Febles. Un fatal accidente acaecido mientras revisaba el funcio-



Foto N° 2: Molino de Breña Alta.

namiento de la maquinaria le acarreó graves heridas que pocos días después provocarían su deceso.

Sin duda alguna, el Sistema Ortega es una de las grandes aportaciones de Canarias a la tecnología molinera. El modelo se caracterizaba por un gran pragmatismo y practicidad en su construcción, aprovechando como recurso de fácil obtención en La Palma la madera de tea del pino canario. Ello dotaba al conjunto de una gran versatilidad y rentabilidad en la molienda, siendo más barato que los aparatosos molinos de torre que hasta entonces imperaban en el archipiélago. Además, podían desmontarse en caso de necesidad de traslado.

El Sistema Ortega es un modelo fácilmente reconocible, constituido por tres partes principales: la casa, la torre y el rotor de aspas. La casa, en forma de pirámide truncada con esquinas redondeadas, era un pequeño edificio construido de mampostería con piedras unidas con argamasa y barro o con mortero de cal y arena, aprovechando una pared o una zona de risco para que pudiese resguardarse mejor de la fuerza centrípeta del viento. Las medidas interiores aproximadas eran de 4,50 x 5,50 metros y de unos 3 o 4 metros de altura. La casa disponía dentro una especie de altillo, al que se accedía a través de una pequeña escalera y que albergaba los mecanismos de molturación y servía de descanso para la base de la torre. Esta última sobresalía al exterior por una abertura practicada en el techo de la casa y se encontraba construida por cuatro gruesos listones de madera de tea y arriostada mediante celosías diagonales. Su principal peculiaridad es que podía orientarse para buscar las mejores condiciones del viento. En la parte superior de la torre se encontra-



Foto Nº 3: (a) Molino de Las Tricias; (b) Grajas en Molino Las Tricias (Garafía).

ba la rueda catalina que enlazaba, por una parte con un husillo situado en el eje vertical que transmitía el giro a las piedras molineras y, por la otra, con el rotor de aspas cuya misión era la de captar la energía eólica mediante una serie de listones de madera (entre 8 y 16) en cuyo extremo se insertaban, a voluntad, velas confeccionadas con una madera más ligera.

El éxito del sistema Ortega no pasó inadvertido. Así, otros carpinteros habrían de tomarlo como modelo básico, aplicándole una serie de adaptaciones. En el norte de La Palma varios miembros de la familia Acosta levantaron diversos molinos semejantes al prototipo diseñado por Ortega Sánchez. A finales del siglo XIX y principios del XX Antonio Acosta

artesanos locales copiaron y adaptaron las estructuras y mecanismos propios del Sistema Ortega, extendiéndose este nuevo formato por aquellos territorios durante las últimas décadas del siglo XIX y la peculiaridad de su red denominación como molinas (en femenino). Estas molinas introdujeron además una serie de diferencias respecto al modelo palmero. La casa, por ejemplo, no se construyó nunca en lugares semienterrados como sucedía en La Palma, su cubierta era plana y el interior no disponía del altillo anteriormente citado, situándose los mecanismos de molturación en la base de la estructura de la torre, cuyo armazón podía orientarse desde el interior en función de la dirección del viento. Puesto que la escasez de madera era mayor en estas dos islas

Rodríguez, conocido como Maestro Antonio, natural de Puntagorda, aplicó su habilidad en los trabajos lignarios a los molinos de Las Tricias, Llano Negro y, posiblemente, El Calvario, todos ellos en Garafía y, asimismo, fue constructor del llamado molino de Los Venteros y de la Relva Larga, ambos en Puntagorda. Su hijo, Guillermo Acosta Rodríguez continuó la labor de su padre como carpintero.

En las islas de Lanzarote y Fuerteventura



Foto Nº 4: Molino de San Sebastián de La Gomera.



Foto Nº 5: Molina de Corralejo.

que en La Palma, y la utilización de lonas en las aspas proporcionaba mayor velocidad de giro al rotor, contaron por lo general con cuatro aspas en forma de malla, tomadas de los molinos de torre.

En los albores del siglo XX, en Gran Canaria, el carpintero Manuel Romero Caballero (1844-1921), construyó también otra variante del Sistema Ortega, dotando sus molinos de una estructura completamente móvil, incluyendo los mecanismos de molturación que se movían acompañando el movimiento de la torre. Ésta se orientaba en la dirección del viento mediante una gran cola de madera de forma trapezoidal que permitía el giro sobre su eje de rotación. Puesto que el iniciador y artífice de un buen número de molinos de este modelo fue el citado Romero Caballero, este prototipo se ha denominado –a semejanza– del de Ortega, como "Sistema Romero".



Foto Nº 6: Molino de Las Rosas (Agüimes).

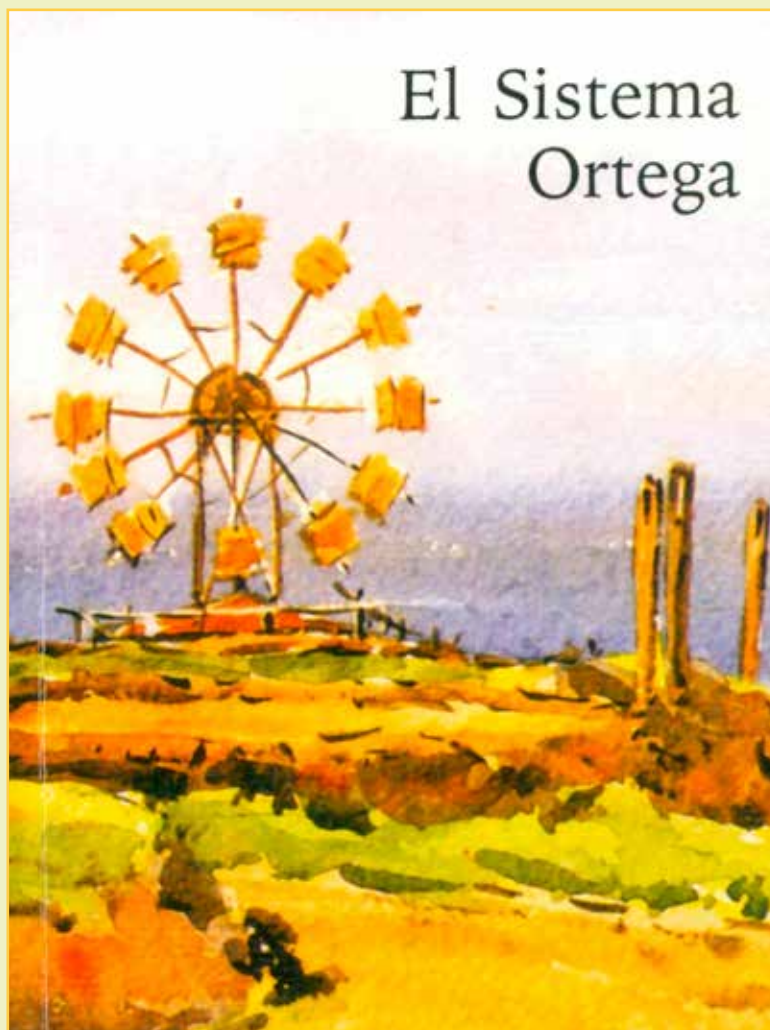
Los molinos de viento, tanto los del Sistema Ortega en La Palma, como sus variantes (molinas de Lanzarote y Fuerteventura o los ejemplares del Sistema Romero en Gran Canaria), comenzaron su declive hacia la década de los años cincuenta del siglo XX con la definitiva introducción y expansión de los motores harineros. El viento había perdido su relevancia de antaño dado que la molienda no dependía de la fuerza de su ineludible presencia. Con ello, los molinos eólicos cayeron paulatinamente en desuso y comenzó un proceso de deterioro que desembocó en la ruina de muchos y en la desaparición de otros. En La Palma, los últimos ejemplares en perder su actividad (entrada la década de los años setenta) fueron los localizados en las jurisdicciones de Garafía y Puntagorda. Afortunadamente, en esta isla se han rehabilitado en los últimos años varios de estos ingenios

como sucede con los ejemplares de Monte Pueblo (Villa de Mazo), Las Tricias (Garafía), o proyectos en proceso de ejecución como el molino de Breña Alta o el de Los Venteros, en Puntagorda.

Y es que no cabe duda de que los molinos no se reducían a meras edificaciones industriales sino que, además, sus aledaños se convertían en concurridos centros de reunión. Las largas esperas para la molienda y la necesidad de recorrer largos trayectos en el transporte del grano, la harina o el gofio propiciaban el encuentro vecinal, la formalización de negocios y tratos comerciales o el cultivo de relaciones interpersonales. Es por ello que los molinos constituyen asimismo elementos de gran valor etnográfico, testigos de una actividad en desuso y de una forma de vida que caracterizaba a una sociedad agraria.

Debe reconocerse que la silueta de la torre de madera con el rotor de aspas recortada sobre el azul de cielo constituye un auténtico icono en el paisaje rural de La Palma. Este hecho no pasó inadvertido para el etnólogo Julio Caro Baroja, quién llegó a calificarlos como verdaderas esculturas o "ruedas de viento". Su antiguo uso ha finalizado por el inexorable cambio de costumbres y formas de vidas, pero su imagen permanece en el tiempo como un auténtico sello de identidad y, por tanto, susceptible de su utilización como recurso paisajístico.

La monografía "El Sistema Ortega: el molino de viento de la isla de La Palma", de reciente publicación, recoge la génesis, evolución, extensión y declive del modelo diseñado por Isidoro Ortega Sánchez durante un largo periodo que abarca desde mediados del siglo XIX a finales del XX. Los inicios del modelo deben vincularse necesariamente con la mentalidad positivista y experimental de la época, en que toda innovación era percibida como un signo de modernidad aplicada a la mejora del discurrir cotidiano. Mucho tuvo que ver la emigración a Cuba desde Canarias en la propagación del Sistema Ortega por el archipiélago ya que permitió que modestos agricultores retornados a las islas invirtiesen en la construcción de molinos. Y, como suele ocurrir con toda invención tecnológica, llegó su ocaso al aparecer nuevas fuentes motrices que relegaron la fuerza eólica a un segundo plano. El libro recoge un catálogo-inventario de molinos correspondientes a este modelo y sus derivados, incluyéndose tanto los que aún se conservan, como los desaparecidos. Se insertan así los ejemplares pertenecientes al Sistema Romero, propio de Gran Canaria, y las molinas de Lanzarote y Fuerteventura, considerados todos ellos como derivaciones del Sistema Ortega. Un repertorio con aspiraciones de servir como referencia en el campo de la "molinología" en Canarias.



Con el título **El Sistema Ortega: el molino de viento de la isla de La Palma**, ha salido recientemente a la luz, en la isla de San Miguel de La Palma, un importante libro sobre la tecnología molinar desarrollada por una familia de artesanos palmera, cuyo patriarca fue Isidoro Ortega Sánchez (1843-1913), natural de Santa Cruz de La Palma. Este ilustrado carpintero ideó un nuevo sistema de molino de viento para moler grano, definido luego como "molino palmero" o "molino Ortega", que supuso una importante innovación tecnológica para aprovechar mejor la energía del viento.

Los autores de esta gran obra, de 462 páginas y más de un centenar de ilustraciones, son Manuel Poggio Capote, cronista oficial de Santa Cruz de La Palma y el investigador Antonio Lorenzo Tena, naturales de esta isla.

Este significativo volumen es el decimotercero de la colección Decires: Cuadernos Palmeses de Folklore, publicado por el sello Cartas Diferentes Ediciones, y que ha contado para su publicación con la colaboración del Cabildo de La Palma y los ayuntamientos de Breña Alta, Puntallana, Barlovento, Garafia, Puntagorda y Villa de Mazo.

Estamos ante una excelente obra de la historia de la tecnología canaria molinar centrada en el famoso modelo del molino palmero extendido entre el siglo XIX y XX por toda Canarias, que se estructura en ocho capítulos. En el primero se ofrece una revisión general de los molinos de viento en Canarias, necesaria para una mejor comprensión del texto. El segundo capítulo se dedica a los aspectos biográficos de Ortega Sánchez y su periplo profesional. En el tercero se describen los aspectos técnicos del funcionamiento del modelo así como su variedad tipológica. Los capítulos siguientes (del 4 al 8) recogen el catálogo de molinos adscritos al Sistema Ortega, y modalidades derivadas asociadas como las molinas de Fuerteventura y Lanzarote y los ejemplares del Sistema Romero en Gran Canaria. La obra se completa con una serie de apéndices documentales y fotográficos además de unas notas etnográficas sobre la molienda y un glosario, elaboradas con el material recogido de nuestros informantes.

Estamos pues ante el mejor regalo de los Reyes Magos para la cultura canaria y para los amantes de la ingenierías históricas y el patrimonio industrial canario.

Francisco Suárez Moreno – Cronista Oficial de La Aldea de San Nicolás

Fundamentos de los Sistemas de Depuración Natural (SDN). Tecnologías Disponibles⁽¹⁾

Gilberto Manuel Martel Rodríguez
Instituto Tecnológico de Canarias - Gran Canaria

Dr. Juan José Salas Rodríguez
Fundación Centro de las Nuevas Tecnologías del Agua - Sevilla

Dra. Luisa Vera Peña
Universidad de La Laguna - Tenerife

1. INTRODUCCIÓN

La Directiva 91/271/CEE fijaba el 31 de Diciembre de 2005 como fecha límite para que las aglomeraciones urbanas menores de 2.000 habitantes equivalentes, que vertiesen a aguas continentales o estuarios y que tuvieran construidos sus colectores, sometiesen sus aguas residuales a un tratamiento adecuado. Entendiendo por tratamiento adecuado: "el tratamiento de las aguas residuales mediante cualquier proceso o sistema de eliminación, en virtud del cual las aguas receptoras cumplan después del vertido los objetivos de calidad previstos en el ordenamiento jurídico aplicable".

Son estas pequeñas aglomeraciones las que aún tienen más deficiencias en lo que al tratamiento de sus aguas residuales se refiere. Es en este tipo de población dispersa donde aún es necesario realizar un gran esfuerzo para corregir sus carencias en saneamiento y depuración y poder cumplir la normativa vigente y mejorar la calidad de vida de estas poblaciones.

Las pequeñas comunidades, sobre todo las rurales, por su propia idiosincrasia (aislamiento y dispersión), presentan una problemática específica que dificulta la provisión de los servicios de saneamiento y depuración. En esta problemática destacan:

- La difícil o nula accesibilidad a las grandes redes de saneamiento conectadas a sistemas de depuración convencional centralizados, por razones de lejanía u orografía compleja. Igualmente esta situación puede llegar a condicionar incluso, el suministro de energía eléctrica desde una red general.

- Las altas concentraciones de entrada y las grandes oscilaciones de caudal, hacen más difícil cumplir los objetivos de concentración en los efluentes depurados o esto se consigue a costa de un mayor consumo energético.
- El hecho de no poder aprovechar las ventajas que supone la economía de escala como consecuencia de su pequeño tamaño, conduce a que los costes de implantación, mantenimiento y explotación por habitante sean elevados. Además, en poblaciones dispersas los costes de saneamiento se incrementan notablemente.
- La escasa capacidad técnica y económica para el mantenimiento y explotación de estaciones de tratamiento de aguas residuales convencionales por parte de las comunidades locales y, en general, la falta de técnicos capacitados en estos entornos.

Con frecuencia, las plantas depuradoras para el tratamiento de los vertidos generados en las pequeñas aglomeraciones urbanas se han concebido y diseñado como meros modelos a escala reducida de las grandes instalaciones de depuración. Como consecuencia directa de esta forma de actuar, las estaciones de depuración de los pequeños núcleos de población presentan unos costes de explotación y mantenimiento difícilmente asumibles por estas entidades, en las que, en general, los recursos técnicos y económicos son muy limitados. En materia de tratamiento de aguas residuales, las pequeñas aglomeraciones precisan actuaciones que compatibilicen las condiciones exigidas a los efluentes

depurados con técnicas de funcionamiento simple y con costes de explotación y mantenimiento que puedan ser realmente asumibles. En definitiva, son necesarias soluciones más sostenibles, y es en este espectro de soluciones donde se pueden encuadrar los Sistemas de Depuración Natural (SDN).

Es en este marco donde, entre 2004-2006, un consorcio de entidades de Andalucía, Norte de Portugal, Sur de Francia y Canarias lideradas por el Instituto Tecnológico de Canarias, S.A., desarrolló el proyecto DEPURANAT. Este proyecto permitió intercambiar conocimientos, estudiar en profundidad, demostrar y desarrollar herramientas que generasen confianza y difundir estas tecnologías de tratamiento de las aguas residuales en el mundo rural. Los resultados de este proyecto se reflejaron de forma sintética en la publicación Gestión Sostenible del Agua Residual en Entornos Rurales, publicación de la que está extractado este artículo introductorio. También, fruto del proyecto desarrollado, se diseñaron y pusieron en marcha nuevos proyectos demostrativos. Entre estos destacan tres proyectos de Humedales Artificiales localizados en Canarias, concretamente en Santa Lucía (combinación de humedales de flujo vertical y horizontal), Temisas (humedal horizontal en serie con una depuradora convencional) y Lomo Fregenal (humedales horizontales en paralelo), desarrollados y gestionados en colaboración con las Mancomunidades de municipios del Sureste y Medianías de Gran Canaria. Es de destacar que el sistema ubicado en Santa Lucía, el de mayor capacidad de los diseñados, con una población censada en la comarca de unos 1.000 habitantes, ya ha cumplido más de 10 años de su puesta en servicio, manteniendo unos óptimos niveles de rendimiento a pesar no haber consumido ni un solo kWh de energía eléctrica en todo este período.

2. LOS SISTEMAS DE DEPURACIÓN NATURAL (SDN) COMO ALTERNATIVA

Las tecnologías y procesos de depuración de aguas residuales urbanas que reúnen las características que exigen las pequeñas comunidades se pueden catalogar bajo el nombre genérico de "Sistemas de Depuración Natural (SDN)". Aunque en ocasiones se les aplican otras nomenclaturas como tecnologías de bajo coste energético, tecnologías no convencionales o tecnologías sostenibles, aquí se ha preferido hacer énfasis al definirlos, en los conceptos de sistema como integrador de diversos elementos y natural como reproductores de procesos que se dan en la naturaleza.

Los SDN ofrecen interesantes prestaciones para una gestión descentralizada de las aguas residua-

les, ya que las aguas residuales, cargadas de materia orgánica y nutrientes, son una posible fuente de recursos para el entorno rural. En el caso de explotaciones agropecuarias o de transformación agroalimentaria, los SDN se pueden integrar en el ciclo productivo, transformando los residuos en productos útiles. En el caso de instalaciones turísticas, educativas y de ocio en el medio rural y la naturaleza, aparte de resolver la cuestión del tratamiento de las aguas residuales, pueden servir para la recreación de ecosistemas y jardines acuáticos con finalidad lúdica o paisajística.

2.1. Fundamentos y características de los Sistemas de Depuración Natural (SDN)

Los procesos que intervienen en los SDN son análogos a los que se desarrollan en los tratamientos convencionales de depuración de aguas residuales (sedimentación, filtración, adsorción, precipitación química, reacciones de oxidación y reducción, intercambio iónico, degradación biológica aerobia y anaerobia, etc.), a los que se unen otros que se dan en la naturaleza (fotosíntesis, fotooxidación, asimilación por parte de las plantas, depredación, etc.). La diferencia fundamental estriba en que, en las tecnologías convencionales, estos fenómenos transcurren de forma secuencial en tanques y reactores, y a velocidades aceleradas gracias al aporte de energía, mientras que en los SDN se opera a velocidad "natural" (sin aporte de energía de forma artificial), desarrollándose los procesos en un único "reactor-sistema". El ahorro en energía se compensa con una mayor necesidad de superficie para realizar el proceso.

Si se analizan en detalle los aspectos que caracterizan los SDN respecto a otros sistemas basados en tecnologías más intensivas, estos pueden concretarse en:

- **Gasto energético mínimo:**

De forma esquemática, para la depuración biológica aerobia, la más eficiente y rápida, es preciso poner en contacto las aguas residuales con bacterias y con oxígeno (aire), y estos tres componentes deben encontrarse en las debidas proporciones. Como resultado final del tratamiento, la corriente entrante (aguas residuales), dará lugar a dos corrientes finales: efluentes depurados y lodos, y en estos últimos se concentrarán la mayoría de los contaminantes eliminados en el proceso depurador. Las aguas residuales, junto con las bacterias aportadas en las excretas humanas, llegan continuamente a las estaciones de tratamiento, siendo el tercer componente (oxígeno-aire), el más difícil y costoso de aportar.

En las Tecnologías Convencionales, con sistemas aerobios intensivos, los costes energéticos vienen a suponer del orden de un tercio de los costes totales de explotación y mantenimiento, variando este porcentaje de forma inversamente proporcional al tamaño de la planta, pudiendo ser en plantas pequeñas de seis a siete veces más importante que en plantas grandes. De estos costes energéticos, el apartado destinado a la aireación de las aguas a tratar (turbinas, compresores), puede llegar a suponer hasta un 75% del total.

Los SDN se caracterizan por recurrir a energías renovables pasivas (sol, viento, gravedad), con lo que los costes energéticos asociados son nulos o muy reducidos. En el caso de querer favorecer procesos aerobios y eliminar olores, entre los métodos naturales de oxigenación destacan: la fotosíntesis (depuración mediante Lagunajes), la difusión de oxígeno por las raíces de plantas emergentes (tratamiento a base de Humedales Artificiales) y la alternancia de ciclos encharcado-secado (depuración mediante: Filtros Verdes, Zanjas Filtrantes y Humedales Artificiales de Flujo Vertical).

La ventaja que suponen los SDN en lo referente al consumo energético, se ve contrarrestada por la mayor superficie que precisan para su implantación: las soluciones intensivas con tecnologías convencionales requieren superficies inferiores a 1 m²/habitante equivalente, mientras que los SDN o soluciones extensivas, normalmente requieren varios m² por cada habitante-equivalente a tratar, aunque dependiendo de la carga contaminante máxima, las condiciones climáticas locales, la tecnologías y el modelo de diseño aplicado es posible acercarse cada vez más a este cifra.

• **Simplicidad de mantenimiento y explotación:**

Dentro de los costes de mantenimiento y explotación, los costes de personal vienen a suponer un tercio de los costes totales, en el caso de los sistemas convencionales.. La mayoría de las operaciones de mantenimiento y explotación de los SDN son asimilables a labores agrícolas clásicas (rastrillado, cavado, siega, poda, eliminación de hierbas, etc.), por lo que pueden ser desempeñadas correctamente por los habitantes (personal no especializado) de las zonas rurales en las que se implanten. Por otro lado, la inexistencia, o mínima presencia, de equipos electromecánicos supone eliminar, o minimizar, las incidencias por averías, que en muchas ocasiones dejan fuera de servicio las estaciones de tratamiento durante largos periodos de tiempo.

• **Garantía de funcionamiento eficaz frente a grandes oscilaciones de caudal y carga en el influente a tratar:**

Debido a su diseño extensivo, los SDN son sistemas autorregulados, como los ecosistemas naturales, absorbiendo fuertes oscilaciones, tanto de caudal como de carga contaminante, gracias a su capacidad de resiliencia. Se entiende por resiliencia, la tendencia de un ecosistema a volver a su estado original tras una perturbación. Esta capacidad de los SDN tiene una contrapartida, que no debe obviarse, pues en el mismo modo en que son muy resistentes a los cambios en las condiciones de operación, si se sobrepasa su capacidad de adaptación son muy lentos en recuperar la normalidad.

• **Simplificación del manejo de los lodos:**

Los lodos que se generan en los tratamientos de las aguas residuales mediante tratamientos convencionales precisan ser estabilizados, concentrados y deshidratados, antes de su evacuación⁽²⁾. Tras la operación de deshidratación los lodos procedentes de sistemas aerobios intensivos presentan un contenido en humedad del 70-80%, por lo que cada habitante genera al día unos 0,3 - 0,4 l de lodos secos. La gestión de estos subproductos supone una fracción importante de los costes totales de explotación de una instalación de tratamiento. El problema se agrava en pequeñas instalaciones de tratamiento, en las que el hecho de no haber planificado correctamente la gestión de los lodos, es una de las principales causas de su mal funcionamiento. Los SDN simplifican la gestión de los lodos mediante mecanismos diferentes según la tecnología o modelo aplicado. En general, al trabajar con mayores tiempos de residencia hidráulica, gran parte de la materia orgánica biodegradable pasa a forma de gas (CO₂ y CH₄, principalmente) y el resto queda muy mineralizado, de manera que no suele requerir extracciones frecuentes.

Lamentablemente, en muchas ocasiones se ha confundido simplicidad de mantenimiento y explotación con simplicidad de diseño y de construcción, no prestando la suficiente atención a la fase de diseño de los SDN, ni a la posterior etapa constructiva. Este error conceptual ha tenido su reflejo en el número de instalaciones que no alcanzan los resultados esperados, tras un inadecuado diseño y/o construcción, culpándose del mal funcionamiento a los propios sistemas, sin analizar las causas reales de este deficiente comportamiento.

2.2. Tecnologías disponibles

Los SDN pueden estar constituidos por la combinación de diferentes elementos o tecnologías que conforman una unidad funcional. No siempre aparecen todos estos elementos en un sistema, sino que en función de las características particulares de cada caso (tipo de agua residual, calidad del efluente a conseguir, disponibilidad y orografía del terreno, clima, aprovechamientos previstos de los subproductos, etc.), se podrá optar por el diseño o combinación más adecuada. Al igual que en los sistemas convencionales intensivos, los SDN pueden disponer de las clásicas etapas de pretratamiento, tratamiento primario y secundario, e incluso de tratamiento terciario o avanzado.

Entre las tecnologías y procesos que pueden ser utilizados como secundarios en los SDN destacan:

- Los que recurren al empleo del suelo como elemento depurador⁽³⁾.
- Los que simulan las condiciones propias de los humedales naturales.
- Los que tratan de imitar los procesos naturales de depuración que se dan en ríos y lagos.

2.2.1. Sistemas que simulan las condiciones propias de los humedales naturales

En los denominados Humedales Artificiales o Constructed Wetlands se simulan las condiciones propias de los humedales naturales. En general, se trata de sistemas de depuración constituidos por lagunas o canales poco profundos (normalmente menos de 1 m), plantados con especies vegetales propias de zonas húmedas (macrófitos acuáticos). El influente que se aplica al sistema suele sufrir un Desbaste y Tratamiento Primario. Los Humedales Artificiales también se pueden utilizar para restaurar ecosistemas, con lo que la depuración puede ser un objetivo secundario.

En estos sistemas participan dos elementos fundamentales: el sustrato y las plantas acuáticas emergentes. El sustrato, además de emplearse para conseguir una mayor eliminación de los sólidos en suspensión presentes en el agua por medio de un proceso físico de filtración, también tiene la finalidad de servir de soporte para la fijación de bacterias, aumentando así la superficie de contacto entre éstas y el agua, y con ello el grado de depuración biológica. La característica del medio filtrante que más afecta al proceso de filtración es el tamaño del grano, aunque también se investiga el posi-

ble efecto de su composición química. Las plantas acuáticas emergentes son plantas anfibias que viven en aguas poco profundas arraigadas en el suelo, y cuyos tallos y hojas emergen fuera del agua, pudiendo llegar a alcanzar alturas de 2 y 3 m. Son plantas vivaces cuyas hojas se secan en invierno, rebrotando en primavera a partir de órganos subterráneos como los rizomas, que persisten durante el período frío. Estas especies vegetales son altamente productivas en comparación con las terrestres de zonas templadas. La parte fotosintética es aérea, lo que evita la atenuación de luz y los problemas de intercambio de gases del medio acuático. Su zona basal está enraizada en un sustrato saturado, por lo que estas plantas no sufren nunca una limitación por falta de agua.

Por otra parte, están adaptadas a tolerar las condiciones anaerobias que se producen normalmente en suelos encharcados, ya que estas especies realizan el aporte de oxígeno al suelo mediante los aerénquimas (conductos de aireación internos) que se extienden desde las hojas hasta las partes sumergidas y que facilitan la difusión del O₂ a las raíces. De esta forma, se origina una coexistencia de zonas aerobias, en la proximidad de rizomas y raíces, con zonas anaerobias. Esta coexistencia de áreas aerobias y anaerobias favorece la eliminación de nitrógeno por nitrificación (proceso aeróbico) y desnitrificación (proceso anaerobio). La producción de nitrato en las zonas aerobias y su consumo en las anaerobias origina un gradiente de concentración de este elemento que da lugar a una migración constante de nitratos de las zonas aerobias a las anaerobias. Entre las especies preferentes destaca el carrizo (*Phragmites* sp.), aunque dependiendo de la aplicación se pueden emplear otras especies como la anea (*Typha* sp.) o el junco (*Juncus* sp.).

Existen diversas modalidades y diseños de humedales artificiales, entre los que destacan los Humedales de Flujo Libre y Flujo Subsuperficial (vertical y horizontal):

- **Humedales Artificiales de Flujo Libre (FL):** se suelen emplear como Tratamiento Avanzado de las aguas residuales, estando constituidos por un conjunto de balsas o canales paralelos, con vegetación emergente⁽⁴⁾, y niveles de agua poco profundos (0,1 - 0,6 m). Generalmente la alimentación se realiza de forma continua y con efluentes de un Tratamiento Secundario previo.
- **Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial Horizontal (FSH):** en ellos las aguas residuales, tras un Desbaste y Tratamiento Primario (Fosa Séptica o Tanque Imhoff), discurren hori-

zontalmente a través de un medio poroso (gravilla, grava), confinado en un canal impermeable, en el que se implanta vegetación emergente. El nivel del agua se mantiene unos 5 cm por debajo de la superficie del sustrato y la alimentación se realiza de forma continua.

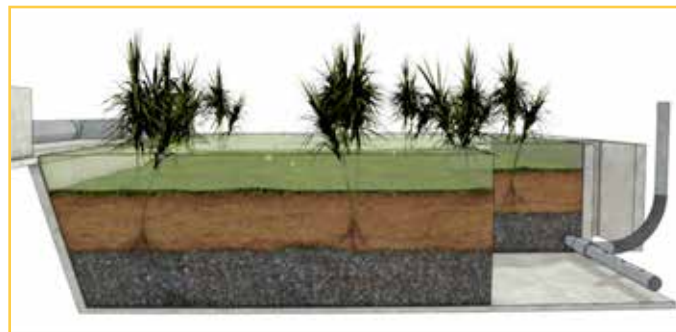


Figura N° 1: Esquema general del proceso de Humedal Artificial de Flujo Libre. Fuente: ITC.

- **Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial Vertical (FSV):** las aguas residuales desbastadas y tras un Tratamiento Primario (Fosa Séptica o Tanque Imhoff), fluyen verticalmente a través de un medio poroso (arena, gravilla), y se recogen en una red de drenaje situada en el fondo del Humedal, que conecta con chimeneas de aireación. La alimentación a este tipo de humedales se efectúa de forma discontinua, recurriéndose al empleo de sifones autocebantes.

• **Dominio de aplicación:**

El rango más frecuente de aplicación de este tipo de tecnologías se sitúa por debajo de los 2.000 habitantes equivalentes.

• **Parámetros de diseño:**

Parámetro	Humedal de Flujo libre
Tiempo de retención hidráulica (d)	4 - 15
Profundidad del agua (m)	0,1 - 0,6
Carga orgánica (kg DBOs/ha.d)	< 67
Carga hidráulica (m ³ /m ² .d)	0,014 - 0,046



Figura N° 2: SDN de Santa Lucía en fase final de construcción en 2008. Este sistema combina humedales de flujo vertical de uso alternativo con un humedal de flujo horizontal. Fuente: ITC.

Parámetro	Humedal de Flujo	Humedal de Flujo
	Subsuperficial Horizontal	Subsuperficial Vertical
Carga orgánica (g DBOs/m ² .d)	10 - 15	20 - 30
Profundidad media del sustrato (m)	0,3 - 0,6	0,8 - 1,0
Granulometría del sustrato activo (mm)	5 - 12	2 - 6

• **Rendimientos medios de depuración:**

Parámetro	% Reducción
Sólidos en Suspensión	80 - 90
DBO ₅	80 - 90
N	35 - 50
P	20 - 35
Coliformes fecales	90 - 99

• **Requisitos para su implantación:**

- 3 - 5 m² de superficie total por habitante equivalente para su implantación teniendo en cuenta acceso, zonas de tránsito, separación entre elementos del sistema. En casos como el SDN de Santa Lucía, la superficie efectiva de depuración en humedales equivale aproximadamente a 1 m² por habitante equivalente.
- Es preciso impermeabilizar las balsas para evitar infiltraciones y contaminaciones del terreno.

• **Labores de mantenimiento:**

- Eliminación periódica de la capa de flotantes y de los lodos retenidos en las Fosas Sépticas o Tanques Imhoff que se empleen a modo de tratamiento Primario.
- Durante los primeros meses de operación deben eliminarse las malas hierbas que pueda competir con la vegetación implantada en el Humedal.
- Cosechado de la vegetación del Humedal Artificial, al final de su ciclo vegetativo.
- Deben prevenirse y controlarse la aparición de posibles plagas.
- Debe evitarse la entrada a la depuradora de animales que puedan alimentarse de las plantas del Humedal.

• **Ventajas:**

- Sencillez operativa, limitándose a la retirada de residuos del Pretratamiento y al corte y retirada de la vegetación una vez seca.
- Inexistencia de averías y coste energético asociado, al carecer de equipos mecánicos.
- Sistemas flexibles y poco susceptibles a cambios en caudales y carga.
- La biomasa vegetal que actúa como aislante del sedimento puede también explotarse de forma productiva, lo que asegura la actividad microbiana todo el año.
- En los Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial, al circular el agua por debajo de la superficie del sustrato, no se generan malos olores ni proliferación de mosquitos.
- Perfecta integración en el medio rural. Nulo impacto ambiental sonoro. No se generan olores.
- Creación y restauración de zonas húmedas aptas para potenciar la biodiversidad, la educación ambiental y las zonas de recreo.

• **Inconvenientes:**

- Exigencia de mayor superficie de terreno para su implantación que las Tecnologías Convencionales de depuración.
- Generación de lodos en el Tratamiento Primario, si bien, el empleo de Tanques Imhoff o Fosas Sépticas, permite espaciar en el tiempo la retirada de los mismos.
- En los Humedales Artificiales de Flujo Libre, al circular el agua por encima de la superficie del sustrato, puede producirse la proliferación de mosquitos.

2.2.2. Sistemas que imitan los procesos naturales de depuración que se dan en ríos y lagos

La tecnología de depuración de aguas residuales conocida con el nombre genérico de Lagunaje, se caracteriza por reproducir en unas balsas construidas al efecto, los fenómenos de autodepuración que se dan de forma natural en ríos y lagos. Fundamentalmente son tres los tipos de lagunas existentes: Anaerobias, Facultativas y de Maduración.

Lagunas Anaerobias: Se trata de lagunas artificiales en las que, debido a las elevadas cargas orgánicas que soportan, imperan condiciones de ausencia de oxígeno, proliferando las bacterias anaerobias. La profundidad de este tipo de lagunas oscila entre los 3 y 5 m y los tiempos de retención suelen ser cortos, de 2 a 3 días. Suelen aplicarse como tratamiento previo de otros sistemas de depuración de bajo coste energético como lagunajes facultativos, filtros de turba o filtros percoladores. El objetivo primordial de estos estanques es la reducción del contenido en sólidos en suspensión (60%), que pasan a incorporarse a la capa de fangos acumulados en el fondo y la eliminación de parte de la materia orgánica del agua residual, y no tanto la obtención de un efluente de alta calidad. Los lodos se extraen cada 5-10 años de operación, pues la estabilización anaerobia a temperatura ambiente de los mismos reduce considerablemente su volumen y permite alcanzar un elevado grado de mineralización.

Lagunas Facultativas: Tienen una profundidad que oscila entre 1,5 y 2 metros. Se caracterizan por poseer una zona aerobia, próxima a la superficie, y una zona anaerobia en el fondo, por lo que se pueden encontrar cualquier tipo de microorganismos desde anaerobios estrictos en los sedimentos del fondo, hasta aerobios estrictos en la zona inmediatamente adyacente a la superficie. Sin embargo, los seres vivos más adaptados al medio son los microorganismos facultativos, que poseen la facultad de sobrevivir en las condiciones cambiantes de oxígeno disuelto típico de estos estanques a lo largo del día y del año. Además de bacterias y protozoos, en las lagunas facultativas es esencial la presencia de microalgas, que son las principales suministradoras de oxígeno disuelto. Las bacterias utilizan el oxígeno suministrado por las algas para metabolizar en forma aeróbica los compuestos orgánicos. En este proceso se liberan nutrientes solubles (nitratos, fosfatos) y dióxido de carbono que son utilizados por las microalgas en su crecimiento, dándose de esta forma, un proceso simbiótico. Las bacterias oxidan los productos de desecho para conseguir la energía y materias primas necesarias para la síntesis de las moléculas complejas de las que están formadas (proteínas, polisacáridos, etc.). Por su parte, las microalgas sintetizan la materia orgánica de la que están constituidas en presencia de luz, para lo que necesitan, además, dióxido de carbono y nutrientes disueltos. El objetivo perseguido en las lagunas facultativas es obtener un efluente de la mayor calidad posible, en el que se haya alcanzado una elevada mineralización de la materia orgánica, y la reducción del contenido en nutrientes y bacterias coliformes.

Lagunas de Maduración: También llamadas aerobias o de oxidación al operar con bajas cargas orgánicas y darse condiciones propicias para la penetración de la radiación solar, predominan las condiciones de suficiencia de oxígeno y, en consecuencia, habitan microorganismos aerobios. Su profundidad suele estar comprendida entre 0,8 - 1 m y los tiempos de retención alcanzan los 5 días, como mínimo. Debido a que el agua que llega a estos estanques presenta un alto grado de mineralización de la materia orgánica, la demanda de oxígeno disuelto es mucho menor que en los facultativos, y la fotosíntesis y la aireación superficial permiten obtener un ambiente aerobio en toda la columna de agua. Las lagunas de maduración logran la eliminación de microorganismos patógenos, y también provocan cierta eliminación de nutrientes, clarificación del efluente y consecución de un efluente bien oxigenado.

Un sistema "clásico" de Lagunaje consta de Pretratamiento (Rejas de Desbaste, Desarenador y Desengrasador), al que siguen, en serie, los tres tipos de Lagunas antes mencionados: Anaerobias, Facultativas y de Maduración.



Figura Nº 3:
 Esquema general de un proceso de Lagunaje. Fuente: ITC.

• **Dominio de aplicación:**

El rango más frecuente de aplicación de este tipo de tecnología se sitúa por debajo de los 2.000 habitantes equivalentes.

• **Parámetros de diseño:**

Parámetro	L. Anaerobias	L. Facultativas	L. de Maduración
Tiempo de retención (d)	2 - 3	20 - 30	5
Carga volumétrica (g DBO ₅ /m ³ · d)	150 - 200	-	-
Carga orgánica superficial (kg DBO ₅ /ha · d)	-	≤ 100	≤ 100
Profundidad (m)	3 - 5	1,5 - 2	0,8 - 1

Fuente: Recopilación bibliográfica

• **Rendimientos medios de depuración:**

Parámetro	% Reducción		
	L. Anaerobias	L. Facultativas	L. de Maduración
SS	50 - 60	0 - 70	40 - 80
DBO ₅	40 - 50	60 - 80	75 - 85
N	5 - 10	30 - 60	40 - 80
P	0 - 5	0 - 30	30 - 60
Coliformes fecales	30 - 70	99,5 - 99,8	99,9 - 99,99

Nota: Los rendimientos se determinan con referencia a las aguas residuales influentes

• **Requisitos para su implantación:**

- 7 - 10 m² de superficie para su implantación
- Impermeabilización de las balsas para evitar contaminar el suelo por infiltración.

• **Labores de mantenimiento:**

- Lagunas Anaerobias:
 - o Retirada periódica de los flotantes en la superficie de las lagunas.
 - o Purga de lodos acumulados en el fondo de las lagunas, cada 5-10 años.
 - o Revisión de los taludes de tierra y reparación de los daños ocasionados en los mismos.
 - o Reparación inmediata de fisuras de las láminas de impermeabilización.
- Lagunas Facultativas y de Maduración:
 - o Labores similares a las descritas para las lagunas anaerobias a excepción de la purga de lodos.
 - o Eliminar la vegetación espontánea que crece en los taludes, si no se recurre a su impermeabilización con lámina plástica.

• Ventajas:

- Bajos costes de inversión, sobre todo si el terreno es suficientemente impermeable, y facilidad constructiva.
- Consumo energético nulo, si el agua a tratar puede llegar por gravedad a la depuradora.
- Ausencia de averías mecánicas al carecer de equipos.
- Escaso y simple mantenimiento, que se limita a retirar los residuos del Pretratamiento y a mantener la superficie de las Lagunas libre de flotantes, para evitar la proliferación de mosquitos.
- Escasa producción de fangos, muy mineralizados.
- Gran inercia, lo que permite una fácil adaptación a cambios de caudal y de carga orgánica.
- Alto poder de abatimiento de microorganismos patógenos.

• Inconvenientes:

- Para la implantación de Lagunas Facultativas y de Maduración, se precisan grandes extensiones de terreno.
- Dada su estrecha dependencia de las condiciones climáticas, la implantación de este sistema de depuración puede verse limitada en zonas frías o de baja radiación solar.
- En el caso de las Lagunas Anaerobias se desprenden olores desagradables, que obliga a situarlas en lugares alejados de las zonas habitadas.
- Efluentes finales con sólidos en suspensión (microalgas).
- Pérdidas de agua por evaporación.

Si bien se han descrito dos tipos de tecnologías y procesos que se dan en los SDN de forma aislada, en muchas ocasiones se recurre a combinaciones entre los mismos buscando efectos de sinergia.

NOTAS

- (1) Artículo basado en el Capítulo 1 del Libro Gestión Sostenible del Agua Residual en Entornos Rurales. Proyecto DEPURANAT. Proyecto cofinanciado por la Iniciativa Comunitaria INTERREG III B Espacio Atlántico. Este Libro con ISBN 978-84-9745-383-7 fue publicado en su primera edición por el Instituto Tecnológico de Canarias, S.A., y en segunda edición por Net-Biblio. Publicación actualmente descatalogada.
- (2) Cada habitante equivalente genera al día unos 80 g de lodos (expresados como materia seca).
- (3) Entre estas tecnologías destacan los Filtros Verdes, basada en la utilización de una superficie de terreno, sobre la que se establece una especie forestal y a la que se aplica, generalmente por inundación o surcos, el agua residual a tratar. Este sistema está totalmente en desuso debido a la aplicación del RD 1620/2007 sobre Reutilización de Aguas Regeneradas y, por tanto, no se va a tratar en este artículo.
- (4) Dentro de esta categoría se pueden incluir los sistemas que utilizan plantas flotantes o en flotación sin sustrato:
 - Humedales de plantas flotantes: Este elemento consiste en macrófitos flotantes libres, plantas con hojas y tallos que flotan sobre la superficie y con raíces sumergidas en la masa de agua, que se desarrollan en estanques o canales de profundidad variable (0,4 – 1,5 m), alimentados con aguas normalmente tratadas previamente. Dentro de las especies flotantes susceptibles de ser utilizadas destacan: la lenteja de agua (*Lemna*, *Spirodela* y *Wolffiella*) y el jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*), aunque esta última especie puede generar problemas por su alta capacidad invasora de lagos y su tasa de reproducción que puede crear problemas de mantenimiento, al requerir extracciones continuas.
 - Balsas flotantes con macrófitos: Las balsas flotantes con macrófitos son una variación del caso descrito anteriormente, consistente en proporcionar una estructura o sistema que permita el establecimiento de plantas marginales emergentes sobre la superficie del agua, de modo que las raíces estén en contacto directo con la lámina de agua.
 - Macrófitas en flotación: se basa en la creación de varios canales impermeabilizados donde se colocan normalmente plantas del género *Typha*, *Phragmites*, etc., en flotación mediante un sistema de contrapesos, haciendo pasar el agua residual por el entramado de raíces (más información en www.fundacionglobalnature.org).

Algunas Respuestas al Problema Actual de Agua



Milagros Couchoud Gregori

Doctora en Ciencias Físicas
Miembro del Comité Científico y Técnico de la
Fundación Príncipe Alberto II de Mónaco

1. INTRODUCCIÓN

Continamente nos anuncian desde algunos medios de comunicación, o escuchamos en alguna charla de café, que estamos ante una crisis hídrica, que el agua se acaba y que el planeta Tierra camina hacia su fin por falta de agua.

Nada más lejos de la realidad. El agua se usa una y mil veces, pero no se consume ni se gasta, vuelve a la Naturaleza. Es, sin duda, el mejor ejemplo de un Recurso Renovable.



Foto Nº 1:

El agua que bebieron los Diplodocus y que bebemos nosotros...

Desde que nuestro planeta existe como tal, la cantidad de agua que lo forma es exactamente la misma... casi 1.400 millones de kilómetros cúbicos. Así pues, podemos decir que “estamos bebiendo la misma agua que bebieron los Dinosaurios”. El problema es que, en su inmensa mayoría, un 97%, es agua salada. Y del 3% restante, sólo tenemos disponible el 0,6% en ríos y lagos. El resto, o está sólida en los polos, o está bajo tierra en los acuíferos. El problema, pues, no es que el agua se acabe... sino su **DISPONIBILIDAD** en tiempo, espacio y, sobre todo, en calidad. Sí, sobre todo, en calidad.

Ese es el peligro al que nos enfrentamos: **EL EQUILIBRIO DEL AGUA EN EL PLANETA SE HA ROTO**. La naturaleza, que ha estado durante millones de años **AUTODEPURANDO** sus aguas, ya no es capaz de hacerlo por sí sola, el hombre tiene que ayudarla.



Foto Nº 2: Planta de Tratamiento de Agua.

¿Cuáles son las consecuencias de esta ruptura del equilibrio que existía en la Naturaleza? Vamos a ver algunos datos:

- En la actualidad, sólo el 0,007% del agua es potable, y esta cantidad está disminuyendo de forma alarmante, debido principalmente a la contaminación.
- Más de 1.100 millones de personas en el Mundo, carecen de acceso directo a fuentes de agua.
- Millones de mujeres y niños caminan a diario más de 10 Km para poder llevar un poco de agua a su hogar.



Foto Nº 4: Viviendo entre contaminación...



Foto Nº 3: A por el agua nuestra de cada día...

- Unos 1.400 menores de 5 años mueren a diario en el Mundo, por enfermedades relacionadas con la falta de agua potable.

Podríamos dar más cifras como estas, pero las anteriores enmarcan suficientemente las dimensiones del problema. Por eso, entre los Objetivos de Desarrollo Sostenible definidos por Naciones Unidas para erradicar la pobreza, proteger el planeta y garantizar la paz y la prosperidad a todas las personas, el Acceso al Agua Limpia y al Saneamiento ocupa el puesto nº 6. Pero la mayoría de los otros 16 objetivos no se lograrán, si no se consigue antes el imprescindible acceso al agua potable. Sin agua, difícilmente tendremos salud. Sin agua, difícilmente acabaremos con la pobreza, el hambre, las guerras, ni conseguiremos alimentos, energía o alcanzaremos un equilibrio en nuestros ecosistemas. Sabemos bien que sin agua... simplemente no hay vida.

- El 90% del agua en países en vías de desarrollo vuelve a los ríos, sin ningún tipo de tratamiento y, en muchos casos, altamente contaminada.



Figura Nº 1: Objetivos de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas

2. PERO, ¿PODEMOS ALCANZAR ESOS OBJETIVOS?

Sin duda. El desarrollo tecnológico actual, el nivel de conocimientos adquiridos y la experiencia en resolución de problemas a los que se ha visto sometido a lo largo de su larga existencia, permiten esperar que el Hombre será capaz de restablecer ese equilibrio roto, por él mismo, con la naturaleza.

Tres son el tipo de respuestas que podemos dar al problema actual del agua en el Mundo:

2.1. Respuestas Tecnológicas

Como son la construcción y el posterior mantenimiento de infraestructuras de regulación y transporte (presas, acueductos, canales, etc.), de tratamiento (potabilización, depuración, desalación, reutilización...) o de modernización de regadíos (Ver Foto N° 5). Sin olvidar el concepto de Smart Water, desarrollo de redes de sensores inteligentes que alimenten los sistemas de información y suministren inputs a los sistemas de ayuda a la decisión.



Foto N° 5: Regadíos bajo plástico.

2.2. Respuestas de Gestión y Planificación

Como el desarrollo de herramientas avanzadas para la toma de decisión, planes de gestión a nivel de Cuenca Hidrográfica basados en los principios de la Gestión Integral de los Recursos Hídricos (Ver Figura N° 2), planes de gestión de eventos extremos (como son las sequías e inundaciones), movilización de fuentes de financiación, etc. Todo ello teniendo siempre en cuenta el nexo entre Agua-Energía – Alimentación y Medio Ambiente. No se puede dar una respuesta a un problema, sin tener en cuenta esta interrelación y este nexo. Sería una mala solución.

2.3. Respuestas de Formación y Concienciación

Son tan importantes como las anteriores, y esenciales para poder resolver el problema del Agua: transferencia del conocimiento y desarrollo de tecnologías adaptadas al nivel de desarrollo del país; formación a todos los niveles, para los múltiples actores en el poliédrico mundo del agua: cursos, talleres, seminarios, revistas especializadas, portales temáticos, congresos, etc. (Ver Foto N° 6). Además, se requiere un gran esfuerzo a nivel institucional y técnico, para conseguir una concienciación pública del problema, pues solo así, colocaríamos al Agua como una prioridad en las Políticas Públicas, y en los presupuestos de los países: El Agua como algo esencial e indispensable para el desarrollo de los pueblos.

Hay países que han tomado conciencia del problema y están ya aplicando de manera seria y rigurosa estas soluciones. Pero otros aún no han comprendido la dimensión del mismo, y continúan esperando a que llueva, sin abordar con soluciones imaginativas el grave problema que cada día aumenta de forma alarmante.



Figura N° 2: El Ciclo Integral del Agua.



Foto N° 6: Reunión de Responsables Políticos y Técnicos del Agua en el 3° Foro Mediterráneo del Agua, en el Cairo (Egipto), preparando el Foro Mundial de Brasilia 2018.

3. A MODO DE EJEMPLO: EL MEDITERRÁNEO

Voy a centrarme en una región que conozco muy bien y que, en algunos aspectos, tiene muchos puntos en común con Canarias: los países mediterráneos.

El Mediterráneo es una zona árida o semiárida, con recursos hidráulicos insuficientes, para dar respuesta a las demandas de agua para abastecimiento de las poblaciones urbanas o rurales, y para el desarrollo económico de sus países, en los que se da una distribución irregular espacio temporal de sus recursos de agua. Por otra parte, como ocurre en estas islas, se ha producido un incremento masivo de la población, con un fenómeno de litoralización y un aumento de la demanda, acrecentado por el Cambio Climático. Pero las soluciones a estos problemas no son nuevas, y las diferentes culturas milenarias que han ido desarrollándose a orillas del Mare Nostrum (Egipto, Grecia, Roma, El Islam, España...) han desarrollado tecnologías, y han ido adaptando soluciones para resolver esa carencia endémica de un recurso tan vital para la vida como es el agua. Es por ello que nos encontramos con infraestructuras milenarias: canales, presas, molinos, sistemas de riego o de tratamiento de aguas... que fueron construidos y aún se conservan, desde hace miles de años, como las presas de Proserpina y Montalbo, construidas por los romanos en España; o los acueductos que construyeron los egipcios en Túnez (Ver Figura N° 3) para llevar agua a la capital y que aún están operativas, gracias a un magnífico trabajo de mantenimiento, que nos permite hoy en día comprobar, por ejemplo, la maestría de los romanos en sus sistemas de abastecimiento de las

grandes urbes; o la magia del Islam, auténticos “Señores del Agua”, que desarrollaron sistemas de regadío, y de construcciones bioclimáticas, en las que el agua jugaba un papel esencial como refrigerante.



Figura N° 3: Túnez, país que interconexiona sus recursos hidráulicos a través de presas, canales y acueductos, algunos con más de 1.500 años de antigüedad.

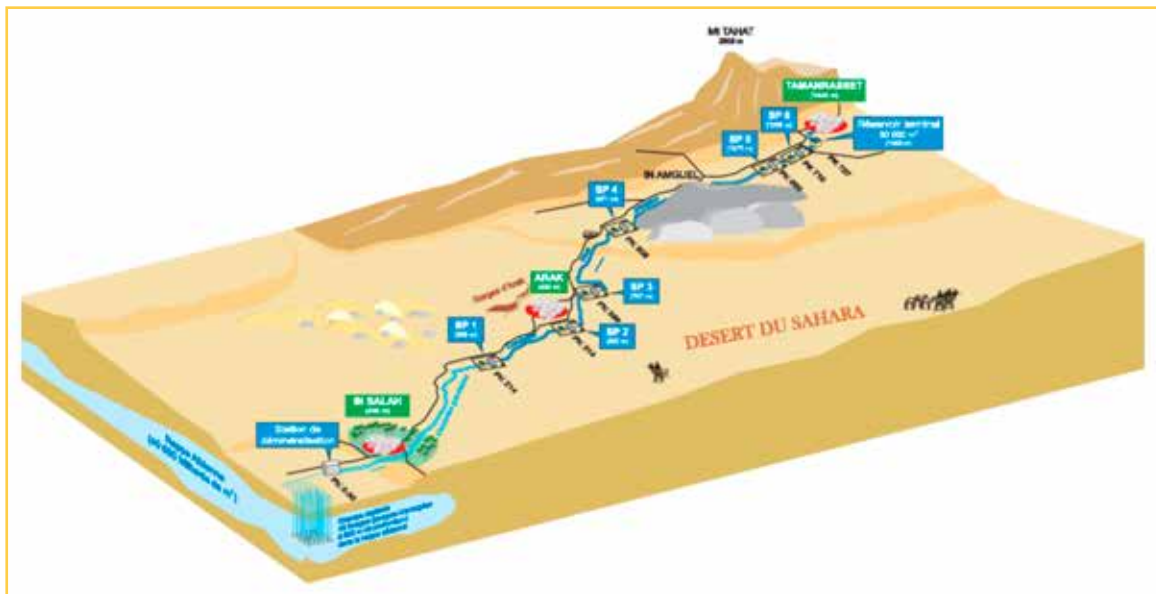


Figura Nº 4: Traslado de agua a Tamanrasset, Argelia, Desierto del Sahara.

Los desarrollos tecnológicos del siglo XX han sido, sin duda, fundamentales en la búsqueda de soluciones al problema de la escasez de agua potable. Los nuevos sistemas de desalación y depuración para posterior reutilización, el uso de energías renovables, la realización de planes y programas a nivel local y nacional, se han ido implementando en cada vez más países, y nos permiten mirar el futuro con optimismo. Destacaría, entre las grandes obras mediterráneas de este siglo, los dos grandes trasvases de agua llevados a cabo en el Mediterráneo:

- El de Argelia, de 750 km, que lleva las aguas del acuífero de In Salah de 750.000 km cuadrados, a Tamanrasset a 2.000 km de Argel, en pleno desierto del Sahara, abasteciendo y poniendo en regadío todas las ciudades y campos a su paso. Más de 380.000 personas se están aprovechando de esta impresionante obra (Ver Figura Nº 4).
- Y el de Marruecos, el gran trasvase Norte-Sur, que

recoge el agua de las grandes presas del norte del país, y las lleva a través de canales y estaciones de bombeo hasta las secas tierras del sur a más de 800 kilómetros (Ver Foto Nº 7).

Pero la construcción de las infraestructuras hidráulicas supone siempre un esfuerzo económico muy grande, que no todos los gobiernos están dispuestos a priorizar en sus presupuestos. De ahí la importancia del cuidado y el mantenimiento de las infraestructuras ya existentes, para poder utilizarlas y disfrutarlas en el tiempo. Lamentablemente, no siempre se le da a esas funciones de vigilancia y mantenimiento de nuestras infraestructuras, la misma importancia que se le da al proyecto y construcción de las mismas. Gran error...Dentro de las soluciones que hemos visto, la construcción de infraestructuras es esencial sin duda, pero yo sinceramente creo que esta solución se quedaría coja, si no se completara con todo el desarrollo de la INGENIERÍA DEL MANTENIMIENTO de esas obras.



Foto Nº 7: Estación de Bombeo y Canales del Traslado Norte-Sur de Marruecos, de las Montañas del Atlas al Desierto.

Formación en CO₂ en el IES Ingenio



Agustín Cabrera Peña

Profesor Departamento de Instalación y Mantenimiento
IES Ingenio-Instituto de Enseñanza Secundaria de Ingenio

1. INTRODUCCIÓN

i Alguna vez escucharon el refrán: "La necesidad agudiza el ingenio"? En estos últimos meses he pensado en esta afirmación muchas veces. Me explico: desde que se aprueba la normativa europea sobre utilización de sustancias fluoradas, la popular F-Gas, sabemos que los refrigerantes sintéticos que hemos estado utilizando estos años tienen una fecha de caducidad muy próxima. Y los supuestos sustitutos fluorados tienen inconvenientes como ser inflamables, caros y se está estudiando el impacto ambiental de los productos de su descomposición (la Agencia Federal Alemana de Medio Ambiente – UBA ha advertido que la descomposición del R1234yf genera ácido trifluoroacético TFA que contamina el agua potable). Así que, el CO₂, un refrigerante natural que se había estado utilizando a principios del siglo XX (aunque inventado en 1850) y que tenía características muy útiles por un lado, y graves inconvenientes por otro, se dejó de lado en favor de esos productos sintéticos. De repente, y por presión de una legislación limitativa, hemos visto que los investigadores y fabricantes de equipos han agudizado "el ingenio" y han conseguido limitar esos graves inconvenientes. En este punto hay que nombrar al noruego Gustav Lorentzen que podemos llamarle el padre del CO₂ reinventado.

Voy a contar nuestra experiencia personal con el CO₂. Primero me presento, soy Agustín Cabrera Peña, profesor del departamento de Instalación y Mantenimiento en el instituto público IES Ingenio en la isla de Gran Canaria. Nuestra familia profesional imparte ciclos de Refrigeración y Climatización en tres centros de Gran Canaria, cuatro de Tenerife, y también en Fuerteventura, Lanzarote y La Palma y además, en la Casa del Marino en Gran Canaria, pero en este caso depende del Ministerio de Trabajo.



Figura N° 1. Fuente: Danfoss Learning

En el curso 2016-2017, la Dirección General de Formación Profesional sacó una convocatoria, dentro de un proyecto denominado Enlaza, de subvenciones a departamentos que presentaran propuestas de sistemas novedosos con la condición de compartir esa experiencia con otros centros de la familia profesional.

Nosotros solicitamos una partida económica para instalar un sistema de CO₂ subcrítico en cascada. En aquel momento algunos supermercados estaban instalando estos sistemas en Gran Canaria por medio de centrales. Utilizaban en baja temperatura el CO₂ y, en media temperatura, el R134a que, además, se utilizaba para enfriar el condensador de CO₂ con temperaturas de -5°C. Teníamos claro, en ese momento, que sólo un sistema subcrítico en cascada era viable en las Islas Canarias. Ojo, ahora no recomendaría un sistema en cascada fluorado/CO₂, sino (dentro de las posibilidades de la sala de máquinas y de la empresa instaladora-mantenedora) sistemas propano/CO₂ o amoníaco/CO₂, ya que el ahorro energético a lo largo de su vida útil es considerable frente a los sistemas fluorado/CO₂. E incluso en centrales de cierto porte, los sistemas subcríticos en cascada con CO₂ bombeado serían

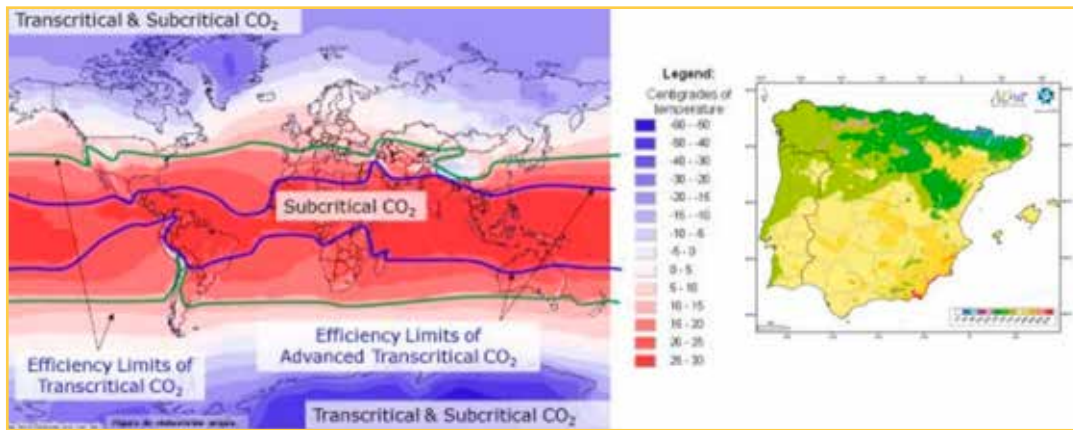


Figura Nº 2. Fuente: Danfoss Learning

los más eficientes. En la Figura Nº 2 se ve el mapa que se utiliza actualmente para conocer, de forma aproximada, la frontera de viabilidad de los sistemas de R744. Vemos que, ahora sí, en las Islas Canarias se pueden instalar los dos sistemas: subcrítico en cascada y transcrito.

En octubre de 2015 acudí a un curso en Madrid organizado por AEFYT (Asociación de Empresas de Frío y sus Tecnologías) donde el ponente era Ricardo Giménez López, ingeniero con experiencia en este tema y fue mi primera toma de contacto con esta realidad. Y, en cuanto previmos la posibilidad de conseguir la subvención de la Dirección General de Formación Profesional y Educación de Adultos, en agosto del 2016, me entrevisté en Barcelona con Albert Albert, consultor de Pecomark y uno de los ingenieros más reconocidos en este tema. ¡Y se me rompieron los esquemas! Me dijo muy seriamente que en 2016 ya se conseguían sistemas transcríticos viables con temperaturas ambientes templadas como las que teníamos en nuestras latitudes. Pues, ¡bendito sea Dios! Cambiamos el proyecto y solicitamos nuevo presupuesto a otro distribuidor para una máquina de CO₂ transcrito para baja temperatura.

Antes de continuar con esta historia, vamos a ver las características del CO₂ como refrigerante.

2. CARACTERÍSTICAS DEL CO₂ COMO REFRIGERANTE

2.1. Las características favorables

- 1) Elevada capacidad volumétrica. Significa que 1 kg de CO₂ produce la misma cantidad de absorción de calor que 6 kg de R22. Eso significa que los compresores y las tuberías pueden ser más pequeños. De hecho, el equipo que adquirimos tiene dos compresores de un tamaño mini.
- 2) Gas de alta densidad. Significa que el salto térmico entre temperatura de evaporación y tem-

peratura de aire a enfriar puede reducirse. Por ejemplo, con fluorados, a baja temperatura realizamos los cálculos utilizando un salto térmico de 6 a 8 grados con respecto a la temperatura de evaporación o a la de burbuja. Pues con CO₂ podrá ser menos de la mitad. Esto es importante en el control de evaporación para ahorrar costes de energía y en el tamaño del evaporador o del intercambiador de alta presión (gas cooler) que será más pequeño que lo que estamos acostumbrados.

- 3) PCA = 1. Es un refrigerante natural con una huella de carbono mucho menor que cualquier refrigerante fluorado y no produce componentes tóxicos por su descomposición en el medioambiente, como parece ser el caso del R1234yf y mezclas que lo contienen.

2.2. Las características desfavorables

- 1) Presiones de utilización elevadas. En nuestro equipo hablamos de presión de alta entre 65 y 80 bar (la presión de diseño de componentes de alta es de 120 bar); presión intermedia en sistemas booster o en media temperatura de unos 35 bar y presión de baja unos 15 bar. La presión de alta puede asustar un poco, de hecho, hemos utilizado para la instalación de la zona presión de alta e intermedia la aleación de cobre y hierro K65 (que nos ha suministrado Pecomark) que se puede soldar con varilla de cobre plata al 5% porque soporta mayores presiones.
- 2) Punto crítico a 31°C y 72,76 bar. Esto significa que si no enfriamos el R744 en el condensador por debajo de esa temperatura no condensa. Por lo tanto, si llegamos a esa temperatura, en ese momento el condensador será un enfriador de gas (gas cooler) y el refrigerante se mantendrá en un estado de vapor supercrítico. Este vapor actúa de forma diferente al vapor saturado. Hay varios videos en youtube muy ilustrativos, bus-

quen “explaining the critical point” o “supercritical CO₂” o similares donde se utilizan mirillas fabricadas para la observación del fenómeno. Importante: por encima del punto crítico, la presión no está directamente relacionada con la temperatura, así que no podremos utilizar la regla de refrigerante para conocer la presión que corresponde a una determinada temperatura por encima de 31°C.

Este punto crítico mucho más bajo que el resto de refrigerantes es lo verdaderamente problemático.

¿Cómo condensarlo si nuestra temperatura ambiente es superior a 22-25°C? Este es el meollo de la cuestión.

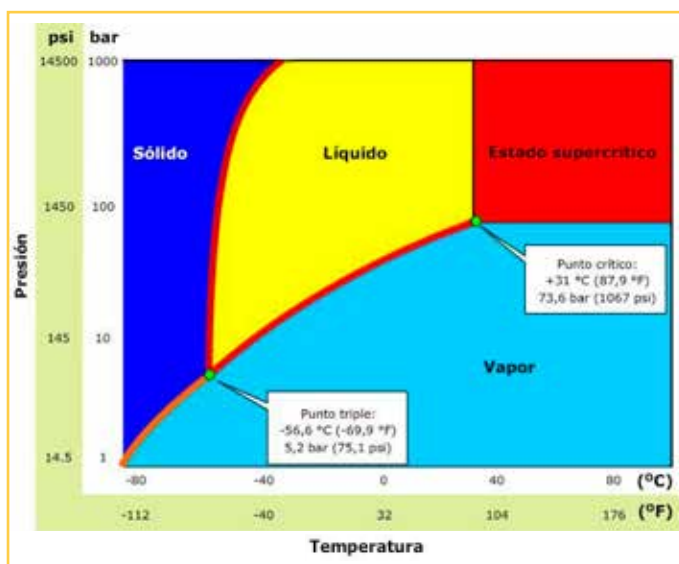


Figura Nº 3. Fuente: Danfoss Learning

3) Punto triple muy elevado a 5,18 bar y -56,6°C. En este punto pueden coexistir líquido, gas y sólido. Esto tiene como consecuencia que cuando carguemos de refrigerante el sistema, hasta que no hayamos sobrepasado este punto, podremos taponar la manguera al cargar con líquido porque se convierte este líquido en hielo seco. Y tendríamos que calentar para deshacer el tapón y continuar la carga. O en la válvula de seguridad. Fabricarla de tal manera que no tenga riesgo de taponarse cuando se active.

4) El R744 no es tóxico. Pero elevadas concentraciones de CO₂ producen la inconsciencia y la muerte. En los sistemas de detección se coloca como límite de alarma 0,5% (5.000 ppm). En algunos casos necesitaremos utilizar detectores de fugas y ventilación (norma UNE-EN378).

2.3. El análisis

El segundo punto, la temperatura crítica, es el más complicado de conseguir sortear de una forma eficiente en sistemas transcíticos. Me explico, la forma básica se sabía. Solamente necesitamos una válvula de estrangulamiento a la salida del intercambiador para bajar bruscamente la presión antes del recipiente. De esa manera tendremos una mezcla de líquido más gas a media temperatura. El problema energético es recoger ese gas producido y volverlo a comprimir y, todo ello, sin que nos haya servido para nada.

Hoy día, para baja temperatura, y para minimizar el gasto energético de ese gas “sobrante” se utiliza un sistema de compresión en doble etapa (booster) con inyección total, economizador y compresor paralelo y eyectores. Si combinamos el sistema con control de velocidad o capacidad en los compresores y de evaporación flotante conseguimos un COP similar o mejor (si consideramos un COP estacional) a un sistema convencional de R404a para baja temperatura. El inconveniente, una inversión inicial bastante superior en la mayoría de casos. En centrales, esta inversión podría ser, hoy día, semejante a la de un refrigerante fluorado.

Hacemos un inciso para contar una anécdota: dos antiguos alumnos del IES Ingenio, que tienen la empresa Automaquinaria S.L., montaron en el Sub 24 de Jinámar en 2018, prácticamente toda la refrigeración comercial con sistemas transcíticos de media temperatura con equipos SCM que ha distribuido Beijer. Hay que reconocerles el mérito de ser los primeros en instalar unidades condensadoras transcíticas en esta zona. Por ahora están funcionando muy bien. Pensando en el verano, tienen un sistema de ventilación muy bien armado. A medida que se generalicen estos sistemas o similares con CO₂, de unidades condensadoras para 3, 4 ó 5 ser-

Sustancia	Temperatura y presión críticas	Punto triple
CO ₂	31 °C / 73.8 bar	-56.6 °C / 5.18 bar
Propano	96.7 °C / 42.4 bar	-188 °C / 0.3 mPa
Agua	374 °C / 22 bar	0 °C / 0.006 bar
Amoníaco	132 °C / 113 bar	-77.6 °C / 0.06 bar

Figura Nº 4. Fuente: Danfoss Learning

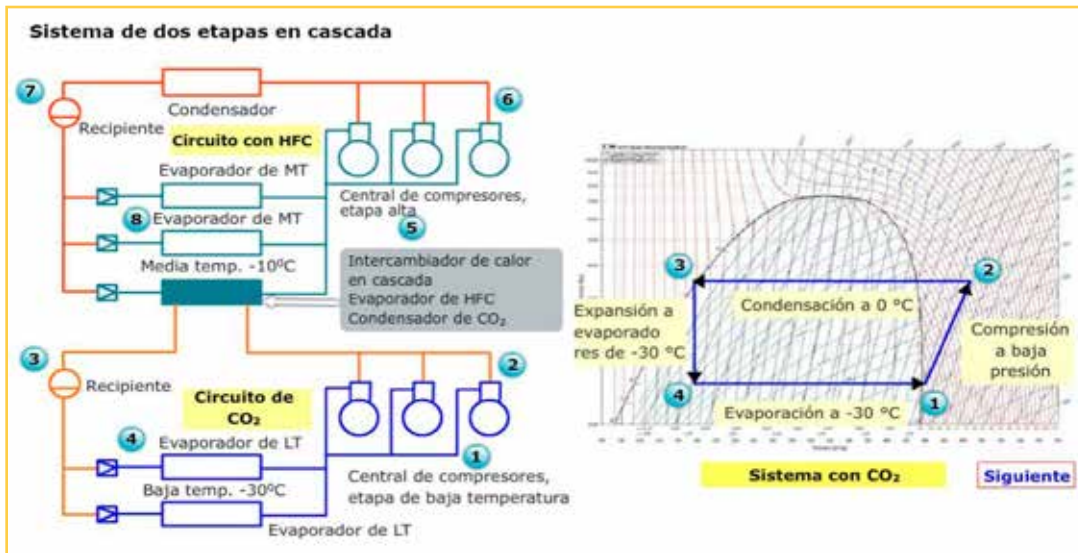


Figura Nº 5. Fuente: Danfoss Learning

vicios, creo que tenemos que pensar en diseñar o instalar enfriadores adiabáticos que permitan que, efectivamente trabajen como condensadoras en condiciones de aire ambiente superiores a 25°C o simplemente para mejorar el COP en verano.

Siguiendo con la explicación, recordemos con el diagrama de P-H la diferencia entre sistemas subcríticos (los que utilizamos habitualmente) y transcíticos.

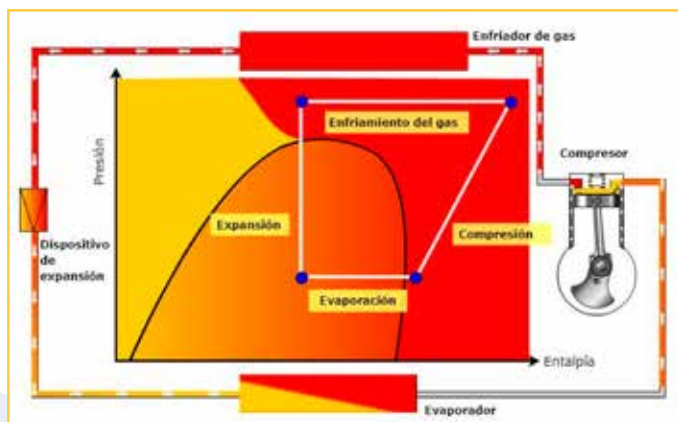


Figura Nº 6. Fuente: Danfoss Learning

- Sistema subcrítico en cascada. Trabajamos con presiones por debajo del punto crítico. Con CO₂ necesitaremos condensar a una temperatura de alrededor de -5°C. Así que necesitaremos una fuente que nos proporcione esa temperatura. Estos sistemas suelen tener un COP algo superior al de los sistemas transcíticos, pero tienen el inconveniente que es necesario mantener el recipiente de CO₂ siempre frío. En condiciones de falta de energía eléctrica, necesita un equipo de apoyo con fuente de energía independiente que mantenga la temperatura del recipiente.
- Sistema transcítico (sin ninguna mejora). El condensador se llamaría enfriador de gas o gas cooler porque con aire a temperatura superior a 22-25°C no conseguiríamos condensar.
- Sistema transcítico de doble etapa (booster) con inyección total en recipiente. Realmente no es la solución para conseguir la mejor eficiencia, pero es un buen circuito para comprender la filosofía

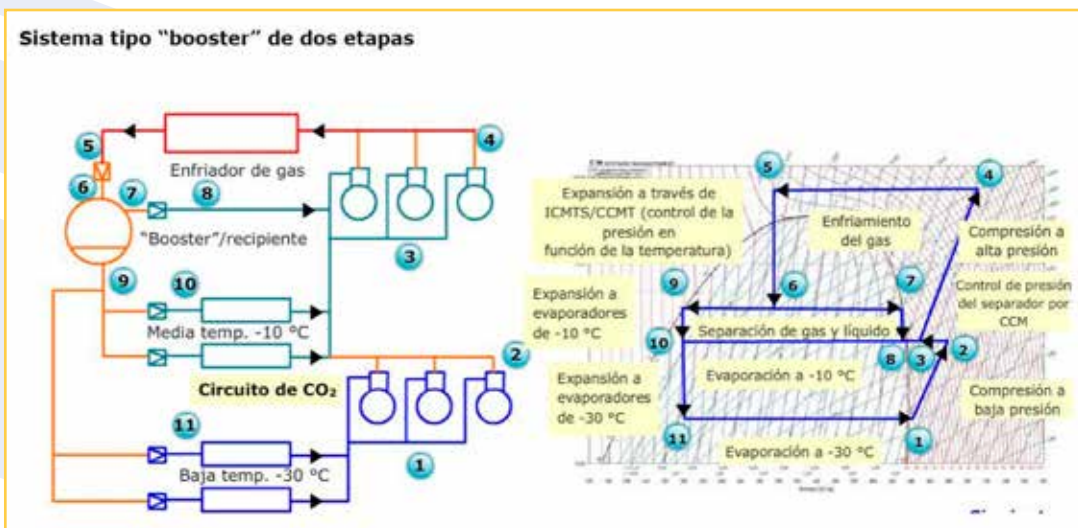


Figura Nº 7. Fuente: Danfoss Learning

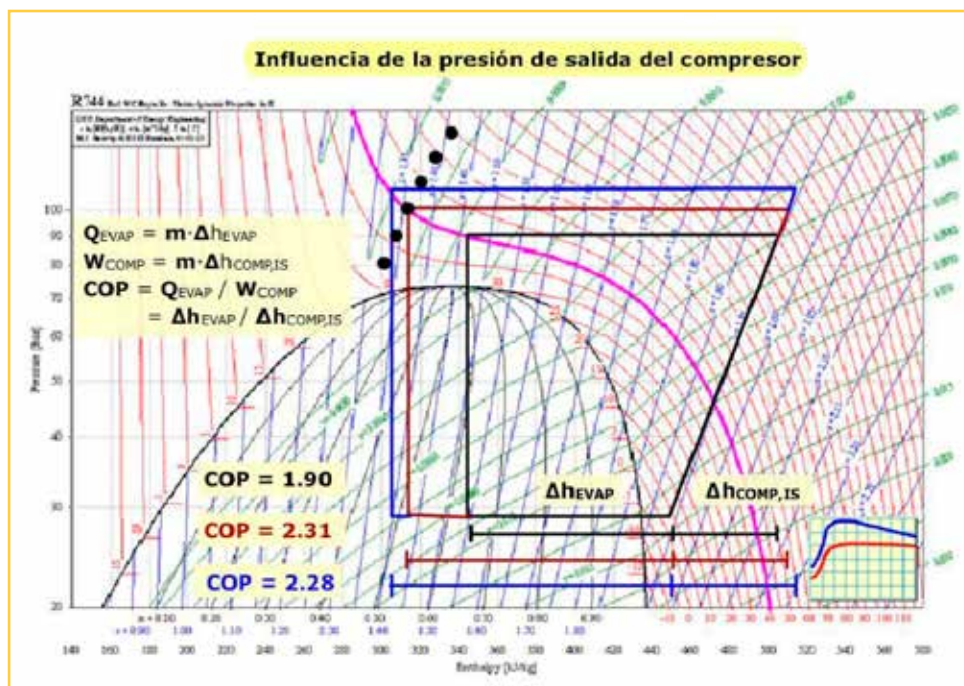


Figura Nº 8. Fuente: Danfoss Learning

de los sistemas booster. La forma avanzada incorpora compresor en paralelo y eyectores.

La línea negra de puntos de la izquierda en el diagrama P-H de la Figura Nº8, es la línea de máximo COP a la que intentará acercarse el algoritmo de control con la apertura de la presión del recipiente.

3. EL EQUIPO TRANSCRÍTICO DEL IES INGENIO

¿Cómo acaba la historia del equipo transcrito del IES Ingenio? Nuestro sistema es muy sencillo. Compramos un equipo de baja temperatura BTDX de la marca SCM al distribuidor Beijer Ref. La unidad permite hasta tres servicios aunque sólo tenemos una cámara de congelación conectada. Es una unidad de doble etapa (booster) con inyección total, economizador y podríamos decir que con compresor en paralelo.

Hemos aprendido mucho sobre el montaje, la carga de refrigerante y la puesta en marcha de estas máquinas. Ya está funcionando y tendremos unos meses por delante para cambiar parámetros y ver su respuesta. Y comparar su consumo con otra cámara similar con R449.

4. AGRADECIMIENTOS

El esfuerzo económico que ha realizado la Consejería de Educación de Canarias subvencionando nuestro proyecto ha tenido fruto con el primer curso de formación que hemos montado en el IES Ingenio los días 21 de mayo y 25 de junio de 2019. En este curso colaboró DANFOSS ESPAÑA con una

estupenda ponencia acerca del CO₂, impartida por Juan Pedro Gallardo Escudero. Destacar que todas las imágenes utilizadas en este artículo son de Danfoss Learning.

En este curso se ha intentado ofrecer una formación teórica y práctica, porque el problema principal de cualquier instalador es, no sólo entender el sistema, sino asegurarse de que lo instala, hace la carga y la puesta en marcha de forma adecuada y con seguridad. Es nuestra intención repetir el curso.

Me han quedado cosas en el tintero, por ejemplo, los efectos de la humedad y los tipos de aceite que usaremos con CO₂, pero las dejaremos para otro artículo.



Foto Nº 1: Instalación equipo transcrito del IES Ingenio.

LIFE BAQUA

Soluciones de Revalorización del Residuo del Cultivo del Plátano para Aplicaciones en los Sectores del Plástico y la Acuicultura



Gisela Vega Rodríguez

Miembro Grupo de Investigación de Fabricación Integrada y Avanzada
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria



Mario D. Monzón Verona

Coordinador Grupo de Investigación de Fabricación Integrada y Avanzada
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

1. INTRODUCCIÓN

La economía circular hace referencia a una economía industrial con propósito restaurador, diseñada para reducir la huella de carbono y llevar a cabo un uso más sostenible y ecológico de los recursos. El proyecto LIFE BAQUA tratará de implementar una economía circular a través de un aumento del valor del cultivo del plátano, garantizando el uso de sus residuos en otras industrias, una vez extraídos sus compuestos.

La platanera es una especie vegetal que únicamente da fruto una vez, por lo que, tras la recolección, el pseudotallo se corta y se deja en la plantación. El proyecto LIFE BAQUA trata de valorizar este residuo mediante la extracción de fibras naturales para su empleo en el desarrollo de materiales 100% biodegradables (fundas protectoras para piñas de plátano y bolsas para acuicultura) y como un aditivo natural para sectores de elevado volumen de producción.



Foto N° 1.

Además, durante el proceso de extracción de la fibra, se genera otro subproducto importante: la pulpa. Este producto puede ser incluido en los pienso para peces de acuicultura, siendo una alternativa a otros componentes empleados actualmente que compiten con la alimentación humana, como la harina de maíz.

El plátano y la acuicultura son dos pilares básicos del sector primario de las Islas Canarias. Alrededor del 50% de la producción europea de plátanos está cubierta por las Islas Canarias, donde cerca de 9.100 hectáreas se encuentran destinadas al cultivo del plátano. Con la industrialización de la línea de extracción, 2.000 t de fibra y 20.000 t de pulpa pueden ser obtenidas anualmente a partir de los residuos del cultivo del plátano, proporcionando una cantidad importante de fibra para el refuerzo de compuestos de base polimérica, así como de compuestos bioactivos para alimentación de peces. Teniendo en cuenta que se trata de un lugar con un clima privilegiado, así como la cercanía entre la península y las islas, el fortalecimiento de estos mercados beneficiará a todo el continente.

2. PROYECTO LIFE BAQUA

La Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC) coordina el proyecto LIFE BAQUA (LIFE15 ENV/ES/000157), perteneciente al subprograma de Medio Ambiente y Acción por el Clima del Programa LIFE de la Unión Europea. Su principal objetivo es establecer un nuevo modelo de economía circular para el aprovechamiento de residuos genera-

dos por el cultivo del plátano, concretamente del pseudotallo de la planta o rolo. Partiendo de este residuo y mediante un proceso mecánico, pueden obtenerse dos materias primas diferentes: fibra natural de alta calidad y pulpa residual.



La fibra se mezcla con plástico para obtener nuevos materiales compuestos de base polimérica reforzados que, como ejemplos demostradores en este proyecto, podrán ser aplicados al sector del automóvil o en la fabricación de bolsas para alimentos para peces y films agrícola.



Foto Nº 3.

La pulpa residual del proceso de extracción de fibra se ha utilizado como ingrediente en la elaboración de piensos para alimentación de peces en acuicultura.

El consorcio de LIFE BAQUA está formado por 6 socios europeos: la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 3 empresas españolas (productora de piensos, productora de biofilm y del sector acuícola), 1 asociación sueca de transformados de plástico y 1 compañía eslovena (fabricante de piezas plásticas inyectadas). Todos estos socios, durante cuarenta meses han trabajado de manera coordinada para lograr los objetivos marcados. El proyecto tiene un presupuesto total cercano a los 1,7 millones de euros, de los que la Unión Europea financia el 60%.

3. OBJETIVOS

El objetivo del proyecto BAQUA es demostrar que los conceptos de sostenibilidad y rentabilidad pueden ser aplicados a prácticas en agricultura, mejorando la gestión y reduciendo los residuos generados en un cultivo nativo mediante su revalorización en una serie de nuevas cadenas de valor.

Los objetivos específicos BAQUA se centran en:

- Optimización de la gestión de residuos generados en la producción del plátano mediante un proceso de extracción de fibra innovador.
- Beneficio medioambiental derivado de la mejora en la gestión de un residuo agrario.
- Desarrollo de una estrategia de economía circular entre los sectores implicados en el proyecto.
- Mejora en la calidad nutricional de alimentación de peces.

4. ACCIONES TÉCNICAS

Las acciones llevadas a cabo durante el proyecto con el fin de probar las características innovadoras de los productos son:

- Optimización de las tecnologías de valorización del residuo y caracterización de las fibras naturales y la pulpa, por la ULPGC.
- Mejora de las dietas y alimentos para peces mediante compuestos activos naturales.
- Producción de films biodegradables y piezas plásticas con aditivos naturales.
- Evaluación del impacto ambiental del sistema.
- Garantía de la transferencia y replicabilidad de los productos de BAQUA en otros sectores, así como su tecnología para la extracción de fibra de otros residuos vegetales.

5. RESULTADOS

En la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria participan dos grupos de investigación, el Grupo de Investigación de Fabricación Integrada y Avanzada (CFI) y el Grupo de Investigación en Acuicultura (GIA). El CFI con la planta piloto desarrollada, ha conseguido obtener hasta un 68% de la fibra y un 76% de la pulpa seca disponibles en cada pseudotallo. Las labores de CFI se han centrado en obtener

mayor cantidad de fibra, de mejor calidad, más limpia y suelta, incluyendo el proceso de preparación y tratamiento químico previo para su integración en una matriz polimérica en el material.

Durante las tres generaciones, el grupo ha producido pulpa para acuicultura y fibra en varios formatos (fibra larga peinada, fibra corta tratada y fibra corta sin tratar).

El GIA ha probado las primeras dietas basadas en pulpa seca del pseudotallo y otros productos residuales de la platanera como la flor del plátano (Florilla), ya que presenta un alto contenido en antioxidantes naturales (polifenoles).

Ha sido demostrado, tanto para tilapias como para lubinas, que la harina de maíz puede ser sustituida por subproductos de la platanera.

Tecnopackaging (España) ha obtenido bolsas para pienso y cobertores para piñas de plátanos, obtenidas tanto por soplado como por laminado, lo cual ha sido un reto tecnológico relevante dado el poco espesor de las bolsas. Han conseguido introducir un 5% de fibra micronizada en su composición, haciendo uso de plásticos biodegradables y aptos para el contacto con alimentos. Su trabajo se ha centrado en obtener films reforzados con apariencia más homogénea y tacto más suave.



Foto Nº 4.

Finalmente, la matriz plástica de las bolsas de pienso obtenidas es de PLA (ácido poliláctico) y la de los cobertores de plátanos de Mater-bi.

AMBI (Eslovenia) ha conseguido fabricar piezas de plástico por inyección, incorporando fibra como refuerzo. Los resultados obtenidos han sido los siguientes: incorporación de un 5 – 20% de fibra en HDPE (polietileno de alta densidad) y hasta un 30% de fibra en ABS (acrilonitrilo, butadieno y estireno) y HIPS (poliestirenos de alto impacto), para la fabricación de manguitos de montaje, cubiertas de quemadores y carcasas. Se ha probado que la resistencia mecánica aumenta drásticamente con el contenido de fibras.



Foto Nº 5.

Además, la incorporación de fibra ha permitido reducir los espesores de las piezas, ahorrando así cantidad de plástico y, en otros casos, algunas matrices poliméricas más caras, como el ABS, pueden ser sustituidas por otra más barata, el HDPE.

Finalmente, los socios relacionados con el mundo de la acuicultura DIBAQ (en el ámbito de los piensos) y AQUANARIA (en la actividad de acuicultura) han validado los piensos desarrollados a partir de los aditivos basados en pulpa y su uso en el sector acuícola.

LIFEBAQUA concluye en octubre de 2019 pero su actividad continuará a partir de acciones que promuevan la implantación de este tipo de industria en Canarias y otras regiones, a partir de la transferencia de los resultados de investigación. En este sentido, la propuesta del proyecto es la de promover hasta cinco plantas de proceso de Canarias, una ubicada en la isla de Gran Canaria, dos en Tenerife y dos en La Palma, ubicadas estratégicamente acorde con los estudios de transporte y logística elaborados en el proyecto.

La Impresión Offset y su Evolución



Antonio Padilla Medina

Responsable de Mantenimiento
Artes Gráficas del Atlántico

1. INTRODUCCIÓN

La impresión offset es un método de impresión (reproducción de documentos e imágenes sobre distintos soportes como papel, tela, etc.) que consiste en aplicar una tinta, generalmente oleosa, y agua con unas características determinadas sobre una plancha metálica, compuesta generalmente de una aleación de aluminio. El offset es uno de los diferentes tipos de impresión conocidos para poder conseguir imprimir en diferentes soportes.

Evidentemente, lograr imprimir un documento sobre un soporte es algo bastante más complejo, porque hay muchos factores que influyen en que se pueda realizar una buena impresión de productos.

Nosotros vamos a centrar este artículo en la impresión offset en la industria del papel.

2. BREVE HISTORIA DEL SISTEMA

La impresión offset, como tal, no ha tenido una gran evolución en el último medio siglo, pero sí ha evolucionado la tecnología y las materias primas que son necesarias en los procesos productivos.

En 1796, Alois Senefelder inventó una técnica de impresión que se denominó litografía, pasando a ser el primer proceso de impresión en plano. Para esta técnica, se usa como soporte placas de piedra caliza (CO_3Ca) que absorben las sustancias grasas y el agua, aunque éstas no se mezclan entre sí. En el caso de dibujar o escribir sobre dicha piedra con un color graso y acto seguido se humedece la superficie con agua, ésta penetrará sólo en los lugares no cubiertos por los trazos escritos. Si se aplica después tinta grasa de impresión sobre la piedra, las zonas mojadas no la aceptan, mientras que queda adherida al resto de la plancha, pudiendo procederse así a la impresión. Este es el principio básico de la impresión offset.

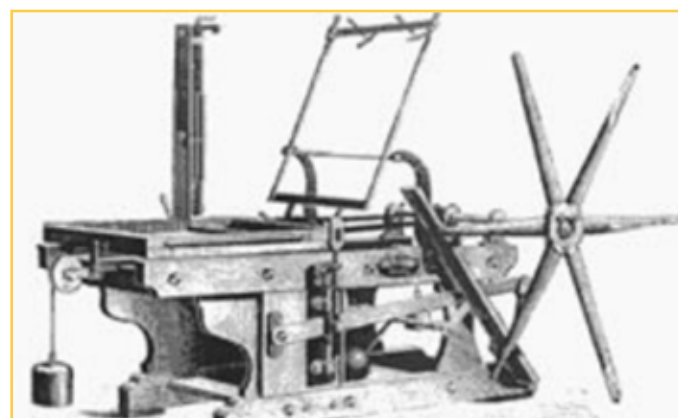


Figura Nº 1: Máquina litográfica de principios del siglo XIX.

También la presión, que en el caso de la piedra calcárea se realizaba a mano, se hace mediante unos rodillos recubiertos de caucho que se adaptan mejor a las irregularidades del papel.

Este fue el primer paso antes de llegar a la impresión offset.

Fue en una máquina de este tipo donde, hacia el año 1890, se descubre el sistema offset, porque, en una unidad de impresión directa, si no entra ninguna hoja de papel y la película de tinta se transmite directamente sobre el caucho, la transferencia de la tinta del caucho al papel provoca una calidad de impresión mejor que la que obtenemos en la transmisión directa.

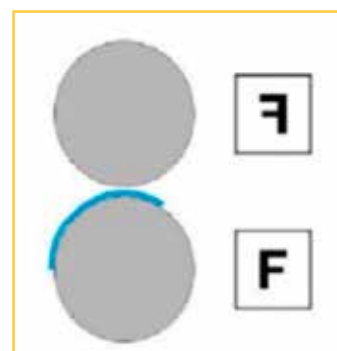


Figura Nº 2: Esquema de la impresión directa litográfica.

En 1904 la técnica de la litografía, y en general el mundo de la impresión, llega a su punto máximo con el desarrollo de la impresión en offset, utilizada en la actualidad.

El offset fue desarrollado por dos técnicos de forma independiente. Por un lado, el alemán Caspar Hermann y, por otro, el impresor Ira W. Rubel. Aunque es Hermann el que obtiene su método a partir de la tradición histórica de la litografía, Rubel dio también con la invención, pero de un modo casual, tras un fallo de uno de sus operarios en una rotativa.

En el año 1904 un operario ruso, Ira W. Rubel, que trabajaba en New Jersey, imprimiendo trabajos con una máquina plana, dejó, por olvido, de marcar un pliego y la impresión pasó al caucho que cubría el cilindro. El siguiente pliego apareció impreso en las dos caras. Rubel detectó que la impresión hecha desde el caucho tenía una mejor calidad. Esto supuso el nacimiento de la impresión OFFSET (término inglés que significa "fuera de lugar"), que también se denominó impresión indirecta, por haber en ésta un paso intermedio.

Un cilindro recubierto de caucho recibía la impresión de otro cilindro situado encima. Este segundo cilindro llevaba la plancha de zinc (actualmente aluminio). El papel era transportado por un tercer cilindro, teniendo todos ellos el mismo diámetro.

El fundamento de este sistema consistía en que la plancha de zinc o aluminio transfería la imagen al caucho, que, a su vez, y aprovechando su compresibilidad para compensar rugosidades del papel, la transfería a este último.

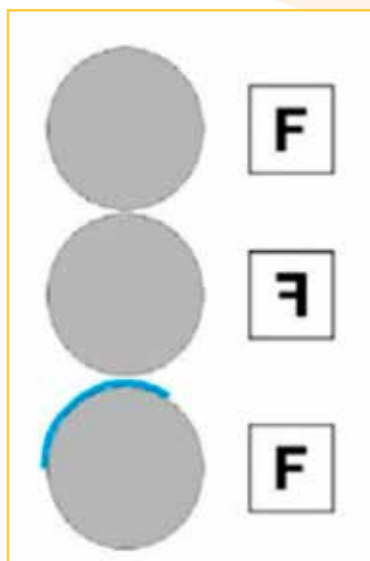


Figura Nº 3:

Esquema de la impresión indirecta de la máquina offset.

3. ROTATIVAS ACTUALES PARA LA IMPRESIÓN OFFSET

El sistema de impresión offset es el más utilizado de entre todos los sistemas de impresión. Dependiendo de la zona de estudio, el porcentaje tendrá variaciones, pero será siempre superior al 50% de todos los productos impresos, estando muy por detrás otros sistemas de impresión como tipografía, hueco grabado, flexografía, impresión digital, etc.

En cuanto al parque de maquinaria instalada es también el sistema dominante, existiendo una amplia variedad de tipos de máquinas, desde pequeñas máquinas de pliego hasta grandes y complejas máquinas de impresión de bobina (rotativas).

Cierto es que, con la evolución de las nuevas tecnologías, han quitado algo de importancia a la impresión en el papel, aunque es más que evidente que siempre será necesaria su presencia.

En este artículo vamos a explicar la impresión offset en máquinas rotativas. Estas rotativas actuales van equipadas con diferentes cilindros de impresión, según las configuraciones que el fabricante considere necesarias, pero siempre teniendo en cuenta los cilindros que hemos comentado anteriormente. Un cuerpo de impresión está compuesto por diferentes elementos, los cuales vamos a detallar con las imágenes de la Figura Nº 4.

En la imagen de la izquierda, se puede visualizar como sería una disposición de cilindros de impresión. En primer lugar, tenemos unos rodillos de tinta y unos rodillos de agua que aportan la tinta y el agua necesarias en el cilindro de plancha. En el cilindro portaplanchas, estará alojada la plancha de



Figura Nº 4: Elementos del cuerpo de impresión offset en máquinas rotativas.

aluminio que podemos ver en la imagen del lado derecho. Luego está el cilindro de caucho o mantilla, donde estaría instalado el caucho. Después nos encontramos con el papel y posteriormente un cilindro de contrapresión que, según el tipo de rotativa,

puede ser un cilindro planetario o bien un segundo cilindro de mantillas.

En la siguiente imagen (Figura N° 5) podremos ver una estructura de una unidad de impresión con todos los cilindros y rodillos de impresión de una rotativa KBA C215.

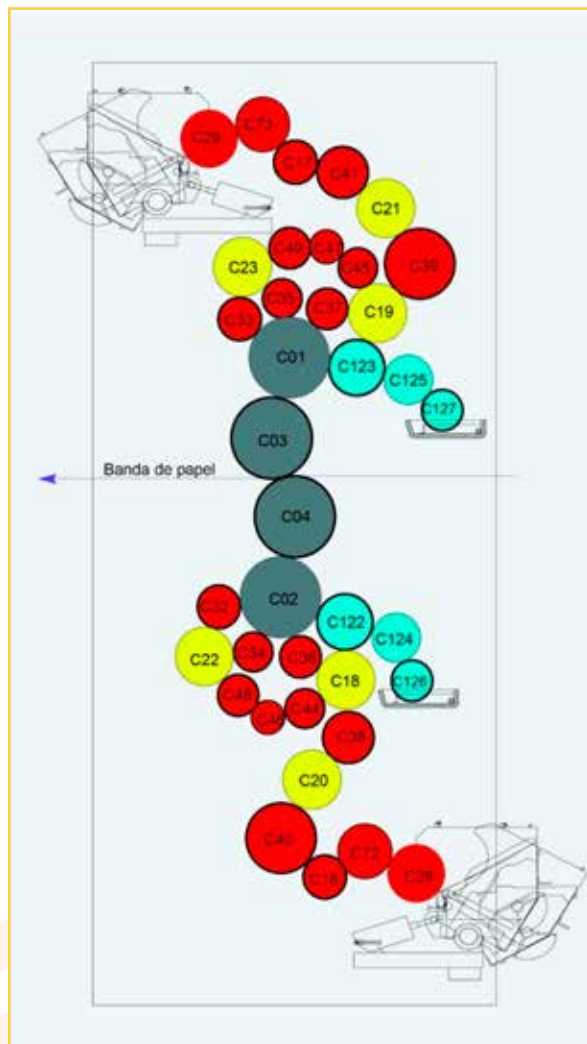


Figura N° 5: Rodillos sistemas de entintado y mojado rotativa KBA C215.

En la Figura N° 1, podemos ver cómo el sistema de entintado parte desde un tintero, donde están ubicados inicialmente los rodillos posición 28 y 29.

El sistema de mojado parte desde una bandeja de agua donde están ubicados inicialmente los rodillos 126 y 127.

Los rodillos que están ubicados por la parte alta del papel son los necesarios para imprimir un lado del papel (cara), y los rodillos de la parte baja del papel, serían para imprimir el otro lado de la banda del papel (reverso).

El resto de rodillos que vemos en color rojo y azul, son rodillos de las baterías de tinta y agua, que

son muy necesarios para que haya una buena distribución y emulsión de la tinta y el agua.

Los rodillos en color amarillo son mesas distribuidoras que, por regla general, son metálicos y funcionan haciendo un movimiento lateral (batiador) a la vez que giran sobre sí mismos.

POSICIÓN		DENOMINACIÓN	DIÁMETRO		
Sistema de entintado					
28 /	29	Rodillo del tintero	ø	140,00	mm
72 /	73	Rodillo de alimentación continua	ø	132,50	mm
40 /	39	Rodillo de transferencia de tinta	ø	170,00	mm
18 /	19	Cilindro distribuidor	ø	142,75	mm
20 /	21	Cilindro distribuidor	ø	142,75	mm
22 /	23	Cilindro distribuidor	ø	142,75	mm
38 /	41	Rodillo de transferencia de tinta	ø	125,00	mm
36 /	37	Rodillo entintador (oscilante)	ø	100,00	mm
34 /	35	Rodillo entintador	ø	95,00	mm
32 /	33	Rodillo entintador	ø	105,00	mm
16 /	17	Rodillo entintador	ø	105,00	mm
48 /	49	Rodillo de transferencia de tinta	ø	100,00	mm
46 /	47	Rodillo de transf. De tinta (Rilsan)	ø	82,00	mm
44 /	45	Rodillo de transferencia de tinta	ø	95,00	mm
Sistema de mojado					
126 /	127	Rodillo de mojado	ø	100,00	mm
124 /	125	Rodillo cromado	ø	120,00	mm
122 /	123	Rodillo mojadador (oscilante)	ø	136,00	mm
Cilindro					
02 /	01	Cilindro portaplancha	ø	197,35	mm
04 /	03	Cilindro portacaucho	ø	197,35	mm

Tabla N° 1: Detalle rotativa KBA C215.

Por último, tenemos los cilindros C01 y C02 que son los cilindros de planchas y los cilindros C03 y C04 que son los cilindros de caucho o mantillas.

4. ELEMENTOS O CONSUMIBLES PARA LA IMPRESIÓN OFFSET

En la impresión offset, intervienen esencialmente cinco elementos o consumibles: la plancha, el soporte, la tinta, la solución de mojado y la mantilla de caucho.

4.1. La plancha

La base de la plancha puede estar realizada de:

- Poliester.
- Aluminio.
- Polimetálicas.

Nosotros vamos a hablar sobre las planchas de aluminio, que son las más utilizadas actualmente.

La plancha de aluminio se anodiza superficialmente, para darle más resistencia y aumentar su hidrofilia. El aluminio es muy ligero, resistente, económico y permite su fácil manipulación.

Así como la piedra litográfica era por su naturaleza hidrófila, el aluminio es necesario convertirlo en superficie hidrófila, mediante tratamientos químicos. Hemos de provocar en la superficie del aluminio una rugosidad que nos permita anclar la capa de imagen y retener el agua en la zona de no imagen.

La rugosidad artificial provocada en el aluminio la llamamos GRANEADO y la conversión en superficie hidrófila del aluminio, recibe el nombre de ANODIZADO, dado que es el óxido de metal el que nos proporciona una buena retención de la humedad.

La plancha offset está formada por una base sobre la que se aplica una emulsión fotosensible con una resina grasa.

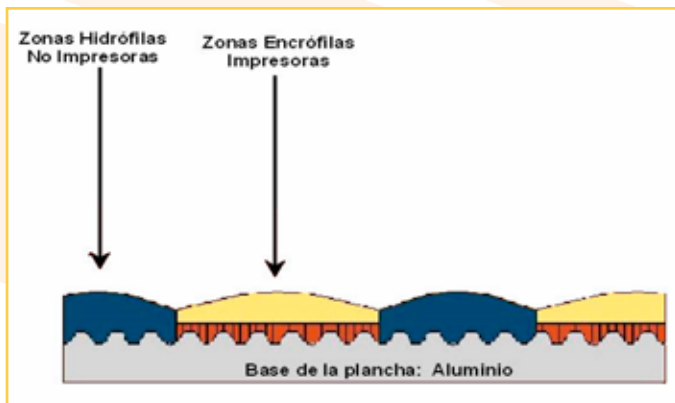


Figura N° 6:
Preparación plancha de aluminio para Impresión offset.

Mientras la zona impresora es encrófila (retiene la tinta y repele el agua), la zona no impresora es hidrófila (retiene el agua y repele la tinta).

La base del sistema es mantener en contacto sobre la misma superficie dos materiales de características tan diferentes como la tinta (materia grasa) y el agua.

El llamado equilibrio agua/tinta es la desventaja más grande del sistema offset, dado que afecta directamente a la calidad de la impresión. Un exceso de agua puede llevar a una mala emulsión de la tinta y un bajo contenido de agua puede evitar la correcta transferencia de tinta a la mantilla de caucho y posteriormente al papel.

Las planchas de aluminio una vez se han utilizado en la impresión, ya no son reutilizables y se deben gestionar como residuo.



Figura N° 7: Plancha de Impresión (aluminio).

Antiguamente, la filmación de una plancha de aluminio para la impresión offset, se realizaba con una insoladora, mediante fotolitos (películas fotográficas). Los fotolitos se generaban en una filmadora, que recibía la información de un PC.

En la insoladora se introducía la plancha con el fotolito encima y, mediante una luz ultravioleta, se proyectaba sobre la plancha la intensidad de luz que el fotolito permitía.

Esto era un proceso muy manual y laborioso, ya que se tenían que filmar de una en una cada plancha necesaria, al igual que cada fotolito.

Actualmente este proceso es mucho más rápido y se realiza con un equipo llamado CTP (Computer to Plate).

Los CTP Violetas utilizan un único haz de luz láser violeta (410 nm) para exponer sobre una plancha offset, con emulsión sensible a esa radiación, trabajos con diferentes resoluciones, lineaturas y tipos de punto. La plancha se monta sobre una superficie plana (mesa) dentro del CTP y se mueve avanzando, mientras el sistema Láser-Spinmotor hace un barrido a cada lado de la plancha.

4.2. El soporte

El principal soporte, con diferencia, utilizado en la impresión offset, es el papel.

La celulosa es el principal componente del papel, que en forma de fibras entrecruzadas, forman un tejido con multitud de huecos de aire. La celulosa es muy hidrófila. Así pues, los espacios intermedios

entre las fibras están llenos de aire y ocupan un volumen considerable que puede llegar, en determinados casos, hasta el 60 o 70% del total.

El papel también contiene, en menor proporción, cargas minerales (talco, caolín y cenizas), así como una sustancia aglomerante, el almidón. El encolaje interno del papel es el que le confiere su resistencia al agua. Generalmente se realiza otro encolaje superficial para controlar la absorción de tinta en la impresión y, así, evitar el desprendimiento de fibras. Otras características como la opacidad, planeidad, etc., se obtienen con otros tratamientos posteriores o aditivos diferentes.

El papel es un material higroscópico, es decir, absorbe o cede humedad con los cambios de humedad relativa de la atmósfera. Los cambios en el contenido de humedad del papel van acompañados de cambios dimensionales, produciendo una serie de distorsiones de la hoja, que ocasionan faltas de registro en la impresión y, si el problema es muy agudo, arrugas en la hoja al pasar entre los cilindros. Las hojas de papel se dilatan cuando absorben humedad y se encogen cuando la ceden.

Para conseguir una buena impresión sobre el papel no se necesitan sólo unas condiciones suficientes de imprimibilidad, para que la tinta se adapte y se seque convenientemente, sino que, además, ha de tener unas características físicas adecuadas para que pueda alimentar la máquina y pasar la hoja de papel a través del cuerpo impresor sin presentar problemas.



Foto Nº 1: Almacenamiento de bobinas de papel antes de su uso.

Las características más importantes son: dirección de fibra, densidad, encolaje superficial, resistencia al arrancado, porosidad, planeidad, rugosidad y estabilidad dimensional.

4.3. La tinta

Las tintas de imprimir están compuestas de dos fases: una sólida discontinua y que da el color, los pigmentos (sólidos finamente divididos); y otra líquida, el vehículo, que transporta y fija el color al soporte, además de dispersar y suspender a los pigmentos.

Las tintas para la impresión offset necesitan algunas peculiaridades, como que no sedisuelvan en el agua de mojado, que su intensidad no se debilite en presencia de la humedad y que no sean abrasivas para evitar el desgaste de la plancha. Su finura ha de ser extrema, ya que la película de tinta que se transmite al papel es muy fina.

Los vehículos de la tinta, que son barnices de aceite de linosa, han de resistir también el agua de mojado y los aditivos. Igualmente, han de ser muy resistentes a la emulsión con el agua. La tinta offset ha estado diseñada para emulsionarse hasta un 25% en agua. Cualquier cantidad superior se considera excesiva y provoca pérdidas de calidad al impreso. El vehículo de la tinta se denomina así porque se encarga de transportar y de fijar el pigmento (el color) sobre la superficie que se imprime.

Es necesario que se pueda distribuir bien, que sea parcialmente absorbible por el papel y que se seque convenientemente.

Las tintas offset han de tener, además, en menor proporción, otros componentes, como los agentes secantes, los suavizantes, las resinas, etc., de manera que sean apropiadas para la superficie que se quiere imprimir, al tipo de máquina que se utilizará en la impresión y al uso final del producto impreso.

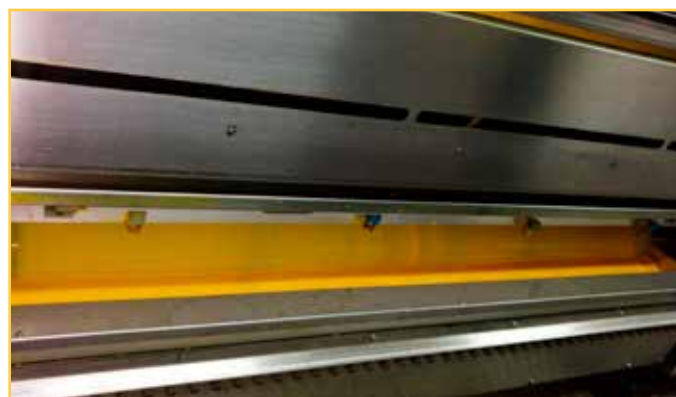


Foto Nº 2: Tintero de una rotativa de impresión.

4.4. La solución de mojado

El agua de la que podemos disponer industrialmente, o incluso domésticamente, no es pura. En su camino por aire y tierra, el agua de la lluvia absorbe diversos gases y minerales. Las aguas profundas y superficiales se depuran con cloro u oxígeno antes de ser distribuidas en forma de aguas potables.

En estas aguas, que son las que se utilizan para definir las zonas no impresoras en la impresión offset, se ha de controlar algunas características para una correcta impresión como, por ejemplo, la dureza que tiene, el pH, la tensión superficial y la conductividad.

- El grado de dureza representa la cantidad de sales minerales que lleva disueltas el agua. Estas materias pueden formar jabones untuosos con los ácidos grasos de la tinta. Estos jabones calcáreos pueden dar lugar a problemas de entintado y de mojado, como es el empastado de medios tonos, el satinado de los rodillos, etc. Un agua muy dura puede oxidar las partes metálicas con el paso del tiempo.

Así pues, si es conveniente, el impresor ha de controlar y adecuar el exceso de dureza del agua. Se recomienda trabajar con una dureza inferior a 15 odH (grado alemán: equivale a 17,8 mg CaCO₃/l de agua).

- Otra cualidad del agua que se ha de controlar es el pH. El valor pH indica si el agua es ácida o alcalina. El agua no consta sólo de moléculas formadas por átomos de hidrógeno y de oxígeno, sino que contiene además iones e hidroxiliones libres que, en el agua neutra, se equilibran. Si predominan los iones de hidrógeno, se habla de un líquido ácido si predominan los hidroxiliones se dice que el líquido es alcalino.

Para la impresión offset, el agua de mojado ha de tener un pH comprendido entre 4,5 y 5,5. Este grado de acidez aumenta la hidrofilia de las zonas no impresoras hidrófilas y reduce la tensión superficial del mojado.

Cuanto más bajas sean la tensión interfacial y superficial de un líquido, mejor humectará un sólido.

El agua corriente es poco adecuada para humectar una superficie con el mínimo de agua posible, ya que posee una elevada tensión superficial y moja o humecta las superficies metálicas de forma irregular y en capas gruesas. Si se reduce la tensión superficial y la interfacial del líquido mediante pro-

ductos adecuados, se mejora la humectación; por lo que podemos reducir notablemente la cantidad de agua que se necesita en el proceso de impresión.

Los productos capaces de reducir la tensión superficial e interfacial de un líquido son los tensoactivos.

Las medidas de pH y conductividad se aplican a las soluciones acuosas como un método de control.

Básicamente se pretende tener un valor que permita una definición de funciones, en el caso del pH y, además, una medida de seguimiento del producto en funcionamiento.

El campo de aplicación de ambas mediciones se restringe a las soluciones de mojado, ya que el aditivo concentrado que nos llega del proveedor ha de ser diluido para adecuar su funcionamiento en el sistema de mojado, y de la correcta dilución dependerá mucho la obtención de las prestaciones exigidas en el momento de la decisión.

Desde hace muchos años la medida utilizada para el control de la dilución correcta ha sido el pH, pero la evolución de las tecnologías ha permitido tener aditivos concentrados de mojado tamponadores.

El hecho de que un producto de estas características incorpore una solución tampón, no es más que un control de las variaciones de pH, es decir, las interferencias que el agua de mojado puede sufrir procedentes de papel o tinta quedan compensadas por la solución tampón.

Dado este caso, se puede también considerar una interferencia compensable el hecho de que se añada más aditivo concentrado, ya que la solución tampón actuará y la medida del pH no se verá afectada por este incremento de aditivo.

Para evitar esta situación se estudió la propiedad conductimétrica de los aditivos de mojado y se comprobó que era proporcional a la dilución y, por tanto, un método de control de la solución de mojado.

- La conductividad es la propiedad por la cual los líquidos son capaces de conducir la corriente eléctrica mediante las sales disueltas en agua. Cuantas más sales se añadan, más alta será la conductividad y, por tanto, cuanto más cantidad de aditivo de mojado se ponga, más alta será la conductividad.

La recomendación es controlar la dilución correcta con medidas de conductividad dejando el pH como una definición de la funcionalidad del aditivo de mojado. Señalar que la conductividad ha de estar determinada en el agua de solución de mojado con valores entre 1.200 y 1.800 microSiemens.

Cada aditivo de mojado suministrado por los proveedores tiene una determinada conductividad, así como cada tipo de agua corriente tendrá una determinada conductividad.

Este hecho hace que no podamos dar cifras estándares concretas para una conductividad óptima porque cada caso será diferente, pero sí que nos permite hacer una prueba del caso concreto y tomar esta lectura como la correcta y definir así el intervalo de lecturas apropiadas.

Por lo tanto, para mejorar el mojado del agua deberemos añadirle sustancias que permitan, graduación y estabilización del pH deseado, reducción de la tensión interfacial y superficial y graduación de la dureza del agua.

El aditivo, además, ha de limpiar la imagen, proteger las zonas sin imagen, contribuir a reducir la conducción del agua gracias a una mejor humectación de la plancha, mantener fresco el cojín y tener un efecto alguicida y bactericida.

El agua de mojado también requiere estar a temperaturas por debajo de 15°C para una mejor funcionalidad.

Para poder controlar todos estos parámetros se requiere de una enfriadora de agua con dosificadores del aditivo de mojado, con control de temperatura, pH y conductividad.

4.5. La mantilla de caucho

Es la encargada de transferir la tinta de la plancha al soporte que queramos imprimir. Por este motivo, se dará una especial importancia a su elaboración, su montaje y su mantenimiento.

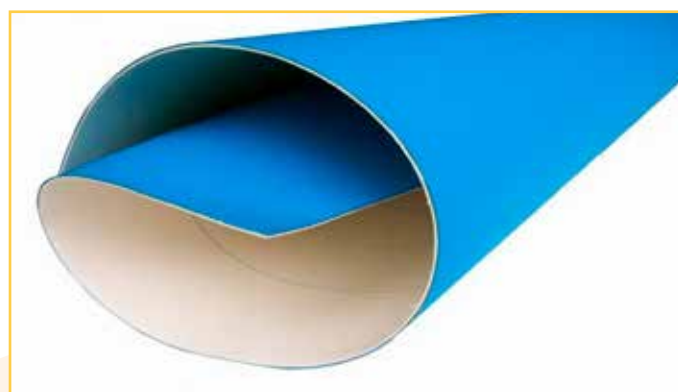


Figura N° 8: Mantilla de caucho.



Foto N° 3: Enfriadora de agua Technotrans.

La mantilla de caucho offset está constituida por una serie de capas de diversos tejidos que se pueden ver en una de las imágenes posteriores (Ver Figura N° 9).

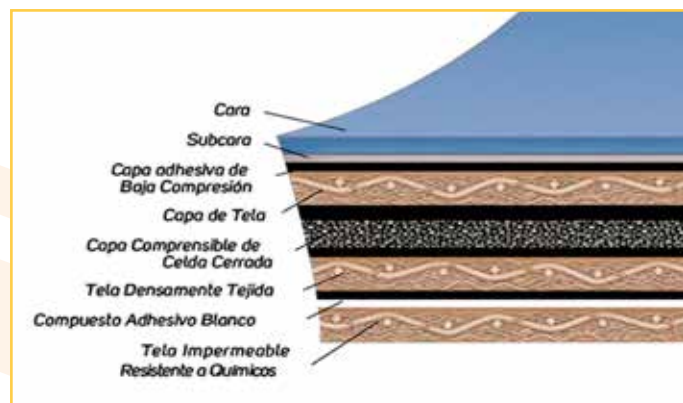


Figura N° 9: Composición de una mantilla de caucho.

La capa superficial de caucho es realmente la decisiva, porque toma contacto físico con la plancha, la tinta y el papel.

Las características más importantes que se exigen a las mantillas de offset son las siguientes:

- El grosor de la mantilla ha de ser uniforme dentro de unos límites muy bien determinados.
- La superficie no ha de tener deformaciones, agujeros o manchas que puedan afectar a la calidad de la impresión.
- No abrasiva.
- Elástica.
- Dureza superficial uniforme y suficiente para reproducir una imagen fiel.
- Muy lisa, de superficie aterciopelada, sin zonas altas ni bajas.

- Resistente a los vehículos de las tintas, a los disolventes de limpieza y a la penetración del barniz.
- Receptiva a la tinta.
- Resistente a la delaminación, a la formación de ampollas, de relieves y de depresiones, al satinado y al enganche. Buena transferencia de la tinta y fácil separación del papel.

5. CONCLUSIÓN

Desde mi punto de vista, es muy importante que se siga evolucionando con las nuevas tecnologías, en todos los campos posibles, pero el papel debe de seguir teniendo una importancia fundamental como medio de comunicación, ya sea en periódicos, libros, revistas, folletos publicitarios, etc.

Desde hace muchos años, se está realizando un esfuerzo muy grande para que el mundo del papel y de la industria gráfica se adapte a proyectos medioambientales, con bosques sostenibles, gestión y reciclaje del papel, de las planchas de aluminio, productos ecológicos, etc.

Todo esto hace que la Industria de las Artes Gráficas, siga teniendo un futuro importante y significativo, para la actual y para las futuras generaciones.

6. REFERENCIAS

- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Formación Profesional.



Foto N° 4: Mantilla instalada en un cilindro de una rotativa.

Proyecto Europeo ENDURUNS:

Diseño y Desarrollo de un Vehículo Autónomo No Tripulado, Propulsado por Hidrógeno y con Capacidad de Autoabastecimiento.

Pedro Bernalte

Isaac Segovia

Fausto Pedro García Márquez

Ingenium Research Group, Universidad Castilla-La Mancha, Ciudad Real, España

Mayorkinos Papaelias

School of Metallurgy and Materials University of Birmingham Edgbaston Birmingham

RESUMEN

La industria marina actual precisa del uso de nuevos vehículos, tecnologías y sistemas de comunicación, con el objetivo de incrementar la eficacia y eficiencia de las inspecciones para obtener más información sobre el fondo marino. Como respuesta a esta situación, el proyecto europeo ENDURUNS, financiado por la Unión Europea, diseña y desarrolla un vehículo híbrido subacuático autónomo alimentado por tecnología de celdas de hidrógeno, para su uso extendido en mares profundos y múltiples misiones, además de un barco autónomo alimentado con otras fuentes de energía renovable, como la solar. Estos vehículos contarán con técnicas de comunicación que permitirán la transferencia de datos y actualizaciones en tiempo real para la plataforma no tripulada, optimizando los consumos de energía de todos los sistemas para alcanzar un alto grado de autonomía. ENDURUNS se centrará en la cartografía de los fondos marinos con una resolución de 100 metros para satisfacer la iniciativa "Seabed 2030", enmarcado dentro del programa europeo de investigación e innovación "Horizon 2020". Los objetivos de este proyecto también contemplan incorporar otras capacidades para realizar estudios geofísicos, evaluación de poblaciones de peces, vigilancia, etc. El vehículo submarino se comunicará con el vehículo de superficie para transmitir datos, actualizaciones de la misión y realizar geo-etiquetas de las ubicaciones cartográficas de los fondos marinos.

1. INTRODUCCIÓN

Los océanos cubren más de dos tercios de nuestro planeta, pero en la actualidad únicamente un 15% de las profundidades marinas han sido exploradas⁽¹⁾. Diferentes organismos, como el General Bathymetric Chart of Oceans (GEBCO), la Organización Hidrográfica Internacional (OHI) y la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) de la UNESCO, han fijado el objetivo de promover una colaboración internacional para facilitar la cartografía completa de los fondos oceánicos para el año 2030, denominada "Seabed 2030". Esta iniciativa está enmarcada dentro del programa europeo de investigación e innovación "Horizon 2020", en el cual se desarrollan diversos proyectos para desarrollar nuevas tecnologías y aplicaciones. La iniciativa "Seabed 2030" estableció como objetivo la recopilación de los datos disponibles en un modelo digital de alta calidad con una resolución de 100 metros del fondo oceánico, en comparación con los 5 kilómetros de resolución de los mapas actuales⁽²⁾. El proyecto ENDURUNS, representado por el logotipo en la Figura Nº 1, pretende desarrollar un sistema híbrido formado por varios vehículos autónomos, capaces de funcionar en condiciones de altar mar y desarrollar una amplia gama de misiones.



Figura Nº 1: Logotipo del proyecto "ENDURUNS".

Las profundidades oceánicas y los fondos marinos encierran un gran potencial en términos de recursos geológicos y de recursos o hábitats de biodiversidad⁽³⁾. Por este motivo, la cartografía de los océanos es de gran importancia, ya que puede proporcionar datos para los modelos de cambio climático, cadenas y volúmenes de producción de alimentos, nuevas fuentes de energía y biomedicina. La cartografía detallada del fondo marino también contribuirá a la prevención de posibles accidentes, como el accidente del submarino nuclear USS "San Francisco" en una montaña submarina no cartografiada en 2005. La cartografía de los fondos marinos es de una gran importancia para las políticas europeas en materia de ordenación del territorio, políticas marítimas, programa de Blue Growth (estrategia para la recuperación económica de Europa) y seguimiento del estado de los mares europeos y de las aguas internacionales⁽⁴⁾. Los datos de los fondos marinos y batimetría existentes en la actualidad, tal como se describen en el portal central de datos marinos de la UE, han sido adquiridos por buques de superficie que transportan ecosondas multihaz y sónares de batimetría, y mediante el uso de datos tomados del GEBCO.

Las dificultades físicas, el coste de los vehículos de reconocimiento, el equipo, los buques de apoyo y los gastos de las misiones relacionados con las operaciones en un entorno tan complejo, hacen que las misiones de reconocimiento en alta

mar sean difíciles, de gran riesgo y con elevados costes asociados. Es importante destacar que un solo buque de apoyo de superficie para cartografiar el fondo del mar, utilizando ecosondas multihaz, cuesta alrededor de 45.000 dólares por día⁽⁵⁾. Otras opciones incluyen el uso de sofisticados vehículos subacuáticos autónomos (Autonomous Underwater Vehicles, AUVs), propulsados a motor o planeadores, que también requieren el uso de un buque de apoyo de superficie para su despliegue y recuperación. El buque de apoyo se emplea normalmente para el lanzamiento y la recuperación de vehículos submarinos autónomos, en particular cuando se trata de misiones en alta mar. Esto aumenta bastante el coste total de la misión en un factor significativo. Por lo tanto, se necesita una mayor resistencia en las plataformas AUV para reducir los costes de las misiones y mejorar la capacidad de exploración oceánica, aumentando sustancialmente el número de buques no tripulados que realizan estudios en alta mar. Se han utilizado AUVs que utilizan motores eléctricos alimentados por baterías.

En la Figura N° 2 se muestra un diagrama de una inspección marina y comunicaciones, tanto AUVs con barcos de soporte y con AUVs con enlaces con otros vehículos autónomos de superficie (Unmanned Surface Vehicles USV). A partir de estas premisas, el proyecto ENDURUNS se basa en el mismo esquema de comunicaciones.

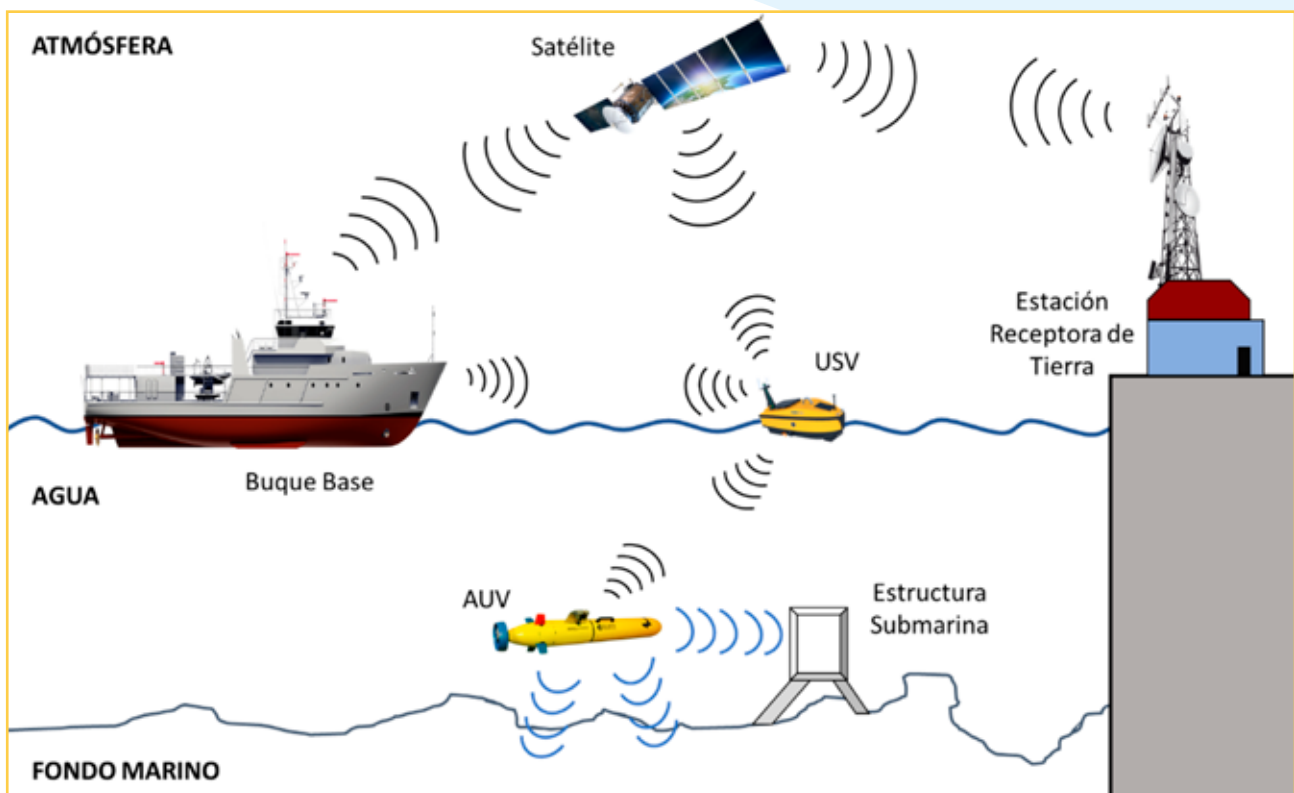


Figura N° 2: Inspección marina mediante AUVs⁽⁶⁾.

2. ESTADO DEL ARTE

El desarrollo de los AUVs y su avance tecnológico han experimentado una notable transformación en las últimas dos décadas. Los AUVs han pasado de ser un equipo pesado y costoso, a ser un instrumento viable para muchas aplicaciones científicas e industriales, como la cartografía de los fondos marinos, los estudios geofísicos, las mediciones en la columna de agua, la inspección de la infraestructura, las aplicaciones militares, etc.⁽⁷⁾. Las capacidades computacionales, sensores empleados, la autonomía e inteligencia han crecido enormemente para atender las necesidades de las misiones requeridas. Sin embargo, la autonomía sigue siendo una de las mayores restricciones, limitada a unas pocas horas de mediciones de alta resolución en el mejor de los casos.

Los AUVs pueden dividirse en dos categorías: planeadores y AUVs autopropulsados. Los planeadores o gliders, como se observa en la Figura N° 3, son vehículos submarinos que utilizan variaciones en su flotabilidad para cambiar su posición con respecto a la profundidad. Usando sus alas, los planeadores pueden convertir el movimiento vertical en horizontal propulsándose hacia delante con un consumo de energía muy bajo y a velocidades muy bajas. De esta manera, los planeadores pueden extender la duración de la misión de muestreo oceánico a semanas o meses y a miles de kilómetros⁽⁸⁾. Los gliders son adecuados para un conjunto particular de misiones que involucran mediciones relativamente básicas como temperatura, conductividad, evaluación de corriente, profundidad del fondo de

fluorescencia clorofílica y otros parámetros en la columna de agua. Los planeadores, aunque tienen un nivel de autonomía mucho más alto, p. ej. el Sea Glider tiene una autonomía de nueve meses, sus capacidades de medición son significativamente inferiores en comparación con los AUVs⁽⁹⁾. Los planeadores dependen del empuje del control automático de la flotabilidad y no tienen la capacidad de mantener una trayectoria directa (lineal) a través del agua, por lo que no son capaces de llevar a cabo misiones de inspección, tales como mapeo de fondos marinos, elaboración de perfiles, etc.

Los AUVs autopropulsados no tripulados tienen generalmente forma de torpedo. Los AUVs llevan sensores dedicados a la realización de su misión particular y normalmente un módem acústico para comunicarse con el buque de superficie de apoyo. Los AUVs navegan usando una combinación de balizas acústicas colocadas en el fondo marino y el posicionamiento acústico mediante transductor de línea base (LBL)⁽¹¹⁾, o una combinación de posicionamiento acústico (Ultra Short Baseline USBL), datos GPS transmitidos desde el buque de apoyo de superficie, sensores de inercia, datos de altímetro, y registros de velocidad Doppler (DVL)⁽¹²⁾. La tecnología utilizada en los actuales AUVs hace relativamente compleja la morfología de los prototipos, buscando la optimización del espacio interior, como el mostrado en la Figura N° 4.



Figura N° 3: Planeador(Glider)⁽¹⁰⁾.

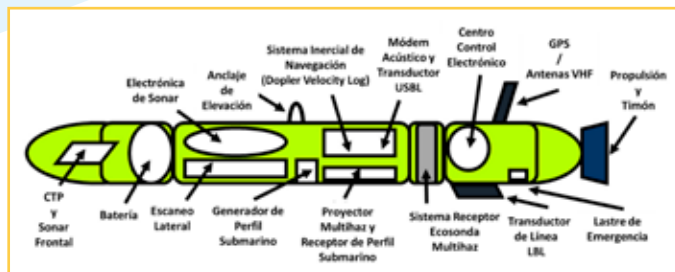


Figura N° 4: Configuración típica en los actuales AUVs⁽¹³⁾.

A diferencia de los planeadores, que se propulsan con un motor de flotabilidad y tienen una trayectoria en diente de sierra, los AUVs son capaces de mantener una trayectoria directa (lineal) a través del agua y, por lo tanto, son muy adecuados para la cartografía de los fondos marinos, las mediciones científicas, la inspección de la infraestructura y la vigilancia, ya que requieren una altitud constante⁽¹⁴⁾. La capacidad de los vehículos submarinos autónomos para navegar relativamente cerca del lecho marino permite recopilar datos de cartografía, elaboración de perfiles e imágenes del fondo marino con una resolución espacial mucho mayor. Esta resolución supera bastante la precisión de navegación que los buques de superficie, pudiendo emplear sistemas de sonar de barrido lateral, además de cámaras^(15,16).

Recientemente se han desarrollado vehículos híbridos que combinan el modo de funcionamiento de un AUV y de un planeador. Su funcionamiento se basa en la navegación hasta la zona de la misión utilizando el planeador para activar posteriormente el modo autopropulsado para las misiones de reconocimiento con precisión. Diferentes empresas han dedicado sus investigaciones para analizar este tipo de vehículos, p. ej. el Slocum fabricado por Teledyne⁽¹⁷⁾ y el Folaga de GRAALTECH⁽¹⁸⁾, aprovechando las mejores especificaciones técnicas de ambos tipos de vehículos.



Figura N° 5:
 GRAALTECH AUV desarrollado por GRAALTECH, "La Folaga".⁽¹⁹⁾

A pesar de estas ventajas, el alcance y la autonomía son dos de los principales inconvenientes de los UAVs como ya se ha comentado. La autonomía está condicionada por la capacidad de la batería, normalmente de litio, limitando su duración en 60 horas debido a los elevados requerimientos de potencia y el consumo de la instrumentación de abordo. Se están realizando estudios centrados en el desarrollo de AUVs con celdas de combustible alimentadas por hidrógeno, tales como el Urashima de Jamstec y Mitsubishi Heavy Industries, el DeepC por un consorcio alemán liderado por ATLAS Elektronik, el instituto francés de investigación marina Ifremer, el Seahorse del Laboratorio de Investigación Aplicada Pen State (ARL) y varios proyectos de la Oficina de Investigación Naval de los Estados Unidos (ONR).

Para lograr el objetivo de cartografiar los océanos y continuar con la iniciativa "Seabed 2030" es necesario avanzar en áreas como la tecnología de lanzamiento y recuperación de estos vehículos, así como, las tecnologías de comunicación y de cartografía, etc.⁽²⁰⁾.

3. OBJETIVOS DE ENDURUNS

El proyecto ENDURUNS pretende desarrollar un vehículo híbrido AUV con una autonomía de funcionamiento de varios meses, capaz de establecer co-

municaciones con la estación en tierra y con actualizaciones de los parámetros de trabajo del UAV. El modo de navegación estará dividido en dos fases, un modo de planeado para navegar cuando no se lleven a cabo actividades de reconocimiento, y un modo de propulsión cuando sea necesario realizar inspecciones submarinas con un rumbo, altura y velocidad constantes. El modo planeador es el más eficiente para la conservación de energía, debido a los reducidos requisitos de potencia, mientras que el modo propulsado tiene unos consumos de potencia exponencialmente mayores.

Los objetivos perseguidos por este proyecto se describen en la Tabla N° 1.

Mejorar si cabe la tecnología y resistencia de los vehículos actuales.
Funcionar sin necesidad de un buque de superficie de apoyo (tripulado).
Posibilidad de zarpar desde un avión, helicóptero o buque.
Ser capaz de volver y acoplarse de forma autónoma al vehículo base ASV.
Capacidades de comunicación robusta y segura para la transferencia de datos bidireccional, incluyendo las características del "Find Me".
Modularidad y compatibilidad con diversos sistemas, para realizar una gran variedad de misiones.
Uso de materiales ligeros, para optimizar el uso de energía de propulsión o aumentar la necesidad de carga útil, si la misión lo requiriese.
Uso de una fuente de energía que soporte misiones en alta mar durante meses y múltiples usos.
Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y prueba de fallos.

Tabla N° 1: Objetivos del proyecto.

El proyecto ENDURUNS aporta un novedoso enfoque en las actividades de prospección en alta mar, introduciendo un vehículo que pueda inspeccionar de forma autónoma grandes áreas del fondo marino y realizar otras actividades (vigilancia, prospección geológica, etc.), con una autonomía de varios meses de funcionamiento continuo. El vehículo ENDURUNS estará formado por un AUV y un USV acoplados al inicio de la operación, siendo el AUV autónomo para desarrollar su propia ruta cuando lo requiera la inspección. Los dos vehículos realizarán la misma trayectoria para asegurar una eficiente conexión y transmisión de comunicaciones y datos, y el USV servirá de puente entre el AUV y la estación en tierra. En la Figura N° 6 se muestra un modelo de USV mientras realiza tareas de seguimiento.



Figura Nº 6: Modelo de ASV C-Worker6 desarrollado por ASVGLOBAL Marine System⁽²¹⁾.

4. DESARROLLO ENDURUNS

4.1. Batería

El AUV diseñado para el proyecto ENDURUNS estará equipado con un sistema de pilas de combustible de hidrógeno como fuente principal de energía. El hidrógeno tiene una mayor energía específica que las baterías convencionales, produciendo mayores niveles de potencia para los AUVs. Otra ventaja añadida, dependiendo de la tecnología de almacenamiento, es la disponibilidad del vehículo debido al elevado tiempo de carga de las baterías o la necesidad de realizar sustituciones. Para el caso de celda de combustible de hidrógeno, este componente puede ser repuesto en cuestión de minutos.

Las celdas de combustible de hidrógeno utilizadas para alimentar el AUV y el USV serán seleccionadas en base a su eficiencia, seguridad y el tipo de dispositivo de almacenamiento de hidrógeno, además del tipo de operación. Dos clases principales de celdas de combustible de hidrógeno han sido identificadas como candidatos potenciales para el sistema ENDURUNS; pilas de combustible alcalinas, o AFCs, y celdas de combustible de membrana de

electrolito polimérico, o PEMFCs. Los AFCs tienden a tener mayor eficiencia que los PEMFCs, que necesitan oxígeno puro para funcionar. Sin embargo, esta situación no es un problema de diseño, ya que el oxígeno necesario para su funcionamiento se almacena a bordo en un tanque separado. Las aguas residuales se recogerán en un tercer depósito, siendo almacenadas hasta que el vehículo vuelva a la base. En la Figura Nº 7 (izquierda) se muestra una AFC utilizada en misiones espaciales y en la derecha, la arquitectura de una PEMFC.

El USV no requiere de acumulación de aguas residuales y la celda de combustible utiliza aire en lugar de oxígeno puro. Los AFCs pueden contaminarse por contacto con el aire normal, pero los PEMFCs no muestran estas desventajas. La eficiencia de PEMFC ha ido mejorando con el tiempo, aunque sigue siendo inferior a la que puede alcanzar AFC. El dispositivo de almacenamiento de hidrógeno será seleccionado en función de las especificaciones de la misión, tipo de mediciones, profundidad, duración, etc. El funcionamiento de la celda de combustible será monitorizada y ajustada por un controlador inteligente para asegurar la optimización energética durante cada misión y permitir la máxima autonomía. La Figura Nº 8 muestra el tanque de almacenamiento de H₂ líquido utilizado por BMW para uno de sus modelos de hidrógeno y sus principales características.

El despliegue y el funcionamiento de los sistemas no tripulados requieren de una planificación de la misión y un control de supervisión eficaces. La operación autónoma de AUVs y USVs por períodos prolongados precisa de interfaces de comunicación avanzadas, basadas en la combinación de módems acústicos y enlaces con satélites, superando las limitaciones en el procesamiento de datos de gran tamaño. El centro de control y monitorización remoto se empleará únicamente para la planificación y el seguimiento de misiones mundiales de alto nivel. La estación base central de mando y control se



Figura Nº 7: (Izquierda) Pila alcalina usada en misiones espaciales debida a su alta eficiencia. (Derecha) Principio operacional de una pila de hidrógeno⁽²²⁾.



Figura N° 8: (Izquierda) Tanque de almacenamiento de H₂ líquido en el maletero de un BMW híbrido. (Derecha) Diagrama esquemático mostrando la arquitectura del tanque de almacenamiento.⁽²³⁾

desplegará en tierra y se conectará al USV mediante un enlace por satélite, capaz de planificar misiones cooperativas para el AUV y el USV. Un sistema de comunicación inalámbrica local en el USV se basará en sistemas WiFi para realizar un enlace con el AUV cuando vuelva a salir a la superficie. El USV se comunicará con el AUV a través de una configuración de módem acústico de ancho de banda bajo. El principal enlace de comunicación entre el USV y el centro de control remoto en tierra será a través de un enlace satelital.

4.2. Simulaciones, pruebas y modelización

La evaluación de las características hidrodinámicas de los AUV y USV se llevará a cabo con diferentes simulaciones con el objetivo de prevenir fallos y optimizar el funcionamiento del sistema. Los materiales utilizados para la fabricación de los diferentes componentes críticos de los AUV, USV, tanques de almacenamiento y tuberías asociadas, serán sometidos a diferentes pruebas y controles. Los resultados se validarán utilizando el análisis de elementos finitos más adecuado, para asegurar la integridad estructural durante la operación en aguas muy profundas, así como, la exposición del sistema frente al hidrógeno, particularmente cuando se almacena a alta presión, baja temperatura y en forma líquida.

4.3. Carga útil del sensor

La carga útil del sensor se seleccionará en función del tipo de mediciones que se vayan a realizar, p. ej. la cartografía del lecho marino requerirá el uso de ecosondas y sonares. El vehículo tendrá compatibilidad con todos los tipos de sensores que se utilizan a nivel industrial para la inspección subacuática. Se tendrán en cuenta las especificaciones de la misión con el objetivo de optimizar la aplicación del sensor por medio de la selección de sus parámetros óptimos⁽²⁴⁾. Esta metodología ha sido implantada en el proceso de optimización de las inspecciones aéreas con drones, obteniendo mejoras operativas^(25,26).

4.4. Tratamiento y control de datos

Los datos obtenidos por los sensores se procesarán a bordo utilizando el ordenador integrado y posteriormente esta información es almacenada en la tarjeta de memoria SD contenida en las cápsulas de datos. Con el objetivo de automatizar el análisis de datos y minimizar los requisitos de intervención humana, se emplean algoritmos avanzados de procesamiento de señales. Para minimizar el consumo de energía y nivel de datos durante la transmisión del AUV al USV y del USV al centro de control, se realiza una monitorización continua para detectar incidencias y controlar la eficiencia del sistema.

4.5. Análisis del ciclo de vida.

Se ha previsto un análisis completo del análisis del ciclo de vida (ACV) para definir el perfil energético y medioambiental de los nuevos procesos que se llevarán a cabo según la norma ISO 14040. Los materiales y procesos desarrollados en el marco del proyecto se evalúan en función de su impacto medioambiental, en particular el ciclo de vida, incluida la producción, la aplicación, el reciclado y la eliminación. Se evaluarán diferentes categorías e indicadores de impacto ambiental, incluyendo el uso y agotamiento de los recursos necesarios, el potencial de calentamiento global, la demanda de energía, el efecto del cambio climático, la salud humana, el impacto del reciclaje, la contaminación del aire, así como su coste asociado⁽²⁷⁾. El ACV se llevará a cabo de acuerdo con el Manual del Sistema Internacional de Datos del Ciclo de Vida de Referencia.

5. CONCLUSIONES

El proyecto ENDURUNS pretende desarrollar un novedoso sistema de inspección submarino, con capacidad para realizar operaciones autónomas y una mayor autonomía de las misiones. Ingenium Research Group, de la Universidad de Castilla-La

Mancha, colabora en este ambicioso proyecto junto al resto de partners en cada una de sus áreas de conocimiento. El proyecto se encuentra en la fase de diseño de los distintos vehículos implicados y la tecnología de comunicaciones y energética que va a ser utilizada. El proyecto ENDURUNS dispone de web propia <https://enduruns.eu/>, en la cual se podrán seguir todas las evoluciones, avances y novedades relativas a estas investigaciones.

6. ANEXO. CONSORCIO PARTICIPANTE EN "PROYECTO ENDURUNS".



7. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Proyecto Europeo H2020 en el marco de las Becas de Investigación H2020-MG-2018-2019-2020, ENDURUNS.

8. REFERENCIAS

- (1). Marx, R.F. The history of underwater exploration. Courier Corporation: 1990.
- (2). Whitcomb, L.; Yoerger, D.R.; Singh, H.; Howland, J. Advances in underwater robot vehicles for deep ocean exploration: Navigation, control, and survey operations. In Robotics research, Springer: 2000; pp 439-448.
- (3). Xiang-long, J. The development of research in marine geophysics and acoustic technology for submarine exploration [j]. Progress in Geophysics 2007, 4.
- (4). Growth, B. Communication from the commission: "Blue growth," opportunities for marine and maritime sustainable growth. COM/2012/0494/Final 2012.
- (5). Singh, S. <http://geoawesomeness.com/mapping-in-the-deep-why-is-85-of-the-ocean-floor-still-unexplored/>
- (6). Jones, D.O.B.; Gates, A.R.; Huvenne, V.A.I.; Phillips, A.B.; Bett, B.J. Autonomous marine environmental monitoring: Application in decommissioned oil fields. Science of The Total Environment 2019, 668, 835-853.
- (7). Horgan, J.; Toal, D. In Review of machine vision applications in unmanned underwater vehicles, 2006 9th International Conference on Control, Automation, Robotics and

- Vision, 2006; IEEE: pp 1-6.
- (8). Jain, S.K.; Mohammad, S.; Bora, S.; Singh, M. A review paper on: Autonomous underwater vehicle. International Journal of Scientific & Engineering Research 2015, 6.
- (9). Education, W. <http://seaglider.washington.edu/story/Seaglider.html>
- (10). Zhou, M.; Bachmayer, R.; Deyoung, B. Initial performance analysis on underside iceberg profiling with autonomous underwater vehicle. 2014; p 1-6.
- (11). Jakuba, M.V.; Roman, C.N.; Singh, H.; Murphy, C.; Kunz, C.; Willis, C.; Sato, T.; Sohn, R.A. Long baseline acoustic navigation for under ice autonomous underwater vehicle operations. Journal of Field Robotics 2008, 25, 861-879.
- (12). McPhail, S. Autosub6000: A deep diving long range auv. Journal of Bionic Engineering 2009, 6, 55-62.
- (13). P. J. Bernalte, I.S., F. P. García. Equipo de ensayos no destructivos embarcados en drones basados en el análisis del sonido de elementos rotativos. In 14º Congreso de la AEND, Vitoria-Gasteiz, 2019; p 216.
- (14). Mayer, L.A. Frontiers in seafloor mapping and visualization. Marine Geophysical Researches 2006, 27, 7-17.
- (15). Murton, B.J.; Rouse, I.P.; Millard, N.W.; Flewelling, C.G. Multisensor, deep towed instrument explores ocean floor. Eos, Transactions American Geophysical Union 1992, 73, 225-228.
- (16). Scheirer, D.S.; Fornari, D.J.; Humphris, S.E.; Lerner, S. High-resolution seafloor mapping using the dsl-120 sonar system: Quantitative assessment of sidescan and phase-bathymetry data from the lucky strike segment of the mid-atlantic ridge. Marine Geophysical Researches 2000, 21, 121-142.
- (17). Marine, T. <http://www.teledynemarine.com/slocum-glider>
- (18). Caffaz, A.; Caiti, A.; Casalino, G.; Turetta, A. The hybrid glider/auv folaga. IEEE Robotics & Automation Magazine 2010, 17, 31-44.
- (19). S.r.l., G.T. "La folaga". <https://www.graaltech.com/folaga-features>
- (20). Griffiths, G.; Edwards, I. Auvs: Designing and operating next generation vehicles. In Elsevier oceanography series, Elsevier: 2003; Vol. 69, pp 229-236.
- (21). Global, A. <https://www.asvglobal.com/product/c-worker-6/>
- (22). Administration, N.A.a.S. Nasa space shuttle power plant. <https://spaceflight.nasa.gov/shuttle/reference/shutref/orbiter/eps/pwrplants.html>
- (23). Finn, R.L.; Wright, D. Unmanned aircraft systems: Surveillance, ethics and privacy in civil applications. Computer Law & Security Review 2012, 28, 184-194.
- (24). Segovia, I.; Pliego, A.; Papaelias, M.; Márquez, F.P.G. In Optimal management of marine inspection with autonomous underwater vehicles, International Conference on Management Science and Engineering Management, 2019; Springer: pp 760-771.
- (25). Ramírez, I.S.; Marugán, A.P.; Márquez, F.P.G. In Remotely piloted aircraft system and engineering management: A real case study, International Conference on Management Science and Engineering Management, 2018; Springer: pp 1173-1185.
- (26). García Márquez, F.P.; García de Carellan Esteban-Infantes, I.; Segovia Ramírez, I.; Pliego Marugán, A.; Navarro Leal, M.; Huerta Herráiz, Á. Scarab: Herramienta inteligente de optimización de la operación y el mantenimiento de plantas fotovoltaicas, basada en nuevos sistemas de monitorización embarcados en uavs. 2018.
- (27). Pérez, J.M.P.; Márquez, F.P.G.; Hernández, D.R. Economic viability analysis for icing blades detection in wind turbines. Journal of Cleaner Production 2016, 135, 1150-1160.

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 30 Años de Investigación y Progreso en Canarias



José Pablo Suárez Rivero

Vicerrector de Investigación, Innovación y Transferencia de la ULPGC

RESUMEN

En este artículo se hace un recorrido resumido de lo que ha significado, desde sus orígenes, la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, hasta su fundación en 1989 y lo que ha supuesto en estos 30 años en materia de Investigación, Desarrollo e Innovación en Canarias, en especial en las ramas de Ingeniería y Tecnología.

1. INTRODUCCIÓN

La Universidad de Las Palmas de Gran Canaria nació hace 30 años como respuesta a una reivindicación social que llevó a la aprobación de la Ley de Reorganización Universitaria de Canarias por el Parlamento de Canarias el 26 de abril de 1989. Sin embargo, sus orígenes se remontan un tanto antes, a octubre de 1779, cuando el Boletín Oficial del Estado publicaba la Ley 29/79, por la que se creaba la Universidad Politécnica de Las Palmas (UPLP). Aun así, diversas fuentes han investigado sobre sus orígenes más lejanos, como Carlos Guitián Ayneto en su tesis doctoral⁽²⁾. Según esta fuente, desde principios del siglo XVII se plantea en Gran Canaria la necesidad de establecer una Universidad con estudios de Artes y Teología, dado que hasta la época, en las islas, la educación se encontraba en los Colegios Conventuales y en los estudios de Gramática financiados por los Concejos y el Cabildo Catedralicio. En 1610, en Gran Canaria, se promueve una iniciativa, pero es abortada y es un siglo después cuando se produce una nueva petición, esta vez promovida por el monasterio de San Agustín de La Laguna. La misma no tuvo éxito debido a desavenencias entre escuelas religiosas lo que produjo que, en Gran Canaria, se volviera a iniciar la petición, esta vez en forma de un Centro científico y literario. Tampoco prosperó y se sucedieron, entre 1735 y 1777, otros 4 intentos más que fracasaron todos.

En 1784 se reunía en la ciudad de Las Palmas de Gran Canaria la junta de la Real Sociedad Económica de Amigos del País, bajo la presidencia de don Francisco de León Matos, con el fin de examinar la propuesta -según Viera y Clavijo "utilísimo proyecto para todas las islas"- de establecer varias facultades de carácter universitario en la mencionada ciudad, aprovechando la infraestructura dejada tras la expulsión de los jesuitas. De esta manera, se establecerían cátedras de leyes, cánones, medicina, cirugía y náutica, agregadas al claustro y Universidad de Sevilla⁽³⁾.

Los años sucesivos continúan con la misma tónica sin que Gran Canaria abandone el proyecto de crear la Universidad entre 1784 y 1816. En 1816 una real cédula permite la iniciación de los cursos en la llamada "Universidad de San Fernando en La Laguna". En 1817 se inaugura el curso con estudios de Filosofía, Teología y Derecho.

En 1901 se crea en Gran Canaria la Escuela Superior Industrial, Escuela Universitaria Politécnica en la actualidad, antecedente de las enseñanzas técnicas en Canarias. Los nuevos estudios pretendían mejorar la formación de trabajadores permitiendo mejores oportunidades, entre las cuales estaban las retributivas, toda vez que Canarias estaba necesitada de mano de obra y puestos especializados. La puesta en marcha de este Centro tuvo muy buena acogida por parte de la burguesía grancanaria que lo prefería, por razones puramente económicas, a una Universidad.

Por fin, el 15 de septiembre de 1973 se crea, por el Consejo de Ministros, el Colegio Universitario de Las Palmas con la división de Medicina y dos días después se aprueba la creación de la Escuela Téc-

nica Superior de Arquitectura. Estos dos Centros, como desde 1974 la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, se vienen a sumar a la Escuela Universitaria Politécnica, la Escuela de Estudios Empresariales y la Escuela de Magisterio, que venían funcionando dependientes de La Laguna desde su integración en la estructura universitaria a raíz de la Ley General de Educación de 1970⁽³⁾.

1.1 Los primeros antecedentes, los estudios de ingenieros industriales en Las Palmas dependientes de la Universidad de la Laguna

Los estudios de ingenieros industriales marcaron, sin duda, la semilla de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria y algunas fuentes describen el proceso de consolidación de estos estudios⁽¹⁾.

La Escuela Superior de Ingenieros Industriales de Las Palmas comienza a impartir sus Enseñanzas, regulada por la Orden Ministerial del 9 de marzo de 1968 en el curso académico 1968-69. Mediante dicha Orden, se crean las Enseñanzas de primer curso común de Escuelas Técnicas Superiores de Ingenieros, adscritas a la Universidad de la Laguna.

El 23 de agosto de 1969, a través de una Orden Ministerial, la Escuela de Las Palmas pasa a ser Sección Delegada de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Madrid. De esta manera, durante los cursos 1968-69, 1969-70 y 1970-71, sólo se imparten en la Escuela de Las Palmas los dos primeros años de la Carrera de Ingeniero Industrial, regulada por la Ley de Reordenación de las Enseñanzas Técnicas de 29 de abril de 1964.

Más tarde, en 1971, se crea el tercer curso de Ingeniería Industrial con las especialidades mecánica y eléctrica y en 1974 se establece la creación oficial de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Las Palmas perteneciente a la Universidad de La Laguna. Posteriormente y mediante la Orden de 21 de febrero de 1975 se establecen, en la Escuela Superior de Ingenieros Industriales de Las Palmas, las especialidades de química y organización industrial⁽¹⁾.

El 28 de febrero de 1979, coincidiendo con la creación de la Universidad Politécnica de las Palmas, se aprueba el plan de estudios para seis años de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Las Palmas, perteneciente, hasta ese entonces, a la Universidad de La Laguna.

El Ley 29/79 del 30 de Octubre de 1979 (B.O.E. del 31 de octubre) crea la Universidad Politécnica de Las Palmas, a la cual queda adscrita la Escuela Superior de Ingenieros Industriales. La primera promoción de Ingenieros Industriales por la Escuela de Las Palmas se graduó en el año 1975, y en el periodo 1975-1995 se graduaron en la misma 175 ingenieros ⁽¹⁾. Se demostraba así, que los esfuerzos de casi una década entre 1969 y 1979 no fueron en vano para demandar una universidad que vendría a girar el rumbo de una isla y de una región.

El presente artículo consta de dos partes bien diferenciadas, una primera (Apartados 1 y 2) que recoge un resumen de los antecedentes de la ULPGC, y otra parte (Apartados 3 y 4) con el periodo desde 1989 hasta la actualidad, resaltando la fortaleza investigadora de estos 30 años de la ULPGC.

2. LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE LAS PALMAS 1979 -1989

Durante 1978 el partido político UCD (Unión de Centro Democrático) de Adolfo Suárez promueve una Universidad general (ULP), no politécnica, para Las Palmas. Presiones de la ULL (Universidad de La Laguna) lo bloquean. Entre tanto, se termina la legislatura política y se debe aparcar la idea. Pero posteriormente se inicia una nueva legislatura y se retoma la idea de una ULP en Gran Canaria. En esta ocasión se conoce que Suárez apostará por una Universidad Politécnica de Las Palmas (UPLP), no una ULP general, con gran cobertura de estudios técnicos y la asignación de las escuelas de Tenerife (Aparejadores y Agrícolas) a la UPLP. Finalmente, en octubre de 1979 se crea la UPLP⁽⁹⁾. En la Figura N° 1 se muestra una nota anunciadora de lo que sería la nueva UPLP.

SERA ANUNCIADA POR SUAREZ EN CANARIAS

ASÍ SERÁ LA POLITÉCNICA DE LAS PALMAS

El Presidente Suárez anunció, durante su próxima visita a Canarias, la creación de la Politécnica de Las Palmas, que al cambiar el nombre ya pasará a ser: «Escuelas Superiores de Ingeniería y Arquitectura de Las Palmas, que imparten el primer ciclo, e Ingeniería Agrícola y Arquitectos Técnicos de La Laguna» además una Escuela Politécnica con las ramas de Telecomunicaciones, Naves, Obras Públicas y Topografía. Según ha explicado el Rector de la Universidad de La Laguna, señor Simplicio Masarell, el cual que vivirá en Tenerife, se trata de una operación que sentaría las bases de una Universidad que las necesidades de la región y en particular las de la ciudad del primer ciclo antes de abordar la situación del ciclo superior.

Para detallar las características de la operación nos hemos puesto al habla con el director de la Escuela Universitaria de Ingenieros Técnicos Industriales de Las Palmas, don José Placido Suárez, que ha seguido el tema desde su interior mismo.

«En qué consiste la Politécnica?»

«Está compuesta por una Escuela Técnica Superior de Ingenieros, en sus ocho ramas, la de Arquitectura y la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica, en sus nuevas ramas y de Arquitectura Técnica. Actualmente en nuestro distrito universitario contamos con dos Escuelas Técnicas Superiores, y una Escuela de Ingeniería Técnica, en Las Palmas y diez Escuelas Universitarias en La Laguna (Agrícola y Arquitectura Técnica).

Con vistas a la creación de un centro politécnico en el archipiélago, con sede en Las Palmas, habría que pensar en ampliar el número de centros, proporcionando la alternativa de diversos centros superiores o Escuelas Universitarias. En principio parece que en una región no deban de implantarse estudios técnicos superiores de una rama sin que existan los correspondientes a nivel de Ingeniería Técnica y es por lo que nuestra Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial, en unión con el resto de centros, deberá ser la Junta de Gobierno propuesta de que en nuestra provincia se pudiesen impartir enseñanzas de diversas Ingenierías técnicas, que tienen más demanda.

Se llegó a la conclusión de que las ramas de Telecomunicaciones, Naves, Obras Públicas y Topografía obedecen a esta demanda. Dicha propuesta fue aprobada por el Consejo de Rectores en el

Las nuevas ramas se impartirán, de forma gradualmente progresiva, a partir de octubre próximo

CON LA VISTA PUESTA EN LAS NECESIDADES DE TITULACIÓN DE LA REGION, APROVECHA LO EXISTENTE Y AÑADE CUATRO NUEVAS RAMAS DE INGENIERIA

Se quiere abrir así un abanico de posibilidades de estudios técnicos muy amplio

PROGRAMACIÓN PARA LA PUESTA EN MARCHA DE LA ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA, CON LAS RAMAS DE INGENIERÍAS TÉCNICAS DE TELECOMUNICACION, NAVAL, OBRAS PÚBLICAS Y TOPOGRAFIA, EN LA ACTUAL ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE LAS PALMAS

CURSO	RAMA	DOTACION LABORATORIO	DOTACION PROFESORADO
OCTUBRE-1978	1.ª TELECOMUNICACION	Electrónica	1 Catedrático, 1 Agregado, 3 Catedráticos, 3 Agregados.
OCTUBRE-1979	2.ª TELECOMUNICACION	Tecnología	1 Catedrático, 1 Agregado, 4 Catedráticos, 4 Agregados.
OCTUBRE-1980	1.ª NAVAL	Ordenador	1 Catedrático, 1 Agregado, 3 Catedráticos, 3 Agregados.
	2.ª NAVAL	Pinturas, Lubricantes y Combustible	1 Catedrático, 1 Agregado, 4 Catedráticos, 4 Agregados.
	3.ª NAVAL	Mecánica de Fluidos y Ensayos Mecánicos	1 Catedrático, 1 Agregado, 4 Catedráticos, 4 Agregados.
	1.ª OBRAS PÚBLICAS	Materiales	1 Catedrático, 1 Agregado, 2 Catedráticos, 2 Agregados.
	2.ª OBRAS PÚBLICAS	Geología	1 Catedrático, 1 Agregado, 2 Catedráticos, 2 Agregados.
	3.ª OBRAS PÚBLICAS	Topografía	1 Catedrático, 1 Agregado, 2 Catedráticos, 2 Agregados.
OCTUBRE-1981	1.ª TOPOGRAFIA	Geología	1 Catedrático, 1 Agregado, 2 Catedráticos, 2 Agregados.
	2.ª TOPOGRAFIA	Fotogrametría	1 Catedrático, 1 Agregado, 2 Catedráticos, 2 Agregados.
OCTUBRE-1982	1.ª TOPOGRAFIA	Optica	1 Catedrático, 1 Agregado, 2 Catedráticos, 2 Agregados.
	2.ª TOPOGRAFIA	Fotografía	1 Catedrático, 1 Agregado, 2 Catedráticos, 2 Agregados.
	3.ª TOPOGRAFIA	Cartografía	1 Catedrático, 1 Agregado, 2 Catedráticos, 2 Agregados.

Figura N° 1: Nota de prensa 1979, anunciadora de lo que sería la nueva Universidad Politécnica de Las Palmas⁽⁹⁾.



Foto N° 1: Tafira Baja, ubicación del Seminario Diocesano cedido por el Obispado para albergar centros universitarios⁽²⁾.

Con el inicio de la Universidad se nombra a Javier de Cárdenas, Rector Comisario; Juan Pulido y Sergio Pérez Parrilla, como Vicerrectores; y Roque Calero, Secretario General. Se nombra una Comisión gestora presidida por el alcalde de la ciudad.

Como se recoge en el periódico La Provincia, 22 de abril de 1980, las palabras de Javier de Cárdenas en una rueda de prensa donde se presentaba oficialmente como primer presidente de la comisión gestora de la Universidad Politécnica de Las Palmas, definen el propósito inicial de la institución: "Hoy empezamos a hacer historia en Canarias. Sentaremos las bases para el futuro tecnológico de las islas"⁽²⁾.

Las necesidades del momento de todo tipo de infraestructuras tenían una como principal, un espacio amplio para edificios. A base de préstamos de todo tipo se consiguieron donaciones muy diversas, y la más importante protagonizada con el Obispado, quien cede uno de los pabellones del Seminario de Tafira Baja con vistas a la sede de la Escuela de Ingenieros Industriales. Esto determinaría definitivamente la futura ubicación del Campus Universitario de Tafira, centro principal de la futura universidad (Ver Foto N° 1).

Con la universidad se implantan los primeros laboratorios científicos que irían conformando la estructura de la universidad⁽⁹⁾. En la Foto N° 2 se muestra una foto

emblemática del Laboratorio de Cibernética y Electrónica Aplicada, dirigido por Roberto Moreno, director entonces del Colegio Universitario, dotado por el Cabildo de Gran Canaria y ubicado en la planta 5 del Colegio Universitario. Este laboratorio fue el origen de varias instalaciones y centros universitarios posteriores: entre otros, el Instituto Universitario de Ciencias y Tecnologías Cibernéticas (IUCTC) centrado en el área de investigación de Cibernética; el Instituto Universitario de Microelectrónica Aplicada (IUMA) en el área de Microelectrónica; el Instituto de Sistemas Inteligentes y Aplicaciones Numéricas en Ingeniería (IUSIANI) en el área de Inteligencia Artificial y Métodos Numéricos; o el Centro de Innovación para la Sociedad de la Información (CICEI) en redes, aplicaciones web y bases de datos de la ULPGC. En la Foto N° 2 se ven algunos equipos de electrónica de HP, y en primer plano, de lado, un micro IMSAI 8080 con programación por switches en el panel frontal. La infraestructura constaba de cuatro mesas como la ubicada en la foto, destinada a la electrónica analógica, digital, y microprocesadores. Además, había un HP3000 en la planta baja y un PDP11 en la sala adyacente a la mostrada en la foto⁽⁹⁾.

Con la Ley de 1979 que instauró los primeros estudios, con las Escuelas Técnicas Superiores de Arquitectura y de Ingenieros Industriales y la Escuela Universitaria Politécnica existentes en Las Palmas de Gran Canaria; y las Escuelas Universitarias de Arquitectura Técnica y de Ingeniería Técnica Agrícola

Con la Ley de 1979 que instauró los primeros estudios, con las Escuelas Técnicas Superiores de Arquitectura y de Ingenieros Industriales y la Escuela Universitaria Politécnica existentes en Las Palmas de Gran Canaria; y las Escuelas Universitarias de Arquitectura Técnica y de Ingeniería Técnica Agrícola



Foto N° 2:

Laboratorio de Cibernética y Electrónica Aplicada. Año 1979. De izquierda a derecha: Antonio Núñez, Atilio González, Roberto Moreno, Pedro Medina, Juan Méndez, Enrique Fernández, Ignacio de la Nuez, Antonio Falcón, José Fortes, Enrique Rubio y Octavio Santana⁽⁹⁾.



Figura Nº 2: Nota de Prensa de 1984 tras la aprobación de los primeros estatutos Universidad Politécnica de Las Palmas⁽⁹⁾.



Foto Nº 3: Aurelio Vega con las primeras estaciones de diseño de chips, Grupo Microelectrónica UPLP, 1987.

de La Laguna, todas ellas hasta entonces centros de la Universidad de La Laguna; y la Escuela Universitaria de Informática de nueva creación... Conformaban una estructura significativa. Se celebran las primeras elecciones a Rector en 1981, situando a Rubio Royo, anterior Vicerrector de la Universidad de La Laguna, como Rector.

Tras una importante lucha social y democrática, en 1982 se produjo una manifestación reivindicativa tras la llegada de Francisco Rubio al rectorado.

Pronto, se dieron lugar una ebullición de hitos que irían conformando la estructura universitaria, como lo fue la aprobación de los Estatutos de la Universidad Politécnica de Las Palmas (UPLP)⁽⁹⁾. En la Figura Nº 2 se muestra una nota de prensa del año 1984 sobre la aprobación de los primeros estatutos de la UPLP, que expresa la fortaleza apuntada por Rubio Royo hacia las carreras técnicas y apunta ideas para el plan universitario de Canarias.

En esta década, 1979-1989, se perfila una universidad (UPLP) con carácter eminentemente técnico y que sería el origen de todo un movimiento social. En la Foto Nº 3 se muestra al profesor Aurelio Vega, con las primeras estaciones de diseño de chips, del Grupo de Microelectrónica de la UPLP en el año 1987 de los estudios de Telecomunicaciones. En este año 1987, tras la publicación del Decreto 213/1987 de 13 noviembre, en el que se segrega de la EUP la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica de Telecomunicación (EUITT) y se crea la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación (ETSIT) en la Universidad Politécnica de Canarias (UPC), nuevo nombre que se dio en 1986 a la UPLP, y que posteriormente en 1989 es reorganizada, a su vez, para conformar la actual Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC). Los estudios de Telecomunicación llevan impartándose más de 40 años en nuestra Universidad. Desde su creación y hasta la fecha, estos estudios han aportado a la sociedad más de 1.700 Ingenieros técnicos de Telecomunicación, y más de 500 Ingenieros de Telecomunicación, con un impacto cultural relevante. De su seno han nacido importantes institutos de investigación de la Universidad.

esta actividad social que se genera en el trabajo diario de un grupo de personas que se reúnen en un espacio común para discutir y tomar decisiones. Este tipo de actividades en la ciudad de La Laguna, en los lugares de gestión no pertenecientes al campo universitario, son esenciales para el desarrollo de cualquier tipo de organización administrativa en La Laguna.

manifestaciones que reivindican la presencia de un espacio común para discutir y tomar decisiones en el Colegio Universitario de Las Palmas, en la forma de una política de colaboración entre los recursos existentes y de estimular la oferta universitaria, así como de la adecuación de las estructuras administrativas y de la resolución de los problemas de gestión a que haya lugar.

organizacional del sistema requiere mantener el beneficio global de la Comunidad Autónoma Canaria que supone el desarrollo de las actividades de los centros universitarios y en conjunto de las actividades que se integran en el mismo.

PRO - UNIVERSIDAD EN LAS PALMAS

EL ASISTIR A LA MANIFESTACION ES UN DEBER SOCIAL QUE NOS EXIGE EL FUTURO DE NUESTROS HIJOS. PEDIMOS A TODOS LOS PADRES DE ALUMNOS LA ASISTENCIA, CON SUS FAMILIARES, A LA MANIFESTACION PRO-UNIVERSIDAD PLENA PARA LAS PALMAS. SU EXITO DEPENDE DE CADA UNO DE NOSOTROS. NO PIENSEN QUE SI NO ACUDEN OTROS LO HARAN CADA A.P.A. SU PANCARTA: ¡UNIVERSIDAD, YA! COORDINADORA DE A.P.A.S.

El Colegio de Abogados de Las Palmas de Gran Canaria, en su calidad de Patronato del Colegio Universitario de Las Palmas, en relación con la problemática de la Universidad en nuestra provincia, por estrictas razones culturales y socioeconómicas.

En su virtud, y considerando la trascendencia del movimiento suscitado a todos los niveles, con igual finalidad, se complace en exhortar a sus Colegados y público en general, para que asistan a la manifestación reivindicativa que tendrá lugar hoy, a las 8 y media horas, desde las inmediaciones de la piscina del Club Metropolitano.

Las Palmas de Gran Canaria, a 7 de julio de 1982.
EL DECANO
Dño. Salvador Trujillo Perdomo

El Colegio de Abogados de Las Palmas de Gran Canaria, en su calidad de Patronato del Colegio Universitario de Las Palmas, en relación con la problemática de la Universidad en nuestra provincia, por estrictas razones culturales y socioeconómicas.

En su virtud, y considerando la trascendencia del movimiento suscitado a todos los niveles, con igual finalidad, se complace en exhortar a sus Colegados y público en general, para que asistan a la manifestación reivindicativa que tendrá lugar hoy, a las 8 y media horas, desde las inmediaciones de la piscina del Club Metropolitano.

Las Palmas de Gran Canaria, a 7 de julio de 1982.
EL DECANO
Dño. Salvador Trujillo Perdomo

Figura Nº 3: Nota en prensa en 1982. Personal de Administración y Servicios (PAS) y el Colegio de Abogados llamando a la manifestación por la ULP⁽⁹⁾.

En la Figura Nº 3 se muestra una nota en prensa donde Personal de Administración y Servicios (PAS) y el Colegio de Abogados llamando a la manifestación por la ULP. Es preciso remarcar que todas las instituciones y gremios de la sociedad civil se habían ido sumando al movimiento, mientras que el desorden político interno era manifiesto, en las dos provincias.

El 7 de junio de 1982, una carta escrita por profesores del Colegio Universitario de Las Palmas es muy crítica al denunciar la constante dejación practicada desde la Universidad de La Laguna al Colegio Universitario, señalando, además, el déficit en la representación en los órganos de gobierno de la Universidad, y de la propia Facultad de Medicina; se declaraba una marginación en cuanto a becas, ayudas a la investigación y la dejación de su actividad científica por parte de la citada Universidad⁽²⁾.

Fue el 7 de julio de 1982 cuando Gran Canaria vivió la primera gran manifestación. Una asamblea celebrada en el Gabinete Literario el 24 de junio termina de crispar la situación convocando una manifestación el día 7 de julio para la creación de una Universidad, que es apoyada por todos los partidos, salvo los situados más a la izquierda del espectro político que siguen reivindicando la regionalización universitaria. Los Ayuntamientos y el Cabildo Insular, Colegios Profesionales, Asociaciones de Padres, Sindicatos y Empresarios, se unen en la demanda y participan en la convocatoria que es seguida por unas 200.000 personas.

Aunque fue más tarde, el 19 de mayo de 1988, cuando se produjo la gran movilización por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria donde 300.000 personas salieron a la calle bajo el lema de "Universidad, ahora sí" (ver Foto Nº 4).



Foto Nº 4: Imagen de archivo de la manifestación "Universidad: ahora sí", en 1988.

Se vivía un clima de alta crispación en las dos provincias debido a las diferencias en la idea de formar una nueva universidad para Gran Canaria. De hecho, en Tenerife se alinearon Cabildo y ayuntamiento para anunciar una movilización similar en Tenerife, ante el temor de que la nueva Universidad pudiera hacerle la competencia con carreras duplicadas y haciendo más atractiva la nueva oferta para las "islas orientales". A nivel político, se ejercieron muchos movimientos de uno y otro lado hasta que finalmente, el 26 de abril de 1989, el Parlamento de Canarias aprueba, por gran mayoría, la Ley de Reorganización Universitaria de Canarias que contempla la creación de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC) y la readscripción a ésta de los Centros de La Laguna en Gran Canaria, así como la readscripción a La Laguna de los Centros de la antigua Politécnica en Tenerife⁽²⁾.

3. LA UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA, 30 AÑOS DESPUÉS

3.1 La ULPGC en números

La ULPGC es un centro público de educación superior que defiende la educación en valores, ya que proporciona formación de ciudadanos habilitados para mejorar la región, su tejido social y productivo. A fecha de 2018, en la ULPGC estudian 22.006 estudiantes en grados, 1.103 en másteres oficiales, 529 en programas de doctorado, 142 en maestrías y expertos propios. Además lo hacen 755 en programas formativos especiales, 695 en acceso de mayores de 25 años, 138 en acceso de mayores de 45 años⁽⁶⁾.

La ULPGC también busca la empleabilidad de sus estudiantes y la propicia de dos maneras. De una parte, los estudios de la universidad permiten una cualificación que posibilita a las personas egresadas el acceso a puestos especializados. Para ello, unos 3.400 estudiantes realizan prácticas anuales, y junto a investigadores colaboran con empresas avalado por los 5.656 convenios firmados con instituciones de los cuales 386 se firmaron en 2017⁽⁶⁾.

Por otra parte, como entidad empleadora ofrece trabajo cualificado y especializado a más de 1.600 personas que se dedican a la docencia e investigación, y un trabajo estable y de cali-



Foto N° 5: Sede Institucional de la ULPGC, calle Juan de Quesada en Las Palmas de Gran Canaria, que muestra la banderola con el 30 aniversario de la institución.

dad a 817 mujeres y hombres del personal de administración y servicios, 1.717 profesores e investigadores, 127 personal investigador en proyectos, 67 personal investigador en formación.

El desempeño investigador es otra de los pilares de la ULPGC, lo que viene avalado por una estructura que permite avanzar y medirse en la ciencia internacional con resultados de impacto que además influyen en la región. Algunos datos generales de la Investigación de la ULPGC, referidos éstos al año 2017, son los siguientes: 115 Grupos de Investigación, 11 Institutos Universitarios, 501 sexenios vivos, 70 nuevos sexenios, 65 tesis doctorales defendidas, 13,45 millones de euros captados mediante proyectos y convenios, 427 publicaciones indexadas en SCOPUS, 731 en WOS, 13 invenciones, 375 Proyectos y Convenios de I+D, 6 Proyectos Europeos, y 67 contratos de investigadores conseguidos de forma competitiva^(7,8).

Estos datos se recogen en el documento⁽⁶⁾ de "Impacto Social de la ULPGC: 2018" editado por el Vicerrectorado de Comunicación y Proyección Social anualmente, así como en la Memoria de Investigación disponible^(7,8).

Sin embargo, lo más importante para la ULPGC es la educación, y también aplicada al desarrollo, la investigación y la innovación social que se materializa en una intensa acción en torno al conocimiento, las personas y el servicio ofrecido a la sociedad.

3.2 La ULPGC, una universidad con varios campus en Canarias

La ULPGC ha conseguido posicionarse nacional e internacionalmente destacando en áreas muy diferenciadoras. Es un referente internacional en el ámbito marino-marítimo, lo que se ha traducido en una apuesta estratégica tricontinental con las actuaciones del Campus de Excelencia Internacional (CEI-Canarias) cuya expansión y desarrollo ha sido posible gracias al Parque Científico-Tecnológico ULPGC creado en 2009.

La ULPGC dispone de seis Campus, tres de los cuales están situados en Las Palmas de Gran Canaria; uno en el término municipal de Arucas (Gran Canaria), otro en el término municipal de Telde (Gran Canaria) y otros dos en las islas de Lanzarote y Fuerteventura.

En la Foto N° 6 (a) se muestra una foto aérea de parte del campus de Tafira, con una perspectiva frontal donde se observan a la derecha la Escuela de Ingenierías industriales y Civiles, Escuela de In-



Foto N° 6 (a) y (b): Vista aérea parcial del campus de Tafira. Fotos cortesía de "Fotos Aéreas de Canarias (www.fotosaereasdecanarias.com)".



Foto N° 7: Vista aérea del campus de San Cristóbal, Facultad de Ciencias de la Salud.
Foto cortesía de "Fotos Aéreas de Canarias (www.fotosaereasdecanarias.com)".

geniería de Telecomunicación y Electrónica, Escuela de Ingeniería Informática y Escuela de Arquitectura. Y más a la izquierda en la Foto N° 6 (b), vemos la Biblioteca General, Facultad de Economía, Empresa y Turismo y Facultad de Ciencias Jurídicas. En la Foto N° 7 se muestra una vista aérea del campus de San Cristóbal, Facultad de Ciencias de la Salud.

Los institutos universitarios suponen el máximo órgano de la investigación. La ULPGC destaca en la investigación internacional en varios campos tales como ciencias marinas, tecnología, sanidad, energía, economía y turismo, agua y TIC oceánica, como

demuestra la concesión de la mención de Campus de Excelencia Internacional por el Gobierno de España.

En el Puerto de Taliarte (Telde-España) se disponen de más de seis mil m² distribuidos en tres edificios además de jaulas oceánicas. Este campus lo conforman las infraestructuras de Institutos como IOCAD y ECOAQUA, formado por el edificios del Parque Científico Tecnológico Marino, el edificio del Servicio de Acuicultura y Biotecnología de Alta Especialización (SABE). En la Foto N° 8 se ve una panorámica de las instalaciones de Taliarte.



Foto N° 8: Panorámica de las instalaciones de Taliarte de la ULPGC.
Foto cortesía de "Fotos Aéreas de Canarias (www.fotosaereasdecanarias.com)".

4. INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN LA UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

La ULPGC viene desarrollando desde hace más de 20 años, acciones dirigidas al fomento y promoción de la Investigación, Innovación y Transferencia. Estas acciones se han ido mejorando e impulsando a través de los años y, hoy en día, contamos con un completo programa de acciones que están fundamentalmente dirigidos a financiar⁽⁵⁾:

1. Contratación de investigadores pre-doctorales: Programa propio, programa de la ACIISI del Gobierno de Canarias, programas nacionales FPI y FPU.
2. Contratación de investigadores post-doctorales: Programa propio. Programa "Viera y Clavijo" de la ACIISI del Gobierno de Canarias, co-financiación de programas nacionales como "Juan de la Cierva" y "Ramón y Cajal".
3. Técnicos de apoyo a la investigación: Programa propio de personal técnico de apoyo y programas nacionales de personal técnico de apoyo y de empleo joven.
4. Becas de iniciación a la investigación.
5. Ayudas a la consolidación de la I+D, a través del Plan de Formación del Personal Investigador.
6. Proyectos de I+D pre-competitivos

Del mismo modo, la Transferencia de la Investigación ha sido, desde hace 10 años, un eje prioritario para la ULPGC. Contamos con tres unidades específi-

cas, cuyos servicios son prestados a través de la Fundación Parque Científico y Tecnológico (FPCT) de la ULPGC: La Oficina de Proyectos Europeos, la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación y la Oficina de Propiedad Industrial e Intelectual.

Si hay algo que define la actividad investigadora de un organismo o entidad son los proyectos de investigación que dirige. En la ULPGC se mantiene una tendencia que gira en torno a los 20 proyectos de I+D anuales, como se demuestra en la Figura N°4 que muestra la evolución del número de Proyectos del Plan Nacional 2008-2017⁽⁵⁾.

4.1 La ULPGC en convergencia con la Investigación de Excelencia

La Fundación Parque Científico y Tecnológico (FPCT) es un ente instrumental de apoyo a la Investigación en la ULPGC. Así, tiene entre sus funciones la gestión administrativa y económica de Proyectos Europeos de Investigación Horizonte 2020, convenios y contratos entre empresas y la ULPGC y la gestión de Espacios adscritos al Parque Científico Tecnológico de la ULPGC.

También realiza la prestación de los servicios a la comunidad universitaria en materia de Propiedad industrial e intelectual y participa en la difusión de I+D+i.

En concreto hay tres unidades del FPCT que están estrechamente relacionadas con la Investigación de la ULPGC: La Oficina de Proyectos Europeos, la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación y la Oficina de Propiedad Industrial e Intelectual.



Figura N°4: Evolución en la ULPGC, del número de proyectos del Plan Nacional del Ministerio competente en Investigación. Datos de la Unidad de Gestión del Conocimiento y de la Memoria de Investigación de la ULPGC⁽⁵⁾.

Desde 1984, la Unión Europea cuenta con una política de investigación e innovación, que financia a través de programas marco plurianuales. Entre 1984 y 2013 se han sucedido siete programas marco. El actual programa de investigación e innovación europeo, Horizonte 2020, comenzó su andadura a principios de 2014. Horizonte 2020 es el mayor programa de investigación e innovación con que ha contado nunca la UE. Está dotado con 77.000 millones de euros durante siete años (2014 a 2020), que se destinan principalmente a tres pilares: excelencia científica, liderazgo industrial y retos sociales. Además, pretende atraer la inversión pública y privada nacional.

La Oficina de Proyectos Europeos (OPE) de la ULPGC presta servicios de asesoramiento, información, fomento y apoyo a la participación de los Investigadores de la ULPGC en programas europeos de I+D+i, con especial atención a Horizonte 2020. Además de Horizonte 2020 existen otras iniciativas internacionales para la financiación de la investigación, como las acciones COST, destinadas a la creación de redes de colaboración con otros grupos investigación europeos, y las Grandes Iniciativas, que amplían el abanico de posibilidades de financiación de Horizonte 2020. Así, por ejemplo, en 2017 la Oficina de Proyectos Europeos de la ULPGC gestionó 6 proyectos europeos, con un incremento de la financiación del 15,8% respecto del año anterior (2,7 M€ captados sólo en 2017). La puesta en marcha de la OPE, ha contribuido a que

la ULPGC sea actualmente, el centro de investigación número uno en Canarias en número de proyectos H2020 concedidos⁽⁵⁾.

La ULPGC trabaja de manera alineada con las principales políticas, agendas y estrategias a nivel regional, nacional y europeo: apoyar la creación de empleo, la competitividad empresarial, el crecimiento económico, el desarrollo sostenible y la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos en todas las regiones y ciudades de la Unión Europea.

Conscientes en la ULPGC de la importancia que tiene este programa para la investigación de la Universidad, contamos desde el año 2014 con esta Oficina de Proyectos Europeos dependiente de la Fundación Parque Científico y Tecnológico de la ULPGC, que funciona mediante encomiendas de gestión anuales de la ULPGC a la FPCT, destinadas a sostener el personal las acciones de promoción y fomentos del programa H2020 en la ULPGC. Por tanto, la ULPGC hace una apuesta decidida por la Oficina de Proyectos Europeos como elemento dinamizador que facilita la participación con garantías de sus Grupos de Investigación en programas de investigación europeos e internacionales, y potencia sinergias con investigadores y empresas ubicadas en los tres continentes. En la Foto N° 9 se muestra una fotografía de los integrantes de Oficina de Proyectos Europeos, incluidos el Vicegerente de Investigación, Innovación y Transferencia y el Gerente de la FPCT.



Foto N° 9: Oficina de Proyectos Europeos. De izquierda a derecha: Acerina Sosa, Almudena Rocío, Antonio M. Santana, José Pablo Suárez, Judith Sanabria y Laura Rodríguez.

En 2018, la ULPGC consiguió un total de 10 proyectos, con un retorno económico en torno a 3,2 M€ para nuestra universidad. Pertenecen a diferentes áreas de investigación, como las Ciencias y Tecnologías Marinas, Océano y Clima, Bioarqueología, Divulgación Científica; así como también para la creación de redes de investigación de excelencia, donde destaca el proyecto FORWARD. Este proyecto estratégico permitirá reforzar la participación de las Regiones Ultra Periféricas de la UE (RUPs) en los

futuros programas de la UE, y aumentar la captación de fondos europeos destinados a la ciencia e innovación de excelencia en estas regiones. La Tabla N° 1 muestra los proyectos dirigidos por la ULPGC provenientes de fondos europeos, en el año 2018.

Toda esta información relativa a Proyectos Europeos está disponible en nuestro portal dedicado a la Investigación, ULPGC Research, un catálogo digi-

PROGRAMA	ACRÓNIMO	TÍTULO	COORDINADOR	ÁREA
H2020	ISOCAN	Isolation and Evolution in Oceanic Islands: the human colonisation of the Canary Islands	ULPGC	Bioarqueología
DG ENV	INDICIT II	Implementation of the indicator "Impacts of marine litter on sea turtles and biota" in RSC and MSFD areas /Indicator Impact Taxa - INDICIT II"	CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique)	Ciencias Marinas
H2020	TRIATLAS	Tropical and South Atlantic - climate-based marine ecosystem prediction for sustainable management	UNIVERSIDAD DE BERGEN	Océano y Clima
H2020	SUMMER	Sustainable management of mesopelagic resources	FUNDACION AZTI	Ciencias Marinas
H2020	AquaIMPACT	Genomic and nutritional innovations for genetically superior farmed fish to improve efficiency in European aquaculture	LUONNONVARAKESKUS (LUKE)	Ciencias Marinas
H2020	COMFORT	Our common future ocean - quantifying coupled cycles of carbon, oxygen, and nutrients for determining and achieving safe operating spaces with respect to tipping points	UNIVERSIDAD DE BERGEN	Ciencias Marinas
H2020	AquaVitae	New species, processes and products contributing to increased production and improved sustainability in emerging low trophic, and existing low and high trophic aquaculture value chains in the Atlantic	NOFIMA	Ciencias Marinas
H2020	IMPRESSIVE	Integrated Marine Pollution Risk assessment and Emergency management Support Service In ports and coastal environments	ARATOS NET LTD	Ciencias Marinas
H2020	FORWARD	Fostering research excellence in EU Outermost Regions	GOBIERNO DE CANARIAS	Investigación y Desarrollo
H2020	MacaroNight	Macaronesia's Researchers' Night	LA PALMA RESEARCH CENTRE FOR FUTURE STUDIES SL	Divulgación científica

Tabla N° 1: Proyectos dirigidos por la ULPGC provenientes de fondos europeos, en el año 2018⁽⁶⁾.



Figura N° 5: Imagen del portal ULPGC Research⁽⁸⁾.

tal que pretende responder con transparencia y precisión lo que hacemos y cómo lo hacemos⁽⁸⁾. En la Figura N° 5 se muestra la imagen del portal ULPGC Research.

Un análisis de la trayectoria de participación de la ULPGC en proyectos europeos constata que una de sus áreas estratégicas son las Ciencias Marinas, la Economía Azul, y sus áreas transversales afines, lo que define muy bien el alto potencial que tiene la ULPGC en esta disciplina.

Además de Horizonte 2020 existen otras iniciativas internacionales de interés como las acciones COST, destinadas a la creación de redes de colaboración con otros grupos investigación europeos, que permiten dar visibilidad a la investigación de

excelencia realizada en la ULPGC y, por tanto, incrementar las posibilidades de entrar en consorcios competitivos en H2020; o las grandes iniciativas y ERANETS, que amplían así mismo el abanico de posibilidades de financiación.

Las Figuras N° 6 y N° 7 muestran la evolución en número de proyectos y financiación captada en el periodo 2007-2018.

Por tanto, la apuesta realizada por la ULPGC para poner en marcha su Oficina de Proyectos Europeos (OPE) como elemento dinamizador, ha facilitado, sin lugar a dudas, la participación con garantías de sus Grupos de Investigación en programas de investigación europeos e internacionales; así como posicionar a la ULPGC en el mapa europeo de investiga-

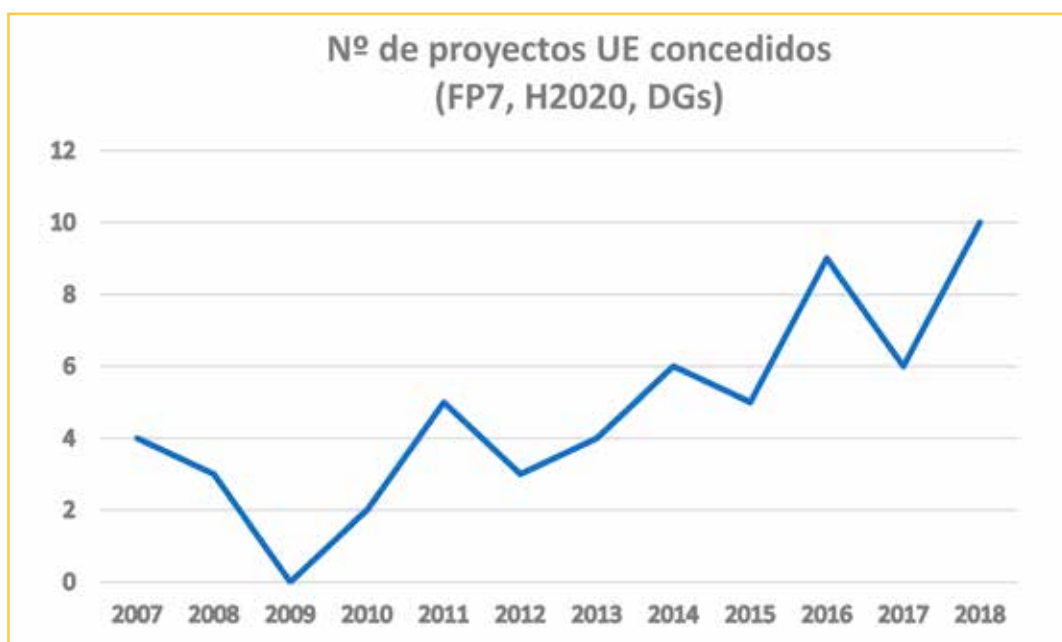


Figura N° 6: Número de proyectos de la Unión Europea concedidos a la ULPGC.



Figura Nº 7: Volumen en euros de proyectos de la Unión Europea concedidos a la ULPGC.

ción de excelencia e incrementar la tasa de éxito y de retorno económico en los programas europeos. Potenciando además sinergias con investigadores y empresas ubicadas en los tres continentes.

La puesta en marcha de la OPE ha contribuido a que la ULPGC sea actualmente, el centro de investigación número uno en Canarias en número de proyectos europeos concedidos.

4.2 Las Patentes y Protección Industrial en la ULPGC

La Oficina de Propiedad Industrial e Intelectual es la encargada de la protección de los resultados de investigación de la ULPGC, asesorar sobre las distintas vías de protección de resultados y de su gestión. Los resultados de investigación deben ser correctamente protegidos para favorecer su transferencia. Esta oficina es pues, la encargada de la protección y puesta en valor de los resultados de proyectos de investigación desarrollados en el entorno de la ULPGC, así como de la explotación y transferencia de los mismos, en colaboración con la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación.

Una investigación de excelencia pasa por formar y especializarse en el ámbito de la protección del conocimiento, así nos planteamos en la ULPGC los siguientes objetivos que están en marcha, a través de la Oficina de Propiedad Industrial e Intelectual y del Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia:

- Concienciar sobre la importancia y el valor de la protección de la investigación.
- Potenciar el intercambio de experiencias y de sinergias entre personal investigador y empresas.
- Fomentar la transferencia de resultados de investigación de calidad, mediante explotación, con

miras a maximizar el desarrollo social y económico de la comunidad Autónoma de Canarias.

- Impulsar la valorización de conocimiento hacia el tejido productivo y empresarial, de manera que contribuya al avance y desarrollo tecnológico, la modernización, la competitividad e innovación de las empresas.

La primera de las patentes se gestionó en 1992, tres años después de la creación de la ULPGC. En estos momentos, 2018, se cuenta con 14 modelos de utilidad, 6 solicitudes de patente internacional y 2 solicitudes de patentes europeas, de un total de 117 patentes de la ULPGC en 30 años. En 2016 se registraron un total de 17 patentes. La Figura Nº 8 se muestra la evolución del número de patentes por años de la ULPGC.

Las acciones de divulgación hacia la sociedad son prioridad para la ULPGC, y entre estas acciones está la de llevar a la sociedad los resultados de mayor impacto. En concreto, en ocasión del 30 aniversario de la institución hemos realizado una exposición detallada con todas las patentes universitarias, "ULPGC: 30 años de patentes" ilustradas y explicadas de una forma amena, de tal manera que un público amplio pueda conocer de primera mano las patentes universitarias. Esta muestra, aunque se encuentra habitualmente en el Museo Elder, en el año 2019 ha formado parte de un recorrido por los diferentes Campus de la ULPGC incluso fuera de la misma, como fue la visita que la muestra hizo a Teror, con motivo de la festividad del Pino. En la Foto Nº 10 se muestra parte de la exposición, en la Sede Institucional de la ULPGC, donde permaneció expuesta desde el 28 de febrero y al 1 de marzo de 2019.

Un detalle de todas las patentes cosechadas por la ULPGC en toda su historia pueden consultarse en el portal ULPGC Research (www.research.ulpgc.es)⁽⁸⁾.

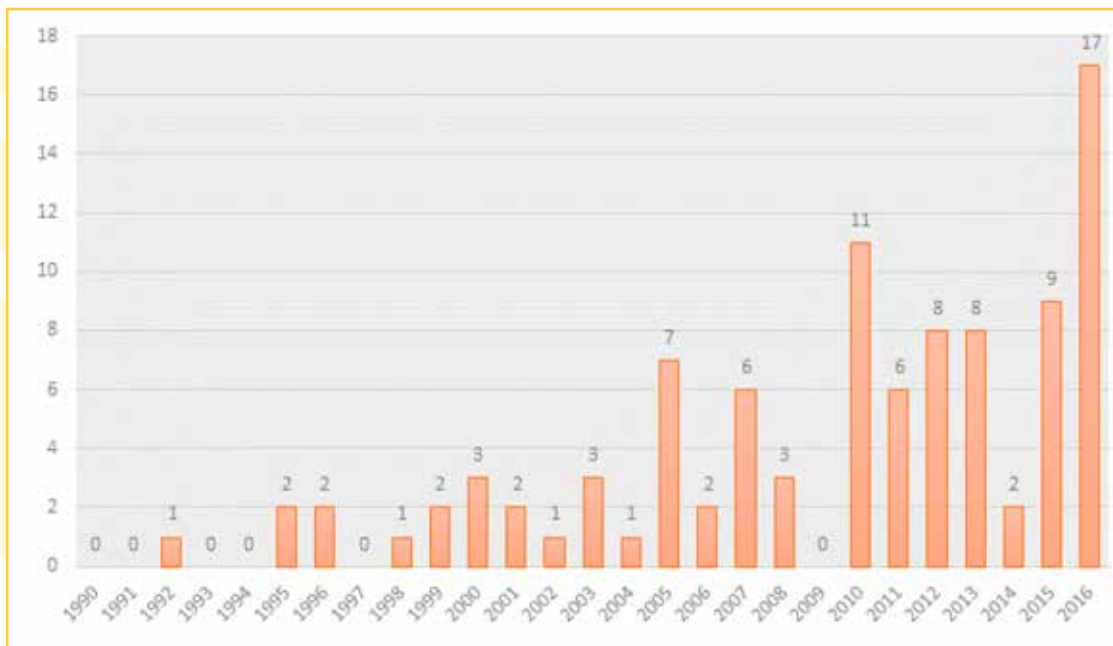


Figura N° 8: Evolución del número de patentes por años de la ULPGC(7).

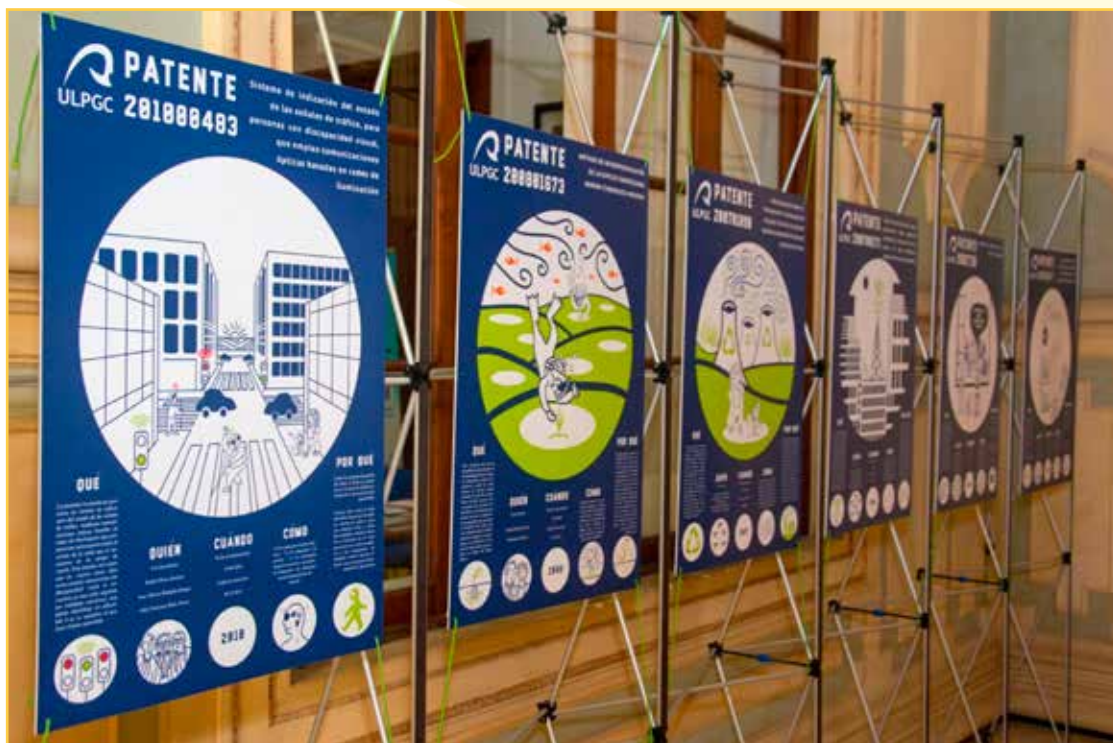


Foto N° 10: Primera muestra de patentes de la ULPGC por el 30 aniversario de la institución. Se muestra parte de la exposición, en la Sede Institucional de la ULPGC.

El compromiso de la ULPGC con la Protección Industrial es evidente, y lo es gracias a la implicación de sus estudiantes, profesores e investigadores. Pero también gracias a las empresas, asociaciones, redes, comités que se acercan a la ULPGC a colaborar y trabajar, como es el caso del Comité de Canarias de la Asociación Española de Ensayos No Destructivos, AEND, del cual la ULPGC es en la actualidad miembro del comité. En la Foto N° 11 vemos a representantes del comité AEND Canarias y Nacional en una recepción, en el año 2019, con el Rector de la ULPGC, Rafael Robaina.

5. CONCLUSIONES

Pretender hacer un recorrido pormenorizado de los 30 años de la Universidad de Las Palmas, unido a otros 15 años anteriores, de antecedentes y germen de la Universidad, es realmente una osadía. Pero, sin embargo, la oportunidad de intentar al menos describir ese periodo y acentuar algunos temas de interés, ha sido todo un reto. Aquí se recogen todos estos aspectos en dos partes bien diferenciadas del artículo. Una primera (Apartados 1 y 2) relativos a los antecedentes de la ULPGC; y otra parte (Aparta-



Foto Nº 11: De izquierda a derecha: José Pablo Suárez, Vicerrector; Fermín Gómez, Presidente de la AEND; Rafael Robaina, Rector de la ULPGC; y Luis García, Presidente del Comité de Canarias de la AEND.

dos 3 y 4) con el periodo que arranca desde 1989, en la que la ULPGC ha mostrado ser una universidad importante para Canarias, joven, pero que consolida resultados de formación e investigación dignos de resaltar. En esta segunda parte se han desarrollado dos temas primordiales que pudieran definir la actividad investigadora de la ULPGC en estos 30 años: la captación de proyectos europeos, y la propiedad industrial conseguida en forma de patentes y modelos de utilidad.

6. AGRADECIMIENTOS

- Agradecimiento al profesor Dr. Antonio Núñez, catedrático de la ULPGC por compartir conmigo un extraordinario conocimiento sobre el origen de la ULPGC, y unas fotografías y comentarios ejemplares que permitieron elaborar los apartados 1 y 2.
- Agradecimiento a Antonio Márquez, administrador de www.fotosaereasdecanarias.com por facilitarnos las fotografías aéreas en el texto de diferentes campus de la ULPGC.

7. BIBLIOGRAFÍA

- (1) Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. XXV Aniversario. Edita: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Las Palmas de Gran Canaria. Dep. Legal: G. C. 372 - 1.995.
- (2) Carlos Guitián Ayneto. La ULPGC: antecedentes, evo-

lución y perspectivas de futuro. Las Palmas de Gran Canaria: Universidad, 1994, Colección Universidad nº 1. Tesis doctoral (resumen).

- (3) Millares Torres, Agustín (1977-1874): Historia General de las Islas Canarias, Tomo IV, Edirca S.L., Las Palmas de Gran Canaria.
- (4) Proposición de Ley de Iniciativa Popular para la Reorganización Universitaria de Canarias, presentada el miércoles 18 de noviembre de 1987 en la sede del Colegio de Doctores y Licenciados de Las Palmas de Gran Canaria.
- (5) Plan de Investigación y Transferencia 2018-2020. Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia. ULPGC. Mayo 2019.
- (6) Impacto Social de la ULPGC: 2018. Vicerrectorado de Comunicación y Proyección Social. ULPGC. Mayo 2018.
- (7) Memoria de investigación 2017. Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia. ULPGC. Enero 2018.
- (8) Portal web ULPGC Research. Repositorio de datos e información de la Investigación de la ULPGC. URL: www.research.ulpgc.es [Último acceso Septiembre 2019].
- (9) A. Núñez, E. Rovaris. "40 años de los Estudios de Telecomunicación en Canarias". Andadura de los estudios de Ingeniería de Telecomunicación en la región y claves que los hicieron posibles". Notas personales de Antonio Núñez. Presentación en el Hotel Imperial NH, 16 de mayo 2019.

La Desidia en la Protección del Patrimonio Arquitectónico Industrial y sus Consecuencias



Alejandro M. García Martín

Abogado

Es sabido que la conservación del Patrimonio Industrial en Canarias, en cuanto a manifestación cultural, no despierta pasiones entre quienes vienen obligados a protegerlo, como expresivamente manifestara el Director General del CICOP (Centro Internacional para la Conservación del Patrimonio) con motivo de su participación en el II Congreso Internacional de Ingeniería del Mantenimiento en Canarias, al decir que “las perspectivas no son nada halagüeñas, los bienes industriales no es que sean el hermano menor del patrimonio cultural, sino que prácticamente no se les hace ni caso, de hecho, su presencia es simbólica en la ley canaria de patrimonio histórico”.

Sobre el secular desinterés por la materia, la doctora en historia del arte y especialista en patrimonio industrial, Amara M. Florido Castro, en su artículo Industrias Históricas en Gran Canaria: Pasado, Presente y Futuro (publicado en 2012 en la Revista Ingeniería del Mantenimiento en Canarias. Nº 5, pág. 16), señala lo siguiente: “Las causas habría que buscarlas en el rápido desarrollo tecnológico, lo que trae consigo el continuo reciclaje y modernización de las empresas y, por tanto, mayores necesidades espaciales; el traslado de fábricas a los extrarradios, dejando vacíos sus edificios primitivos, y ya obsoletos; o el desarrollo urbano que trae parejo, en la mayor parte de los casos, intereses especulativos y económicos. Pero quizás, el motivo más importante que genera esta situación sea el escaso grado de reconocimiento y aceptación del patrimonio industrial como parte indisoluble de nuestra herencia histórica y, por ende, digno de ser conservado y respetado”.

En otro estupendo trabajo de la Dra. Florido Castro, publicado en el XX Coloquio de Historia Canario-Americana, que lleva por título Los inventarios

del patrimonio histórico industrial; Gran Canaria y Fuerteventura, la autora se refiere al patrimonio histórico industrial como “un patrimonio frágil, desatendido, sometido a un continuo proceso de transformación y modernización (...) que pasan a ser objetivo de la piqueta y de la especulación una vez que han dejado de ejercer la actividad para la que fueron construidos o creadas”. Y, reflexionando sobre los motivos que han contribuido al abandono y desaparición de importantes hitos de singular valor arquitectónico y cultural, la autora menciona, entre otros, “la presión urbanística y especulativa colocan a estos recintos abandonados o degradados en el punto de mira de las palas excavadoras”.

Estas palabras me recodaron como “la presión urbanística y especulativa” y el desinterés por la preservación del patrimonio histórico arquitectónico acabó en 1963 con la estación de ferrocarril conocida como Penn Station, en Nueva York, un magnífico edificio construido en 1910 como el mayor espacio interior de la ciudad que cubría más de 7 hectáreas y, de hecho, fue uno de los mayores espacios públicos en el mundo y la mayor estación de trenes de la historia, además de una de las joyas



Foto Nº 1: Penn Station, estación de ferrocarril en Nueva York, construida en 1910.

Farewell to Penn Station

Until the first blow fell no one was convinced that Penn Station really would be demolished or that New York would permit this monumental act of vandalism against one of the largest and finest landmarks of its age of Roman elegance. Somehow someone would surely find a way to prevent it at the last minute—not-so-little Neil rescued by the hero—even while the promoters displayed the flashy renderings of the new sports arena and somewhat less than imperial commercial buildings to take its place.

It's not easy to knock down nine acres of travertine and granite, 84 Doric columns, a vaulted concourse of extravagant, weighty grandeur, classical splendor modeled after royal Roman baths, rich detail in solid stone, architectural quality in precious materials that set the stamp of excellence on a city. But it can be done. It can be done if the motivation is great enough, and it has been demonstrated that the profit motivation in this instance was great enough.

Monumental problems almost as big as the building itself stood in the way of preservation; but it is the shame of New York, of its financial and cultural communities, its politicians, philanthropists and planners, and of the public as well, that no serious effort was made. A rich and powerful city, noted for its resources of brains, imagination and money, could not rise to the occasion. The final indictment is of the values of our society.

Any city gets what it admires, will pay for, and, ultimately, deserves. Even when we had Penn Station, we couldn't afford to keep it clean. We want and deserve tin-can architecture in a tin-horn culture. And we will probably be judged not by the monuments we build but by those we have destroyed.

The New York Times
Published October 30, 1963
Copyright © The New York Times

Foto N° 2: Editorial del New York Times de 30 de octubre de 1963.

Para oprobio de la ciudad que nunca duerme, la crónica neoyorquina, amargamente, plasmaba semejante infamia para la historia con un bello pero cruel epitafio: “probablemente seremos juzgados no por los monumentos que construimos, sino por los que hemos destruido”.

Sin embargo, la capacidad de resiliencia de la sociedad neoyorquina, desde la plena convicción ciudadana, derivó en una poderosa corriente pro-protectora para la defensa y conservación de la memoria arquitectónica que propició la creación de la New York City Landmarks Preservation Commission en el año 1968, que a partir de entonces sería el organismo público encargado de salvaguardar el patrimonio de la ciudad.

Y así, tras la traumática experiencia vivida con la Penn Station, después de una ardua lucha ciudadana con Jacqueline Kennedy al frente, en el año 1976 la New York City Landmarks Preservation Commission declaró como “National Historic Landmark” otra estación de espléndida arquitectura construida en 1913, la Grand Central Terminal.

Esto significaba que la compañía propietaria de la estación ferroviaria debía mantener las caracte-

arquitectónicas de la ciudad y obra maestra excepcional del estilo Beaux Arts.

Según las crónicas de la época, el derribo de la Estación de Pennsylvania causó un terrible complejo de culpa entre los ciudadanos, magníficamente plasmado en el editorial del New York Times de 30 de octubre de 1963: “Hasta que el primer golpe cayó nadie estaba convencido de que la estación de Penn realmente sería demolida o que Nueva York permitiría este monumental acto de vandalismo contra uno de los más grandes y mejores monumentos de la época...”.

rísticas del inmueble y, por consiguiente, la imposibilidad pretendida de levantar un edificio de 55 plantas, que la Comisión rechazó argumentando que la construcción sobre la fachada Beaux-Art de la terminal “no parecía otra cosa que una broma estética”.

En el pleito entablado por la propiedad contra esta decisión, la Corte Suprema de Estados Unidos (438. U.S. -1978) resolvería finalmente el caso concluyendo que las restricciones impuestas por la aplicación de la New York City's Landmark Law, a los fines de perseguir el bien común, permitían a los reclamantes obtener un beneficio razonable de la propiedad y que, además, contaban con la posibilidad de transferir sus derechos de construcción a otras parcelas. Seguramente, la Corte Suprema no había olvidado la dolorosa demolición de la Penn Station pocos años antes.

La experiencia relatada en la Gran Manzana viene a colación porque nadie imaginó que se pudieran “derribar nueve acres de travertino y granito, 84 columnas dóricas, un vestíbulo abovedado de extravagancia, de enorme peso, el esplendor clásico inspirado en los baños romanos reales, ricos detalles en piedra sólida, la calidad arquitectónica en materiales preciosos que marcan el sello de la excelencia en una ciudad”. Pero a los hechos me remito, como dijo el editorialista: “...se puede hacer. Se puede hacer si la motivación es lo suficientemente grande, y se ha demostrado que el ánimo de lucro en este caso era lo suficientemente grande”.

En definitiva, el afán especulativo a que se refería la Dra. Florido, junto a la falta de cultura sobre los valores que atesora el patrimonio industrial, constituyen el caldo de cultivo idóneo para acabar con lo que queda si no se actúa a tiempo, no vaya a ocurrir como en el caso analizado, en que la Corte Suprema Americana reprochaba que “un importante número de edificios históricos habían sido demolidos sin tener en cuenta el valor que representaban ni la posibilidad de preservar esas propiedades”.

Aviso a navegantes.



Foto N° 3:
El autor del artículo y, de fondo, la Grand Central Terminal, construida en 1913.

Del Desecho de Plástico al Peine Ecológico



Andrea Domínguez Torres

Periodista

Proyecto ARBol, una Iniciativa Made in Canarias bajo el Principio de la Economía Circular.



Foto Nº 1: Del desecho de plástico hacia el peine ecológico.

1. INTRODUCCIÓN

Utilizamos bolígrafos desde que aprendemos a sostenerlos entre nuestras manos. Trazamos rayas en un papel durante toda nuestra vida, con ideas que toman miles de formas, incluso antes de saber descifrar el abecedario. Algo tan pequeño e insignificante como puede ser un objeto destinado a la escritura, de uso diario y fácil portabilidad, no aparenta ser de primeras un arma contra el planeta. Sin embargo, el modelo de producción actual, que trae consigo un sinfín de consecuencias medioambientales en todos los campos, también señala a los objetos más inofensivos.

La realidad es que cualquier gesto supone una huella en el planeta, que se agrava al analizar la vida de aquellos artículos que no entran dentro de la clasificación habitual (orgánico, papel y cartón, vidrio o envases ligeros) y para los que no hay un contenedor específico. Este es el caso de los elementos de escritura inservibles, para los que no existe ningún sistema de gestión de residuos que garantice su reciclaje. Es decir, esos bolígrafos, portaminas o subrayadores que nos acompañan desde niños, no

tienen la posibilidad de ser útiles de nuevo. La falta de conciencia y de toma de decisiones, arrastra al planeta a un vertedero gigantesco que nace en una nave industrial y acaba por morir en nuestros océanos.

El consumo desproporcionado de plástico parte como una de las principales preocupaciones en la generación de residuos, situando al planeta en la cuerda floja de la supervivencia. Así, la idea de que la Tierra cuenta con recursos limitados, se ve mucho más clara, si ponemos el foco en una región ultraperiférica e insular, como es el caso del Archipiélago Canario. La Comunidad Autónoma cuenta con una extensión de 7.447 kilómetros cuadrados, por lo que, a pesar de no ser una de las regiones más grandes del país, es la séptima más poblada y, según los datos más recientes del Instituto Nacional de Estadística, la segunda que más recogida de residuos urbanos por habitante generó en el año 2016, con 581,2 kilos por habitante, por delante de Andalucía (523,2 kilos), Cataluña (477,3 kilos) o Madrid (383,5 kilos).

Su distancia del continente europeo, se ve reflejada en la falta de recursos que sufren sus ocho islas a la hora de hacer frente a una gestión más eficaz de los residuos. De este modo, la movilización ciudadana, a través de pequeños proyectos, toma la mano al activismo global. En un mundo que pierde la respiración cada día, cualquier gesto es susceptible de ser una segunda oportunidad a la vida. De esta premisa parte la movilización de un grupo de estudiantes del Ciclo Formativo de Química Ambiental del IES Politécnico Las Palmas, en Gran Canaria, quienes, arrancando de un desconocimiento inicial, llenaron con respuestas un vacío ecológico.

Hasta la fecha, muchos de los residuos generados en las Islas no encuentran una salida en sus fronteras y, o bien, tienen que ser enviados fuera o, simplemente, acaban en el vertedero.

Esta realidad ha cambiado con el lanzamiento del 'Proyecto ARBol', una iniciativa educativa que se puso en marcha en el año 2015 y que nace como una respuesta necesaria para dar salida a aquellos rotuladores, bolígrafos, subrayadores y otros instrumentos de escritura que han llegado al final de su vida útil.



Foto N° 2:

Proyecto ARBol, iniciativa bajo el principio de la economía circular. Foto de Juan Antonio Rico, fotógrafo colaborador del proyecto ARBol.

Con el apoyo conjunto de estos estudiantes canarios y la empresa Eyser Hidráulica, ha sido posible la creación de una propuesta sin precedentes en la Comunidad Autónoma, peines realizados al 100% con plástico reciclado.



Foto N° 3: Peines realizados al 100% con plástico reciclado. Foto de Juan Antonio Rico, fotógrafo colaborador del proyecto ARBol.

El material que se utiliza para la elaboración de los mismos parte del plástico de los bolígrafos y rotuladores desechados, mezclados también con el que procede de los tapones de botellas. Ahora, los instrumentos de escritura inservibles que antes terminaban en los vertederos de Canarias, permanece a la espera de ser convertidos en nuevos objetos.

2. EL GERMEN DE LA IDEA

Todo proyecto nace de una idea inicial, el germen que convirtió los interrogantes en una posi-

bilidad de explotar la creatividad. Da igual en qué contenedor deposites un bolígrafo, un portaminas o un rotulador, si al amarillo o al gris, todos acaban siendo parte de una masa de residuos apiladas en el vertedero de las Islas. Al contrario de lo que se piensa, y tal como explica Ecoembes en su página web, "no todos los objetos fabricados con plástico que ya no nos son de utilidad, van al contenedor amarillo". Según puntualiza la Ley de envases y residuos de envases, el contenedor amarillo está diseñado para envases ligeros, como una lata de refresco, una botella de agua o un tetrabrik de leche. Es por ello que, a la hora de decidir en qué contenedor arrojar un objeto determinado, por ejemplo, un bolígrafo, la respuesta resulta ambigua. Y no es absurda la duda que se plantea. Esta misma tesitura llevó a estos estudiantes a impulsar su proyecto: recuperar los instrumentos de escritura desechados en Canarias y asegurar su transformación en materia prima para nuevos procesos productivos, a ser posible, en las islas. Una respuesta a la necesidad de desahogar los vertederos del Archipiélago y a falta de plantas de tratamiento destinadas al reciclaje de estos residuos.

Con la vista en busca de respuestas, el germen del proyecto se topó con tendencias que ya operaban a nivel nacional, a través de la empresa estadounidense Terracycle, una organización que ha puesto en jaque el problema de los elementos que no se reciclan, como las cápsulas de café, los bolígrafos, o los guantes de plástico. Terracycle es un

proyecto de coalición con la empresa BICWorld, una marca centrada en la producción de bolígrafos y otros materiales de escritura, han creado un programa que busca paliar la huella que genera la propia empresa BIC en el planeta, fomentando el reciclaje. Este esquema de cambio a nivel mundial, excluía a Canarias, Baleares, Ceuta y Melilla por la dificultad que genera su distribución logística. Un vacío aprovechado por estos jóvenes en el marco del módulo 'Control de Residuos' del Ciclo Formativo Química Ambiental.

El proyecto, en plena expansión, busca la adhesión de nuevas empresas entusiasmadas por dar un



Foto N° 4: Parte del material proviene del plástico inservible de bolígrafos y rotuladores.

giro a su forma de producir. Al mismo tiempo, exigen la puesta en marcha de un Sistema Colectivo de Responsabilidad Ampliada del Productor (SCRAP) para los instrumentos de escritura inservibles, un sistema de gestión basado en el principio "Responsabilidad ampliada del productor", según el cual no sólo es responsable de la correcta gestión de los residuos el que los genera sino también quien pone en el mercado productos que se transforman en residuos después de ser utilizados o consumidos. Según apunta la Responsable de Medios de Comunicación del 'Proyecto ARBol', Adelina Hernández, esta sería la manera de interpolar hasta Canarias, la creación de la responsabilidad colectiva entre las empresas que generan el residuo y la iniciativa que le da una segunda vida.

3. PUESTA EN MARCHA

En abril de 2019, el Equipo del Proyecto ARBol se puso en contacto con Eyser Hidráulica y juntos comenzaron a trazar planes sobre cómo crear una sinergia que les permitiese reducir todos los residuos generados en Canarias y transformarlos en productos que favorezcan a la economía circular. Los peines fueron el primer objeto fabricado con estas máquinas, con el fin de evitar el transporte de los instrumentos de escritura inservibles a la planta de tratamiento más próxima, ubicada en Francia, para minimizar la huella de carbono que esto conlleva.



Foto Nº 5: Peine como primer objeto elaborado en Canarias a partir de residuos de bolígrafos y rotuladores.

fi de código abierto que acompaña este movimiento, se dispusieron a construir la trituradora de plásticos. La empresa ya contaba con una inyectora industrial capaz de trabajar con todo tipo de termoplásticos. Gracias a la creación de la trituradora, para la que se reutilizaron varios elementos de la chatarra, con el fin de minimizar el gasto económico y el impacto medioambiental de su fabricación, ya eran capaces de obtener materia prima de desechos de plásticos como son los envases o tapones principalmente.



Foto Nº 6: Maquinaria en Eyser Hidráulica. Foto de Juan Antonio Rico, fotógrafo colaborador del proyecto ARBol.

En la producción de la maquinaria están involucrados Miguel Carrasco de Miguel, dueño de la Empresa Eyser hidráulica, su hijo Miguel Carrasco Rodríguez y Loreto Felipe. La nueva trituradora ha supuesto un cambio en la forma de producir de la compañía que hasta la fecha utilizaba plástico nuevo y, desde hace un año, comenzó la transición hacia los plásticos reutilizados procedentes de tapones, envases y otros materiales. Así, con el equipo de Precious Plastic Gran Canaria y su unión con los estudiantes de Química Ambiental, se ha impulsado en el marco del 'Proyecto ARBol', los peines elaborados con plástico 100% reciclado.

Así, además de los peines, Eyser Hidráulica ha impulsado la creación de palas de natación a través de la misma composición, y con un condicionante social, su creación se destina a aportar su grano de arena en la lucha contra el cáncer.

4. CADENA DE RECICLAJE

Desde el inicio del proyecto hasta agosto de 2019, los estudiantes y técnicos graduados en Química Ambiental que lo encabezan, han recogido más de dos toneladas de instrumentos de escritura inservible. Dado que no existen más contenedores determinados para su reciclaje, que los ofrecidos desde el Proyecto ARBol, se trata de encontrar puntos de recogida específicos. Para el Proyecto ARBol se han repartido 1.500 cajas por diferentes puntos del Archipiélago. Un número que espera seguir creciendo, con el apoyo de entidades públicas y el impulso ciudadano. A partir de ellas se captan cientos de rotuladores, bolígrafos, e incluso correctores, que llegan hasta Eyser Hidráulica. La empresa se encarga de clasificar y separar por tipos de plástico aquellos que son aptos para la inyección y que serán molidos en la trituradora fabricada a partir de los diseños de Precious Plastic.

El trabajo conjunto entre entidades públicas y privadas hace posible el crecimiento paulatino de tendencias ecológicas como ésta. En este punto,



Foto Nº 7, 8, 9 y 10: Imágenes del proceso realizado por Miguel Carrasco Rodríguez en Eysen Hidráulica.



Foto Nº 11: Moldes de los peines elaborados con plástico 100% reciclado en Eysen Hidráulica. Foto de Juan Antonio Rico, fotógrafo colaborador del proyecto ARBol.

cabe mencionar al principal accionista del Proyecto ARBol, Martínez Cano Canarias, que se encarga del almacenamiento y transporte de las cajas antes mencionadas, desde los diferentes puntos de la comunidad autónoma, hasta su sede en la isla capitalina de Gran Canaria. A ellos se le suman, arquitectos, ingenieros de diseño o técnicos audiovisuales, entre otros, que han hecho posible crear una iniciativa, partiendo de la nada.

Detrás de esta idea, nos topamos con mucho esfuerzo, de estudiantes y profesionales a la vez, que han dedicado tiempo a ver germinar la semilla del Proyecto ARBol. Así, la colaboración de la Universidad de las Palmas de Gran Canaria (ULPGC), en los ensayos con el plástico de los bolígrafos para comprobar su flexibilidad, su calidad y sus posibles usos, también ha motivado y hecho posible la creación de un elemento tan útil como un peine, partiendo de elementos desechados. Tal y como apunta Mario



Foto Nº 12:
Nuevo contenedor específico para los instrumentos de escritura inservible.

Monzón, desde la universidad se encargan de “caracterizar o ensayar los materiales reciclados”. La ULPGC no participa directamente en el proceso de fabricación de las piezas, mas analizan la calidad del material reciclado, a través de diferentes ensayos mecánicos. Desde su prisma, Monzón advierte que “es interesante dar una segunda vida a los plásticos para no incrementar el consumo de plástico virgen que procede del petróleo”.

Como se refleja, el proyecto cuenta con un grueso de personal que combina a los estudiantes con los especializados en técnicas medioambientales, mentes inquietas preocupadas por el bienestar del planeta. El principal objetivo de este proceso de re-



Foto Nº 13: Imagen tomada en las instalaciones de Martínez Cano Canarias situada en el Goro (Gran Canaria). De izquierda a derecha vemos a Alejandra Molina, Responsable de Relaciones Internacionales; Adelina Hernández, Responsable de Medios de Comunicación; y Gina Pastrana, Responsable de Eventos del Proyecto ARBOL.



Foto Nº 14: De izquierda a derecha tenemos a Gina Pastrana, Responsable de Eventos; Raquel González, Responsable de Redes Sociales; Víctor Cardona, Responsable del Área de Educación; y Adelina Hernández Responsable de Medios de Comunicación junto al nuevo contenedor específico para los instrumentos de escritura inservibles. Foto de Juan Antonio Rico en el Palet Express-Cajasiete.

ciclaje, es el de dar una posibilidad a aquellos plásticos que llegan a nuestros vertederos en forma de residuo. Debido al carácter insular y ultraperiférico de Canarias y a la situación cada vez más alarmante de la Tierra en general, este proyecto surge como

una iniciativa emprendedora que trata de dar salida a toda la basura que se acumula en un espacio limitado de nuestras islas. Uno de los principales objetivos es asegurar el reciclaje de estos instrumentos que, en un inicio, pueden considerarse como desechos, con trabajo, investigación y un toque de creatividad se reutilicen y tomen decenas de formas.

Además, el coste de la gestión, como se viene diciendo hasta ahora, no puede recaer únicamente en empresas que altruistamente den una segunda vida al plástico, sino que debe impulsarse desde los creadores, importadores y distribuidores de objetos de consumo, como principales culpables de la generación del posterior residuo.

5. UN PROYECTO INCLUSIVO

El proyecto trata de ser inclusivo, sumando a la idea, a personas en riesgo de exclusión social. Por ello, se ha sumado a colaborar el Centro Ocupacional de la Villa de Santa Brígida. Los chicos y chicas pertenecientes a este centro, se encargan del despiece de los instrumentos de escritura inservibles y clasificación por tipo de materiales y colores, procedimiento previo a la fabricación de los peines. Otro centro ocupacional se ha incorporado recientemente a las labores de selección, pero trabajando exclusivamente con tapones y envases.

La transformación del plástico en peines, es solo el iceberg de una iniciativa mucho más amplia y emprendedora, que busca hacer de la gestión de residuos un impulso al mercado local, en el que productos antes elaborados en países extranjeros, puedan ser ahora creados y repartidos por empresas del propio Archipiélago. Una economía circular que busca luchar en diferentes frentes: añadir a personas en riesgo de exclusión, trabajar en favor del medio ambiente y garantizar un futuro al planeta Tierra. El proyecto señala la urgencia climática, desde el activismo y la movilización, y exige a creadores, distribuidores y entidades públicas y privadas que entonen el "mía culpa" para hacer posible un planeta más ecológico.



Fotos Nº 15 y 16: Chicos y chicas del Centro Ocupacional de la Villa de Santa Brígida.

Sistemas de Clima Radiante.

Vuelta a la Actualidad



Elías Casañas Rodríguez

Ingeniería Canaria de
Ahorro Energético
INCANAE



Elena Casañas Quintana

Técnico comercial en el
departamento internacional
AQUATHERM GMBH

1. INTRODUCCIÓN

Desde hace unos años se ha demostrado que el confort térmico en el interior de los edificios está estrechamente relacionado con el bienestar, el rendimiento laboral e, incluso, el estado de ánimo de las personas que lo habitan. Hoy en día, el ser humano pasa un 75% de su tiempo en espacios cerrados. Es por eso, que tener un ambiente saludable y un buen clima en dichos espacios se ha convertido en algo fundamental.

Hasta ahora, para acondicionar un local, se han utilizado mayoritariamente sistemas de climatización convencionales, tales como los sistemas de todo aire, fan coils o splits. Todos ellos son capaces de vencer las necesidades térmicas del local. No obstante, pueden llegar a ocasionar malestar al generar molestas corrientes de aire, movimiento de polvo y sequedad en el ambiente, por no hablar de su gran consumo energético. Por eso, por el avance de la tecnología y, sobre todo, por las recomendaciones contra el cambio climático, actualmente en muchos países se está optando por rescatar los sistemas de climatización radiante, conocidos desde hace muchos años pero poco utilizados en los últimos tiempos.

2. CLIMATIZACIÓN RADIANTE

¿Pero qué significa climatización radiante? Son sistemas que utilizan agua como fluido caloportador. Su función es calentar o enfriar una superficie (bien sea el suelo, las paredes o el techo) para intercambiar energía con el ambiente. Su objetivo es ceder o quitar calor al ambiente por medio de radiación. Además, se pueden utilizar los mismos circuitos para calefacción o para refrigeración.

En modo refrigeración, la energía térmica se intercambia mediante la transferencia de calor radiante entre las cargas de calor presentes en el espacio y la superficie enfriada. La energía es irradiada de los objetos, personas, equipos y luces y, a su vez, absorbida por la superficie fría. En modo de calefacción, sucede lo contrario. La energía se transfiere de la superficie calentada, siendo esta absorbida por los objetos y las personas.

Dado que el agua es mejor transmisor de calor que el aire y que las superficies de contacto son elevadas, para alcanzar el mismo grado de confort, los sistemas radiantes funcionan a temperaturas más elevadas en verano (26°C) y más reducidas en invierno (20°C). Esto se traduce en una reducción del consumo energético y de las emisiones de CO₂.

El confort térmico de un local viene determinado por tres factores: la temperatura, la humedad y la ventilación y velocidad del aire. Mientras la climatización radiante se encarga de vencer la carga de calor sensible del local, un sistema de tratamiento de aire es fundamental para poder vencer la carga latente generada por la humedad en el ambiente y las personas, así como proporcionar una calidad de aire adecuada.

No obstante, cuando se trata de refrigerar, sigue habiendo un gran miedo y escepticismo. Es cierto que en zonas climáticas más húmedas, el sistema debe tratar con más cuidado, pero con un buen diseño y control de la instalación, estas dificultades se pueden evitar. Por eso, el continuo control de la humedad específica en un sistema de enfriamiento radiante garantiza que la temperatura de la superficie siempre esté por encima del punto de rocío, evitando así condensaciones en paredes, techos y suelos.

Al combinar la instalación con un sistema radiante y una unidad de tratamiento de aire (UTA), el caudal de aire que circula en el local a acondicionar se reduce considerablemente, lo que supone una disminución de la velocidad del aire y de los conductos de ventilación. Por ende, reduce las incómodas corrientes de aire, el ruido, el polvo y aumenta el confort de las personas. Otro factor a tener en cuenta es que, si se está construyendo un edificio de muchas plantas, esta reducción de los conductos de ventilación se podría ver traducida en la construcción de más plantas al disminuir la altura de los falsos techos.

Una de las grandes ventajas de un sistema radiante es su eficiencia energética y su fácil aplicación con energías renovables. Además, gracias a su reducida temperatura de impulsión para calefacción (35°C) y su elevada para refrigeración (>15°C), el consumo energético y las emisiones de CO₂ disminuyen. Esto permite el uso de una bomba de calor multiusos (la cual genera calor y frío simultáneamente), evitando así la instalación de dos máquinas diferentes (caldera y planta enfriadora) y, por tanto, ahorrando costes durante la instalación.



Foto Nº 1: Instalación de clima radiante en techo.

En el siguiente ejemplo se podrá apreciar una de las tantas ventajas de la climatización radiante. Simplemente cambiando las temperaturas de trabajo en dos sistemas modernos y eficientes, podemos ahorrarnos hasta un 31% de la energía anual y un 30,2% de las emisiones de CO₂.

	FanCoil	Radiante
Temp.del agua para calefacción (°C)	55	35
Temp.del agua refrigeración (°C)	7	15

Tabla Nº 1.

	CALEFACCIÓN	REFRIGERACIÓN
DEMANDA TÉRMICA SENSIBLE (kW _t)	210	230
HORAS DE FUNCIONAMIENTO (h)	4000	2000

Tabla Nº 2.



Foto Nº 2: Instalación de clima radiante en paredes.



Foto Nº 3: Verificación de instalación de clima radiante en techo.

3. EJEMPLO PRÁCTICO

Para hacer una comparación propia, vamos a utilizar dos sistemas todo agua: fan coils y climatización radiante.

Imaginemos que tenemos un edificio que deber ser calefactado y refrigerado.

El edificio en cuestión tiene una demanda de calefacción de 210 kW_t y una demanda de refrigeración de 230 kW_t (en ambos casos, carga de calor sensible).

Las temperaturas de trabajo para ambos sistemas serán las que aparecen en las Tablas Nº 1 y Nº 2).

Antes de realizar ningún cálculo, se deberán escoger los parámetros de funcionamiento de la bomba de calor (bomba de calor modelo WSNH – XSC3 de la compañía Clivet). La bomba de calor deberá ser capaz de vencer la carga térmica para el caso más desfavorable, en este caso modo refrigeración (230 kW_t).

Heating performance						Cooling performance					
Size	To (°C)	10		12		Size	To (°C)	25		30	
		kWt	kWe	kWt	kWe			kWf	kWe	kWf	kWe
		70.4	30	252	42.6			265	43.0	70.4	5
35	247		46.7	260	47.2	7	222	42.8	212		47.2
40	239		51.8	251	52.3	10	244	43.5	234		48.0
45	232		56.9	243	57.3	12	259	43.9	248		48.5
55	224		63.5	234	64.0	15	283	44.5	270		49.3
75.4	30	268	46.1	283	46.6	75.4	18	-	-	294	50.0
	35	264	50.6	277	51.1		5	222	45.9	212	50.6
	40	255	56.1	268	56.6		7	236	46.4	226	51.1
	45	247	61.5	259	62.0		10	259	47.1	248	52.0
	55	239	68.6	250	69.1		12	274	47.6	262	52.5
						15	299	48.3	286	53.4	
						18	-	-	311	54.2	

Figuras Nº 1 y Nº 2: Datos de rendimiento de la bomba de calor modelo WSNH- XSC3, Clivet.

	Convencional	Radiante
Temp. del agua calefacción (°C)	55	35
Temp. del agua refrigeración (°C)	7	15
Potencia térmica bomba de calor calefacción (kW _t)	239	247
COP	3,48	5,28
Potencia térmica bomba de calor refrigeración (kW _t)	236	283
EER	5.08	6.35

Tabla Nº 3.

En la Tabla Nº 3 se agrupan los datos más relevantes.

Como puede observarse en las tablas anteriores, al haber cambiado las temperaturas de trabajo, no sólo aumenta el rendimiento de la bomba de calor, sino que se puede dimensionar la instalación con una máquina más pequeña (modelo 70.4 en vez de modelo 75.4).

La energía eléctrica anual consumida por la bomba de calor será:

Energía (kWh) = energía eléctrica compresor x horas de funcionamiento

Ecalefacción fan coil = 60,27 kW_e x 4000 h = 241.080 kWh

Erefrigeración fan coil = 45,21 kW_e x 2000 h = 90.420 kWh

Ecalefacción sist. radiante = 39,7 kW_e x 4000 h = 158.800 kWh

Erefrigeración sist. radiante = 36,16 kW_e x 2000 h = 72.320 kWh

Energía total fan coil = 241.080 + 90.420 = 331.500 kWh/año

Energía total sist. radiante = 158.800 + 72.320 = 231.120 kWh/año

Ahorro energético anual = 31%

Con estos resultados, podemos calcular la reducción de CO₂:

Emissiones CO₂ (fan coil) = 331.500 kWh * 0,75 = 248.625 kg CO₂

Emissiones CO₂ (sist. radiante) = 231.120 kWh * 0,75 = 173.340 kg CO₂

Reducciones CO₂ (%) = 30,2 %

El ahorro económico no sólo queda cuantificado por la reducción del consumo de energía sino que también, al necesitar una bomba de calor de un tamaño inferior, se reducen costes de material y montaje.

Para concluir este artículo, nos gustaría recalcar los siguientes beneficios de la climatización radiante:

- Mayor confort, pues se evitan las desagradables corrientes de aire, ruido y polvo.

- Ahorro energético, gracias a temperaturas de trabajo más eficientes.
- Disminución de las emisiones de CO₂, debido al ahorro energético.
- Ahorro de dinero durante el funcionamiento del edificio.
- Mayor durabilidad.
- Reciclable.
- Mantenimiento casi nulo.
- Libertad de diseño, pues su instalación se realiza debajo de las superficies.

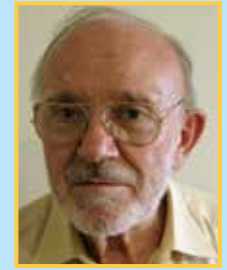
4. NOTAS

- Este ejemplo se ha realizado comparando el sistema radiante (aquatherm black system) con un sistema de fan coil moderno que se considera eficiente. Si se utiliza otro tipo de sistemas, o si se trata de una renovación, los ahorros generados aumentan considerablemente, pues se pasa a trabajar a temperaturas de impulsión más elevadas en modo calefacción y más reducidas en modo refrigeración, lo que supone un aumento en consumo energético y emisiones de CO₂.
- El artículo fue expuesto por la autora en una conferencia en el stand de AQUATHERM en la pasada edición de la feria ISH Frankfurt 2019.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Catálogo técnico de sistemas radiantes de aquatherm black system.
- Catálogo técnico de bombas de calor Clivet.

Los Ensayos No Destructivos, una Profesión para Toda la Vida



Jesús Serrano Sánchez

Miembro del Consejo Asesor de la AEND

Cuando nuestro buen amigo Luis García Martín me solicitó que escribiese un artículo de opinión para su revista, me asaltó una gran duda: ¿no tiene a nadie mejor que este viejo (estoy agotando el último año de mi década de los setenta) para esta labor?

De todos modos, y tanto por complimentar la petición de un gran amigo, como por aprovechar la ocasión de dirigirme a todos vosotros (miembros de una de mis comunidades más queridas, esas Islas Afortunadas, y al mismo tiempo tan desconocidas en su aspecto industrial para la mayoría de los hijos de la vieja Iberia), me lanzaré a ello, procurando transmitir un poco de mi dilatada experiencia, pero intentando no aburriros demasiado.

De todos es conocido el dicho que reza: “los viejos dan buenos consejos porque ya no pueden dar malos ejemplos”. Tal vez sea verdad, pero tampoco hay que olvidar aquel otro que señala que “la experiencia es un grado”, y al que yo me permito añadir que este grado varía en función de las oportunidades que hayas tenido para adquirirla, lo que, sin duda, está relacionado con el tiempo que has dedicado a tus actividades profesionales; sin olvidar que éstas no finalizan con la llegada a esa etapa, cada vez más larga, que constituye nuestra jubilación. Sería un acto de egoísmo no intentar transmitir nuestros conocimientos a las generaciones que vienen “empujando” y con mucha capacidad para mejorar las metas que nosotros alcanzamos; así como seguir poniéndonos al día, con el fin de poder entender lo que las mencionadas generaciones más actuales nos cuentan. Como decía Don Hilarión, el viejo boticario de la Verbena de la Paloma: “hoy las ciencias adelantan que es una barbaridad”.

Para daros mi consejo “de viejo”, permitidme que me enrolle un poco y os relate someramente mi historia.

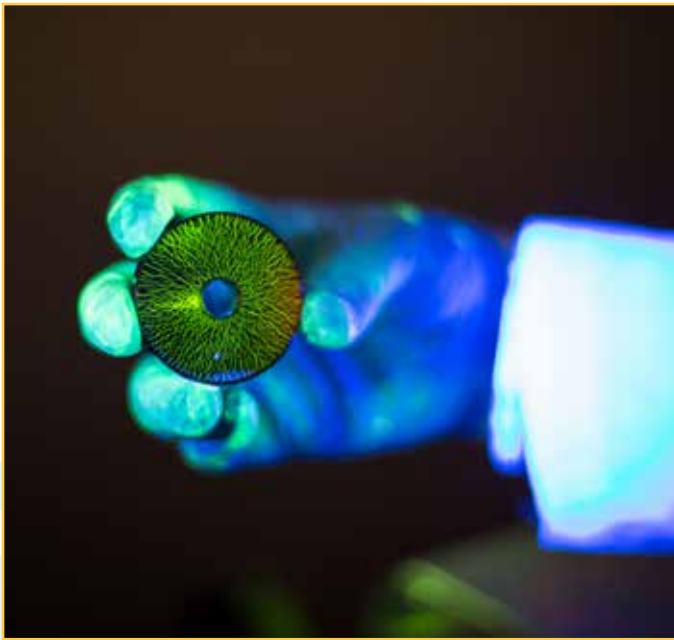
Cuando estudié mi carrera apenas había escuelas de ingeniería en nuestro país, lo que daba como resultado que el número de alumnos que constituían las promociones era mucho más reducido que en los momentos actuales. A pesar de ello, tampoco era muy fácil para una persona recién graduada poder encontrar un trabajo atractivo. Pero repito, en ningún caso, las dificultades alcanzaban el nivel de los momentos presentes.

Por circunstancias personales, tuve que simultanear los estudios con mi trabajo o, mejor dicho, tuve que simultanear mi trabajo con los estudios, lo cual no fue ningún inconveniente para mí. He de reconocer que más bien fue un estímulo y que el mío no era un caso aislado. Todo se redujo a programar las asignaturas que pretendía aprobar en cada convocatoria y dedicar todo mi tiempo no laboral, incluyendo las vacaciones, a intentar cumplir el programa establecido. Además, es justo reconocer, que tuve la suerte de que aquel trabajo me permitió introducirme en el mundo, entonces casi desconocido, de los Ensayos No Destructivos (END), actividad en la que sigo involucrado, acumulando hasta la fecha sesenta y dos años de experiencia.

Según avanzaba la carrera, vislumbraba que aumentaba la dificultad para encontrar ese ansiado trabajo de calidad al que todos aspirábamos. Coincidiendo con los dos últimos cursos llegué a la conclusión de que, para poder luchar con “la competencia”, necesitaba unos conocimientos complementarios a los que adquiriríamos en las escuelas

oficiales, que se ajustasen, de forma más real, a lo demandado por la industria.

Tomada esta decisión realicé estudios complementarios de "Especialización en Soldadura" (lo que hoy constituye el diploma de "Ingeniero Internacional en Soldadura") y el de "Aplicaciones Industriales de los Isótopos Radiactivos" (incluyendo los anteriormente mencionados Ensayos No Destructivos).



Afortunadamente, toda mi vida profesional ha estado vinculada a estos dos campos, la soldadura y los END, a los que no abandoné cuando pasé a esa etapa feliz de la jubilación. Me he dedicado desde entonces a intentar transferir a los nuevos profesionales esos conocimientos acumulados, para lo cual colaboro con las asociaciones profesionales correspondientes.

Pero dejadme aclarar algo. Lo que he relatado no significa en ningún caso que las enseñanzas "regladas" no sean necesarias, porque lo son y mucho. Solo he querido destacar la conveniencia de complementarlas y, sobre todo, de actualizarlas. Hoy todo cambia de forma vertiginosa, lo que hace que la puesta al día tenga que ser de forma ágil y continuada.

Algunos de estos programas de formación permiten aspirar a certificados de cualificación profesional, de reconocido prestigio y de aceptación a nivel mundial. Uno de los mejores ejemplos lo constituye el caso de los END, en los que tanto la formación como la certificación están reguladas por la norma "nacional/europea/internacional" UNE-EN ISO 9712 "Ensayos no destructivos. Cualificación y

certificación del personal que realiza ensayos no destructivos".

En este sentido, hay que destacar la gran labor realizada por el Comité Autnómico de Canarias de la Asociación Española de Ensayos No Destructivos (AEND), eficazmente dirigido por Luis García Martín, que cuenta con el apoyo incondicional de varios organismos de las Islas Canarias. Entre ellos cabe destacar la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, en la que hace ya casi tres décadas viene impartándose, con buena aceptación, formación en los diferentes métodos de END, entre otras especialidades.

Después de esta exposición, está claro que no me queda más remedio que animaros, especialmente a los más jóvenes, pero sin limitarme únicamente a ellos, para que adquiráis esa formación complementaria en campo de la industria en el que queráis triunfar. Siempre siendo consciente que con la finalización de vuestros estudios no habéis acabado vuestra carrera, sino, como me dijo mi verdadero "maestro" (él fue el que me enseñó gran parte de lo que hoy sé de los END) no habréis hecho más que empezarla; y si decidís que sea en Ensayos No Destructivos, sabed que tenéis, siempre dispuestos a ayudaros, a todos los componentes de la AEND y por supuesto conmigo al frente.

Y como colofón, quisiera pedir os que sea cual sea la especialidad a la que os dediquéis, respetéis y améis a vuestro trabajo, permaneciendo siempre al día en los avances de las técnicas correspondientes.



El Mantenimiento en la Universidad



Juan Pedro Maza Sabaleta

Asociación Española de Mantenimiento (AEM)
Presidente de la Federación Iberoamericana de Mantenimiento

Aunque los datos estadísticos que se publican son poco fiables, es un hecho evidente que muchos de los ingenieros que terminan sus estudios en la universidad van a iniciar su vida profesional trabajando en distintas áreas de mantenimiento. Y muchos de estos profesionales, cuando repasan el cúmulo de materias que han estudiado, se encuentran con que el mantenimiento no aparece por ninguna parte. Se han incorporado a la actividad mantenedora sin tener ningún referente académico, sin recordar a algún profesor que le marcara los conceptos básicos y los principios de actuación dentro de esta actividad. Se convierten en autodidactas que aprenden de la dedicación diaria, de la resolución de problemas repetitivos, de los intercambios de experiencias con algún compañero, de la lectura de algún libro recomendado y poco más. La propia experiencia ha sido el principal referente de los profesionales de mantenimiento que no abandonaron y han llegado a expertos.

Algunas empresas han desarrollado políticas serias de mantenimiento con rigurosos planes de formación de sus técnicos, supliendo de esa manera el déficit formativo que se trae de la Universidad. Pero suele ser la excepción, como se descubre en las encuestas y benchmarkings que se publican.

Y siendo muchos los ingenieros que desarrollan su actividad en el mundo del mantenimiento, también los ingenieros de proyecto han de plantearse los problemas del futuro mantenimiento de sus nuevas instalaciones, y los usuarios y operadores han de bregar con problemas relacionados con mantenimiento para garantizar el uso eficiente de

las mismas. En los planes de estudio aparece, por ejemplo, que el futuro ingeniero eléctrico estudie "Cálculo, construcción y ensayo de motores eléctricos". Pero ¿cuántos nuevos ingenieros van a trabajar en una fábrica de motores? Y, sin embargo, son muchos los que en su vida profesional se van a enfrentar con problemas derivados del uso y de las averías de los motores, de lo que nada le han enseñado. Y así, en cualquier materia que elijamos, serán muy numerosos los titulados que tendrán que acometer el mantenimiento de las instalaciones sin que traigan de la universidad un conocimiento razonable.

Estamos convencidos de que en todas las carreras de Ingeniería (y de Arquitectura) debería estudiarse, como mínimo, una asignatura que permita al futuro ingeniero conocer la materia del mantenimiento y las bases para un desenvolvimiento fluido en la actividad. Una asignatura que, desde un principio, siente las bases de una terminología correcta: desde el mismo concepto de "mantenimiento" que muchos usuarios parecen desconocer, hasta otros muchos que se usan de forma poco precisa y correcta. La norma UNE-EN 13306, Terminología de Mantenimiento, puede ser un buen referente. Una asignatura que sirva para impartir los conceptos básicos sobre fiabilidad y mantenibilidad y el estudio de fallos, que exponga las ideas básicas del mantenimiento mecánico, eléctrico, de instrumentación o de edificios (alineación, lubricación, vibraciones, selectividad, corrosión, etc.). Y también las técnicas específicas para una gestión eficiente. Donde se aprenda sobre la planificación y programación de mantenimiento, que es muy específica al tener infinidad de actividades de muy corta duración. El

mantenimiento preventivo o el basado en la condición requieren una definición muy precisa y una ejecución estricta y sistemática. O la gestión de contratos y de repuestos que no es asimilable a otros tipos de contratos o almacenes.

Resulta claro que se trataría de una asignatura con un contenido muy completo, de gran valor para los profesionales y, por supuesto, para los resultados de las empresas en las que el mantenimiento puede tener una clara incidencia, no solo por el alto costo que puede llegar a desembolsarse, ya que la pérdida de producción puede llegar a tener una mayor importancia económica. Una asignatura que también puede sentar las bases para una actuación que se desarrolle de forma segura para las personas y las instalaciones y, que a la vez, sea respetuosa con el medio ambiente. Analizando desastres importantes, es frecuente encontrarse con una actuación de mantenimiento en el inicio de algunos de los mismos, como recientemente en el incendio de Notre Dame de París, o la estación de Yeda en el AVE del desierto, en Arabia Saudita

Es cierto que en estos últimos años, en algunas universidades se ha iniciado a impartir algunos cursos de postgrado sobre mantenimiento, lo cual resulta muy positivo, aunque sólo llegue todavía a un reducido número de estudiantes. Algunos de estos cursos son de una gran calidad, pero en otros se ha ido por el camino de imitar a las empresas consultoras, mirando el mantenimiento como una actividad que hay que organizar. Y está bien. Todas esas técnicas del mercado pueden ayudar a mejorar los resultados del mantenimiento, pero la organización ha de disponer de profesionales que entiendan, que conozcan y dominen la naturaleza misma del mantenimiento.



A través de los eventos desarrollados por la FIM (Federación Iberoamericana de Mantenimiento) se ha ido viendo el desarrollo que en las universidades iberoamericanas está teniendo el mantenimiento. Desde Argentina a México, en todos los países de habla hispana y portuguesa hay universidades que imparten estudios de ingeniería de mantenimiento. Son estudios que se realizan a distintos niveles. Es muy abundante la oferta de cursos de postgrado, y hay un buen número de universidades donde puede obtenerse una titulación específica de Ingeniería de Mantenimiento. Desde el estudio estadístico de fallos hasta la preparación de planes preventivos; desde la gestión específica de repuestos hasta la planificación de paradas periódicas de plantas de proceso, son materias que el estudiante aprende en vez de enfrentarse a todo ello de forma desordenada y estresante como han vivido tantos jóvenes ingenieros hasta ahora.

En la promoción de una universidad hispanoamericana leemos que “la carrera de Ingeniería del Mantenimiento surge como respuesta a las necesidades empresariales por reforzar las actividades de gestión de activos (operación y mantenimiento) en el interior de las empresas industriales y de servicios con el fin de mejorar la eficiencia operativa y la competitividad”. En efecto, el mantenimiento genera un costo muy importante a las empresas y, además, ha de conseguir largos períodos de producción en óptimas condiciones de calidad y seguridad. De ahí la importancia de disponer de técnicos formados para realizar una gestión eficiente.

Las reformas universitarias derivadas del Acuerdo de Bolonia y la libertad que da a la universidad para crear grados, nos pareció el marco ideal para satisfacer nuestras aspiraciones. En los textos legales de soporte a las reformas se estipula “la relevancia que un título oficial de Grado ha de tener para el desarrollo del conocimiento y para el mercado laboral español y europeo”. Y, por otra parte, la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA), encargada de velar por la correcta aplicación de lo acordado en Bolonia, indica que “las universidades, por su parte, adaptarán sus planes de estudio y métodos de aprendizaje a los requerimientos actuales de las organizaciones empresariales”.

Tal vez sea que las mismas organizaciones empresariales no plantean serios requerimientos para su mantenimiento. Para muchos directivos el mantenimiento es simplemente un coste a reducir. Tal vez falte una mayor colaboración Universidad/Empresa. Pero el mantenimiento está ahí, soportando un elevado porcentaje del PIB y esperando una mejor cualificación de sus profesionales.

Capitalizar el Mantenimiento



José Manuel Solanot García

Jefe Molinero
Director Técnico del Grupo Haricana

1. INTRODUCCIÓN

Todos los que tenemos algo que ver con el mantenimiento, sabemos lo “poco agradecido” que suele ser fuera de nuestro ámbito de actuación. Cuando todo va bien, nadie recuerda que existe. Cuando algo falla, la primera pregunta es “¿qué ha pasado con el mantenimiento?”. En este caso, tenemos que hacer el informe correspondiente, valorando el coste que ha supuesto la incidencia, asumiendo que el perjuicio en la cuenta de resultados es cosa nuestra. Después, y ya a nivel interno, nos toca averiguar las causas, evaluar las consecuencias y diseñar métodos y procedimientos para que lo ocurrido no vuelva a pasar.

A continuación, nos encontramos con el siguiente capítulo de este guión en el que nos vemos demasiado a menudo: se plantea una inversión para prevenir y, en la mayoría de los casos, al ser algo relacionado con mantenimiento, es considerado como un gasto y, por tanto, no necesario, o prescindible.

Todo esto es bastante habitual y, a la vez, bastante complejo, sobre todo porque en las instalaciones en las que realmente no existe ningún tipo de mantenimiento, todos coinciden en que debería existir.

Llegado a este punto, está claro que nos encontramos en una especie de círculo vicioso, que no parece tener salida.

Y en este momento es cuando aparece el mantenimiento predictivo. Término éste muy utilizado últimamente, aunque muy “manoseado”, ya que creo que no siempre se utiliza con propiedad. La realidad de su significado es que debemos gestionar la salud de nuestros activos, haciéndolos 100% confiables. Para gestionar esa salud, debemos aprender a “leer” los síntomas o avisos que todo equipo da

antes de que falle. Es decir, detectar cambios anormales en las condiciones del equipo y subsanarlos. O como se dice en la terminología actual, utilizar la ingeniería de la confiabilidad y mantenimiento basado en la condición.

Para ver la evolución de un equipo, no podemos basarnos únicamente en un parámetro, ni en dos, ni en tres. Debemos utilizar una amalgama de datos que, después debemos conjugar para “leer” el estado (condición) de cada equipo. Vibraciones, temperatura, ultrasonidos, análisis de aceite, lectura infrarroja, son algunos de ellos.

Un buen plan de mantenimiento debe contemplar las indicaciones del fabricante de los equipos, las circunstancias particulares de cada instalación y la experiencia propia del técnico que elabora el plan. Sabemos, por estudios realizados por universidades americanas, que el mantenimiento preventivo (que es el que habitualmente recomienda el fabricante) apenas “previene” el 15% de las averías. Por tanto, el 85% restante es cosa nuestra y de nuestro diseño.

Eso sí, está claro que los efectos de un plan de mantenimiento no se ven hasta pasado el tiempo, y ésta es la dificultad con la que nos encontramos. Demasiado a menudo nos piden resultados demasiado pronto, sin tener en cuenta el plan previamente establecido.

Pongamos como ejemplo un caso real.

En los siguientes gráficos se muestran los datos de SPM (Impulsos de Choque para detectar la condición del rodamiento), ultrasonidos y temperatura de los dos últimos años, de un motor que está sometido a un plan de mantenimiento predictivo.

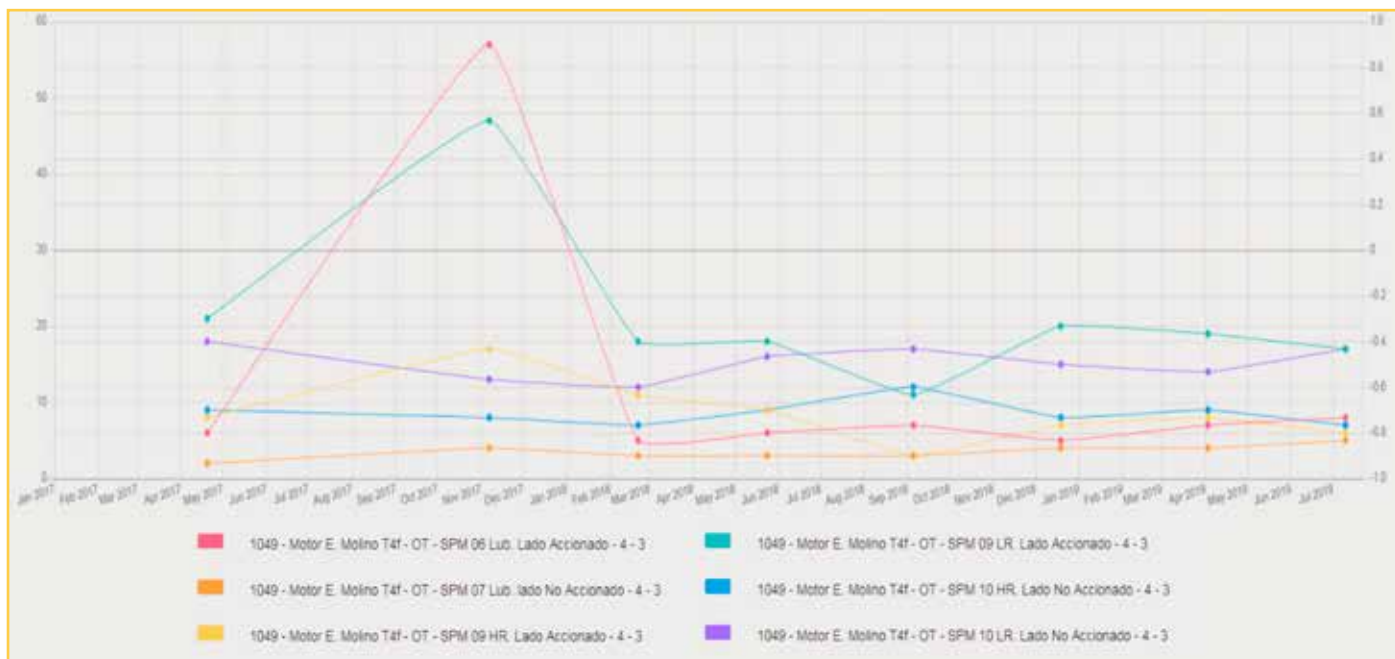


Figura Nº 1: Datos de SPM de un motor en los dos últimos años.



Figura Nº 2: Datos de ultrasonidos y temperatura de un motor en los dos últimos años.

Vemos que, en noviembre de 2017, los valores SPM, LR y HR del lado accionado han subido de manera alarmante (ver Figura Nº 1).

En el siguiente gráfico (ver Figura Nº 2), se muestran datos de ultrasonidos de alta frecuencia y temperatura del mismo motor en el mismo período de tiempo.

Aquí se ve que, en el mismo momento, tenemos un aumento de la temperatura y del “ruido” del rodamiento.

Una vez “leídos” los datos, la actuación propuesta era clara. En la siguiente parada programada para mantenimiento se cambiaron los rodamientos. La consecuencia también es evidente: hemos alargado la vida del motor con un “coste” relativamente pequeño.

Este ejemplo es muy evidente (no siempre es así) de aplicación de diferentes tecnologías de monitoreo de condición. Los resultados son variados y en el entender esta variación, está el éxito de la aplicación.

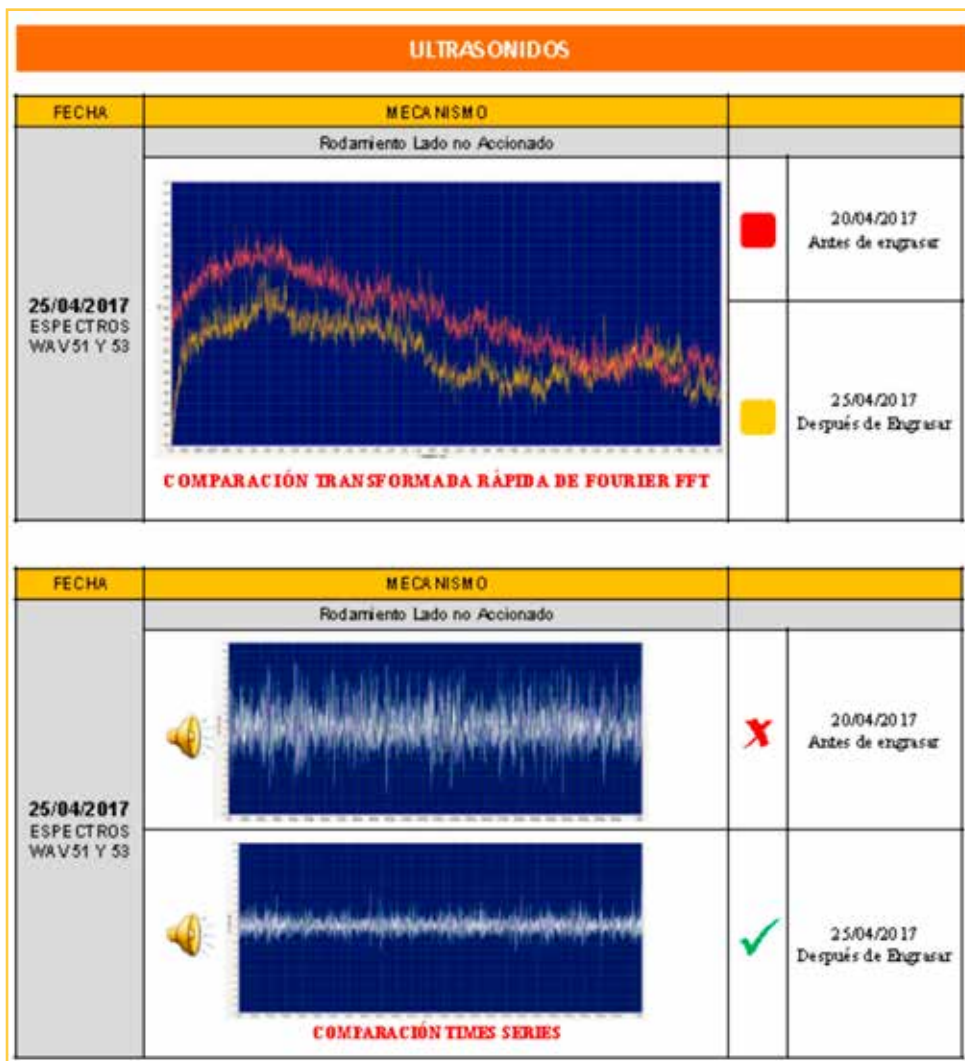


Figura Nº 3: Espectros de ultrasonidos en rodamiento, antes y después de engrasar.

Otro ejemplo del cambio de condición en un elemento lo podemos obtener con los ultrasonidos (ver Figura Nº 3).

En él se ve que, con una sencilla actuación de engrase, advertida por este método, se puede solucionar un futuro problema.

Este tipo de actuaciones, son sólo un ejemplo que, sin embargo, no suelen trascender más allá de nuestros departamentos. Normalmente son "invisibles" para el departamento financiero o la dirección de la empresa. En el ejemplo que se ha puesto, el motor ya había excedido en varios años la vida útil estimada por el fabricante. Entonces, ¿cómo podemos dar valor a nuestro programa? ¿cómo aumentamos la visibilidad de nuestras metodologías ante la dirección de la empresa?

2. ¿CÓMO HACEMOS VISIBLE LO INTANGIBLE?

Si cuando algo sale mal, enseguida "nos sacan los colores" por el coste que supone para la cuenta de resultados de la empresa, ¿qué pasaría si, cuan-

do todo va bien, las máquinas funcionan, o se alarga la vida de las instalaciones y/o equipos gracias a un buen mantenimiento, fuéramos capaces de valorar el ahorro que esto significa para la empresa?

Pongamos como ejemplo el mismo motor que vimos antes.

La vida útil de ese motor, según la estimación del fabricante, es de 15 años. Si descontamos los primeros 2-3 años, en los que estaría cubierto por la garantía, nos quedarían 12 años de vida del motor, en los que tenemos que procurar que no ocurra nada, para evitar un coste adicional a la empresa. Para ello, diseñamos un plan específico de mantenimiento, que intente cubrir cualquier anomalía. Evidentemente, este plan tiene un coste (¿o es inversión?), que se carga, habitualmente, en el "debe" del equipo, junto con la amortización.

Pero ¿qué pasa a partir del año 15? No se puede valorar el estado de ese motor en las mismas condiciones que en los primeros años y, sin embargo, procuramos "estirar" al máximo la vida de los equipos para poder ahorrarnos la compra de uno nuevo. Además, a esto, hay que sumarle, que también ha superado el plazo de amortización fijado por el departamento financiero. Pues a pesar de todo esto, no hay reflejo alguno, ni ningún tipo de "asiento", en la cuenta de resultados de la empresa.

Pues bien, ¿y si ponemos en el "haber" de esa cuenta los días, o los meses, o los años, en los que no ha sido necesario sustituir un motor, que está fuera de su vida útil y ha superado su plazo de amortización?

Sin pretender hacer un estudio económico-financiero en profundidad, quiero poner sobre la mesa, a modo de ejemplo, un caso real, en el que vamos a comprobar, "con números", el verdadero ahorro que supone tener un buen mantenimiento.

Continuemos con otro equipo en la línea de los ejemplos anteriores, pero ahora vamos a ponernos

la “chaqueta” del responsable financiero y establezcamos el siguiente contexto:

- Inversión inicial: 400 €.
- Coste anual de un mantenimiento mínimo, para su uso normal en la vida útil estimada por el fabricante: 10 €.
- Coste anual de un mantenimiento proactivo, diseñado para un uso más allá de la vida útil estimada por el fabricante: 52 €.
- Hipótesis 1: vida útil estimada por el fabricante: 12 años.
- Hipótesis 2: vida útil estimada aplicando nuevos métodos de mantenimiento predictivo: 24 años.
- Inversión nueva: aplicando una tasa de crecimiento anual del 6,3%, podemos estimar lo que costaría la sustitución del equipo al final de la vida útil estimada por el fabricante: 833 €.

Con estos datos, construimos la siguiente tabla de amortizaciones (ver Tabla N° 1).

Veamos qué ocurre al final del año 24 con las dos hipótesis de trabajo:

- Hipótesis 1: Al final de la vida útil sustituimos el equipo. Situación del flujo de caja con una tasa de actualización del 3% (Ver Tabla N° 2).
- Hipótesis 2: Un plan de mantenimiento bien diseñado, nos permite “estirar” la vida del equipo. Situación del flujo de caja con una tasa de actualización del 3%.

Resumen de los dos escenarios:

- Coste del planteamiento sustituyendo el equipo al final de la vida útil, es decir, inversión inicial más los 10 € de mantenimiento: 1.333,84 €

Equipo	Amortización	Inversión inicial	Pendiente amortización	mtto preventivo	mtto proactivo	Equipo nuevo	Recálculo Amortización	Pendiente amortización
Motorreductor		400					400	
	amortización año 1	33,33	366,67	10			16,67	383,33
	amortización año 2	33,33	333,33	10			16,67	366,67
	amortización año 3	33,33	300,00	10			16,67	350,00
	amortización año 4	33,33	266,67	10			16,67	333,33
	amortización año 5	33,33	233,33	10	52		16,67	316,67
	amortización año 6	33,33	200,00	10	52		16,67	300,00
	amortización año 7	33,33	166,67	10	52		16,67	283,33
	amortización año 8	33,33	133,33	10	52		16,67	266,67
	amortización año 9	33,33	100,00	10	52		16,67	250,00
	amortización año 10	33,33	66,67	10	52		16,67	233,33
	amortización año 11	33,33	33,33	10	52		16,67	216,67
Fin de vida útil según fabricante	amortización año 12	33,33	0,00	10	52		16,67	200,00
	amortización año 13	33,33	-33,33	10	52	833	16,67	183,33
	amortización año 14	33,33	-66,67	10	52		16,67	166,67
	amortización año 15	33,33	-100,00	10	52		16,67	150,00
	amortización año 16	33,33	-133,33	10	52		16,67	133,33
	amortización año 17	33,33	-166,67	10	52		16,67	116,67
	amortización año 18	33,33	-200,00	10	52		16,67	100,00
	amortización año 19	33,33	-233,33	10	52		16,67	83,33
	amortización año 20	33,33	-266,67	10	52		16,67	66,67
	amortización año 21	33,33	-300,00	10	52		16,67	50,00
	amortización año 22	33,33	-333,33	10	52		16,67	33,33
	amortización año 23	33,33	-366,67	10	52		16,67	16,67
	amortización año 24	33,33	-400,00	10	52		16,67	0,00

Tabla N° 1: Tabla de amortizaciones.

Año	mtto preventivo		
13	10	843	868,29
14	10	853	904,64
15	10	863	942,08
16	10	873	980,64
17	10	883	1.020,36
18	10	893	1.061,27
19	10	903	1.103,41
20	10	913	1.146,81
21	10	923	1.191,51
22	10	933	1.237,56
23	10	943	1.284,99
24	10	953	1.333,84

Tabla N° 2: Situación según Hipótesis 1.

Año	mtto preventivo	mtto proactivo		
13	10	52	478	492,34
14	10	52	540	570,97
15	10	52	602	651,96
16	10	52	664	735,38
17	10	52	726	821,30
18	10	52	788	909,80
19	10	52	850	1.000,95
20	10	52	912	1.094,84
21	10	52	974	1.191,55
22	10	52	1.036	1.291,15
23	10	52	1.098	1.393,75
24	10	52	1.160	1.499,42

Tabla Nº 3: Situación según Hipótesis 2.

- Coste del planteamiento alargando la vida útil gracias a un adecuado plan de mantenimiento (preventivo más proactivo), es decir, todo el mantenimiento preventivo anterior, menos la inversión que no hicimos en el año 12 actualizada:

- Coste del mantenimiento aplicado: 1.499,42 €
- Ahorro de no haber sustituido el equipo: 1.333,84 €
- Coste total en este caso: 165,58 €

Y si en vez de hablar de un motor en concreto, lo extrapolamos a una instalación completa, los números se disparan.

3. CONCLUSIÓN

El ejemplo planteado es un caso real, con datos reales, tanto técnicos como financieros. Sin embargo, también hay que tener en cuenta que se ha planteado una situación muy favorable y no siempre es así. Porque se podrían haber introducido otras muchas variables, que podrían hacer variar el resultado final, como:

- ¿Dónde colocamos la “obsolescencia programada” de algunos equipos actuales?
- ¿Es posible plantear este escenario “ideal” sin

contar con la probable “depreciación tecnológica” de las máquinas con el paso de los años?

- ¿Y la eficiencia energética? ¿podemos obviarla en estos tiempos?
- ¿Cómo contemplamos la probable pérdida de capacidad de producción que algunos equipos tienen con el paso del tiempo?

Estas son sólo algunas cuestiones que podríamos anotar y que irían “minorando” el resultado final, pero en ningún caso, variarían el fondo de lo que estamos planteando.

En resumen, creo que se ha acreditado que nuestro plan ha funcionado. Por un lado, hemos sido capaces de alargar la vida de nuestros equipos, evitando una rotura, que hubiera supuesto una parada en la producción y/o un gasto en reparación / sustitución. Y por otro, hemos evitado la sustitución del equipo por otro, con el consiguiente gasto que ello hubiese significado. Ambos hechos, sin ninguna duda, tendrían efectos negativos en la cuenta de resultados.

Eso sí, han tenido que pasar veinticuatro años para poder demostrarlo con datos.

Consecuencia de todo lo que hemos visto: no hemos hecho otra cosa que “capitalizar el mantenimiento”.

Nota del autor: Agradecer a mis compañeras Yaiza (gestora de activos), Laura y Yanira (del departamento financiero) por su colaboración en la elaboración de este artículo.

El Análisis de Aceite, Programa de Lubricación y Cinco Frases Lapidarias



Jorge Alarcón

Global Technical Manager, OCM
Bureau Veritas - Houston, Texas

“El ignorante afirma, el sabio duda y reflexiona” (Aristóteles)

En 1988, los países más desarrollados establecieron un acuerdo para crear reglas sobre los riesgos de la actividad bancaria mundial. En ese momento, el panorama financiero atravesaba un momento de bonanza y tranquilidad.

Nadie esperaba cambios drásticos que pudieran afectar el panorama global, hasta que todo el mundo tembló al ritmo del tequila mexicano, con la caída de las monedas asiáticas, la caída de los mercados financieros locales: Turquía, Brasil, Argentina, Rusia... y de esta manera cambiaron radicalmente el concepto de reglas definidas en Basilea. Once años después, una vez más, Basilea recibió al grupo de ilustres países en cuestión y en 1999 propuso una estructura que se basa en tres pilares fundamentales, que básicamente redefinen el concepto de riesgo. Se pasó de un enfoque únicamente contable a uno nuevo, mucho más dinámico, con una visión más amplia del concepto de riesgo en sí mismo.

En ese momento, el concepto de riesgo adquirió una dimensión completamente nueva que se basa en tres categorías principales. De estas categorías, la más importante y la que tiene el mayor impacto en el mantenimiento industrial es el riesgo operacional. Este concepto no tenía una visión específica y se incluyó dentro de otros más tradicionales, como el riesgo de mercado o en la gran bolsa de riesgos desconocidos.

Por definición, el riesgo operacional son aquellas pérdidas económicas derivadas de procesos, personal o sistemas internos inadecuados o defectuosos. En el sector industrial, el riesgo operacional debe verse como la pérdida de eficiencia de un activo industrial.

En ningún caso, el riesgo operacional es una caja donde entran todos los errores derivados de la operación industrial; son única y exclusivamente las pérdidas derivadas de un programa de gestión de mantenimiento inadecuado, antiguo, defectuoso o que ha sido copiado de otras industrias sin adaptación alguna.

Tal como describe el Dr. Nathan C. Wright en su libro *The Death of Reliability*, muchas industrias han olvidado por completo la importancia de un programa de lubricación adecuado, así como el control de contaminación en planta.

En el año 2018, entre un 69 y un 78% (dependiendo de la fuente) de las plantas industriales en Europa incluían, dentro de sus planes de mantenimiento predictivo (PdM), al análisis de aceite como herramienta de diagnóstico. Sin embargo, aunque esta cifra parezca muy grande, en especial para los apasionados de esta herramienta del PdM, la realidad en muchas plantas industriales es muy contradictoria.

Aparentemente una muestra de aceite puede resultar muy sencilla de obtener, dependiendo del componente o máquina que se trate. Puede parecer tan simple como abrir una llave del circuito de lubricación y recoger una décima parte de un litro. De ser así de sencillo, ¿cuál es la brecha que existe entre una muestra de aceite y un programa integral de lubricación en planta? ¿Dónde están los problemas para que el análisis de aceite no llegue a cumplir con su labor de herramienta de diagnóstico?

Desde luego, existen muchas maneras de alcanzar una minimización del riesgo operacional. A continuación menciono tres puntos que son los más comunes y que tienen más impacto dentro de los proyectos de lubricación.

1. PARTIENDO DE UN CONCEPTO EQUIVOCADO

Cerca de un 85% de las industrias que sufren problemas de fiabilidad en sus sistemas lubricados no cuentan con un programa de lubricación en planta(1). Sin embargo, este mismo grupo cuenta con una planificación de toma de muestra y posterior análisis de aceite, al menos para sus equipos más críticos.

Tanto la planificación de toma de muestra como el análisis de aceite no tienen ningún sentido si no se realiza dentro de un programa integral de lubricación. El análisis de aceite es, en este sentido, un eslabón de la cadena, una parte integral de un programa, que de llevarse a cabo de manera correcta, aportará los beneficios esperados.

Una planta proactiva deberá cambiar su estrategia de PdM e incluir un programa de lubricación que contemple al menos las siguientes áreas:

- Almacenamiento y transferencia de lubricantes.
- Control de contaminación.
- Análisis de lubricantes (grasas y aceites).
- Indicadores de gestión.
- Acciones proactivas de mantenimiento.

2. FORMACIÓN, CONOCIMIENTO E IMPLANTACIÓN

A pesar del avance de la tecnología y los medios audiovisuales disponibles hoy en día, la formación sigue siendo una tarea pendiente para muchas industrias. El riesgo operacional descrito anteriormente, tiene una relación directa con el conocimiento de los encargados del programa o de las tareas de lubricación. Gran parte de la industria sigue sin entender que la formación es la base sobre la cual se sostiene cualquier proyecto, en especial, en el área de mantenimiento. A corto plazo, la formación del personal técnico repercute directamente en las tareas básicas de mantenimiento, limpieza, orden; que, desde el punto de vista de la lubricación, significan: lubricantes libres de contaminación, identificación adecuada, almacenamiento correcto y trasvases "limpios". Probablemente sea una de las tareas más sencillas dentro de las labores de planta, sin embargo, es la más descuidada, la más olvidada y a la que no se le presta la atención debida. Como resultado de esta falta de atención hacia las labores básicas de mantenimiento, alrededor de un 63% de los sistemas hidráulicos muestran signos de contaminación con otros aceites⁽¹⁾. Desafortunadamente, muchas empresas han centrado sus ojos en los nuevos paradigmas industriales y han dado por sentado que la labor, básica y fundamental sobre la cual se alza el mantenimiento, ya fue alcanzada hace tiempo.

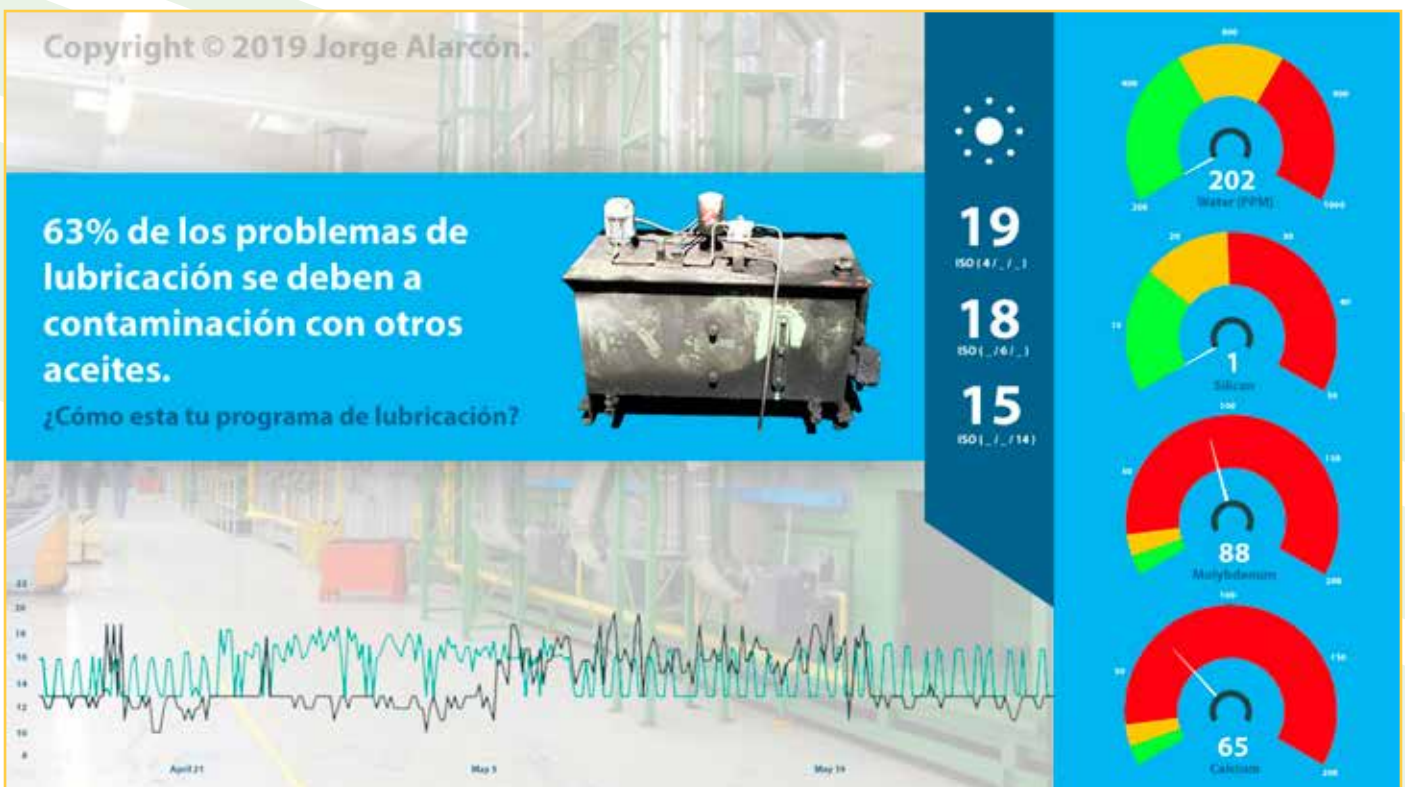


Figura Nº 1.



Figura Nº 2.

3. INVERSIÓN O GASTO, EL ETERNO PARALELISMO

A lo largo de más de 15 años apoyando a la industria y en tres continentes diferentes, encuentro siempre un común denominador en aquellos que toman la decisión en el momento de potenciar un proyecto de lubricación. Ya sea un programa de análisis de aceite, una sala de lubricación o una mejora en el control de la contaminación, muchos se muestran inseguros al momento de definir el tipo de proyecto. ¿Potenciar la lubricación es una inversión o un gasto?

Muchos expertos internacionales de la lubricación aún intentan convencer a su público de que este tipo de proyectos representa una inversión. No están, para nada, equivocados. La correcta implantación de un programa de lubricación tiene resultados a corto, medio y largo plazo. Minimiza el riesgo operacional, aporta seguridad al entorno industrial y refuerza la fiabilidad de los sistemas lubricados.

Sin embargo, una gran parte del sector industrial desarrolla sus labores bajo el velo de la reactividad. No son capaces de romper la barrera que los ata y, en lugar de gastar, invertir de manera ordenada y coherente.

Dentro de un extenso estudio finalizado el año 2018, encontré un indicador que separa a las industrias maduras de aquellas que aún están en proceso de serlo. Las plantas donde el mantenimiento predominante es todavía el reactivo, invierten menos del 1% de su presupuesto de mantenimiento en análisis de aceite y soluciones que les permitan ex-

tender la vida en servicio de sus lubricantes, reducir el exceso de contaminación e incrementar la fiabilidad de sus máquinas.

4. CONCLUSIONES

Podría llegar a muchas conclusiones, sin embargo, la intención de este artículo es que sea una vía para preguntarse el impacto y los beneficios que tiene un programa de lubricación adecuado. Termino con cinco frases recogidas en diversos puntos cardinales, todas en torno a los proyectos de PdM.

- Un programa de lubricación en planta, en concordancia con los planes y objetivos de su empresa, es una cadena que no tiene eslabones débiles. Marzo 2012.
- El consumo elevado de filtros y lubricante no tienen relación directa con la contaminación que sufrimos en planta. Octubre 2013.
- Enviar a sus técnicos a un curso (de lubricación) sin un objetivo claro y concreto, es el libro más caro que puede comprar. Noviembre 2014.
- Dudar entre invertir o gastar en lubricación es el primer paso para impactar en la fiabilidad de sus máquinas. Junio 2015.
- Un sensor no va a solucionar los problemas de contaminación de mis aceites. Septiembre 2018.

5. REFERENCIAS

- (1) Jorge Alarcón 2018, Reliability and lubrication program analysis.

Reparación y Mantenimiento Subacuático



José Luis Samper Santiago

Director Reprosub

1. INTRODUCCIÓN

Teniendo en cuenta la posición geoestratégica de las Islas Canarias, donde el medio marino forma parte de casi todas las actividades que se desarrollan en este archipiélago, a la vez que las condiciona, tendemos a identificar todas las ventajas que este medio ofrece. Sin embargo, es conveniente hacer un ejercicio de abstracción para visualizar, simultáneamente, lo hostil que este medio marino se manifiesta en muchos aspectos, tal y como ocurre en temas relacionados con el mantenimiento y la reparación de todo elemento que se vea integrado en el mismo.

La empresa canaria Reprosub ha visto en este hándicap una oportunidad, y ofrece servicios de buceo profesional y salvamento, estando especializada en reparaciones y mantenimientos subacuáticos.

2. SERVICIOS SUBACUÁTICOS

Entre los numerosos trabajos submarinos que se pueden realizar de forma profesional destacan, como principales, los orientados al sector naval y/o marino; pero, sin duda, la aplicación de estos servicios se extiende a cualquier sector que requiera una actividad en área sumergida. Pensemos por ejemplo, en el caso de los emisarios submarinos, actuaciones en infraestructuras en lagos o pantanos, actuaciones específicas de dragados en yacimientos arqueológicos sumergidos, la colocación de protecciones especiales en cables de comunicación submarinos, etc.

Destacar que además es importante también tener el know-how para saber abordar estos trabajos

submarinos, en condiciones especiales, como pueden ser trabajos en espacios confinados, o bien, trabajos en aguas contaminadas.

2.1. Reparaciones y Mantenimiento en el sector naval

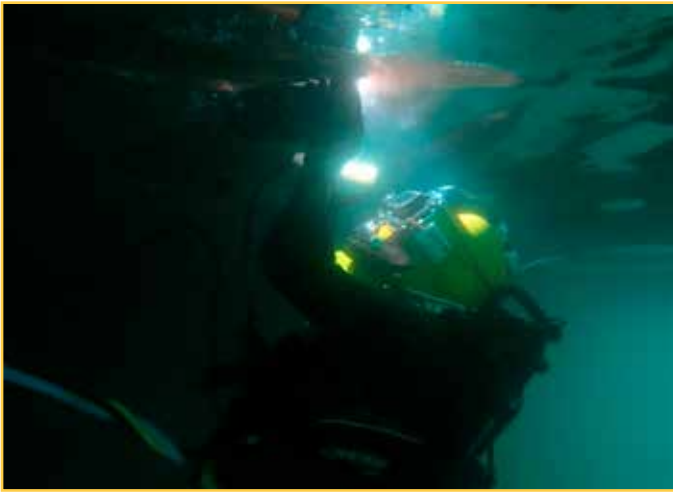
Los trabajos de mantenimiento y reparaciones submarinas son fundamentales para preservar el buen funcionamiento del buque, plataforma o artefacto flotante.

En las reparaciones se emplean las últimas tecnologías y las más avanzadas técnicas para solucionar cualquier desafío de ingeniería subacuática.

Para las tareas de limpieza, por ejemplo, del casco de los buques, es importante la utilización de técnicas y máquinas reconocidas internacionalmente para asegurar que se recupera eficazmente el rendimiento y la velocidad de servicio de los citados buques, garantizando que no se causa ningún daño a los sistemas más delicados de antifouling, como pueden ser las pinturas de silicona u otras pinturas especiales.

Las operaciones de mantenimiento o reparaciones de obras vivas de buques a flote pueden ser:

- Limpieza de cascos, tomas de mar, hélices, sensores, coolers, etc.
- Reparación, pulido o sustitución de hélices.
- Taponamientos de vías de agua, válvulas, ejes de cola, timones...
- Sustitución de ánodos de zinc (soldados o atornillados).
- Corte submarino.
- Soldadura submarina.



Fotos N° 1 y N° 2: Trabajos de soldadura submarina para taponar una entrada de agua de mar al interior de un buque petrolero.

En las Fotos N° 1 y N° 2 se pueden ver unos trabajos de soldadura submarina realizados para taponar una entrada de agua de mar al interior de un buque petrolero.

Así mismo, en las Fotos N° 3 y N° 4 se muestra otro ejemplo donde se realizan varios cortes con electrodos ultratérmicos submarinos para la retirada



de un soporte de apoyo a unas plataformas petrolíferas.

En las Fotos N° 5 y N° 6 se tiene el caso de aplicación de STOP HOLES, donde se ha realizado un taladrado de 20 mms de diámetro para detener una grieta en un timón de un buque gasero de 300 metros de eslora.



Fotos N° 3 y N° 4:

Realización de varios cortes con electrodos ultratérmicos submarinos para la retirada de un soporte de apoyo a plataformas petrolíferas.



Fotos N° 5 y N° 6:

Stop Holes con taladro de 20 mms de diámetro para detener una grieta en un timón de un buque gasero de 300 metros de eslora.



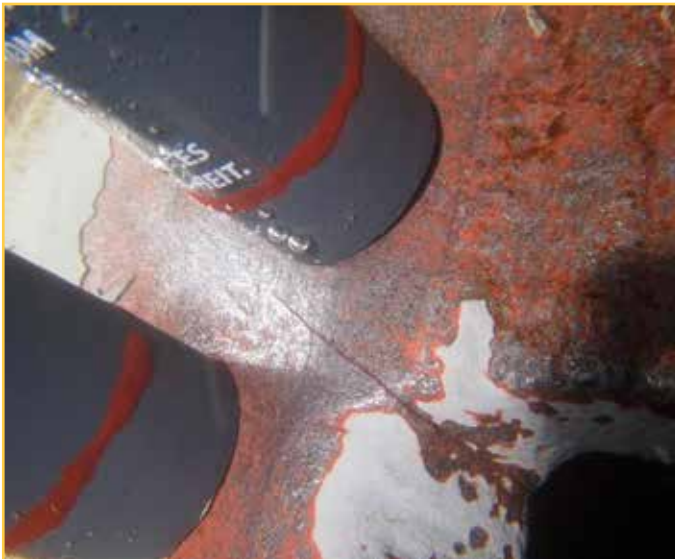
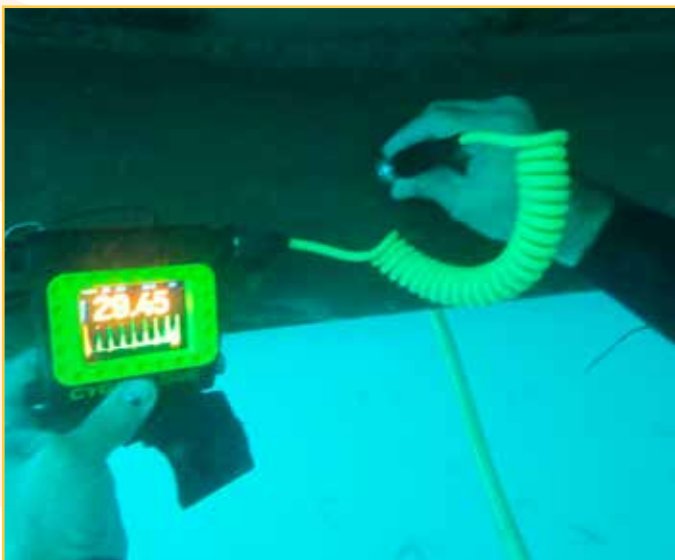


Foto N° 7 y N° 8:
Localización de una grieta con imanes permanentes y partículas magnéticas en un estabilizador de un buque de pasaje.



Fotos N° 9 y N° 10:
Toma de espesores en el casco de un barco pesquero, previos a una reparación submarina, después de haber localizado una vía de agua.



Fotos N° 11 y N° 12:
Inspección de los cordones de soldadura de la moon pool de una plataforma petrolífera con Eddy Current para verificar ausencia de grietas.

2.2. Inspecciones

Las inspecciones preventivas ayudan a detectar daños muchas veces imperceptibles por los armadores, capitanes o inspectores.

Las inspecciones en área submarina, se realizan ya sea en foto o video, con equipo especializado de CCTV y cámaras submarinas, con comunicación entre buceadores y superficie. El informe técnico que se genera proporciona una evaluación detallada de la condición general, por ejemplo, del casco, del estado de la capa de pintura, de la protección catódica completa, toma de espesores, así como de cualquier daño en la superficie del casco y elementos auxiliares... Estas inspecciones son, sin duda, de gran valor para las inspecciones de clase (sociedades de clasificación).

- Inspección completa de barcos.
- Inspección especial de buques o partes sumergidas.
- Inspección para evaluación de daños.
- Inspección de pinturas.

2.3. NDT (END-Ensayos No Destructivos)

Como elemento esencial en estos servicios de reparación y mantenimiento submarino, está el área de Ensayos No Destructivos (END) (en inglés, NDT): medición de espesores, partículas magnéticas, corrientes inducidas...

En la Figura N° 1 se muestran los posibles Ensayos no Destructivos (END) aplicables.

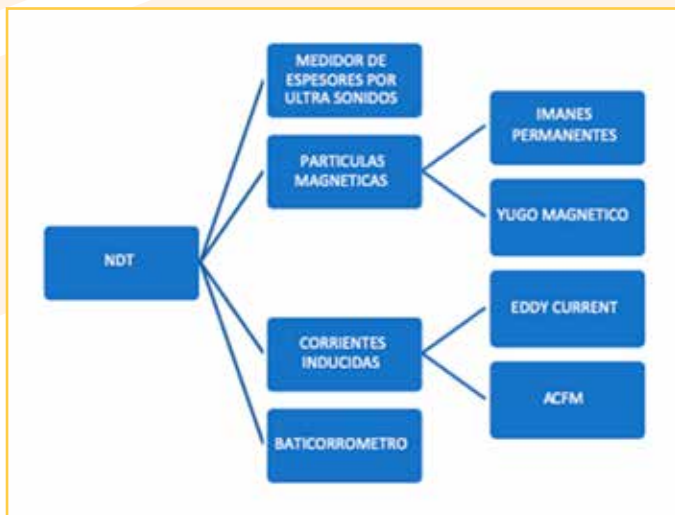


Figura N° 1: Ensayos No Destructivos (END).

2.3.1. Ejemplos de aplicación de END

• Partículas Magnéticas

En las Fotos N° 7 y N° 8, se muestra la localización de una grieta con imanes permanentes y partículas magnéticas en un estabilizador de un buque de pasaje.

• Medición de espesores

En las Fotos N° 9 y N° 10, se ve la aplicación, en este caso, de la medición de espesores como técnica NDT. Así tenemos el caso específico de la toma de espesores en el casco de un barco pesquero, previos a una reparación submarina, después de haber localizado una vía de agua.

• Eddy Current

En las Fotos N° 11 y N° 12 se aprecia una inspección de los cordones de soldadura de la moon pool de una plataforma petrolífera con Eddy Current para verificar ausencia de grietas.

3. NOTA

Reprosub fue creada en el año 2007, siendo la primera empresa canaria en este campo en certificarse con las tres ISO en el año 2012 (calidad, seguridad y medio ambiente), posee además diferentes certificaciones de las principales sociedades de clasificación (BV, NKK, ABS, LR, DNV-GL, RINA, RMRS, IRS...), lo que le da mayor prestigio en el sector naval. Sin duda, esto le ha permitido una proyección internacional donde le han asignado diversos encargos de reparación e inspección, llegando así a trabajar en países como Uruguay, Noruega, Marruecos, Mauritania, Guinea, Ghana... o zonas como Gales y Gibraltar. Estos proyectos los ha podido acometer con el gran equipo humano que lo respalda, como son los 24 buceadores que lo componen, así como el personal de mantenimiento y oficina. De esta manera, a fecha de hoy, se trata de una pyme con casi 30 personas a bordo.



REPROSUB
OFICINA PROFESIONAL Y CERTIFICADA

Presente y Futuro de las Infraestructuras Portuarias de Las Palmas



Juan José Cardona González

ExPresidente de la Autoridad Portuaria de Las Palmas

Han sido dieciséis meses intensos de trabajo e ilusión. Presidir la Autoridad Portuaria de Las Palmas permite situarte en una atalaya desde la que divisas toda la actividad económica vinculada al transporte marítimo, la que toca directamente al tráfico portuario y también las actividades logísticas y complementarias vinculadas a aquél. Aprovecho y agradezco la oportunidad que me brinda esta Revista, para repasar los principales hitos de esta etapa y compartir con los lectores mi punto de vista sobre el presente y futuro de nuestras infraestructuras portuarias.

Desde luego tenemos unos puertos magníficos. Hablo en plural porque es frecuente que pensemos principalmente en el buque insignia del Puerto de La Luz (ahora Puerto de Las Palmas), cuando en realidad la Autoridad Portuaria gestiona cuatro puertos más: el de Arinaga y Salinetas en Gran Canaria; Arrecife en Lanzarote y Puerto del Rosario en Fuerteventura. Todos ellos son importantes. Hago esta salvedad, además, porque hay que observar que la gran mayoría de los puertos existentes en las Islas dependen del Gobierno de Canarias que, a su vez, los gestiona a través del organismo Puertos Canarios, todavía un gran desconocido para el gran público.

Tres son las razones principales por las que nuestros puertos contribuyen de una manera tan importante a la economía y empleo de nuestras Islas. En primer lugar, nuestra reconocida situación geográfica que nos lleva a desempeñar un papel muy importante en la vocación tricontinental del archipiélago canario. La segunda fortaleza es la capacidad de nuestras infraestructuras portuarias en calidad y tamaño que nos permite proclamar nuestra condición de líderes en esta zona del Atlántico. Y por último, la extraordinaria y plural comunidad portuaria: numerosa, especializada, compleja, experimentada y profesional. En el Puerto de Las Palmas,



Foto Nº 1: Vista aérea del Puerto de Las Palmas - Gran Canaria.



Foto Nº 2: Vista aérea del Puerto de Arrecife - Lanzarote.



Foto Nº 3: Vista aérea del Puerto del Rosario - Fuerteventura.

en particular, encuentras todo tipo de profesionales y empresas porque este puerto ofrece un crisol de servicios al transporte marítimo y a la logística. Las Palmas tiene la comunidad portuaria más completa de España. Alguno de ustedes puede pensar que hablo desde la parcialidad y la canariedad, sin embargo, es una afirmación que tiene fácil comprobación. Desde la actividad tradicional del transporte marítimo de pasajeros y mercancías, hasta la náutica deportiva, nuestra comunidad portuaria desarrolla todo el abanico de actividades económicas que hoy podemos encontrar en un puerto comercial e industrial. Repasaré algunas de ellas en las próximas líneas, aunque antes me detendré en las infraestructuras más importantes que en estos meses se han impulsado.

En un puerto siempre hay obras. Sean labores de mantenimiento, o mejoras y ampliaciones, las



Foto Nº 4: Servicios de reparación del Puerto de Las Palmas.

infraestructuras portuarias necesitan permanentes aportaciones dinerarias para financiar las actuaciones tanto en el suelo portuario como en el mar y sus fondos. Hay que señalar que el sistema portuario español se autofinancia, esto significa que los ingresos básicamente provienen de las tasas que abonan nuestros clientes. En este sentido, debe ser un objetivo buscar el equilibrio entre la obtención de los beneficios, que hagan posible nuevas inversiones, y unas tasas que mantengan nuestros puertos en un nivel de competitividad en relación a los puertos de nuestro entorno, la competencia.

Cuando estas líneas vean la luz, estará en marcha la ampliación del Reina Sofía. Cuatrocientos metros más de línea de atraque que permitirá acoger la alta demanda de buques que solicitan atraque en el puerto de Las Palmas. Uno de los problemas más importantes que tiene nuestro puerto es su alto nivel de ocupación. Lo que puede ser un síntoma de éxito puede actuar como un bumerán si no se ejecutan las obras necesarias para atender a nuestra demanda. Sin duda, esta obra aportará línea de atraque y protección para los muelles interiores que se traducirá en la mejora de los tráficos. También posibilitará, en un futuro inmediato, acometer la ampliación del muelle deportivo, necesaria para atender a la alta demanda que en náutica deportiva tiene la Isla de Gran Canaria.

Junto a esta obra, destacaría la construcción del contradique en el muelle de Naos en Arrecife, así como el Duque De Alba para acoger a los cruceros de gran eslora que hasta ahora tenían que atracar en Mármoles. En Puerto del Rosario, también se han ejecutado importantes obras para mejorar sus infraestructuras y pendiente está la ampliación del muelle comercial. Con la ampliación de los muelles en estos dos puertos, las capitales isleñas de nuestra provincia, quedarán preparadas para recibir los tráficos de las próximas décadas y jugar ese papel



Foto Nº 5: Plataformas en el Puerto de Las Palmas.

estratégico que se esperan de unas plataformas de comunicación tan importantes como son los puertos en las Islas. Toca ahora trabajar en el desarrollo de los sectores económicos que se apoyarán en esas infraestructuras. En esta línea, hay que fortalecer el sentido de pertenencia de Arrecife y Puerto del Rosario a la comunidad portuaria de Las Palmas y conseguir una mayor integración en su estrategia.

Afirmaba, unas líneas más atrás, que nuestra comunidad portuaria es la más completa de España. Frente a la especialización monopolística de la mayoría de los puertos, Las Palmas presenta credenciales en la mayoría de las actividades portuarias: mercancías y pasajeros; suministro de combustible y avituallamiento; reparación naval; logística off shore; contenedores; cruceros; pesca congelada, náutica deportiva y un sinnúmero de actividades y servicios que se vienen prestando desde finales del siglo XIX, adaptándose, reinventándose, sufriendo avatares económicos y sociales de todo tipo, pero resistiendo y fortaleciéndose hasta llegar a nuestros días.

Preocupa el tráfico de contenedores. Tenemos serias amenazas en puertos cercanos y, sin duda, si queremos seguir siendo competitivos habrá que revisar nuestros costes y tomar decisiones, no solo en cuanto a las tasas portuarias se refiere, sino también, y sobre todo, al resto de los servicios portuarios que son, si analizamos la estructura de costes, la parte más importante. Ojalá las reformas emprendidas en el sector de la estiba y manipulación de carga contribuyan a alcanzar el equilibrio que Las Palmas necesita para no perder su posición en el tránsito internacional de contenedores.

En el lado de las oportunidades, nos encontramos con dos sectores en crecimiento: los cruceros y la industria offshore. En el primero tenemos un gran desafío, la nueva terminal de cruceros que deberá prestar los servicios que, en cantidad y calidad, demanden nuestros clientes. La Autoridad Portuaria sacará próximamente a concurso la concesión administrativa para su construcción y gestión por una empresa privada. Es importante acertar en la elección, no solo por la solvencia y experiencia del elegido, sino por el carácter público del equipamiento que de ningún modo puede derivar en una situación de secuestro de facto de una actividad tan importante para la economía portuaria y turística.

El otro sector en auge es la logística en torno a la industria offshore, en particular la vinculada a la extracción de gas y petróleo en la costa occidental africana. Teniendo como sector tractor el de la reparación naval, en los últimos años se ha desarro-

llado un complejo y especializado ecosistema que incluyen los más variados servicios y actividades económicas. Los profesionales de la ingeniería saben muy bien el enorme potencial que existe en el desarrollo de esta industria. En mi opinión, estamos ante la punta del iceberg, de tal forma que orientando adecuadamente la formación profesional y universitaria hacia los oficios que demandan los clientes de nuestro puerto encontraremos, sin duda, un magnífico nicho de empleo y emprendeduría. En este sentido, el trabajo que realiza la estrategia de la AEND (Asociación Española de Ensayos No Destructivos) a través de su Comité de Canarias, colocando en Las Palmas el epicentro de su actividad vinculada al sector marítimo, ofrece a los profesionales de la ingeniería una extraordinaria oportunidad para su especialización y a los estudiantes de carreras técnicas un abanico completo de vocaciones y especialidades en torno a los ensayos no destructivos.

Durante estos meses, me he dado cuenta de la necesidad de intensificar las relaciones del Puerto con la ciudad y sociedad en la que se encuentra. Los puertos en general se cierran, cada vez más, a las ciudades por razones aduaneras y de seguridad. Existe un movimiento internacional que propugna una mayor integración social de las actividades portuarias, para que las nuevas generaciones conozcan lo que sucede dentro de un recinto portuario, comprendan los costes y servidumbres que implican y descubran nuevas vocaciones para los oficios presentes y futuros. Durante mi mandado, dimos incipientes pasos para la instalación de un Port Center que concentre el conjunto de actividades portuarias para un mejor conocimiento y comprensión. De hecho, propuse que llevara el nombre del ingeniero Juan León y Castillo, autor del proyecto y director de las obras del Puerto de la Luz, a finales del siglo XIX, a quien la comunidad portuaria y sociedad canaria deben eterna gratitud. Espero que en un futuro próximo sea una realidad.

Un último apunte sobre el presente y, sobre todo, el futuro de nuestros puertos. La comunidad portuaria tiene que avanzar con paso firme en la transformación digital. Las empresas que den la espalda a esta realidad no podrán competir y quedarán fuera del mercado. Estamos a tiempo de subirnos a ese tren tecnológico en permanente movimiento. Es una actividad apasionante. De hecho, de las opciones profesionales que valoro, en esta etapa que comienzo de vuelta al sector privado, está precisamente ayudar a organizaciones y empresas de distintos sectores a recorrer ese camino. Pero eso formará parte de otro artículo, si el editor así lo considera.

Criticidad de Activos Alineada a la ISO 55001.

Definir el Grado de Importancia de los Activos dentro del Contexto de la Operación.



Alexis Lárez Alcázar

Director Técnico del Grupo Enova

1. INTRODUCCIÓN

Las fluctuaciones constantes del sistema económico global están generando dentro de las organizaciones que éstas emprendan la búsqueda y adopción de nuevos procesos y herramientas que les permitan sortear las muchas incertidumbres a las que se encuentran expuestas dentro de un mercado mundialmente competitivo. Hoy en día, las organizaciones se han hecho conscientes de que la "Gestión de sus Activos" es altamente especializada y compleja en cuanto al manejo y gestión de la información. En este sentido, existen diversas estrategias y herramientas técnicas que pueden ser utilizadas durante el ciclo de vida de los activos para buscar generar valor a la organización.

En este artículo, se busca explorar un enfoque simplificado para determinar la criticidad de los activos enmarcada dentro del contexto de la ISO 55000:2014, que permita lograr los resultados esperados, con mayor rapidez y eficacia a la hora de su implementación dentro de las organizaciones.

En este punto valdría la pena realizar algunas de las siguientes preguntas: ¿realmente es necesario realizar el análisis de criticidad de todos los activos de la organización?, de ser así, ¿será de utilidad el resultado de esta actividad? ¿Es una pérdida de tiempo y de dinero?". Por lo que resulta importante, antes de iniciar el proceso de análisis, clarificar el objetivo del mismo, con la intención de obtener el mayor provecho de la herramienta, puesto que una vez finalizado el análisis, se debe proceder a cargar la información en el sistema de gestión que utilice su organización, ERP, EAM o CMMS, como parte de la información de soporte para la gestión de sus activos.

Según la ISO 55000:2014, la gestión de activos se define como las acciones coordinadas de una organización para generar valor a partir de sus activos. Desde esta conceptualización, este artículo busca indagar si existe un acuerdo común sobre lo que es la criticidad de los activos y el impacto de ésta dentro de las organizaciones.

2. ¿QUÉ ES EL ANÁLISIS DE CRITICIDAD O LA GESTIÓN DEL RIESGO ASOCIADO A LAS FALLAS DE LOS ACTIVOS?

Es una metodología que permite establecer el grado de importancia, jerarquía o prioridades de las instalaciones, sistemas y activos. Ésta permite establecer rangos relativos para representar las probabilidades y/o frecuencias de ocurrencia de eventos (modos de fallas) y sus consecuencias asociadas. Ambas magnitudes, frecuencias de fallas y consecuencias, están dirigidas a la mitigación del riesgo, tal como lo describe el estándar Norsok Z-008, 2011 - Risk based maintenance and consequence classification.

Cuando se habla de análisis de criticidad, se hace referencia a la gestión del riesgo asociado a la ocurrencia de un evento o falla (Edwin Gutiérrez, 2007).

Por otro lado, el estándar (Norsok Z-008, 2011) plantea la eliminación del término "análisis de criticidad" y, en su lugar, plantea el término "mantenimiento basado en riesgo y clasificación de las consecuencias". Para ello, establece la matriz de riesgo mostrada en la Figura N°1.

Categoría	F.Fallas/años	MTBF (años)	RIESGO		
F4	>1	0 a 1	M	H	H
F3	0,3 a 1	1 a 3	M	M	H
F2	0,1 a 0,3	3 a 10	L	M	H
F1	<0,1	> 10	L	L	M
Consecuencia de la pérdida de la función					
Categoría de Consecuencia	C1	C2	C3		
Consecuencia en Seguridad	Sin daños potenciales Sin efectos en la seguridad	Daños potenciales Requiere tratamiento medico. Limitado efecto en la seguridad	Potencial daño serio a las personas. Daños Críticos a la seguridad. Sistema no operable		
Consecuencia en Contención	Medio no inflamable Medio no tóxico Presión / Temperatura normal	Medio inflamable por debajo del punto de inflamación Medio moderadamente tóxico Alta presión/ temp media (> 100 bar / 80 °C) Medio moderadamente tóxico	Medio inflamable por encima punto inflamación Medio altamente tóxico Presión extremadamente alta/temperatura media		
Consecuencia en el Ambiente / Tiempo de restitución	Polución por debajo de Límites especificados < mes	Moderada polución (durante 1 mes - año)	Gran polución		
Consecuencia en producción	Sin pérdida de producción	Pérdida o disminución de la producción	Pérdida inmediata y significativa de la producción		
Otras Consecuencias	Sin consecuencia operacional o costos	Moderadas consecuencias operacionales o costos	Importantes consecuencia operacional o costos		

Figura N° 1: Matriz de riesgo, Norma Norzok Z-008, (Rev. 4, December 2017).

El objetivo principal de la norma Norzok es establecer una guía de referencia para el diseño y la optimización de los planes y programas de mantenimiento, que permitan gestionar los riesgos asociados a los activos basados en la consecuencia e impacto que pueda tener un modo de falla, considerando los riesgos relacionados con:

- Personal.
- Ambiente.
- Pérdida de producción.
- Impacto económico (lucro cesante, impacto en operaciones).
- Impacto en la reputación o imagen corporativa, etc.

El estándar Norsok Z-008 se aplica para equipos mecánicos (estáticos y rotativos), instrumentos y equipos eléctricos. Están excluidas del alcance de esta norma las estructuras de carga rodante, estructuras flotantes, raisers y gasoductos/oleoductos.

Este estándar es aplicable en diferentes etapas o fases del ciclo de vida de los activos, tales como:

- Fase de Diseño: Determinar los requerimientos iniciales para los programas de mantenimiento y selección de partes y repuestos, tanto de alta rotación como estratégicos.

- Preparación para la operación: Desarrollo de programas de mantenimiento iniciales para la implementación del sistema de gestión de mantenimiento y selección de piezas de repuesto corrientes.

- Fase Operaciones: Actualización y Optimización de programas de mantenimiento existentes, como guía para priorizar órdenes de trabajo y extensión de la vida útil.

Para la determinación de la criticidad o clasificación de las consecuencias de los activos, esta norma

emplea el flujograma mostrado en la Figura N° 2.

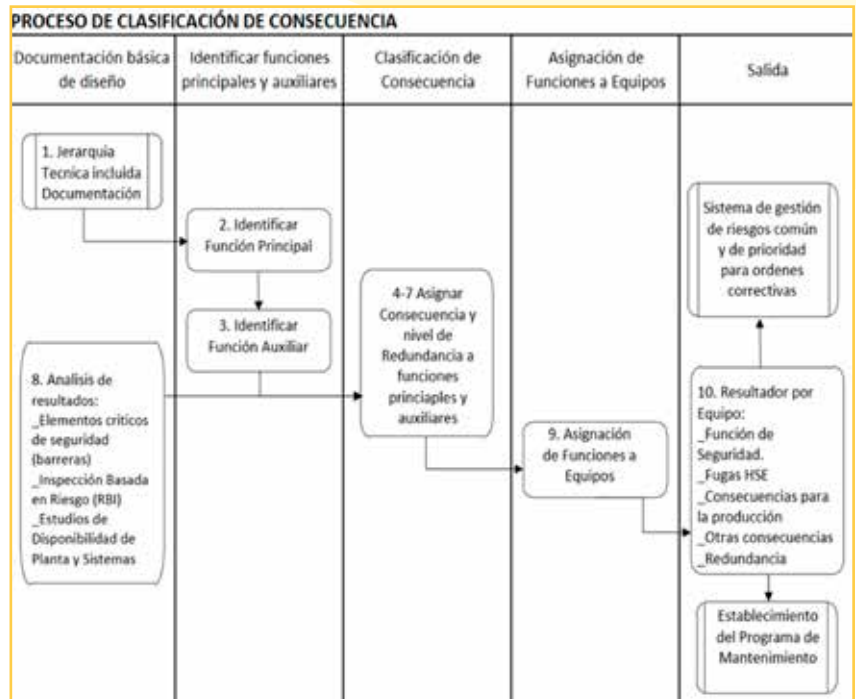


Figura N° 2: Proceso de clasificación de consecuencia.

3. LA CRITICIDAD O GESTIÓN DEL RIESGO DE LOS ACTIVOS VISTO DESDE LA PERSPECTIVA DE LA ISO 31000:2018.

Por otro lado, la ISO 31000:2018 - Gestión de Riesgos - Principios y Directrices define el riesgo como "el efecto de la incertidumbre en los objetivos". El proceso de evaluación de riesgos se inicia identificando, en primer lugar, los eventos de riesgo, tal como lo describe la Figura N° 3.



Figura N° 3: Proceso para la gestión del riesgo.

A su vez, estos eventos de riesgo tienen dos dimensiones:

- La consecuencia de un evento.
- La probabilidad de ocurrencia del mismo.

El nivel general de riesgo se determina por la combinación de estas dimensiones. Con frecuencia se visualiza en una matriz de riesgo, tal como la que se describe en la Figura N° 4.

Frecuencia	M	H	H
	M	M	H
	L	M	H
	L	L	M
	Consecuencias		

Figura N° 4: Matriz de riesgo (L - bajo; M -medio; H- alto).

El riesgo puede expresarse de manera cualitativa, semi cuantitativa o cuantitativamente. La selección de algunas de estas formas para expresar el riesgo debe corresponderse al tipo de riesgo estudiado, a la información disponible y al objetivo para el que se utiliza el análisis de riesgo.

Podemos considerar el riesgo como la combinación de la gravedad de las consecuencias de un evento, y la probabilidad o posibilidad de que el evento ocurra. En otras palabras, se gestiona el riesgo de que se pueda producir el evento, no al activo propiamente dicho. Por lo tanto, si se considera que la criticidad del activo es el equivalente al riesgo de que ocurra la falla sobre el activo, entonces es necesario precisar que son las potenciales fallas las que deben ser evaluadas. Dicho de otra forma, el componente de un activo puede fallar debido a diferentes modos y causas de falla, y la probabilidad y las consecuencias de cada uno de estos eventos de falla serán diferentes. Entonces, cabría preguntarse: ¿de qué manera es posible ges-

tionar los riesgos asociados a la ocurrencia de estos eventos hasta llegar a un nivel global de riesgo en los activos? ¿Existe alguna normativa que indique cómo es posible lograrlo?.

La norma ISO 31000 también establece que el tratamiento para gestionar el riesgo implica la selección e implementación de una o varias opciones que permitan modificarlos. Es importante acotar que, dado que el alcance de este artículo es el análisis de criticidad, plantearemos las opciones posibles para la gestión del riesgo de que se produzca un potencial modo de falla. Dentro de estas encontramos:

- Modificar la probabilidad de falla.
- Modificar las consecuencias de falla.
- Mitigar el impacto de que se produzca la falla.

4. ALGUNAS OTRAS NORMAS Y ESTÁNDARES ASOCIADOS

En el apartado anterior se hizo referencia a la norma ISO 31000:2018, herramientas para evaluar la gestión de riesgo y el estándar noruego Norsok Z-008-2011, mantenimiento basado en riesgo y clasificación de las consecuencias, como herramienta orientativa asociada a la criticidad de los activos. Sin embargo, existen otras normas a las que hacer referencia en este tema.

Es cierto que existen normas como la UNE-EN 60812:2008, Técnicas de análisis de la fiabilidad de sistemas. Procedimiento de análisis de los modos de fallo y de sus efectos (AMFE), que ofrecen una visión más clara para llevar a cabo una gestión de los modos y efectos de falla y análisis de criticidad (FMECA). Sin embargo, hay que señalar que este proceso de criticidad está relacionado con la importancia de los modos de fallas, y se utiliza como parte del proceso para establecer la prioridad de los modos de fallas, que permiten identificar las acciones más apropiadas a tomar, para minimizar o eliminar la probabilidad potencial o consecuencias de que ésta se produzca (causa), mediante el uso del Número de Prioridad de Riesgo (NPR). Este proceso no está destinado a dar lugar a una evaluación global a nivel de criticidad activos o componentes. Además, esta evaluación de riesgos se realiza, normalmente, suponiendo que no hay controles establecidos para mitigar los riesgos asociados a cada modo de fallo que, por lo general, no es el caso una vez que el activo está en operación.

Incluso la norma ISO 55000:2014, Gestión de Activos - Aspectos generales, principios genera-

les y terminología, no incluye en sus definiciones el análisis de criticidad, aunque sí define qué es un "Activo Crítico": "activo que tiene potencial de impactar significativamente en el logro de los objetivos de la organización". Por otro lado, la norma ISO 55001:2014, Gestión de Activos-Sistemas de gestión-Requisitos, en el requerimiento 6.2.2, párrafo K, solicita a las organizaciones que deben emprender las acciones necesarias para tratar los riesgos y oportunidades asociados a la gestión de activos, teniendo en cuenta de qué modo estos riesgos y oportunidades pueden cambiar con el tiempo, estableciendo procesos para:

- Identificar riesgos y oportunidades.
- Evaluar riesgos y oportunidades.
- Determinar la importancia de los activos para el logro de los objetivos de gestión de activos.
- Implementar el tratamiento adecuado, realizar el seguimiento de los riesgos y oportunidades.

Adicionalmente, la ISO 55002:2018, Directrices para la implementación de la gestión de activos, sugiere que "un proceso de clasificación de riesgo se puede utilizar para determinar qué activos tienen un importante potencial de impactar en el logro de los objetivos de la gestión de activos, es decir, que son los activos críticos". Sin embargo, una vez más, la evaluación del riesgo implica tener que evaluar la probabilidad de un evento, que a su vez significa que debemos tener claro, exactamente, qué eventos se están evaluando, y cómo la probabilidad y las consecuencias asociadas a ello puede impactar al negocio.

5. ¿POR QUÉ DETERMINAR LA IMPORTANCIA DE LOS ACTIVOS DENTRO DEL SISTEMA PRODUCTIVO DE LA ORGANIZACIÓN?

Tal como lo establece la ISO 55000:2014, dado que el valor de los activos determina el valor de la organización y este valor cambia durante las diferentes etapas del ciclo de vida del activo, para las organizaciones es determinante gestionar los riesgos asociados a ello. En la práctica, las organizaciones utilizan algunas de las diferentes razones para llevar a cabo una adecuada gestión de los riesgos asociados a los modos de fallas dentro del proceso productivo (Wang, Chu, & Wu, 2007).

Algunos de los usos potenciales para una clasificación adecuada de los activos críticos de la organización dentro del CMMS, ERP o EAM son:

- Como elemento de entrada para determinar la prioridad para llevar a cabo las tareas de mantenimiento sobre los activos. A veces combinado con una "orden de trabajo prioridad" se consignará en la tarea específica para dar una prioridad general para la tarea.
- Establecer estrategias adecuadas para la mitigación de los riesgos asociados a la ocurrencia de los modos de fallas (monitoreo de condición, ACR, RCM, etc.).
- Determinación de los repuestos necesarios para garantizar la continuidad operacional (Reliability Centre Spare), es decir, apoyar el establecimiento de los niveles óptimos de inventarios (máximos, mínimos, puntos de reorden, etc.), soportados con la información necesaria de confiabilidad.
- Aportar datos e información de los activos críticos a los programa de CAPEX y OPEX, para priorizar su actualización o sustitución.
- Direccionar y orientar a los ingenieros de confiabilidad para que enfoquen sus esfuerzos en mejorar la confiabilidad y disponibilidad de los activos identificados como "críticos".

6. ELEMENTOS IMPORTANTES PARA LA GESTIÓN DE LA CRITICIDAD DE LOS ACTIVOS

Existen tres elementos claves que deben ser gestionados a la hora de llevar a la práctica un análisis de criticidad de activos dentro de una organización. Estos elementos se muestran en la Figura N° 5.



Figura N° 5: Pasos para el desarrollo de la criticidad de los activos.

6.1. Selección del método o matriz de riesgo

Para desarrollar el primer elemento de la Figura N° 5, en las grandes corporaciones industriales (El-Thalji & Liyanage, 2012), el proceso de selección del método o diseño de la matriz se suele llevar a cabo de forma corporativa. Es definida a un alto nivel, y luego distribuida a las diferentes unidades de negocios. Sin embargo, es necesario recordar que este método o matriz debe ser revisada y adapta-

da a cada contexto operacional, por lo tanto, ésta es una responsabilidad del equipo de trabajo que lleva a cabo el proceso de evaluación dentro de la organización.

Durante este proceso de concepción y selección de una estructura de criticidad para un sistema, proceso o negocio en particular, debe tomarse en cuenta tres grandes tareas (Edwin Gutiérrez, 2007):

- Realizar un exhaustivo análisis estadístico de eventos de falla y de su impacto global en el negocio, para establecer rangos relativos para las frecuencias de falla y para los impactos o consecuencias de falla.
- Establecer claramente qué se considerará como riesgo intolerable y lo que se considerará como riesgo tolerable; lo cual implica un extenso análisis de "tolerancia al riesgo" en toda la organización, y la revisión de normas, estándares y regulaciones vigentes por tipo de proceso.
- Lograr un "gran acuerdo", aceptado a todos los niveles, donde se utilizará la estructura de criticidad y se tendrá que unificar criterios para su interpretación y correcta utilización.

Adicionalmente, el equipo de trabajo debe definir los criterios a utilizar para el proceso de evaluación de la criticidad de los activos. Algunos de estos criterios, entre otros, son:

- Lucro cesante.
- Efecto en la seguridad, higiene y ambiente.
- Impacto en la imagen corporativa.
- Impacto en los costos de mantenimiento.
- Frecuencias de falla.
- Flexibilidad operacional (existencia de stand by o respaldo).

En la práctica, las acciones descritas previamente son posibles, pero implican una considerable inversión de recursos humanos, económicos y tecnológicos (Parra, 2012). Por lo que las unidades de negocios, dentro de las organizaciones, deben buscar adecuar estos criterios en dos direcciones:

- A medida que el tamaño de los riesgos asociados con las fallas a nivel de los activos es bajo, las ponderaciones se deben adecuar al contexto. Dicho de otra forma, cada criterio a evaluar en la matriz

de riesgo debe penalizar en proporción al contexto operacional.

- Por otro lado, las matrices de riesgos o plantillas de criticidad, tienden a contener una gran cantidad de categorías de riesgo que se superponen. Es decir, las matrices de riesgo que evalúan de forma individual todas las siguientes categorías (O'Connor & Mosleh, 2016): salud, seguridad, medio ambiente, comunidad, la reputación, operaciones, mantenimiento, etc. En realidad, o en la práctica a nivel de activos, lo que se evidencia, es que si un evento conduce a consecuencias significativas o de gran impacto en una de estas categorías o criterios, entonces, lo más probable, es que también tenga consecuencias significativas en una o más de las otras categorías. Por lo tanto, con frecuencia se tiene la oportunidad de combinar o eliminar categorías de consecuencia, con el fin de agilizar el análisis.

6.2. Definir la jerarquía de los activos de la organización (estructura desagregada y taxonomía)

Al establecer una jerarquía de activos a lo largo de líneas funcionales: una planta se compone de un número de unidades de proceso, y cada unidad de proceso se compone de varios sistemas de activos, y cada sistema se compone de activos individuales, etc. (ISO 14224:2016), entonces esto va a acelerar, en gran medida, el análisis de criticidad de los activos de su organización. En cambio, si su jerarquía de activos no está organizada a lo largo de estas líneas, entonces valdría la pena invertir tiempo necesario en la reestructuración de la jerarquía a lo largo de líneas funcionales.

Incluso si la jerarquía de activos de su organización está dispuesta a lo largo de líneas funcionales, con mucha frecuencia existe la necesidad de revisar esta estructura jerárquica. Ello se puede iniciar revisando la definición de taxonomía según la ISO 14224:2016, que la define como la clasificación sistemática de los activos en grupos genéricos basados en factores posiblemente comunes de varios sistemas.

Establecer una clara y ordenada taxonomía de los activos permite obtener una descripción de los límites y frontera de estos dentro de los sistemas, y resulta imprescindible para obtener la información necesaria, así como para el análisis de los datos del mantenimiento y la confiabilidad, en cualquier tipo de industrias, plantas u organización intensiva en activos. Por otro lado, facilita la comunicación e interacción entre todas las áreas habilitadoras y que ejercen acciones sobre los activos que pueden impactar en la generación de valor (ISO 55002:2018).

Según la ISO 14224:2016, la correcta identificación y registro de los activos de una organización es una de las primeras y fundamentales acciones que cualquier organización intensiva en activos pueda emprender, dado que, de esta forma, se puede obtener y documentar la información necesaria para dar respuesta a las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es el inventario de activos de la organización?
- ¿Cuál es el estado actual o condición de los activos?
- ¿Dónde se encuentran ubicados?
- ¿Qué tipos de intervenciones, tipos de mantenimientos y costos están asociado a los activos?
- ¿Es posible establecer estrategias de reemplazo?

La taxonomía permite establecer una estructura jerárquica basada en factores, posiblemente comunes a varios de los activos, tales como ubicación, uso, subdivisión de activo, etc., tal como se muestra en la Figura N° 6.

Según la ISO 14224:2016, una adecuada taxonomía de activos permite obtener ventajas competitivas en cuanto a la facilidad de interacción y fluidez de la información. Para ello, es necesario aclarar que esto se cumplirá, siempre y cuando la información que se documente y registre sea confiable y de calidad. Algunas de las áreas de la organización que se benefician de ello son:

• **Planificación y programación.**

Gestión y administración de las actividades del mantenimiento (órdenes de trabajos, solicitud de pedidos de servicios y compras), gestión de costos, catalogación de repuestos, gestión de indicadores, etc.

• **Ingeniería de mantenimiento y confiabilidad**

Optimización de planes de mantenimiento mediante el uso de metodologías como RCM, FMECA, IBR, análisis estadísticos de pérdidas, análisis de causa raíz...

• **Ejecución del mantenimiento**

Entregas de OT, generación de avisos en campo, retroalimentación de OT...

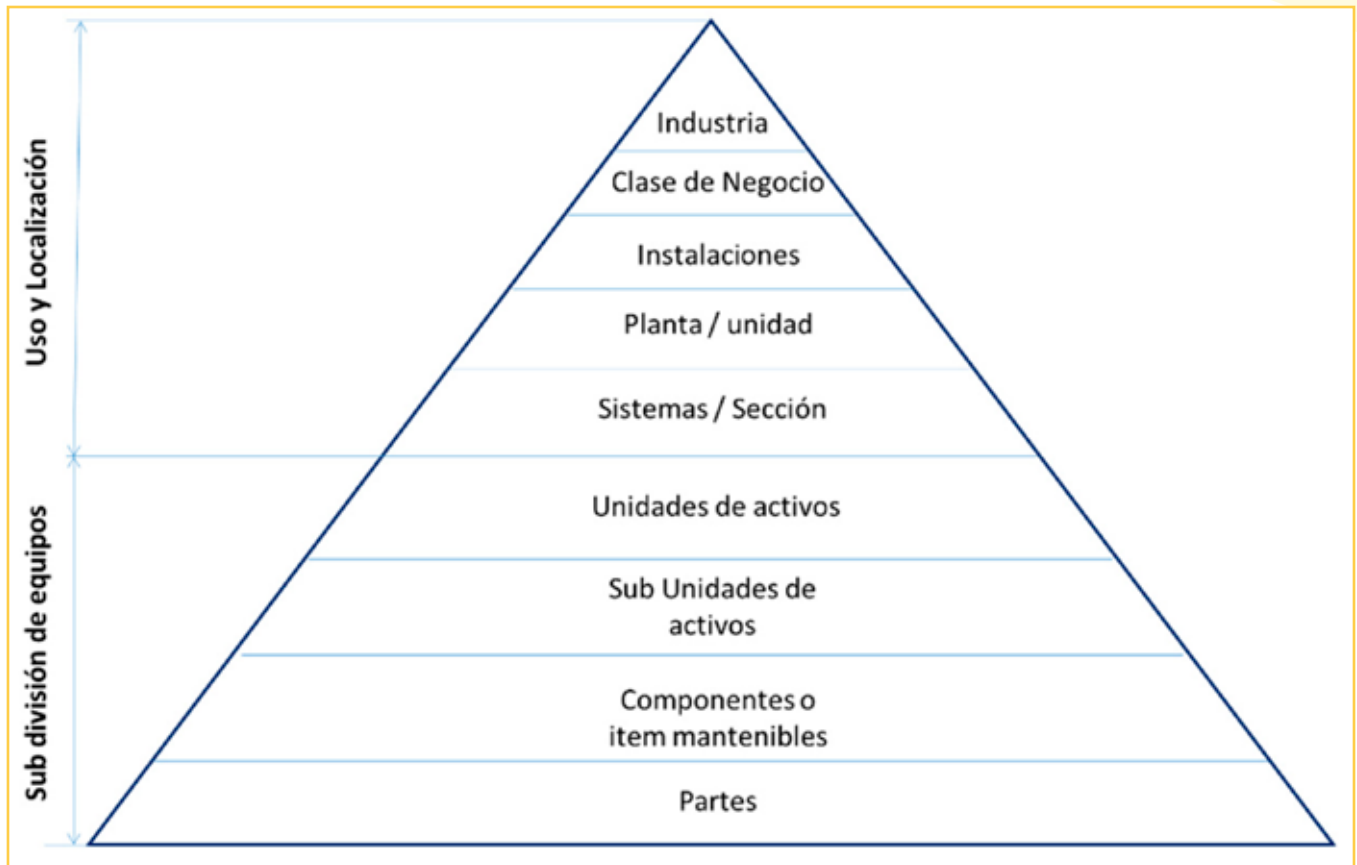


Figura N° 6: Taxonomía.

• Operaciones

Generación de solicitudes de OT por el usuario (operadores) o interacción directa con mantenimiento.

• Finanzas

Apoyo en la gestión financiera de los costos del ciclo de vida de los activos: NIC 16, NIC 36 (revalorización de activos, etc.).

Cabe señalar que la identificación taxonómica de los activos, la definen normalmente las organizaciones. Sin embargo, la norma ISO 14224:2016 provee un marco de referencia de asignación de códigos únicos para cada activo dentro del sistema de gestión, y esta puede ser aplicada a diferentes tipos de industrias. Por otro lado, es importante señalar que este tipo de estructura taxonómica no se aplica en la industria de generación eléctrica que utiliza el sistema KKS.

6.2.1. ¿Hasta dónde desagregar la estructura de activos de la organización?

Muchas organizaciones tienen sus procesos de desagregado de activos muy documentado y claros. No obstante, aún existen organizaciones que clasifican partes mantenibles o recambios (rodamientos) como un activo, lo que se considera un error conceptual, dado que esto desvirtúa la información que debe registrarse dentro del sistema de información (ERP, EAM, CMMS...) para efecto de los análisis posteriores. Si bien es cierto que existen algunos criterios particulares dependiendo del tipo de organización, en especial para aquellas partes cambiables que tienen un alto impacto en los costos y que su fabricación sea especial, estos normalmente se consideran como activos, ejemplo de ello, un álabe de una turbina.

Es frecuente encontrar dentro de los sistemas de información de las organizaciones (ERP, EAM o CMMS) desviaciones como, por ejemplo, activos que no pertenecen a ningún sistema o activos que se encuentran en la posición incorrecta dentro de la jerarquía. La revisión de estos elementos antes de empezar una adecuada evaluación de la criticidad, acelerará el proceso de análisis, al equipo de personas responsable de ello.

En la práctica, la idea es poder descomponer la estructura de activos por sistemas principales y auxiliares. A continuación, se muestra un ejemplo de descomposición de un ciclo combinado en sistemas, para facilitar el análisis del mismo:

1. Gas Yard o ERM
2. Turbina de Gas
3. Condensador del Ciclo de Vapor
4. Turbina de Vapor
5. Generador
6. Calderas
7. Sistema de Refrigeración
8. Sistema de Alta Tensión
9. Sistema de tratamiento de Agua
10. Sistema contra incendio
11. Equipos Auxiliares

6.3. Evaluar los riesgos de fallas de los activos

Al evaluar los riesgos asociados a las fallas para determinar la criticidad de los activos, hay cuatro recomendaciones claves para lograr un proceso robusto, pero racionalmente adecuado al contexto operacional (El-Thalji & Liyanage, 2012):

- Evaluar el riesgo relacionado con la probabilidad de ocurrencia del modo de falla.
- Seleccionar al menos un caso, aquel que tiene mayor impacto a nivel del Mantenimiento, Reparación y Operaciones.
- Evaluar sólo una dimensión del riesgo.
- Comenzar en la parte superior de la jerarquía de activos o en aquellos procesos medulares de la organización.

7. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS ASOCIADOS A LAS FALLAS DE LOS ACTIVOS O DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE ACTIVOS

Una vez llevado a cabo el proceso de evaluación por el método que se haya seleccionado, para el caso de este artículo utilizaremos la matriz de riesgo recomendada por el estándar Norsok Z-008, 2011- Risk based maintenance and consequence classification (Ver Figura N° 1), y a partir de ahí, el resultado puede ser presentado en la tabla que se presenta en la Figura N° 7.

8. DETERMINAR LA ESTRATEGIA DE MITIGACIÓN DE RIESGOS QUE SE APLICARÁ A LOS ACTIVOS.

Existen algunos planteamientos en cuanto a definir de qué manera pueden ser mitigados estos niveles de riesgo asociados a la probabilidad de ocurrencia de los modos de fallas en los activos. Sin embargo, en este apartado, compartiremos el enfoque planteado por (Dunn, 2015), tal como se muestra en la Figura N° 8, para hacer frente a los mismos.

CALDERA			Norsok Z-008, 2011					
ITEM	KKS	DESCRIPCIÓN	Seguridad	Medio Ambiente	Lucro cesante	Comunidad	Impacto en Mantto	RIESGO
42	111HAJ11AC003	TUBE BUNDLE - HOT REHEAT	M	L	M	L	M	M
104	121HAJ11AC003	TUBE BUNDLE - HOT REHEAT	M	L	M	L	L	M
156	131HAJ11AC003	TUBE BUNDLE - HOT REHEAT	H	M	H	M	H	H
114	121LBC10AA071	CRH FLOW CONTROL VALVE	L	L	M	L	L	M
52	111LBC10AA071	CRH FLOW CONTROL VALVE	M	L	M	L	L	M
168	131LBC10AA071	CRH FLOW CONTROL VALVE	H	M	H	H	M	H
49	111LBA20AA871	PCV HP STEAM TURBINE BYPASS SYSTEM TO COLD RH	M	M	H	M	M	H
1	00LBG25AA041	ISOLATION MOTIVE STEAM HOGGING SKID	M	M	H	M	M	H
6	00MAJ25AA041	ISOLATION HOGGING SKID AIR INLET	L	L	M	L	L	M
109	121LAE25AA071	TCV RH WATER ATTEMPERATION VALVE	L	L	L	L	L	L
162	131LAE25AA041	RH SPRAY WATER STOP MOV	M	M	M	M	M	M
163	131LAE25AA071	TCV RH WATER ATTEMPERATION VALVE	M	M	M	M	M	M
108	121LAE25AA041	RH SPRAY WATER STOP MOV	M	M	M	M	M	M
59	112LAB35AA061	HRSG #1HP STM BYPASS SPRAY S/O MANUAL VALVE	M	M	M	M	M	M
60	112LAB35AA071	TCV HRSG#1 BYPASS SPRAY VALVE	M	M	M	M	M	M
123	122LAB35AA061	HRSG #1HP STM BYPASS SPRAY S/O MANUAL VALVE	M	M	M	M	M	M
124	122LAB35AA071	TCV HRSG#1 BYPASS SPRAY VALVE	L	L	L	L	L	L
173	132LAB35AA071	TCV HRSG#1 BYPASS SPRAY VALVE	L	L	L	L	L	L

Figura N° 7: Listado de activos jerarquizados por niveles de riesgos.

Criticidad de Activo	Estrategia de mitigación del riesgo
Alta	Plan de contingencia, Confiabilidad basado en repuestos, Mantener repuesto críticos en inventario, Mantenimiento predictivo y Mantenimiento
Media	Mantenimiento predictivo y Mantenimiento preventivo
Baja	Mantenimiento preventivo, Run to fail o solo mantenimiento correctivo

Figura N° 8: Estrategias de mitigación del riesgo, adaptada y modificada (Dunn, 2015).

En este tipo de enfoque, la clave es tener la claridad de si se aplica el mantenimiento predictivo, mantenimiento preventivo o cualquier otro. En particular, la selección del tipo de mantenimiento debe dar respuesta a los modos de fallo específicos que se producen en los activos (Wang et al., 2007). Por otro lado, para asegurar que el plan de contingencia se corresponde con los activos de alta criticidad, es necesario considerar, si se debe o no, mantener repuestos críticos dentro del almacén o bodega y para ello, se mencionan a continuación algunos aspectos.

8.1. La criticidad de activo como información para estimar la cantidad de repuestos óptimo dentro del almacén

En este punto, solo se pretende dar una interpretación y uso de la información de los niveles de riesgos o criticidad de los activos para la estimación de las cantidades de repuestos óptimas a considerar dentro del almacén.

Si la definición de los niveles de criticidad de los activos no está claramente definida, entonces la definición de "piezas de recambio críticas" tampoco lo estará (Organ, Whitehead, & Evans, 1997). Muchas organizaciones sostienen, como política, que deben ser mantenidos en el almacén, solo repuestos

de alto valor; otros consideran que esto excluye del stock los artículos de alta rotación. Por otro lado, otros confunden las definiciones de repuestos "críticos" con los repuestos "estratégicos".

Para llevar a cabo este proceso, es necesario considerar los eventos potenciales de falla (modos de fallas) que originan la necesidad de que ese repuesto se encuentre en el almacén (Kirkwood, 2014). Este puede ser o no, el mismo evento de falla que consideramos cuando evaluamos la criticidad general para ese activo. Si no es así, entonces a continuación, debemos utilizar una evaluación genérica de la criticidad de activos. Ahora bien, es probable que este ejercicio nos pueda conducir a un exceso de existencias de piezas de repuesto. Por lo tanto, es necesario evaluar los riesgos a los que estarían expuestos los activos, si no se disponen de los repuestos en stock, y comparar esto, con los riesgos que supondría tenerlos en stock. El nivel de reducción del riesgo que resulta debe equilibrarse con los costos de mantener la pieza de repuesto en stock (Gulati, 2012).

Por tanto, la determinación del stock de repuesto es fundamental para la organización y el análisis de criticidad provee información determinante que permitirá a la organización optimizar costos de inventarios (Slater, 2010).

9. INFLUENCIA DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD EN LA ESTRATEGIA DE REEMPLAZO Y ACTUALIZACIÓN DE ACTIVOS

Para llevar a cabo el proceso de determinación de la estrategia de reemplazo de los activos de una organización, debemos considerar varios elementos como: el análisis de coste del ciclo de vida (LCC), la condición actual de activo y la importancia del activo dentro del proceso (criticidad del mismo). Esta estrategia debe estar adecuada al contexto de las operaciones de la organización. Por tanto, para llevar a cabo este ejercicio de forma adecuada, el análisis de criticidad debe ser revisado y actualizado de forma periódica (Rodríguez R, 2007).

Por otro lado, dado que el ciclo de planificación de capital (CAPEX) normalmente es medido en años, se hace necesario pronosticar cuándo probablemente se tenga que sustituir o mejorar el activo al menos a un año vista, aunque la mayoría de las veces probablemente con varios años de antelación (de 3 a 5 y hasta 10 años). Esto significa que, para que este ejercicio de planificación de capital (CAPEX) sea valioso, no es suficiente evaluar la cri-

ticidad "actual", sino también hay que prever su criticidad "futura".

10. CONCLUSIÓN

La criticidad de los activos de una organización establece el grado de importancia que tienen estos dentro del sistema de activos, por lo tanto, ésta permite gestionar los riesgos asociados a la ocurrencia de los modos de fallas de una forma adecuada.

Por otro lado, garantiza la información adecuada al contexto operacional, para establecer estrategias de mantenimiento, estrategias de reemplazo de activos, estimación de repuestos y gestión de los costos del ciclo de vida de los activos.

Finalmente, facilita la toma de decisiones de forma más eficiente y con una gestión de las incertidumbres adecuadas, para llevar a cabo las actividades de mantenimiento. Esto incluye asignación y distribución de recursos (humanos, repuestos, económicos) contribuyendo, de esta forma, con la rentabilidad y sostenibilidad del negocio.

11. BIBLIOGRAFÍA

- Edwin Gutiérrez, M. A., Ivaneska Calixto. (2007). Análisis de Criticidad Integral de Activos.
- El-Thalji, I., & Liyanage, J. P. (2012). On the operation and maintenance practices of wind power asset. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 18(3), 232-266. ISBN:13552511211265785.
- Gulati, R. (2012). *Maintenance Best Practice Chapter 6*, PEMAC: Industrial Press. ISBN. 9780831190675.
- Kirkwood, L. S., E. Baguley, P. Amorim-Melo, P. Durazo- Cardenas, I. (2014). Challenges in Cost Analysis of Innovative Maintenance of Distributed High-value Assets. *Procedia CIRP*, 22, 148-151. doi:10.1016/j.procir.2014.08.006.
- O'Connor, A., & Mosleh, A. (2016). A general cause based methodology for analysis of common cause and dependent failures in system risk and reliability assessments. *Reliability Engineering & System Safety*, 145, 341-350. doi:10.1016/j.ress.2015.06.007.
- Organ, M., Whitehead, T., & Evans, M. (1997). Availability based maintenance within an asset management programme. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 3(4), 221-232. doi:10.1108/13552519710176854.
- Rodríguez R, E. y. E., Jan. (2007). Activity based life cycle costing in long range planning. *Review of Accounting and Finance*, 6(4), 370-390. doi:10.1108/14757700710835041.
- Dunn, Sandy (2015). Equipment Criticality Analysis – is it a Waste of Time?. citado en <http://www.assetivity.com.au/article/reliability-improvement/equipment-criticality-analysis-is-it-a-waste-of-time.html>.
- Slater, P. (2010). *Smart Inventory Solutions: Improving the Management of Engineering Materials and Spare Parts*: Industrial Press.
- Wang, L., Chu, J., & Wu, J. (2007). Selection of optimum maintenance strategies based on a fuzzy analytic hierarchy process. *International Journal of Production Economics*, 107(1), 151-163. doi:10.1016/j.ijpe.2006.08.005.

Presentación de la Edición N° 11 de la Revista Ingeniería del Mantenimiento en Canarias



- Intervención de don Luis García Martín, Editor y Director de la Revista Ingeniería del Mantenimiento en Canarias y Director de TBN- Ingeniería de Mantenimiento.
- Intervención de don Fernando Andrés Ojeda Pérez, Presidente del Comité Organizador de Canagua&Energía, en representación de los autores.
- Intervención del Cónsul General de Cuba, don Ulises R. Barquín Castillo, en relación con el artículo "La Habana - Los Desafíos de su Transformación en las Últimas Décadas".

El lunes 14 de enero de 2019, a las 19:00 horas en el COITI - Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Las Palmas, tuvo lugar la presentación de la edición N° 11 de la **REVISTA INGENIERÍA DEL MANTENIMIENTO EN CANARIAS** y el anuncio de la celebración del **II CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA DEL MANTENIMIENTO EN CANARIAS (CIIMC-2019)**.

A lo largo de las distintas ediciones de esta Revista, hemos contado con artículos, tanto científicos como técnicos, además de reseñas de autores de 3 continentes y 13 países, tales como España, Alemania, Inglaterra, Holanda, Estados Unidos de América, México, Argentina, Uruguay, Puerto Rico, Bolivia, Colombia, Cuba y Cabo Verde.

Durante esta presentación se llevaron a cabo las siguientes acciones:

- Entrega de los ejemplares impresos de la edición N° 11 de la Revista. La versión digital de la Revista está disponible en la web de TBN (www.tbn.es).
- Abre el evento don José Antonio Marrero Nieto, Decano del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de la provincia de Las Palmas.

- Intervención de don Antonio Morales Méndez, Presidente del Cabildo Insular de Gran Canaria, en relación a su artículo "El Mantenimiento en el Modelo de Desarrollo de Ecoisla".



- Proyección de resumen en vídeo de la I Edición del Congreso Internacional de Ingeniería del Mantenimiento en Canarias. Anuncio de las fechas de la II Edición del Congreso, integrado en el marco de la 42ª Feria Internacional del Atlántico ATLANTUR.
- Entrega de distinciones, consistente en una pieza artesanal titulada el MANTENED@R, a personas e instituciones relevantes relacionadas con la Revista. Las distinciones fueron para las siguientes personas/entidades:

* D. Francisco Suárez Moreno – Cronista Oficial de La Aldea de San Nicolás y valedor de las Ingenierías Históricas en Canarias. Ausente. Se le entregó posteriormente.



* D. Ulises R. Barquín Castillo - Cónsul General de Cuba en Canarias, en representación de la Oficina del Historiador y del Plan Maestro de la Ciudad de la Habana, por el 500 aniversario de su Fundación.
Entrega: D. Mariano Chirivella Caballero, Director del Grupo de Cooperación Internacional para la Enseñanza Técnica y el Desarrollo e Innovación de la ULPGC.



* D. Fernando Ojeda Pérez – En representación de los autores de los artículos de la XI edición.
Entrega: D.ª María del Pino Artiles Ramírez de TBN- Ingeniería de Mantenimiento y Miembro del Comité de la Revista.



* D. José Antonio Carta González – Catedrático de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria – Miembro del Comité de la Revista.
Entrega: D. José Pablo Rivero Suárez, Vicerrector de Investigación, Innovación y Transferencia de la ULPGC.



* D. Gregorio Martínez Royano – Gerente del Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Canarias Oriental. Recoge Doña Laura Jiménez, Técnica de Visados y adjunta al Gerente.
Entrega: D. Juan José Cardona González, Presidente de la Autoridad Portuaria de Las Palmas.



* D. José Antonio Marrero Nieto – Decano del Colegio de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales de Las Palmas.
Entrega: D. Raúl García Brink, Consejero de Área de Desarrollo Económico, Energía e I+D+I del Cabildo de Gran Canaria.



* D. Antonio Morales Méndez – Presidente del Cabildo Insular de Gran Canaria.
Entrega: D. Luis García Martín, Editor y Director de la Revista Ingeniería del Mantenimiento en Canarias y Director de TBN- Ingeniería de Mantenimiento.



Foto de los distinguidos portando la figura del MANTENED@R recibida.



Panorámica del cóctel de clausura del evento.

II Congreso Internacional de Ingeniería del Mantenimiento en Canarias

II Congreso Internacional de Ingeniería del Mantenimiento en Canarias
Palacio de Congresos Gran Canaria (INFECAR)
MARZO 28/29 2019
CIIMC 2019

Promueve y Organiza:
TBN

Coorganizan:
AEND **CMC** **AEMIN** **femepa**

Colaboran:
aem **COGITILPA** **COIICO** **UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA**
PROEXCA **Gobierno de Canarias** **IPAD**

Congreso integrado en el marco de:
Feria Internacional del Atlántico **Cabildo de Gran Canaria** **INFECAR**

Inscripciones congreso
www.congresomantenimientocanarias.com

Los días 28 y 29 de marzo de 2019 se celebró, en el marco de la 42ª Feria Internacional del Atlántico (Atlantur) y en las instalaciones del Palacio de Congresos Gran Canaria (INFECAR), el II CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA DEL MANTENIMIENTO EN CANARIAS (CIIMC 2019), promovido y organizado por TBN - Ingeniería de Mantenimiento Industrial y Servicios Integrales de Lubricación, y con la coorganización de la AEND (Asociación Española de Ensayos No Destructivos), el CMC (Clúster Marítimo de Canarias), AEMIN (Asociación Provincial de Empresarios de Mantenimiento Industrial, Servicios de Ingeniería, Diseño, Consultoría Tecnológica y Asistencia Técnica de Carácter Industrial de Las Palmas) y FEMEPA (Federación Provincial de la Pequeña y

Mediana Empresa del Metal y Nuevas Tecnologías de Las Palmas).

Así mismo, como colaboradores de este Congreso han estado la AEM (Asociación Española de Mantenimiento), COGITILPA (Colegio Oficial de Graduados de la Rama Industrial de la Ingeniería, Ingenieros Técnicos Industriales y Peritos Industriales de la Provincia de Las Palmas), COIICO (Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Canarias Oriental), la ULPGC (Universidad de Las Palmas de Gran Canaria), la Secretaría de Estado de Turismo, PROEXCA (Sociedad Canaria de Fomento Económico, S.A.) y COPIMAN (Comité Panamericano de Ingeniería de Mantenimiento).



Fotos Nº 1 y Nº 2: Panorámicas de la asistencia al II Congreso.

En esta II edición, en la que se inscribieron 783 personas, se contó con la presencia final de más de 500 personas que quisieron compartir los principales objetivos de este Congreso:

- Contribuir a posicionar el Mantenimiento, las Técnicas Predictivas y los Ensayos no Destructivos en la esfera de visibilidad que les corresponde, entendiendo que es un campo de conocimiento multidisciplinar con un peso específico importante en distintos sectores económicos.
- Potenciar el acercamiento a diversas temáticas del área de mantenimiento que pueden ser de máxima relevancia en estos momentos.
- Difundir conocimientos y experiencias que ayuden a extender la cultura del mantenimiento a todos los niveles.
- Convertir a Canarias en un HUB relacionado con el mantenimiento y la ingeniería, que redunde en beneficio de todos los sectores canarios y que a su vez, reforzando núcleos de acción diferenciados, permitan fomentar el número de empresas canarias que se puedan abrir a mercados internacionales, apoyar ciertos perfiles diferenciados en nuestras empresas que permitan captar inversión extranjera o trabajar por la diferenciación que favorezca un mayor número de empresas canarias internacionalizadas.

Este II Congreso ha sido un verdadero punto de encuentro para las empresas y profesionales del sector industrial, del sector marítimo, del aeronáutico, del sector turístico, de la construcción y la rehabilitación, sectores relacionados con la economía verde y con la economía azul. Así mismo, ha sido de alto interés para instituciones públicas y privadas, asociaciones de carácter nacional, regional e insular relacionadas con el mantenimiento, alumnos de universidades y de las escuelas de formación profesional, así como toda persona vinculada o interesada en el mantenimiento y la ingeniería.

El acto inaugural lo presidió D. Antonio Morales, Presidente del Cabildo Insular de Gran Canaria; lo acompañaban en la mesa, D. Gonzalo Piernavieja Izquierdo, Viceconsejero de Industria, Energía y Comercio del Gobierno de Canarias; y D. Luis García Martín, Presidente del Congreso y Director Gerente de TBN - Ingeniería de Mantenimiento Industrial y Servicios Integrales de Lubricación.

La apuesta por ponentes de relevancia internacional y nacional ha permitido acercar a Canarias el conocimiento más actualizado en el área del mantenimiento y la ingeniería de la mano de Abdiel Pérez Barretto, Gerente de División de Dragado del Canal de Panamá (administración, mantenimiento y mejoras) y Presidente del Comité Organizador del Congreso Internacional de Mantenimiento y Gestión de Activos - Canal de Panamá; Fermín Gómez Fraile, Presidente de la Asociación Española de Ensayos No Destructivos (AEND) y Vicepresidente de la Federación Europea de Ensayos No Destructivos (EFNDT); Gerardo Trujillo Corona, Director General de Noria Latino América y Presidente fundador de la Asociación Mexicana de Profesionales en Gestión de Activos (AMGA) y Presidente de COPIMAN (Comité Panamericano de Ingeniería de Mantenimiento); José Antonio Galdón Ruiz - Presidente del Consejo General de Colegios Oficiales de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de España (COGITI); Francisco Javier González Fernández - Presidente de la Asociación Española de Mantenimiento (AEM) y Director General de Desarrollo Grupo GPO; Leandro Martínez Royano, Consultor especializado en gestión de áreas de operaciones y Exgerente de Operaciones de Pearl Islands (Panamá); Carlos Lasarte, Director General de Combustión, Energía & Ambiente S.A; María del Pino Artilles Ramírez de TBN Ingeniería de Mantenimiento Industrial; Carolina Altmann Macchio, Directora de Altmann & Asociados y Coordinadora Regional del COPIMAN (Comité Panamericano de Ingeniería de Mantenimiento); Carlos E. Torres, CEO de Power-MI, USA; y Jesús Manuel Laboy, Vicepresidente y Responsable del Desarrollo de Negocio de VIBRA Inc.



Foto Nº 3: Acto inaugural.



Foto Nº 4: Representación internacional del Congreso en el marco de la 42ª Feria Internacional del Atlántico (Atlantur).

Inciendo siempre en el matiz transversal que caracteriza al mantenimiento, el evento se estructuró también en base a mesas coloquio dedicadas a diferentes temáticas: Las Ingenierías Históricas y el Patrimonio Industrial; el Mantenimiento y la Confiabilidad; y la dedicada a los Condicionantes Invisibles relacionados con el Mantenimiento en Sector Turístico, Industrial y Hospitalario.

Martín, Director Gerente de TBN y Presidente del Congreso. En este cierre, D. Fermín Gómez anunció que la Secretaría y Presidencia del Foro Marino de la Federación Europea de Ensayos No Destructivos (EFNDT) ha recaído en Canarias, cuya Presidencia estará asignada al Comité Canario de la AEND y la Secretaría al Clúster Marítimo de Canarias, con lo que se asegura el papel de Canarias como punto de encuentro de todos los países de Europa asociados a la EFNDT.

El acto finalizó con la entrega a todos los ponentes de una distinción, una figura artesanal alusiva a la temática, denominada Mantened@r.



Foto Nº 5: Mesa Coloquio sobre las Ingenierías Históricas y el Patrimonio Industrial.

El Congreso, que estuvo cubierto por la televisión autonómica de Canarias, la radio y prensa local, fue clausurado por D. Vicente Marrero, Presidente del Clúster Marítimo de Canarias y Presidente la Federación de Empresarios del Metal y Nuevas Tecnologías (FEMEPA); D. Fermín Gómez Fraile, Presidente de la Asociación Española de Ensayos No Destructivos (AEND); y D. Luis García



Foto Nº 7: Entrega de distinciones.

Como este evento estaba caracterizado por su carácter divulgativo, en la web del Congreso (www.congresomantenimientocanarias.com) están disponibles todos los videos individuales de cada conferencia, así como de cada una de las mesas coloquio.



Foto Nº 6: Ponentes y participantes en las mesas coloquio.

Destacar que, como actividades pre-Congreso, se invitó a los ponentes y a los participantes de las mesas coloquios a una serie de actividades que señalamos a continuación:

- Visita al Rectorado, en el 30 cumpleaños de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Recepción por parte del Rector, D. Rafael Robaina Romero, y del Vicerrector de Investigación, Innovación y Transferencia, D. José Pablo Suárez Rivero.



Foto Nº 8: Visita al Rectorado de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

- Visita al Puerto de Las Palmas, donde pudieron ver las siguientes instalaciones:

- Autoridad Portuaria de Las Palmas, donde fueron recibidos por su Presidente, D. Juan José Cardona.



Foto Nº 9: Visita a la Autoridad Portuaria de Las Palmas.

- Instalaciones de Operaciones Portuarias Canarias (OPCSA), donde fueron recibidos por D. Carlos Rodríguez, Director Técnico.



Foto Nº 10: Visita a las instalaciones de OPCSA.

- Instalaciones de Astilleros Canarios (ASTICAN), donde fueron recibidos por D. Alfredo Juan, Jefe de Planta y D. Néstor Escobar, Adjunto Jefe de Planta.



Foto Nº 11: Visita a las instalaciones de ASTICAN.

- A las 19.00 horas del 27 de marzo de 2019, en el Club La Provincia, pudieron asistir a la conferencia magistral sobre "El Canal de Panamá y sus ejes de compromiso con el desarrollo sostenible" impartida por Abdiel Pérez Barretto, Gerente de División de Dragado del Canal de Panamá.



Foto Nº 12: Conferencia magistral sobre "El Canal de Panamá y sus ejes de compromiso con el desarrollo sostenible" impartida por Abdiel Pérez Barretto, Gerente de División de Dragado del Canal de Panamá en el Club La Provincia.

14º Congreso Nacional de Ensayos No Destructivos

del 12 al 14 De Junio de 2019

Vitoria-Gasteiz



Durante los pasados 12, 13 y 14 de junio tuvo lugar el 14º Congreso Nacional de Ensayos No Destructivos en el Palacio de Congresos Europa de Vitoria-Gasteiz, organizado por el Comité Norte de nuestra Asociación. Los objetivos previstos para el mismo han sido cumplidos en su totalidad ya que el Congreso ha servido como escaparate para presentar los últimos avances tecnológicos en nuestras áreas de aplicación y, también, punto de encuentro de técnicos, investigadores, fabricantes y usuarios de los END. Así mismo, hay que hacer notar las presentaciones en las áreas de Bellas Artes y Restauración donde, como es bien sabido, los END son herramientas imprescindibles en dichas disciplinas.

Toda la información de carácter general se presentó, en castellano, euskera e inglés en la página web www.aendvitoria2019.com



Foto Nº 1: Página web del Congreso.

Ubicación

Dentro de las posibles capitales que forman parte del Comité Norte se decidió por Vitoria-Gasteiz dada la favorable situación geográfica y las facilidades que su Ayuntamiento nos brindaba al ceder, prácticamente sin costes, dado el carácter de entidad sin ánimo de lucro que ostenta la AEND, el Palacio de Congresos Europa, acogedor edificio de moderna arquitectura, situado en la arteria más importante de la ciudad, con dos auditorios, numerosas salas para ponencias y zonas expositivas de amplia superficie.



Foto Nº 2: Palacios de Congreso Europa.

En el patrocinio del Ayuntamiento y al ostentar la ciudad la condición de Europea Green Capital, tuvo gran importancia que se cumplieran los requerimientos para ser un evento sostenible (s/ UNE-EN-ISO 20121) con reducción de impactos medioambientales negativos y potenciación de impactos sociales y económicos positivos. A este respecto y, en tanto fue posible, todas las empresas suministradoras, el montaje y los complementos de la Exposición, eliminación de restos, alimentación con productos Km-0, fueron cumplidos. Los almuerzos fueron servidos en la sala Green Capital anexa a la sala de exposición.

Patrocinadores y colaboradores

Cabe destacar la buena acogida encontrada por el Comité Organizador en los estamentos oficiales, especialmente el Ayuntamiento de Vitoria Gasteiz y la Diputación Foral de Álava y empresas, muchas de nuestro entorno geográfico.

- Entidades patrocinadoras: Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz, Diputación Foral de Álava, Gobierno Vasco, Baker Hughes, O-Basf Chemetall, Ceit, Iberdrola, IK4 Ideko, IK4 Lortek, Olympus, SGS y Tecnatom.
- Entidades colaboradoras: Aciturri, Goierri Es-



Foto Nº 3: Exposición, Vista 1.



Foto Nº 4: Exposición, Vista 2.

kola, I-punto, Lobair, Sidenor, Tecnalía y Vici-nay Sestao.

Exposición

La exposición se llevó a cabo en la Sala Olari-zu donde 2 asociaciones y 23 empresas presen-taron sus últimos desarrollos ocupando 38 mó-dulos de stands. En esta misma sala se contó con una amplia zona para demostraciones, así como espacio para las ponencias presentadas en póster.

Protocolo

La víspera de la apertura del Congreso, los miembros de la Junta Rectora y algunos ponentes y asistentes extranjeros fueron recibidos en la sala noble del ayuntamiento por el Alcalde de la ciudad, Gorka Urtaran, que saludó personal-mente a todos los asistentes. Jesús Sanz Yrazu, Presidente del Comité Organizador, presentó la programación del Congreso y Fermín Gómez Fraile, Presidente de la AEND, presentó a la

AEND y su prestigio en la Federación Europea, así como la importancia de los END en la segu-ridad de las personas y los medios. Por su parte, el Alcalde presentó Vitoria Gasteiz y dio la bienvenida a todos los asistentes deseando el mayor aprovechamiento y éxito del Congreso.

La Sesión de apertura contó con la presencia de la Viceconsejera de Tecnología, Innovación y Competitividad del Gobierno Vasco, Estíbaliz Hernáez Laviña; la Concejala de Área de Empleo y Desarrollo Económico del Ayuntamiento, Ne-rea Melgosa; y los presidentes de la AEND y del Comité Organizador.

Respecto a la sesión de clausura, la mesa estuvo formada por los presidentes del Comi-té Organizador y de la AEND y por Luis Vieira Gomes, Vicepresidente de la Asociación Portu-guesa de END quien presentó el próximo Con-greso Europeo a celebrar en Lisboa el próximo 2022.



Foto Nº 5: Recepción en el Ayuntamiento de Vitoria Gasteiz.



Foto Nº 6: Sesión de Apertura del Congreso.



Foto Nº 7: Sesión de Clausura.

- Sesión 6: Electromagnéticas - 5 ponencias.
- Sesión 7: Sistemas de Inspección (2) - 4 ponencias.
- Sesión 8: Termografía - 4 ponencias.
- Sesión 9: Fabricación aditiva - 4 ponencias.
- Sesión 10: Arte y Patrimonio - 5 ponencias.
- Sesión 11: Monitorización de condiciones - 6 ponencias.
- Sesión 12: Ultrasonidos - 6 ponencias.
- Sesión 13: Edificación - 3 ponencias.
- Sesión 14: Ferroviario - 3 ponencias.

Ponencias

El Congreso se configuró con 3 ponencias magistrales, 4 ponencias invitadas, 2 mesas redondas y 80 sesiones temáticas. Además 9 ponencias fueron presentadas en póster.

- Ponencia Magistral Inaugural: Futuro de los END - Pr. Dr. Rudolf Hanke, del Instituto Fraunhofer.
- Ponencia Magistral 2: Compressive Sensing - Dra. Virginia Yagüe, ITEFI - CSIC.
- Ponencia Magistral 3: Monitorización de movimientos en la Catedral de Santa María - Arquitecto Leandro Cámara, Fundación Catedral Santa María.
- Ponencia Invitada 1: Inspección con sistemas aéreos - Carlos Bernabeu, ARBOREA INTELL-BIRD.
- Ponencia Invitada 2: Turbinas aeronáuticas - Norberto Pérez, Centro de Fabricación Avanzada Aeronáutica (CFAA).
- Ponencia Invitada 3: Control con análisis de Big Data - Mari Luz Villamor, Mercedes Benz España.
- Ponencia Invitada 4: Producción de electricidad en el 2030 y más allá - Samuel Pérez, Iberdrola.
- Mesa Redonda 1: Nuevas tecnologías de inspección.
- Mesa Redonda 2: El futuro de los END y el personal especializado en ellos.

Respecto a las sesiones, la estructura y número de ponencias fueron:

- Sesión 1: Procesado de señal - 6 ponencias.
- Sesión 2: Simulación, formación - 6 ponencias.
- Sesión 3: Aeronáutica - 6 ponencias.
- Sesión 4: Sistemas de Inspección (1) - 6 ponencias.
- Sesión 5: Soldadura - 6 ponencias.

El importante número de ponencias orales implicó la utilización de tres salas en paralelo por lo que, para futuros congresos, se debería estudiar la posibilidad de derivar algunas a póster ya que se constató que al coincidir tres ponencias paralelas en salas distintas, por su interés, se tuvo que prescindir de la asistencia a alguna de ellas.



Foto Nº 8: Ponencia Magistral, Dr. Hanke, del Instituto Fraunhofer.



Foto Nº 9: Sesión en sala J. M. Barandiaran.



Foto Nº 10: Mesa Redonda, sala Florida.

Publicación de ponencias

Todos los textos finales de las ponencias presentadas fueron recogidos en una tablet que se entregó a todos los congresistas inscritos. Además, se proporcionó una publicación de 265 páginas con ubicación de salas y plano de la exposición, company profiles de todas las empresas patrocinadoras, colaboradoras y expositoras, resúmenes de todas las ponencias en castellano e inglés, índice de autores, etc.

Congresistas

El número total de personas inscritas que participaron en el Congreso fue de 325 distribuidos en la siguiente forma: 224 congresistas al total de días, 27 congresistas con pases de día, 17 acompañantes, 57 con pase de visitantes, 89 empresas, 9 patrocinadores, 7 colaboradores, 23 expositores en 38 stands y 2 asociaciones.

Actos sociales y programas de acompañantes

El miércoles día 20 y para los congresistas "más en forma" se planificó un entrenamiento-carrera bajo la dirección del atleta vitoriano Martín Fiz, ex-campeón del mundo de maratón y actual campeón del mundo en mayores de 55 años al ganar los "Six Majors". Los menos deportistas realizaron una visita cultural a la almendra medieval y Catedral de Santa María, reuniéndonos seguidamente todos en el Palacio de Villa Suso y tras el "Aurreku de honor" y la llamada con "Txalaparta" tuvo lugar la recepción y cóctel de bienvenida.

El jueves 21 tuvo lugar la cena oficial del Congreso en la villa de Laguardia en pleno centro de Rioja Alavesa tras una visita a dicha villa. Se aprovechó la ocasión para agradecer públicamente su ayuda a patrocinadores y colaboradores.

El viernes 22, tras la sesión de clausura y como despedida se ofreció la comida de clausura en un restaurante próximo al Palacio de Congresos Europa.

Dentro del programa de acompañantes se efectuaron visitas a San Sebastián, Bilbao y Salinas de Añana. Así mismo, los acompañantes participaron en las sesiones de apertura y clausura, cena oficial del congreso y en la comida de cierre del mismo.



Foto Nº 11: Aurreku de bienvenida.



Foto Nº 12: Carrera con Martín Fiz.

Agradecimientos

Finalmente y, como Presidente del Comité Organizador, quiero agradecer al Comité Científico y, en especial, a su Presidente Rafael Martínez Oña que ha podido clasificar y encajar todas las ponencias recibidas, así como estructurar las ponencias magistrales, invitadas y mesas redondas. De la misma forma, agradecer al resto de compañeros del Comité Organizador Fernando Isasi, María Garrido, Emilio de Miguel e Iván Castro su inestimable colaboración para la realización de este Congreso.

Jesús Sanz Yrazu

Presidente del Comité Organizador del
14º Congreso Nacional de END.

Reunión del Foro Marino Europeo en Ensayos No Destructivos



La Federación Europea de Ensayos No Destructivos, EFNDT (European Federation for Non-Destructive Testing), tiene entre sus fines la promoción de los Ensayos No Destructivos en todas las áreas industriales de Europa. Por ello, ha impulsado tres foros (Aeronáutico, Ferroviario y Marino) para desarrollar y promover en ellos los Ensayos No Destructivos (END), incluyendo normativa, cualificaciones y certificaciones del personal en dichas áreas.

Dentro de esta política, la EFNDT ha pedido a España, es decir, a la Asociación Española de END (AEND) que pilote el Foro Marino Europeo y la propia AEND ha nombrado al Comité de Canarias para que lo lidere. Así, ha asignado la Presidencia de dicho Foro al Presidente del Comité de Canarias y la Secretaría al Clúster Marítimo de Canarias.

Con este mandato, la reunión del Foro Marino Europeo en Ensayos No Destructivos (END) se celebró en Las Palmas de Gran Canaria el día 20 de septiembre de 2019 en el Hotel Cristina, estando capitaneada por don Fermín Gómez Fraile, en calidad de Presidente de la AEND y Vicepresidente de la EFNDT (Federación Europea en Ensayos No Destructivos); don Rodolfo Rodríguez Juárez, en calidad de Director Técnico de la AEND; y don Luis García Martín, en calidad de Presidente del Foro Marino Europeo y Presidente del Comité de Canarias de la AEND.

Participaron en la misma representantes de las siguientes organizaciones y empresas: Clúster Ma-

rítimo Canario, Zamakona Yards, Binter, SGS, Climb Aviation, Acosta Sub, Astican, Talleres Sanper, Subservices, Bureau Veritas, IACS/Lloyd's Register, ETS España, Reprosub, Gobierno de Canarias, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, C.I.F.P.- Educación Gobierno Canarias, I.F.P Marítimo Pesquero y TBN- Ingeniería del Mantenimiento.

Se trataron los siguientes puntos recogidos en el orden del día:

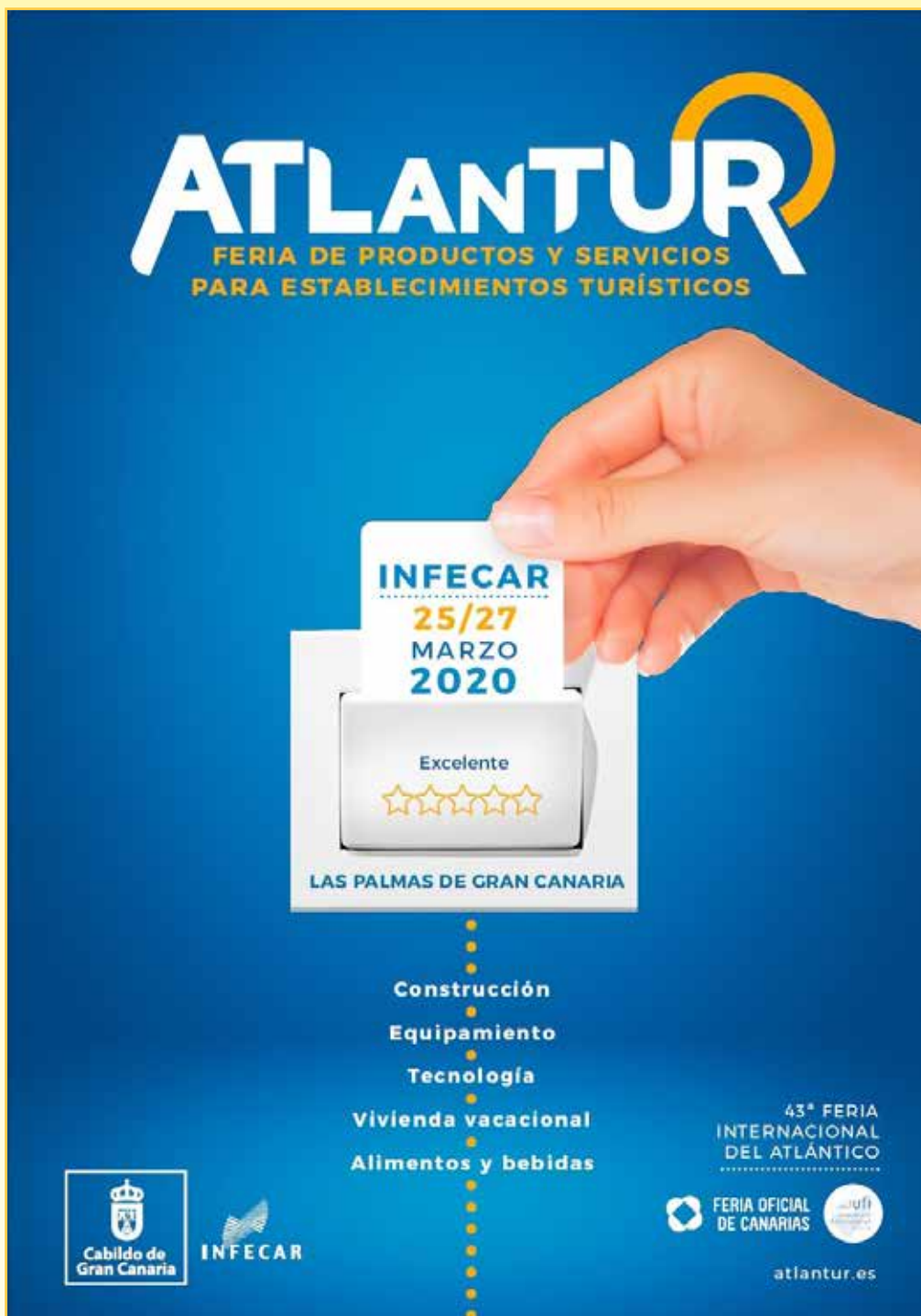
- Breve presentación de la AEND.
- Análisis de los objetivos del Foro Marino Europeo.
- Situación de los END en el sector marino.
- IACS (international Association of Classification Societies).
- Novedades sobre la ISO 9712.

Ante el debate surgido en la reunión, se concluye que es necesario crear un Subgrupo de Trabajo (Task Group) dentro de este Foro Marino, para tratar de analizar y hacer propuestas respecto a los Ensayos No Destructivos (END) en el sector marino, intentando aunar criterios con la IACS, aseguradoras, astilleros, armadores... así como establecer esquemas de trabajo para los END bajo el agua (subacuáticos).

La reunión de este Task Group se celebró el viernes 15 de noviembre de 2019 en Las Palmas de Gran Canaria.

Se establece la próxima reunión del Foro Marino Europeo en Ensayos No Destructivos para el mes de marzo de 2020.





Atlantur, una Feria de Interés para el Mantenimiento de las Instalaciones Turísticas

Del miércoles 25 al viernes 27 de marzo de 2020 tendrá lugar en el recinto ferial de la Institución Ferial de Canarias (INFECAR), en Las Palmas de Gran Canaria, ATLANTUR, Feria de productos y servicios para establecimientos turísticos. La feria está promovida por el Cabildo de Gran Canaria y organizada por INFECAR. El certamen ferial estará dedicado a hoteles, extrahoteleros (apartamentos,

bungalós y vivienda vacacional) y restauración, y se centrará en cinco sectores: construcción, equipamiento, tecnología, vivienda vacacional y alimentos y bebidas. La asistencia a la feria será sólo para profesionales. En los días de la feria se llevarán a cabo las Jornadas de Mantenimiento para Instalaciones Turísticas, que tratarán temas de actualidad e interés para técnicos de mantenimiento y responsables de compras de establecimientos turísticos.

Programa de Intercambio de Expertos Cuba - Unión Europea II

Este Programa de Intercambio de Expertos Cuba - Unión Europea II, tiene la finalidad de acompañar a Cuba en la implementación de sus lineamientos de política socioeconómica a través de la movilización de expertos de la Unión Europea y de terceros países.

Los expertos europeos, procedentes de España, han sido Elías Casañas Rodríguez, Luis García Martín y María del Pino Artilles Ramírez.

La actividad desarrollada por estos expertos en diciembre de 2019 ha estado constituida por un Seminario Taller Pre-Congreso en el Instituto de Refrigeración y Climatización (IRC) de Cuba, así como por la participación, a través de conferencias magistrales, en el marco del "VIII Evento Nacional de Refrigeración, Climatización y Ventilación", ambas participaciones bajo la temática de "Energías Renovables y Eficiencia Energética en Infraestructuras e Instalaciones Turísticas", donde tienen especial relevancia las instalaciones de refrigeración y climatización. Se han realizado tareas de actualización en nuevas tendencias en eficiencia energética, mantenimiento y asimilación de técnicas sobre el empleo

de energías renovables. Además, dentro de este Programa de intercambio, se realizaron una serie de visitas técnicas a varias instalaciones hoteleras en La Habana, en Varadero y Cayo Coco, todas pertenecientes al grupo Cubanacan. Estas actuaciones fueron auspiciadas por este Programa de Intercambio de Expertos Cuba-UE II y coordinado por la FIIAPP (Fundación Internacional y para Iberoamérica de Administración y Políticas Públicas).

El Seminario Taller Pre-Congreso se celebró en las instalaciones del Instituto de Refrigeración y Climatización (IRC), entre el 2 y el 3 de diciembre. El VIII Congreso Nacional de Refrigeración y Climatización se desarrolló el 4 y el 5 de diciembre en el Hotel Comodoro, situado en Miramar.

Las palabras de bienvenida y cierre del VIII Evento, estuvieron a cargo del Presidente y Director General del IRC, José Ramón Rojo Rodríguez.



Foto N° 1: De izquierda a derecha: Elías Casañas Rodríguez, Experto Europeo; José R. Rojo Rodríguez, Director del Instituto de Refrigeración y Climatización de Cuba; Elvira Delgado, Especialista en Servicios Técnicos del Grupo Cubanacan; Alfredo García Jiménez, Director del Instituto Nacional de Investigaciones Económicas -INIE; Yamile Aldama Valdés, Presidenta del Grupo Cubanacan; María del Pino Artilles Ramírez, experta europea; Luis García Martín, Experto Europeo; Ramón Pomes Hernández, Dirección de Desarrollo del Grupo Cubanacan



Foto Nº 2: Presidente y Director General del IRC, José Ramón Rojo Rodríguez.



Foto Nº 3: Asistentes al VIII Evento Nacional de Refrigeración y Climatización.



Foto Nº 4: Panorámica del salón del VIII Evento Nacional de Refrigeración y Climatización.



Foto Nº 5: Experto Europeo Elías Casañas Rodríguez. Conferencia Magistral: Aplicaciones de la energía geotérmica de baja entalpía en las instalaciones turísticas.



Foto Nº 6: Experto Europeo Luis García Martín. Conferencia Magistral: Ensayos No Destructivos y técnicas predictivas: base del mantenimiento y la eficiencia energética en infraestructuras e instalaciones turísticas.



Foto Nº 7: Experta Europea María del Pino Artilles Ramírez. Conferencia Magistral: Industria 4.0: Nuevo paradigma en la monitorización y control de la eficiencia energética en las instalaciones turísticas.

CANARIAS SKILLS 2019

CAMPEONATO DE CANARIAS DE FORMACIÓN PROFESIONAL FAMILIA PROFESIONAL DE INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO



Los días 16, 17 y 18 de diciembre 2019 se ha celebrado en el IES Virgen de la Candelaria, en Santa Cruz de Tenerife, el Campeonato de Formación Profesional de Canarias en las modalidades de "Refrigeración y Aire Acondicionado" y de "Fontanería y Calefacción". Los ganadores de cada una de estas modalidades serán los representantes de la Comunidad Autónoma de Canarias en el próximo Campeonato Nacional SpainSkills 2021.

En la pruebas, financiadas por el Ministerio de Educación y Formación Profesional y cofinanciadas por el Fondo Social Europeo dentro del Programa Operativo de Empleo, Formación y Educación (FSE 2014-2020), han participado alumnado de los centros que imparten ciclos formativos de la Familia Profesional de Instalación y Mantenimiento: IES Las Maretas (Lanzarote), IES Ingenio (Gran Canaria), CIFP San Cristóbal (Gran Canaria), CIFP Majada Marcial (Fuerteventura), IES Antonio Godoy Sosa (Gran Canaria), IES Luis Diego Cuscoy (Tenerife), IES El Paso (La Palma), IES Sabino Berthelot (Tenerife) e IES Virgen de la Candelaria (Tenerife).

Las pruebas de la **Modalidad de Refrigeración y Aire Acondicionado** han consistido en la fabricación de una derivación (ramificación simple) con conducto de fibra de la marca Isover, y la instalación de un circuito frigorífico compuesto por un evaporador de tubería de cobre formado por letras, sorteadas al azar, unidad condensadora, válvulas de maniobra, filtro, visor, válvula solenoide y válvula de expansión con equilibrado externo. Además, se ha realizado la instalación, para la regulación del

equipo, de un cuadro de mando compuesto por un controlador de la marca Danfoss, aportado por la empresa Controles Tenerife S.L.

En la **Modalidad de Fontanería y Calefacción**, la prueba ha consistido en la realización de dos módulos. Un primer módulo donde se realizó una instalación de calefacción compuesta por una caldera de condensación mural de la marca Ariston, radiador y toallero, aportados por la empresa SiscoCan, empleando en la misma tubería de cobre unida mediante soldadura blanda, y un segundo módulo formado por la instalación de agua fría y caliente sanitaria destinada a la instalación de un baño compuesto por lavabo, bidé, ducha e inodoro, utilizando para su instalación tubería de PEX de la marca Uponor.

Las jornadas han finalizado con las valoraciones por parte de los jurados, compuestos por profesores de distintos centros, así como por empresarios y expertos del sector de cada una de las especialidades.

La clasificación en la **Modalidad de Refrigeración y Aire Acondicionado** ha quedado de la siguiente forma: primer puesto: Álvaro Morales, IES Ingenio; segundo puesto: Diego Pérez, IES El Paso; tercer puesto: Javier Cabrera, CIFP San Cristóbal.

La clasificación en la **Modalidad de Fontanería y Calefacción**, ha quedado de la siguiente forma: primer puesto: Carlos Chinae, IES Virgen de la Candelaria; segundo puesto: Daniel Ramírez, IES Ingenio; tercer puesto: Mohamed Assafar, IES Luis Diego Cuscoy.



Panorámica del taller de Refrigeración y Aire Acondicionado.



Panorámica del taller de Fontanería y Calefacción.



Prueba ganadora en la modalidad de Fontanería y Calefacción.



Prueba ganadora Instalación de Refrigeración y Aire Acondicionado.



Premiados ambas modalidades; Pedro Lemes, Jefe de Servicio de la Dirección General de FP; Miguel Acosta, Coordinador Familia Profesional; Manuel Sánchez, Jefe Área de Industria.



Grupo de la organización junto con la Dirección de FP, Jefe Área de Industria y coordinadores de las pruebas.



Primer clasificado Modalidad Fontanería y Calefacción con Tutor, Coordinador de la modalidad y Coordinador Familia Profesional.



Primer clasificado Refrigeración y Aire Acondicionado con Tutor, Coordinador de la modalidad y Coordinador Familia Profesional.



Organización de la Prueba junto al tribunal de Fontanería y Calefacción.



Valoraciones del Tribunal de Fontanería y Calefacción.



Carlos China, alumno IES Virgen de la Candelaria (1º Clasificado) Prueba de Fontanería y Calefacción.



Director Técnico de Tefcan (Experto parte del Jurado de Fontanería y Calefacción).



Prueba de Refrigeración y Aire Acondicionado.



Alumno IES Luis Diego Cuscoy (3º) Prueba Fontanería y Calefacción.

7º Español
21º Iberoamericano

Congreso de Mantenimiento

Madrid

20, 21 y 22
de Octubre
de 2021



Federación Iberoamericana
de Mantenimiento



**ASOCIACIÓN ESPAÑOLA
DE MANTENIMIENTO**
DESDE 1977 PARA FOMENTO
DEL MANTENIMIENTO

Termografía por Infrarrojos



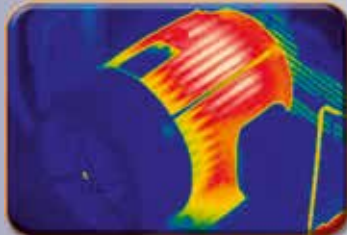
Cámara de Vídeo de Alta Velocidad



Software Mantenimiento



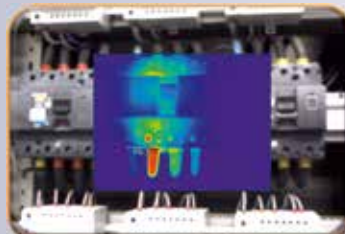
Detección de Fugas



Ultrasonidos



Cámaras de Inspección de Canalizaciones



Lubricantes y Servicio Integral de Lubricación

Luz Ultravioleta



Formación Técnica

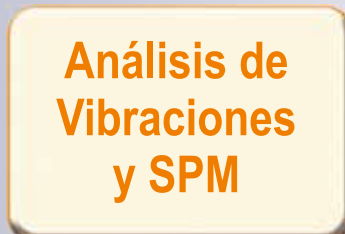


Medición de Espesores



Auditoría Energética

Análisis de Aceites, Gases y Combustibles



Análisis de Vibraciones y SPM

