

DICIEMBRE, 2014

NÚMERO 8

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.

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

D. Jesús Terradillos Azqueta
Fundación Tekniker. Eibar. Gipuskoa.

Dra. M^o 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).
- **Base de Datos ICYT** (Índice Español de Ciencia y Tecnología) del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (<http://bddoc.csic.es:8080>).
- Portal **JABLE**, archivo de prensa digital de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (<http://jable.ulpgc.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>).

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

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.

Cordial Salud:

Don Luis García Martín, Director-Gerente de TBN.



La Fuerza de Acción Marítima

Autor:
Adolfo García Quintela

6-17



Caldera de Biomasa en el Hotel Cordial Mogán Playa

Autor:
Gerardo García Machín

18-28



Molinos de Ingenio: Entre el Olvido y el Abandono

Autor:
Rafael Sánchez Valerón

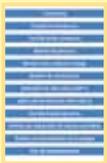
29-40



Club La Santa: a la Vanguardia del Turismo Sostenible

Autor:
Diego Fernández

41-49



Análisis del Ciclo de Vida. Un Enfoque desde Mantenimiento (II Parte)

Autor:
Carlos Mario Pérez Jaramillo

50-60



Propuesta de Creación y Transmisión de Manera Segura de la Evidencia Digital

Autores:
Tomás Marqués Arpa
Jordi Serra Ruiz

61-69



Análisis del Aceite como Herramienta de Mejora del Comportamiento de las Multiplicadoras de Aerogeneradores

Autores:
Jesús Terradillos
José Ignacio Ciria

70-75



El Ruido. Instalaciones Industriales

Autor:
Isabelino Guanche Díaz

76-79



Mantenimiento Industrial Basado en la Gestión del Conocimiento

Autor:
Francisco Javier Cárcel Carrasco

80-85



Experiencias en la Gestión de los Residuos Ganaderos con Sistemas de Depuración Natural (SDN) en una Explotación de Porcino de Gran Canaria

Autores:
Carlos Alberto Mendieta Pino
Nicolás Navarro Guerra del Río
Rafael Navarro Guerra del Río

86-93



Conservación de la Palmera Canaria

Autor:
Roberto Quintana Quintana

94-97



La Efectividad de las Actividades de Mantenimiento

Autora:
Carolina Altmann

98-101



CANARY ISLANDS SUPPLIERS

Autora:
Isabel Díaz Rebollo

102-103



Asociación Argentina de Tribología - AAT

104-105



Amigos de la Ingeniería

106



Don Luis García Martín

Director - Gerente de TBN



EL CONOCIMIENTO TÁCITO EN MANTENIMIENTO

Un profesor viejito, doctor universitario de barba blanca, hace tiempo que lleva hablándome sobre su percepción sobre el conocimiento explícito y el conocimiento tácito. Tanto le doy la razón, que voy a atreverme a particularizarlo en el campo del mantenimiento.

La clave para adquirir conocimiento tácito es la experiencia. Las titulaciones que podemos obtener en nuestras escuelas y universidades nos aportan esencialmente conocimiento explícito, al estar centradas en proporcionar gran cantidad de información a los alumnos. Sería deseable que el gran objetivo de la enseñanza se sustentara en que el conocimiento explícito y el tácito fueran de la mano para, y tal como se desprende de la frase de Jean Piaget, formar hombres y mujeres creativos, inventivos, auténticos descubridores...

A nivel formativo, recuerdo aún con mucha satisfacción el caso de una alumna de Cabo Verde perteneciente a los cursos de mantenimiento organizados por el equipo de Cooperación para la Enseñanza Técnica, el Desarrollo e Innovación de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria y de la Fundación Universitaria (ver artículo de la doctora María de Pino Artilles en el número 3 de nuestra revista, denominado La Cooperación como Transferencia de Know-How). Al inicializar el periodo formativo se le comentó a la mencionada alumna que al final del ciclo se le expediría un certificado o diploma acreditativo, a lo que ella contestó: "Eu ñao preciso de título, eu so quero saber fazer". Hoy en día me consta que es una próspera empresaria a la que el equipo de cooperación recuerda con mucho cariño por su interés y perseverancia en aprender.

Trasladándome a tiempos más recientes, hace escasamente unos meses se creó en nuestra ciudad y al "zoco" de la Casa de Africa, una organización denominada, Observatorio Canarias-África para la Cooperación. Al primer acto celebrado en el Club de Prensa Canaria, estuvo invitado el ex decano y catedrático de la Facultad de Letras y Ciencias Humanas de la Universidad Ibn Zohr de Agadir (Marruecos), Ahmed Sabir. En su intervención, comentó que en

La Fuerza de Acción Marítima



Adolfo García Quintela

Mando Naval de Canarias
Estado Mayor - Jefe de Operaciones

1. INTRODUCCIÓN

La Fuerza de Acción Marítima (FAM) es la Fuerza más moderna de la Armada. Su creación data del año 2004, con la entrada en vigor de la Instrucción núm. 81/2004, de 12 de abril, del Almirante Jefe del Estado Mayor de la Armada por la que se establece la organización de la Fuerza de Acción Marítima.

El Real Decreto 912/2002, de 6 de septiembre, por el que se desarrolla la Estructura Básica de los Ejércitos; y la Orden DEF/3537/2003, de 10 de diciembre, que lo desarrolla, disponen la supresión de las Zonas Marítimas, Sectores Navales, Provincias Marítimas y Distritos Marítimos que daban origen a la estructura territorial de la Armada, aunque manteniendo las estructuras territoriales de los archipiélagos de Baleares y Canarias, y en las ciudades de Ceuta y Melilla.

La desaparición de los mandos de carácter territorial, cuyas competencias se ligaban a sus respectivas áreas geográficas de responsabilidad, unida a las posibilidades que ofrecen los avances tecnológicos, especialmente en los aspectos de Mando y Control, permitieron concebir el espacio marítimo español de forma global como una entidad geoestratégica única, propiciando la organización del conjunto de la Fuerza Naval sin sujeción a condicionantes territoriales y atendiendo exclusivamente a la función que desempeñan sus unidades, con independencia de su base de despliegue.

A raíz de esa concepción del espacio marítimo como una entidad geoestratégica única, nace la FAM, la cual, se organiza para operar normalmente en el ámbito nacional y proteger los intereses marítimos de España allá donde sea necesario, bien mediante el cumplimiento de las misiones

específicas de carácter permanente que la Armada tiene asignadas o mediante la colaboración con los organismos de la administración que tienen competencias en asuntos marítimos, mientras que la Flota se organiza para desplegarse en escenarios alejados, normalmente en ambientes conjuntos e internacionales.

La unificación del conjunto de medios que materializa la capacidad de acción marítima de la Armada en una única Fuerza – la FAM –, y su integración bajo un solo mando – el Almirante de Acción Marítima – que puede emplearlos con visión global en un espacio de entidad única, apoyado en una tecnología que permite la dirección centralizada y la ejecución descentralizada, facilita la racionalización de recursos, garantiza la unidad de doctrina en el empleo de los medios navales, hace posible una coordinación más efectiva, permite una respuesta ágil y oportuna ante cualquier situación y propicia la existencia de un único interlocutor de la Armada con los diferentes organismos públicos con competencias en el ámbito marítimo.

La FAM está formada por el conjunto de unidades que tienen por cometido principal prepararse para proteger los intereses marítimos nacionales y el control de los espacios marítimos de soberanía e interés nacional, contribuyendo al conjunto de actividades que llevan a cabo las distintas administraciones públicas con responsabilidades en el ámbito marítimo.

La FAM está compuesta por 47 buques entre los que se encuentran los de vigilancia marítima, unidades auxiliares, buques científicos y el buque escuela “Juan Sebastián de Elcano” (Ver Fotos Nº 1 y Nº 2).



Foto N° 1

Con estos buques, la FAM también colabora con las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado en misiones de policía marítima, según los acuerdos vigentes; y con otros departamentos ministeriales en tareas de vigilancia de pesca, de investigación científica, de salvamento y de lucha contra la contaminación marina, tráfico marítimo, labores hidrográficas, mantenimiento del patrimonio arqueológico subacuático de interés para el Patrimonio Nacional, búsqueda y salvamento, cooperación en tareas de protección civil y transporte logístico.

Asimismo, se encuadran en la FAM los centros y organismos de la Armada especialmente vinculados a la acción del Estado en la mar, como son el Centro de Buceo de la Armada y el Instituto Hidrográfico de la Marina.

El Almirante de Acción Marítima (ALMART), que ejerce el mando de la FAM, tiene por misión llevar a cabo la preparación de esta Fuerza, así como la coordinación y ejecución de la acción Marítima de la Armada, bajo el mando del Almirante de la Flota, para garantizar la presencia naval en nuestros espacios de soberanía y la protección de los intereses marítimos nacionales.

El área de actuación de las fuerzas navales del ALMART vendrá definida en cada caso en función de los intereses marítimos nacionales, de acuerdo con la misión asignada y la capacidad de mando y control.

La estructura la FAM está concebida para la preparación de la Fuerza y permite su asignación total o parcial al Jefe del Estado Mayor de la De-



Foto N° 2

fensa, como Mando Operativo de las Fuerzas Armadas, y a cualquier otro mando operativo que se determine; así como para ser empleados en las misiones específicas de carácter permanente que la Armada tiene asignadas: la presencia naval y la vigilancia marítima.

2. EL MANDO NAVAL DE CANARIAS

El Mando Naval de Canarias, como elemento fundamental de la Fuerza de Acción Marítima, materializa la presencia permanente de la Armada en el archipiélago Canario y en las que son las aguas más occidentales y más meridionales de las que bañan el territorio nacional. Desde esta posición de vanguardia estratégicamente privilegiada, este Mando Naval contribuye de forma decisiva a la acción del Estado en la mar, mediante la protección de los intereses marítimos nacionales, el control de los espacios marítimos sobre los que España ejerce algún tipo de soberanía, las operaciones de conocimiento del entorno marítimo, las operaciones de seguridad marítima, las misiones de seguridad cooperativa con los países de África occidental y mediante la cooperación con las agencias estatales con competencias en la mar.

El Almirante Comandante del Mando Naval de Canarias (ALCANAR), actualmente el Contralmirante Manuel de la Puente Mora-Figueroa, tiene como cometido principal la preparación de las

unidades de la Fuerza de Acción Marítima basadas en Canarias.

El actual Mando Naval, heredero de las antiguas Comandancia General y Jefatura de la Zona Marítima, se encuentra integrado en la sociedad civil canaria, con la que coopera en la ejecución de todo tipo de actividades dentro del normal desarrollo de sus actividades operativas e institucionales (Ver Foto N° 3).



Foto N° 3

Además de sus cometidos operativos para cuya ejecución cuenta con dos Comandancias Navales, cinco Ayudantías Navales, una unidad de buceo y los cuatro buques más modernos de la Armada, el Mando Naval de Canarias ejerce la representación institucional de la Armada en las siete islas del archipiélago (Ver Foto N° 4).



Foto N° 4

Por otra parte, el Mando Naval cuenta con el apoyo del Arsenal Militar de Las Palmas (Ver Foto N° 5), que realiza las actividades de apoyo logístico para la Fuerza basada o de paso en Canarias y para las instalaciones de la Armada en el archipiélago.

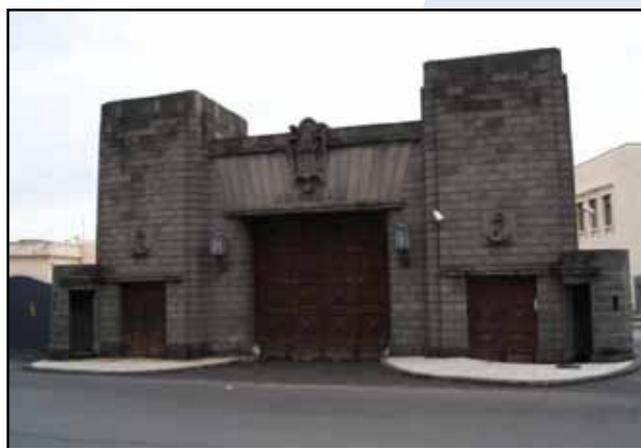


Foto N° 5

3. LOS BUQUES DE ACCIÓN MARÍTIMA CLASE “METEORO”

Según acuerdo del Consejo de Ministros de 20 de mayo de 2005, se autorizó al Ministro de Defensa a emprender las actuaciones necesarias para el inicio del programa de modernización de las Fuerzas Armadas relativa a los Buques de Acción Marítima (1ª fase con cuatro buques). Posteriormente, por acuerdo del Consejo de Ministros de 23 de junio de 2006, se autorizó al Ministerio de Defensa a adquirir compromisos de gasto y la celebración del contrato para la construcción de 4 Buques de Acción Marítima (BAM) oceánicos.

El 14 de mayo de 2008, la Ministro de Defensa, a propuesta del Estado Mayor de la Armada, asignó los siguientes nombres a los BAM en construcción: BAM P-41 – Meteoro; BAM P-42 – Rayo; BAM P-43 – Relámpago y BAM P-44 – Tornado . (Ver Foto N° 6).



Foto N° 6

Una vez finalizada su construcción y las evaluaciones operativas correspondientes, estos buques entraron en servicio, incorporándose al Mando Naval de Canarias como parte de la Fuerza de Acción Marítima, en los siguientes años: en 2012 el P-41 Meteoro, el P-42 Rayo y el P-43 Relámpago; y en 2013 el P-44 Tornado.

La posibilidad de que el diseño de la plataforma del Buque de Acción Marítima Oceánico pueda ser utilizado para satisfacer otras necesidades de la Armada, también en el ámbito de la “Acción Marítima”, ha sido un concepto cuyos orígenes se remontan a los comienzos del proceso de obtención, dadas las ventajas que ello supondría desde el punto de vista de ahorro del coste de ciclo de vida de las distintas unidades.

En base a ello, el Proyecto de Definición del BAM-Oceánico ha tenido en cuenta las particularidades de diseño propias, así como una visión de futuro sobre la aplicabilidad de esta plataforma a posibles necesidades de la Armada a medio plazo, tales como versiones no oceánicas: Hidrográfico - Oceanográfico, de Inteligencia y de Apoyo a Buceadores-Rescate de Submarinos.

Se ha puesto especial énfasis en el diseño de formas y en los sistemas de estabilización con el objeto de mejorar el comportamiento en la mar, permitiendo operaciones prolongadas sin excesiva fatiga de la tripulación.

Desde el comienzo del proyecto, se han contemplado aspectos relacionados con la seguridad del personal con el objeto de reducir, en la medida de lo posible, potenciales riesgos que pudieran surgir durante la operación del buque.

Cabe destacar su reducida dotación, 35 personas, lo que ha obligado a marcar, como uno de los objetivos más importantes, el alcanzar un alto nivel de automatización, compatible con la tecnología disponible e incorporar desde las primeras fases de diseño criterios de mantenibilidad y logísticos, que permitan la optimización de la dotación en el sentido de reducirla a niveles mínimos, compatibles con la seguridad y buen funcionamiento del buque. En esta línea, el buque cuenta con un Sistema Integrado de Control de la Plataforma y un Sistema de Mantenimiento Basado en la Condición, ambos de última generación.

El diseño y construcción se basan, principalmente, en estándares comerciales y en la extensión máxima alcanzable compatible con la seguridad y supervivencia del buque. Estos estándares se aplican, especialmente, a las características relativas a casco y propulsión, electricidad y servicios auxiliares del buque, poniendo especial énfasis en la amenaza asimétrica.

Además, el buque dispone de un alto estándar de habitabilidad y calidad de vida en la mar, especialmente en lo que afecta al personal de dotación, incorporando los medios más actuales en cuanto a confort, control medioambiental, diseño ergonómico, etc.

El buque responde a la filosofía de “Green Ship”, tratando de conseguir las más altas cotas en cuanto a impacto medioambiental y lucha contra la contaminación marina, siempre compatible con el cumplimiento de la misión.

Ante la diversidad de configuraciones posibles a adoptar en función de la misión, el diseño de la habitabilidad y sus servicios, así como los sistemas asociados responden a un carácter modular, de forma que sean fácilmente configurables y adaptables a cada situación particular.

Como conclusión, el buque de Acción Marítima Oceánico está concebido para ser una plataforma versátil en su utilización, que permite un mejor aprovechamiento de los recursos y una reducción del coste de ciclo de vida. Su reducida dotación y el alto estándar de habitabilidad marcarán un hito importante en el proceso de obtención de nuevas unidades en la Armada y, por lo tanto, en el proceso de modernización de las Fuerzas Armadas.

3.1. Historia de los BAM Clase “Meteoro”

• BAM P-41 Meteoro

El BAM “Meteoro” es el cuarto buque de la Armada con este nombre. Sus antecesores, que prestaron servicios a la armada desde 1889 hasta 1974, fueron:

- Lancha Cañonera destinada en el Apostadero de las Antillas.
- Crucero Auxiliar que tomó parte en la guerra Hispano Americana de 1898.
- Torpedero de la clase “Audaz” transformado tras modernización en Destructor antisubmarino, que formó parte de la 31ª Escuadrilla de Fragatas.

El lema del buque es “*Ad eundum quo nemo ante iit*” (“*Ir osadamente donde nadie ha llegado jamás*”) que simboliza el gran reto que afronta la reducida dotación del buque al llevar a cabo la amplitud de cometidos previstos en los diferentes perfiles de misión.

- **BAM P-42 Rayo**

El BAM “Rayo” P-42 es el quinto buque de la Armada con este nombre. Sus antecesores, que prestaron servicios a la armada desde finales del siglo XVIII hasta 1974, fueron:

- Navío de 80 cañones, posteriormente reconvertido a navío de tres puentes y 100 cañones, que participó en la batalla de Trafalgar.
- Cañonero de 1874 que prestó servicio en Cuba.
- Torpedero de finales del siglo XIX y principios del XX.
- Torpedero de la clase “Audaz” transformado tras modernización en Destructor antisubmarino, que formó parte de la 31ª Escuadrilla de Fragatas.

El lema del buque es “*Fulgura iecit et conturbavit eos*” (“Lanzó el Rayo y los derrotó”) y trata de reflejar la capacidad de derrotar al enemigo, que es una característica intrínseca a un buque de guerra.

- **BAM P-43 Relámpago**

El Relámpago es el noveno buque de la Armada con este nombre. Sus antecesores, que prestaron servicios a la armada desde 1773 hasta 1975, fueron:

- Brulote botado en 1773.
- Falucho, en servicio de 1750 a 1811, que en 1800 participó en el apresamiento de un potente corsario inglés llamado Victory.
- Bombarda de 1758.
- Corbeta de 20 cañones, construida en Bayona, que sirvió de 1827 a 1832.
- Escampavía que sirvió en la división de guardacostas de Algeciras de 1863 a 1900.
- Remolcador, en servicio de 1864 a 1890, asignado al Arsenal de La Carraca.
- Lancha cañonera construida en EEUU que sirvió en Cuba entre 1895 y 1897.
- Torpedero de la clase “Audaz”, en servicio de 1965 a 1975, transformado tras modernización en Destructor antisubmarino, que formó parte de la 31ª Escuadrilla de Fragatas.

El lema del buque es “*Relámpago fulgur semper est*” (“El Relámpago siempre está listo”) y trata de reflejar la disposición del buque y su dotación al servicio de España y de la Armada, para lo cual siempre estará listo cuándo y dónde sea requerido.

- **BAM P-44 Tornado**

El Tornado es el segundo buque de la Armada con este nombre. El primero fue una corbeta de propulsión mixta, botada en Escocia en 1862, para el bando sudista de la guerra de secesión americana. Sin embargo, nunca llegó a participar en esta guerra, ya que un traficante de armas británico la vendió a Chile para luchar contra España en la guerra del Pacífico. Es entonces, en 1866, cuando la corbeta “Tornado” fue apresada en aguas de Madeira por la fragata “Gerona” y pasó a engrosar la lista de buques de la Armada.

Ya como buque de la Armada, se encuadró en la escuadra de Topete que en 1868 contribuyó al derrocamiento de la Reina Doña Isabel II, y adquirió notoriedad mundial cuando en 1873, en La Habana, apresó al vapor estadounidense “*Virginus*”. Más tarde, en 1881, fue incluida en la Escuadra de Instrucción, comenzando así una época en la que permanece estrechamente relacionada con la enseñanza. Albergó en Cartagena la Escuela de Torpedistas y en 1898 se convirtió en hogar y escuela de huérfanos de la Armada en Barcelona. Finalizó sus días hundido en el puerto de Barcelona por aviones italianos en 1938, en las postrimerías de nuestra Guerra Civil.

El cambio de la vida operativa en la mar al empeño en la enseñanza de los marinos, es el motivo del lema actual del barco: “*Vis maris nautam secundat*” (“La fuerza de los mares para enseñar al marino”).

3.2. Perfil de misión

El Buque de Acción Marítima Oceánico está concebido para llevar a cabo misiones de carácter militar contra amenazas asimétricas o convencionales, durante las cuales podrán llevar a cabo cometidos de presencia (disuasión), de vigilancia (prevención) y acciones limitadas (neutralización).

Adicionalmente, realiza misiones de protección de los intereses marítimos nacionales y de

control de los espacios marítimos de soberanía e interés nacional, contribuyendo al conjunto de actividades de las distintas administraciones públicas con responsabilidades en el ámbito marítimo.

Por último, lleva a cabo misiones de policía marítima colaborando con las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado, y misiones de vigilancia, de salvamento y de lucha contra la contaminación marina colaborando con otros departamentos ministeriales.

El BAM oceánico cuenta con dos posibles perfiles de misión:

- **Perfil 1: Operaciones de control del mar en escenarios de baja intensidad**

Estas operaciones se podrán llevar a cabo bien en el ámbito internacional, cuando se trate de la implementación de resoluciones internacionales, o bien en el ámbito nacional en el que se podrá cooperar con las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado.

Actuando en este perfil de misión, algunos de los cometidos que será capaz de llevar a cabo son los siguientes:

- Presencia naval.
- Interdicción marítima.
- Control del tráfico marítimo.
- Protección al tráfico mercante.
- Control y neutralización de acciones de piratería (Ver Foto N° 7).



Foto N° 7

- Control y neutralización de acciones terroristas.
- Operaciones contra el narco-tráfico.
- Operaciones contra el tráfico de personas.

- Protección y apoyo de pequeñas unidades.
- Inserción y extracción de unidades de Fuerzas Especiales.
- Participación en operaciones de evacuación de no-combatientes (NEO – Non-combatant Evacuation Operation–).
- Ciertas operaciones relacionadas con situaciones de crisis tales como “Ayuda humanitaria” (Ver Foto N° 8), “Catástrofes naturales”, etc.
- Asistencia médica en la mar.



Foto N° 8

- **Perfil 2: Operaciones de vigilancia, control y cooperación**

El ámbito natural de actuación bajo este perfil será el de las aguas que se extienden más allá del mar territorial, por lo que habitualmente actuarán en la Zona Económica Exclusiva y espacios marítimos adyacentes de interés. Las operaciones de vigilancia, control y cooperación, se efectuarán normalmente en tiempo de paz y sin amenaza militar.

Algunos de los cometidos que, bajo este perfil de misión, será capaz de llevar a cabo son los siguientes:

- Presencia naval.
- Control de las actividades que se desarrollan en los espacios marítimos.
- Control del tráfico de mercancías peligrosas.
- Operaciones de rescate y salvamento marítimo.
- Coordinación en la mar de operaciones de pequeña entidad.
- Vigilancia y control de legislación medioam-

biental y anti-polución.

- Vigilancia y control de legislación de pesca.
- Colaboración al adiestramiento de otras unidades y/o Escuelas.
- Apoyo logístico y sanitario limitado a buques menores.

3.3. Ficha técnica

Características Generales

- Eslora máxima: 93,90 mts.
- Manga máxima: 14,20 mts.
- Calado a plena Carga: 4,20 mts.
- Puntal: 7,20 mts.
- Desplazamiento: 2.500 t.
- Velocidad máxima: 20,5 nudos.
- Velocidad patrulla: 10 nudos.
- Velocidad máxima sostenida: 19 nudos.
- Autonomía víveres: 35 días.
- Autonomía combustible: 3.500 millas a 15 nudos + 12 días a 6 nudos + 3.500 a 12 nudos.
- Dotación básica: 35 personas.
- Capacidad de transporte: 41 personas.
- Capacidades para operaciones NEO: 41 personas con el estándar de habitabilidad, más 12 camas habilitadas en otros compartimentos, más 6 contenedores de habitabilidad (normalmente para 12 personas).
- Helicóptero: SH-3D, AB-212, NH-90.
- Contenedores estándar de 20 pies en toldilla: 3 x 16 Tn.
- Contenedores estándar de 20 pies en cubierta de vuelo: 3 x 5,5 Tn.



Foto N° 9

Planta Propulsora / Gobierno.

- Planta Propulsora tipo CODOE (Combined Diesel Or Electric) (Ver Foto N° 10).
- Potencia total instalada: 2 x 4.500 kW. (modo diésel) + 2 x 750 kW (modo eléctrico).
- Tipo de hélice 2 CPP (Controller Pitch Propeller).
- Diámetro de las hélices 3.450 mm.
- Reductor 2 entradas – 1 salida 1.000 r.p.m. (motor diésel) y 1.200 r.p.m. (motor eléctrico).
- Propulsor transversal proa 500 kWe.

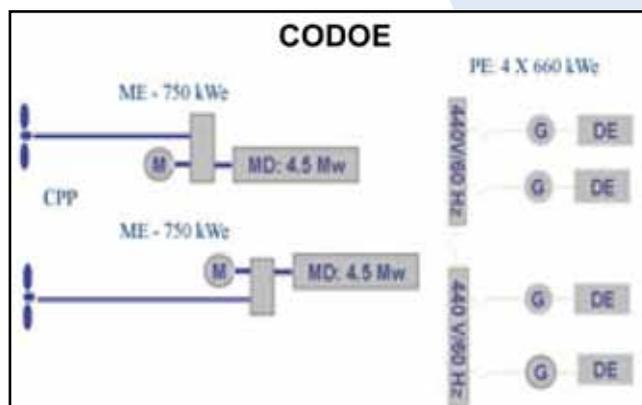


Foto N° 10

Planta Eléctrica.

- Diésel generadores principales 4 x 660 kWe aprox.
- Generador de Emergencia 260 kWe.
- Red de Fuerza 440V, 60 Hz, 3-ph.
- Alumbrado 220V, 60 Hz.
- Red de Hotel 220V, 60 Hz.



Foto N° 11

Sistemas

Sistema de Mando y Control:

- Este sistema recibe información directa de los enlaces tácticos de datos (Ver Foto N° 12).



Foto N° 12

Sistema de Combate:

- Proporciona las capacidades para recibir, procesar, integrar, almacenar, presentar y retransmitir información procedente de los sensores y equipos.
- Dispone de capacidad para el tratamiento y presentación de la información táctica, de integrar la información de las ayudas a la navegación y meteorológicas.

Sistema de Comunicaciones:

- Proporciona las capacidades necesarias para la gestión digital de las comunicaciones a bordo tanto internas como externas, incluyendo las comunicaciones por satélite, datos y voz.
- Cuenta con un sistema de tratamiento de mensajes, capacidades de transmisión de datos a alta velocidad, sistema de megafonía y equipos de emergencia.

Capacidades Operativas

- Cubierta vuelo para helicópteros AB212 o NH90 o SH3D (Ver Foto N° 13).
- Hangar para Helicóptero AB212 o NH90.



Foto N° 13

Defensa medioambiental:

- Recepción 130 m³ de vertidos.
- Barreras de contención.
- Sistema de dispersantes.

Embarcaciones:

- 2 RHIBs (Rigid Hull Inflatable Boat) (Ver Foto N° 14).



Foto N° 14

Capacidad Adicional (*)

- 3 contenedores estándar de 20 pies en toldilla (16 tn).
- 3 contenedores estándar de 20 pies en cubierta de vuelo (16 tn).

(*) Contenedores: UAV's (Unmanned Aerial Vehicle) (Ver Foto N° 15), blancos de tiro, simulador de señales, medios antipolución, apoyo a buceo, talleres, contenedores de habitabilidad, contenedores de abluciones,...



Foto N° 15

Armamento

El buque cuenta con:

- 1 cañón OTTO MELARA de 76/62 mm.
- 2 montajes automáticos 25 mm.
- 2 ametralladoras de 12,7 mm.
- 2 ametralladoras MINIMI.



Foto N° 16



Foto N° 17

El buque fue diseñado para ser operado con una dotación básica de 35 personas, de forma que con esta dotación se pudieran llevar a cabo las tareas básicas del buque, atendiendo a su seguridad de una forma adecuada. La distribución por categorías se muestra de forma resumida en el Cuadro N° 1:

Dotación

Uno de los objetivos más importantes del proyecto fue tratar de conseguir un buque que fuera operable con una dotación reducida: “reducción de dotación” y “calidad de vida a bordo” fueron dos conceptos que han marcado la definición del buque y que han estado presentes en todo el proceso de desarrollo del proyecto y construcción (Ver Fotos N° 18 y N° 19).



Foto N° 18



Foto N° 19

| Relación Dotación y Habitabilidad | | |
|-----------------------------------|-----------|------------------------------------|
| Categoría | Dotación | Núm. Camarote x capacidad camarote |
| Comandante | 1 | 1x1 |
| 2º Comandante | 1 | 1x1 |
| Oficiales | 3 | 3x1 |
| Suboficiales | 10 | 2x1 / 4x2 |
| Cabos y Marinería | 20 | 5x4 |
| Total | 35 | 7x1 / 4x2 / 5x4 |

Cuadro N° 1

Todos los camarotes de la dotación tienen aseo integrado para proporcionar la máxima flexibilidad posible en el alojamiento de personal femenino a bordo.

Personal de Transporte

Además de la dotación básica, el buque dispone de capacidad de acomodación permanente para un total de 41 personas con un estándar de habitabilidad igual al de la dotación. La configuración de este personal de transporte dependerá de la misión específica del buque asignada en cada momento.

Equipo y Habitabilidad

- Incorporación de criterios de Calidad de Vida en la Mar (CAVIMAR).
- Estándar de habitabilidad superior a lo recomendado por normativa OTAN.
- Salas de estar, biblioteca / Sala de Internet y gimnasio.
- Cocina centralizada, dando servicio a través de tres mesas calientes a los diversos comedores.
- Lavanderías independientes según rango.

- Amplios espacios médicos: consulta, hospitalización, Equipo Médico Soporte Vital Avanzado (EMSVA), telemedicina, etc.
- Las zonas a bordo se dividen en:
 - Zona de descanso: cabinas, dormitorios, camarotes, camareras y sollados.
 - Zona de servicio de comidas: comedores, repostorías, cámaras, cocina, auto-servicios, local lavaplatos y pañoles de bebidas.
 - Zona de recreo y relax: cámaras, salas de estar, sala de estudio, sala de internet, biblioteca y gimnasio.
 - Espacios sanitarios.
 - Pasillos.

Aspectos tecnológicos

El Programa del Buque de Acción Marítima (BAM) Oceánico conlleva una serie de Innovaciones Tecnológicas que permiten clasificarlo como “buque tecnológicamente avanzado”, con un alto grado de nacionalización que contribuye a la potenciación de la industria nacional, incrementando la competitividad internacional y expandiendo su mercado en el ámbito mundial, al responder a uno de los tipos de buque más demandado hoy en día por los distintos países.

El nuevo sistema de combate SCOMBA (Ver Foto N° 20), o el Sistema Integrado de Control de Plataforma (SICP), son dos muestras de desarrollos nacionales que permiten un amplio control sobre las capacidades del buque. Estos sistemas, así como un amplio número de sistemas hidráulicos, permiten reducir el número de personas que operan el buque.

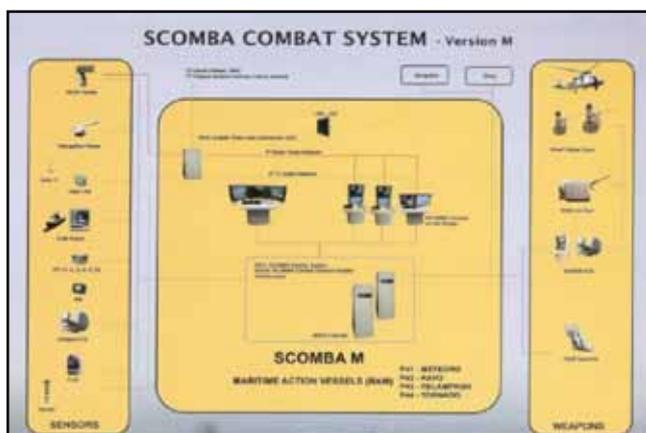


Foto N° 20

Además, gracias a su diseño modular, el buque puede adoptar diferentes configuraciones según los requerimientos de la misión encomendada, en algunos casos, mediante el embarque de contenedores cuyos sistemas se pueden integrar en el SICP (Ver Foto N° 21).



Foto N° 21

En lo que a propulsión se refiere, el buque está equipado con una planta combinada diésel-eléctrica y dos ejes. Sus dos motores diésel le permiten desarrollar una velocidad máxima sostenida de 21 nudos, mientras que la propulsión eléctrica le proporciona una gran autonomía superior a las 9.000 millas.

Otros aspectos a destacar son:

- Alto grado de flexibilidad y polivalencia de la plataforma.
- Optimización de resistencia al avance y comportamiento en la mar.
- Posibilidad de aplicación de la plataforma en otras variantes no-Oceánicas.
- Obtención de Cota de Clase.
- Embarque de sistemas en contenedores.
- Alto nivel de control y automatización compatible con dotación reducida.
- Implementación de un sistema de Mantenimiento Basado en la Condición de última generación.
- Planta propulsora Combinada Diésel y Eléctrica (CODOE).
- Utilización de hélices CLT (Contracted Loaded Tip) para reducir consumos, mejorar nivel de ruidos y aumentar la velocidad.
- Sistema de Mando y Control de última generación.

- Diseño orientado a facilitar el mantenimiento.
- Alto nivel de habitabilidad.
- Buque ecológico y funciones de lucha anticontaminación.
- Alto nivel de seguridad en la operación.

3.4. El proyecto

El día 31 de julio se firmó el contrato entre la ARMADA y NAVANTIA para la Construcción de la primera serie de cuatro Buques en la unidad productiva de San Fernando/Puerto Real (Cádiz).

Con este hito comenzó la fase de Construcción que concluyó con la entrega de las cuatro unidades según el siguiente calendario:

- BAM Meteoro (P-41): octubre 2010.
- BAM Rayo (P-42): marzo 2011.
- BAM Relámpago (P-43): septiembre 2011.
- BAM Tornado (P-44): noviembre 2011.

El programa partía con un alcance industrial que se estimaba en 2,150 millones de horas de trabajo en mano de obra directa y más 0,980 millones de horas en mano de obra subcontratada e inducida, lo que suponía una carga de trabajo de 3,130 millones de horas para la industria nacional, de las cuales 270.000 horas se iban a dedicar al desarrollo de ingeniería. Es de destacar, además, que un buen número de contratistas nacionales se beneficiarían de una gran cantidad de pedidos y contratos relacionados con la construcción.

El programa de construcción se ajustó al siguiente esquema ((Ver Figura N° 1):

Como hitos importantes a destacar del Programa se encuentran los siguientes:

- En el mes de junio de 2007 se celebró la Revisión Preliminar de Diseño del buque.
- En el mes de noviembre de 2007 se celebró la Revisión Crítica de Diseño del buque.
- El día 13 de marzo de 2009, en las instalaciones de Navantia en San Fernando (Cádiz), se efectuó el acto de “Puesta de Quilla” del primer Buque de Acción Marítima P-41 “Meteoro”.
- El día 03 de septiembre de 2009, en las instalaciones de Navantia en Puerto Real (Cádiz), se efectuó el acto de “Puesta de Quilla” del segundo Buque de Acción Marítima P-42 “Rayo”.
- El día 16 de Octubre de 2009, en las instalaciones de Navantia en San Fernando (Cádiz), se efectuó el acto de “Botadura” del primer Buque de Acción Marítima P-41 “Meteoro”.



Foto N° 22

- El día 17 de diciembre de 2009, en las instalaciones de Navantia en San Fernando (Cádiz), se efectuó el acto de “Puesta de Quilla” del ter-

BUQUES DE ACCIÓN MARÍTIMA - Hitos de Construcción

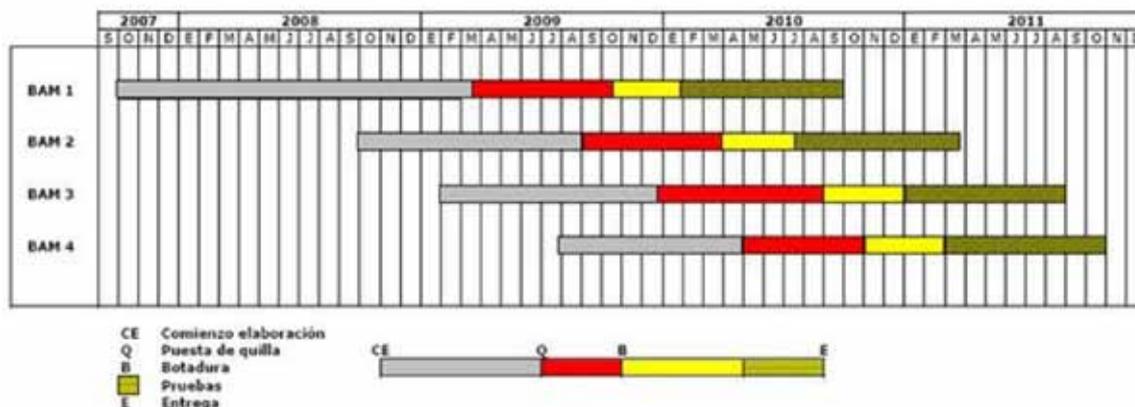


Figura N° 1

cer Buque de Acción Marítima P-43 “Relámpago”.

- El día 05 de mayo de 2010, en las instalaciones de Navantia en San Fernando (Cádiz), se efectuó el acto de “Puesta de Quilla” del tercer Buque de Acción Marítima P-44 “Tornado”.
- El día 18 de mayo de 2010, en las instalaciones de Navantia en Puerto Real (Cádiz), se efectuó el acto de “Botadura” del segundo Buque de Acción Marítima P-42 “Rayo”.
- El día 6 de octubre de 2010, en las instalaciones de Navantia en San Fernando (Cádiz), se efectuó el acto de “Botadura” del tercer Buque de Acción Marítima P-43 “Relámpago”.
- El día 21 de marzo de 2011, en las instalaciones de Navantia en San Fernando (Cádiz), se efectuó el acto de “Botadura” del cuarto Buque de Acción Marítima P-44 “Tornado”.

3.5. Operaciones y ejercicios

Tal y como su nombre indica, estos buques realizan misiones de acción marítima, es decir, llevan a cabo la acción del estado en la mar, principalmente en misiones de seguridad marítima.

Como parte de la preparación necesaria para el desempeño de sus cometidos, estos buques se alistan constantemente. Este alistamiento se basa en dos elementos fundamentales: el adiestramiento de la dotación y el mantenimiento de los equipos y sistemas de a bordo. Al objeto de valorar y certificar que se alcanza el grado de alistamiento necesario para la desarrollo de sus funciones y, especialmente, para participar en operaciones de baja intensidad, realizan la correspondiente “calificación operativa” que consiste en una evaluación donde se comprueba el estado de todas sus capacidades.

Como parte del adiestramiento necesario, los BAM participan en el ejercicio anual de Seguridad Marítima denominado MARSEC (Maritime Security, por sus siglas en inglés), colaboran con otras unidades navales nacionales y extranjeras, colaboran con el escuadrón SAR del Ejército del Aire para el desarrollo de sus capacidades aeronavales y participan en ejercicios multinacionales (Ver Foto N° 23).

Estos buques, debido a sus capacidades, participan en operaciones de distinta índole. Así, los BAM participan en la Operación Atalanta (Ver



Foto N° 23

Foto N° 24) de la Unión Europea de lucha contra la piratería en aguas de Somalia; en operaciones de Vigilancia y Seguridad Marítima tanto en aguas canarias como peninsulares; colaboran en operaciones de las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado; contribuyen a la Vigilancia y Control del Tráfico Marítimo; realizan presencia naval en diferentes puertos nacionales y en los países de África con intereses para España; y colaboran con los países del África occidental para apoyar el adiestramiento de sus fuerzas navales y contribuir a la Seguridad Marítima en sus áreas de responsabilidad.



Foto N° 24



Foto N° 25

Caldera de Biomasa en el Hotel Cordial Mogán Playa



Gerardo García Machín

Jefe de Mantenimiento
Hotel Cordial Mogán Playa



1. INTRODUCCIÓN

No podría comenzar este artículo sin dejar de mencionar a las personas y empresas que nos han apoyado de una forma directa o indirectamente en la idea que consistía en implantar la Caldera de Biomasa en la calefacción del Hotel Cordial Mogán Playa.

Debo decir que siempre conté con el apoyo de mi propio equipo de servicios técnicos, con el apoyo del Director del Hotel, el Sr. Alberto Pernalet, que fue el primero de la Dirección que creyó en la viabilidad de esta propuesta; del Sr. Villalobos Mestre, Consejero Delegado; del Sr. Villalobos, Director General en Cordial Canarias; así como del Ingeniero Sr. Arturo Lang-Lenton, junto al equipo técnico de INCANAE, liderado por el conocido y prestigioso experto en eficiencia energética, Sr. Elías Casañas; a su colega Sr. José Carlos Martín; y a la empresa que ejecutó la obra, INJAR. Entre todos fueron capaces de llevar a cabo lo que al principio solo parecía una idea descabellada, convirtiéndola en una enorme realidad, en un proyecto que transcurrido el tiempo, se ha podido demostrar que fue una idea

acertada y que ha tenido un magnífico resultado, pues ha supuesto ahorros importantes. Muchas gracias a todos los que creyeron en este proyecto de la caldera de biomasa.

Esta historia comenzó allá por el año 2009, cuando unos técnicos de una empresa de servicios energéticos (ESE) nos propusieron instalar una caldera de biomasa en el Hotel Cordial para ahorrar energía, cuando aún sabíamos muy poco de este combustible. En aquel momento pregunté a estos técnicos dónde podía encontrar una caldera de biomasa instalada para verla, pues como es lógico, a nadie le gusta ser conejillo de indias o de laboratorio. Me comentaron que aún no disponían de ninguna Caldera de Biomasa instalada que pudiéramos ver en funcionamiento, por lo que debíamos esperar al menos al mes de julio de 2011, concretamente a la que estaría instalada en el Lago Taurito, y que sería su primera caldera de este tipo en Gran Canaria.

Esta empresa nos hacía una propuesta interesante. Nos ofrecía una rebaja del 20% sobre el precio de facturación del gas propano, por lo que nos facturarían solo la venta de energía a través de un contador de energía térmica y, a los diez años, podríamos optar a quedarnos con la caldera. Mientras, el mantenimiento de la caldera correría a cargo de esta ESE (empresa de servicios energéticos). En general, era una oferta, a priori, que parecía muy interesante. Pero fue ahí donde me planteé entonces ¿por qué no asumir nosotros, mi empresa, el coste y la inversión total de esta implantación y beneficiarnos así del ahorro total que esta nueva energía nos produciría? Es cierto que la posibilidad de utilizar una empresa de servicios energéticos es una apuesta menos arriesgada y muy cómoda. Pero si puedes

hacerlo o dispones de liquidez, ¿por qué no ver el retorno de la inversión en tu cuenta de resultados lo antes posible? Sobre todo, si lo puedes hacer en tan solo dos años ¿para qué esperar diez años para ver el retorno total? Así que finalmente optamos por asumir el proyecto de la caldera de biomasa con capital de Cordial Canarias

Fue a raíz de la asistencia a una feria de climatización en el año 2011, cuando pude comprobar el auge y la importancia que estaba adquiriendo la biomasa en España. Sin embargo, en Canarias, la biomasa era una tremenda desconocida, de la que muy pocos sabían y apenas hablaban. Si te proponían un proyecto, siempre lo veías con cierta incredulidad, sobre todo, cuando te facilitaban los datos de ahorro de la biomasa frente al gas propano.

2. LA BIOMASA COMO ENERGÍA LÍMPIA

Realmente, con la biomasa, no estamos haciendo nada nuevo. Desde principios de la historia de la humanidad la biomasa ha sido una fuente de energía esencial para el hombre. Utilizamos el mismo combustible que utilizaban nuestros padres y abuelos, "la madera" y la quemamos, a diferencia de ellos, con una mejor y más moderna tecnología, con mejor aprovechamiento y sin humos, pues no necesariamente madera es igual a humo, y en esta ocasión no lo es.

El pélet, la astilla de madera, residuos agroindustriales (como el hueso de aceituna triturado, cáscara de frutos secos...), leña o briquetas se utilizan desde hace más de 50 años en Europa y más de 10 años en España y, sin embargo, en Canarias es casi desconocida.

La biomasa tiene carácter de energía renovable ya que su contenido energético procede, en última instancia, de la energía solar fijada por los vegetales en el proceso fotosintético. Esta energía se libera al romper los enlaces de los compuestos orgánicos en el proceso de combustión, dando como productos finales, dióxido de carbono y agua.

Las instalaciones abastecidas con biomasa en sus diferentes formas son respetuosas con el medio ambiente al presentar una emisión reducida de contaminantes a la atmósfera y no contribuir al efecto invernadero por tener un balance neutro de CO₂ (dado que el CO₂ emitido en la com-

combustión es igual a la cantidad fijada durante su crecimiento). Esta última característica ayuda a cumplir los acuerdos sobre el cambio climático.

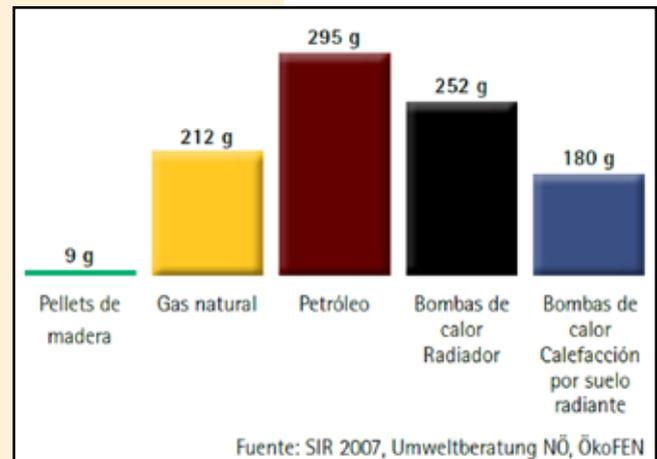


Gráfico N° 1:
Emisiones CO₂ en gramos Kw/h (incluidas todas las cadenas previas)

Por este motivo, los productos procedentes de la biomasa que se utilizan para fines energéticos se denominan biocombustibles, pudiendo ser, según su estado físico, biocombustibles sólidos, en referencia a los que son utilizados básicamente para fines térmicos y eléctricos, y líquidos como sinónimo de los biocarburantes para automoción.

En la actualidad, otra razón para el auge de la biomasa es el menor precio comparativo con otros combustibles y su mayor estabilidad, al no depender de las fluctuaciones exteriores; aunque el coste de inversión inicial de los equipos es normalmente superior al de los equipos que utilizan combustibles convencionales.

Además, se debe recordar que el uso de la biomasa genera empleo, pues ayuda a repoblar nuestros bosques, a cuidarlos, a mantenerlos limpios, evitando que sean consumidos por el fuego.



Gráfico N° 2: Uso mundial de la biomasa.
Fuente: www.energias-renovables.com

Si comparamos la producción de biomasa a nivel mundial con otros tipos de energía, vemos que ésta la supera de forma espectacular.

Centrándonos ya en Europa, Francia, seguida de Suecia y Finlandia, son los principales países productores de energía primaria a partir de la biomasa.

2.1. BIOCOMBUSTIBLES SÓLIDOS. EL PÉLET

Las formas más generalizadas de utilización de este tipo de combustibles son el pélet, la astilla de madera, residuos agroindustriales (como el hueso de aceituna triturado, cáscara de frutos secos...), leña o briquetas.

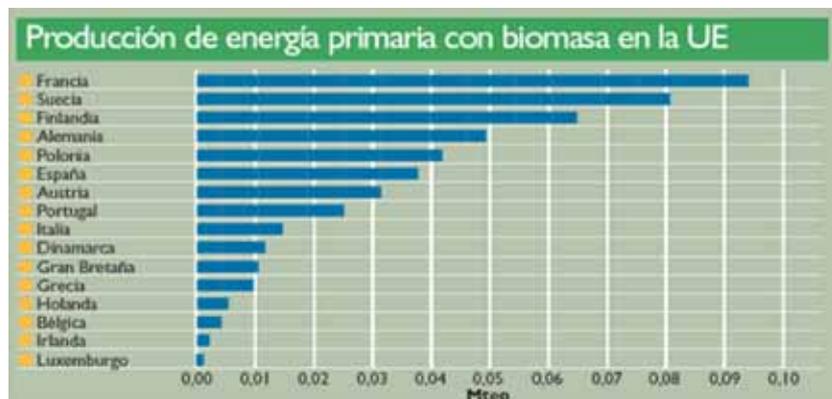


Gráfico N° 3: Producción de energía primaria con biomasa en la UE. Fuente: www.energias-renovables.com



Foto N° 2: Los pellets de madera protegen nuestro clima.

En España, y en consonancia con el auge de esta energía renovable, se incrementa el número de distribuidores de biomasa-biocombustibles de manera considerable (Ver Tabla N° 1).

| PRINCIPALES DISTRIBUIDORES DE BIOMASA EN ESPAÑA | | |
|---|--------------------------|--------------------------|
| Biomarquesado S.L | Ecofogo | Maderas García Varona |
| Biomasa Forestal | Ecoforest | Mágina Energía |
| Biomasa Market | Ecowarm | Moneleg Renovables |
| Biomasa Térmica | Emisioncero | Multiservicios Ávila S.L |
| Biomasa Herrero | Enerbio | Naturfoc |
| Biomasol | Energía Natural | Neobiosur |
| Bioterna | Ensolev | Orientación Sur |
| Bioterna | Eosolar | Pellets de Asturias |
| Blusterpellet | Ep-Enerxia | Pellicam |
| BurgosPellets | Ep-Enerxia (Amatex) | Pellet Maderas Cepa |
| Burpellet | Era Ingeniería | Recicladós Lucena SL |
| Calor-eco | Erta | Recuperaciones Ortiz |
| Calorpel | Factorpellet | Satis E. Renovables |
| Cimasa | Garzon Energy | Solopellet |
| CleanForest | Geotercal | Tuberplas S.A. |
| Dispellet | Grupo Saraitsa | Vendo-Pellets |
| Ebepellet | Iberpellet | |
| Eco-Calor | Lignus Pellet de Galicia | |

Tabla N° 1: Principales distribuidores de biomasa en España.

De todos ellos, el consumo de pellets en Europa se está incrementando rápidamente. La producción aumenta año tras año, con la instalación de nuevas plantas, cuya inversión en equipamiento está siendo subsidiada por los gobiernos de la Comunidad Europea.

Los pellets se conforman como pequeños cilindros procedentes de la compactación de serrines y virutas molturadas y secas, provenientes de serrerías, de otras industrias, o se producen a partir de astillas y otras biomasa de diversos orígenes, como los agropellets. En el proceso de fabricación no se utilizan productos químicos sino simplemente presión y vapor, siendo la propia lignina de la madera la que actúa de aglomerante; aunque es posible encontrar también un porcentaje reducido de aditivos biológicos.

En el proceso de pelletización se efectúa un trabajo de compresión en el producto de forma continua, reduciendo el volumen de la materia prima de 3 a 5 veces. En el proceso se comprime la materia y se transforma en un pellet sólido de 6 a 8 mm de diámetro y unos 20 mm de longitud a una temperatura de unos 80 °C. Este proceso les da una apariencia brillante como si estuviesen barnizados.

Es aconsejable exigir al suministrador de pellets que indique explícitamente el origen y tipo de biomasa del que están compuestos para evitar

malentendidos con otros tipos de pélets no aptos para las calderas de biomasa. Así mismo, se recomienda sobre todo el uso de pélets de madera natural.

En general, un buen pélet de madera presenta menos de un 10% de humedad y una durabilidad mecánica mayor del 97,5%.

Considerando una calidad de pélet media, con un poder calorífico cercano a los 4.300 kcal/kg, puede establecerse que de 2 a 2,2 kg de pélet equivalen energéticamente a un litro de gasóleo y a un metro cúbico de gas natural.



Gráfico N° 4: Índice precios pélets a granel.

Una de las características a considerar de los pélets es su posible degradación para ciertos porcentajes de humedad, por lo que siempre deben estar almacenados en recintos impermeabilizados, tanto en los puntos de suministro como en los almacenamientos de las instalaciones donde se vaya a utilizar.

A modo de resumen, resumimos las ventajas de la utilización de pélets en la Tabla N° 2.

Una de las consideraciones importantes para decidirse por la instalación de la biomasa de un tipo u otro es el aseguramiento del suministro del

biocombustible. Debe asegurarse el suministro a medio-largo plazo, con una calidad de la biomasa alta y constante. En este sentido, conviene clarificar los siguientes aspectos en referencia al suministro de pélets en Canarias:

- Los pélets llegan a Canarias en barco, pues a diferencia de la Península, no existe otro medio.
- Recordar que todas las demás energías que llegan a Canarias (gas propano, gas natural, gasoil, etc.) también debe ser transportadas en barco, por lo que también les afecta el incremento del precio del petróleo.

| Ventajas de la utilización de pélets | |
|--|--|
| Elevado poder calorífico. | |
| Muy bajo contenido en cenizas, reduciendo las necesidades de operación y mantenimiento. | |
| Las calderas de pélets son de muy alta eficiencia, incluso existen calderas de condensación de pélets. | |
| Se comercian a nivel internacional, con una composición constante. | |
| Se utilizan con composiciones estándar en Europa. | |
| El precio es más estable, no dependiendo de cotización internacional como el gas o el petróleo. | |
| Facilidad de automatización, pues al ser un material granulado se comporta como un líquido, permitiendo a las estufas y calderas la capacidad de regulación automática, siendo la propia máquina la que añade material según demanda de energía. | |
| Reducción de espacio, ya que al tener el material un tamaño reducido, la estufa o caldera también reduce su tamaño. | |
| Seguridad: El almacenaje no presenta riesgo de explosión, no es volátil ni provoca olores, fugas o vertidos. Los pélets no son tóxicos, ni ellos ni las cenizas resultantes de la combustión, que incluso se pueden utilizar como fertilizante. | |
| Beneficios ambientales. | |

Tabla N° 2: Ventajas de la utilización de pélets.

- Pueden ser transportados a granel directamente a la instalación, en camiones de baranda alta, remolques de piso móvil, en camiones cisternas, etc. El sistema de camiones cisternas permite realizar la descarga en silos ya montados, por ejemplo, en los subsuelos de los edificios, permitiendo la entrega al menor precio de mercado.
- También existe la posibilidad de almacenar el pélet en naves, en cualquiera de nuestros polígonos industriales, aunque no es estrictamente necesario. Esta posibilidad abarataría el coste aún más, incluso se podría comercializar a otras empresas.

Requisitos de la Calidad de la Biomasa (ENplus®)

- La auditoría consta de dos partes diferenciadas.
- Una toma de muestras en planta y envío a un laboratorio acreditado por EPC para su análisis según la norma EN 14961-2. En función de los resultados se clasificará en A1, A2 o B.
- El resultado es un informe verificando que los requerimientos de ENplus® se cumplen, y AVEBIOM (Asociación Española de Valorización Energética de la Biomasa) concederá la marca con un número de registro único e inequívoco para cada empresa.
- Anualmente las empresas productoras certificadas deberán pasar una auditoría documental realizada por una entidad auditora registrada en el EPC y un análisis físico-químico en un laboratorio independiente registrado en el EPC. Además, desde el 1 de abril de 2013, se realizarán 2 inspecciones sorpresa cada año.
- Las empresas comercializadoras certificadas deberán igualmente pasar una auditoría anual realizada por una entidad auditora registrada en el EPC. A partir del 1 de abril de 2013, esta auditoría pasará a realizarse una vez cada 3 años.
- En vigor desde el 1 de abril de 2013.

Ver, en la Tabla N° 3, los tipos de madera permitidos para utilizarse en la producción de pélets de madera.

3. PROCESO PREVIO A LA TOMA DE DECISIÓN

A primeros de julio del año 2011, el Consejero Delegado de Cordial Canarias me preguntó qué

podíamos hacer para disminuir los costes energéticos, pues a pesar de haber reducido nuestros consumos de gas propano en la medida en la que se instalaron economizadores de agua en los grifos de lavabos y duchas de los baños de las habitaciones, el precio del gas propano continuaba aumentando en el mercado en aproximadamente un 15% anual (Ver Gráfico N° 5), algo que hacía prohibitivo el gas propano para muchas empresas del sector de la hostelería.

Sin embargo, pudimos comprobar que la instalación de perlizadores, aireadores o economizadores, como también son conocidos, fue de vital importancia para reducir nuestros consumos de agua en el hotel. Se había producido un importante ahorro de agua caliente, agua que ya no era necesario calentar, ni tampoco era necesario elevar a las habitaciones, por lo que no solo se produjo un ahorro en el consumo de gas propano, sino que también se ahorró en energía eléctrica, pues el consumo de agua había disminuido drásticamente.

Por cierto, deseo aprovechar la ocasión para invitar desde aquí a todos los directores y responsables de mantenimiento de instalaciones, para que crean, sin ningún tipo de reservas, en estos economizadores, pues inicialmente habíamos reducido el consumo en nuestros grifos de 16 l/min (que es lo que consumo original de un grifo Roca), a reducirlo a tan solo 6-7 l/min.

Hoy en día, aún hemos podido reducir más el consumo de nuestros grifos y hemos logrado llegar a mínimos de apenas 2 l/min, lo que está muy bien, sobre todo, porque el cliente no ha perdido confort. Esto era inimaginable hace unos años,

| ENplus-A1 | | ENplus-A2 | | EN-B | |
|-----------|--|-----------|----------------------------|-------|--|
| 1.1.3 | Madera del fuste | 1.1.1 | Árboles enteros sin raíces | 1.1 | Forestal, plantaciones y otras maderas no usadas ni tratadas |
| 1.2.1 | Residuos de la industria de la Madera no tratados químicamente | 1.1.3 | Madera del fuste | 1.2.1 | Residuos y sub-productos de la industria de la Madera no tratados químicamente |
| | | 1.1.4 | Residuos de tala | | |
| | | 1.1.6 | Corteza | 1.3.1 | Madera reciclada no tratada químicamente ^{b)} |
| 1.2.1 | Residuos y sub-productos de la industria de la Madera no tratados químicamente | | | | |

a) La madera de demolición está excluida. La madera de demolición es madera reciclada proveniente de demolición de edificios u otras obras civiles.

Tabla N° 3: Tipos de madera permitidos para utilizarse en la producción de pélets de madera.



pero la tecnología de los perlizadores ha avanzado enormemente en este aspecto y nos ha permitido ahorrar mucha más agua y, por lo tanto, ahorrar mucha energía.

Como hemos podido comprobar en los gráficos anteriores (Ver Gráficos N° 6 y N° 7), parece

inexplicable que, a medida que más ocupación se ha ido produciendo en el hotel, el consumo de gas propano ha ido disminuyendo con los años.

Eso solo es posible a base de políticas exhaustivas de ahorro de agua y optimizando la energía, para que así nos puedan acompañar los resultados.

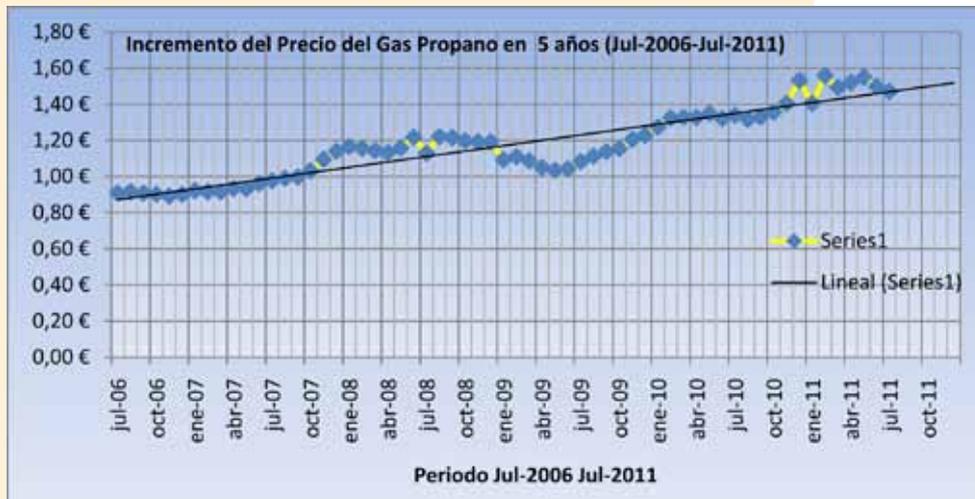


Gráfico N° 5: Incremento del precio del Gas Propano en periodo Julio 2006–Julio 2011

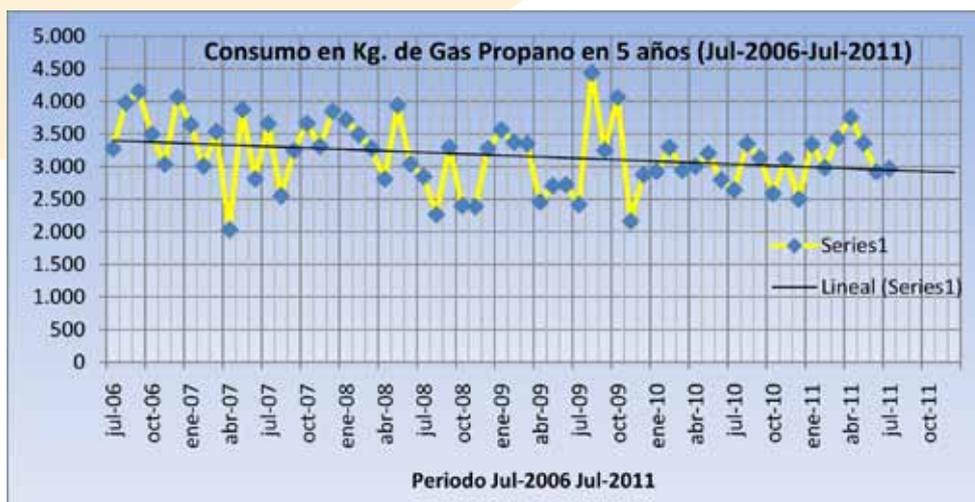


Gráfico N° 6: Consumo en Kg. de Gas Propano en el periodo Julio 2006 – Julio 2011

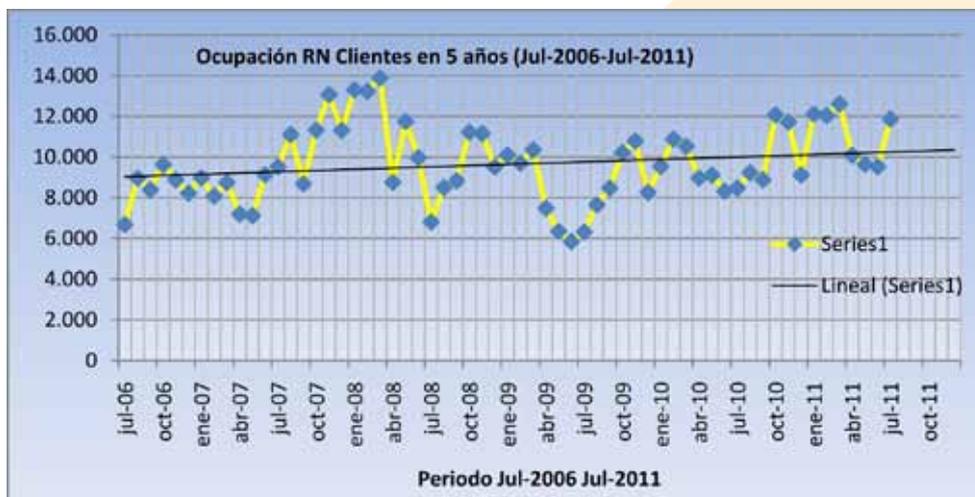


Gráfico N° 7: Ocupación RN Clientes en el periodo Julio 2006 – Julio 2011

4. INSTALACIÓN DE LA CALDERA DE BIOMASA Y FINANCIACIÓN

- La instalación está compuesta por 1 Caldera HERZ Biomatic 400.
- La obra se ejecutó en un plazo de 3 meses, con un presupuesto de ejecución de 150.000€ financiado por la propia empresa y subvencionado por el programa BIOMCASA del IDAE con una aportación de 45.000€.
- El proyecto técnico y la dirección de obra fue realizada por el Gabinete Técnico del Ingeniero Sr. Elías Casañas.
- Los coordinadores por parte de Cordial Canarias, fueron los Sres. Arturo Lang-Lenton y Gerardo García.
- La instalación térmica fue ejecutada por la empresa instaladora INJAR.
- La Caldera HERZ suministrada por Termosun, S.L, asociada de AVEBIOM (www.termosun.com).
- La nueva caldera fue insertada en el programa de instalaciones térmicas por el proveedor de Servicios de Control Inteligente SERCONINT.
- El ensamblaje e instalación de la Caldera HERZ se llevó a cabo por el propio personal de mantenimiento del Hotel Cordial Mogán Playa, ayudado por un técnico de Termosun.

Hay que destacar este último punto, ya que la instalación realizada por el propio personal de mantenimiento es una decisión importante y acertada, tanto por criterios económicos como por el mantenimiento posterior de la misma.







5. EXPERIENCIA Y RESULTADOS OBTENIDOS

Anteriormente a la biomasa, calentábamos unos 35.000 litros de agua caliente sanitaria (ACS). Para ello nos apoyábamos en dos calderas de gas propano de la firma Viessmann de 285 kW/c.ud., con un consumo medio mensual aproximado de gas propano de 9.000 kg., también apoyadas mediante recuperación de calor procedente de recuperadora de calor Roca York.

En la actualidad, el Hotel Cordial Mogán Playa dispone de una única Caldera de Biomasa (Poli-combustibles, pélets-astillas) de la firma HERZ de 400 kW de potencia para calefactar el agua de sus instalaciones, tanto el agua caliente sanitaria (ACS) con 35 m³/día para sus 487 habitaciones, una lavandería, cuatro cocinas a una temperatura media de 60 °C y también calienta una piscina de 755 m³, otra piscina de 689 m³, la piscina infantil de 22 m³ y la piscina del Spa de unos 100 m³; lo que suma un volumen de agua de aproximadamente unos 1.525 m³ o lo que es lo mismo, unos 1.301 m² de lámina de agua a una temperatura media de 27 °C.

Es curioso comprobar cómo antes podíamos calentar mediante una caldera de gas propano los 35.000 litros del agua caliente sanitaria (ACS)

con un coste aproximado de unos 400 €/día, sin embargo ahora, con la caldera de biomasa calentamos aproximadamente 1.000.000 de litros de agua por tan solo 100 €/día. Frente a esto, que aún existan hoteles que utilizan el gas propano para calefacción, resulta cuando menos sorprendente. De ahí que nos hayan pedido comentar nuestra experiencia, para generar confianza, pues la biomasa no es nueva y merece la pena comprobarlo.

Una vez transcurrido el tiempo, ya podemos hablar de resultados de la biomasa en el Hotel Cordial Mogán Playa. Empresas valientes del sector hotelero como Cordial Canarias, que invirtieron en el año 2012 en este novedoso combustible, comienzan a recoger sus extraordinarios resultados.

Como ha transcurrido el tiempo y ya podemos hablar de resultados, en los siguientes gráficos (Ver Gráfico N° 8, N° 9 y N° 10) mostramos la energía producida por la caldera de biomasa durante estos dos años de funcionamiento, tomados a partir de nuestro contador de energía térmica.

Hay que decir que Cordial Canarias hizo aún un mayor esfuerzo, pues decidió extender este proyecto tecnológico de sustitución de sus cal-

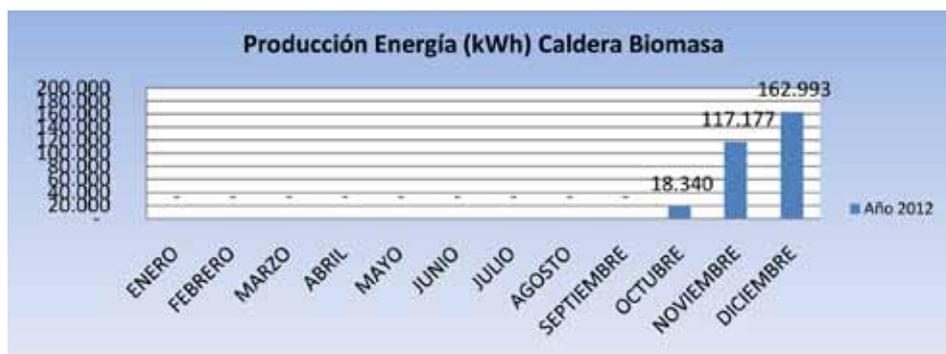


Gráfico N° 8: Producción Energía (kWh) Caldera Biomasa. Año 2012

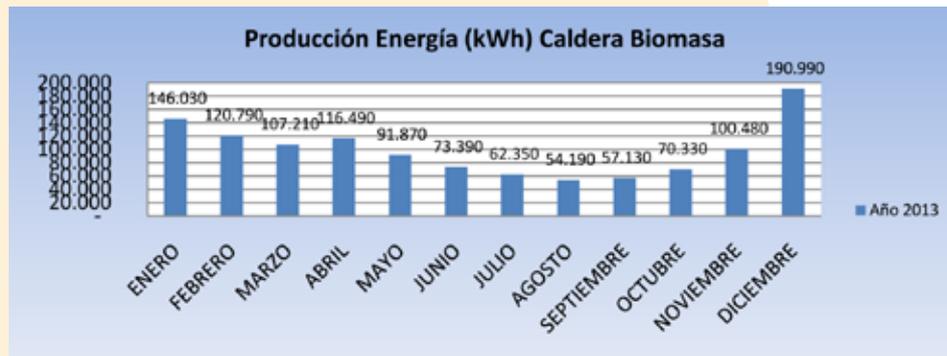


Gráfico N° 9: Producción Energía (kWh) Caldera Biomasa. Año 2013



Gráfico N° 10: Producción Energía (kWh) Caldera Biomasa. Año 2014

deras de gas propano por calderas de Biomasa y extendió esta novedosa tecnología a sus otros complejos situados en la isla de Gran Canaria, en concreto a los Apartamentos Cordial Mogán Valle, que cuenta con 303 habitaciones y al complejo de Bungalows Cordial Biarritz, que consta de 76 Bungalows, con los mismos, si no mejores resultados que los obtenidos en el Hotel Cordial Mogán Playa.

En los Gráficos N° 11, N° 12 y N° 13 se muestra el consumo de biomasa (pélets) durante estos dos años de funcionamiento.

Parece que la tendencia general en cuanto a los combustibles en Canarias no es otra, que la misma que se sigue a nivel mundial: evitar la dependencia de los combustibles fósiles y apostar por las energías renovables, entre las que se encuentran la biomasa, la energía solar, la energía eólica, geotérmica, mareomotriz, etc. existiendo así otras alternativas al gas natural. A medio y corto plazo, parece más complicado que podamos ver a esta última por Canarias, pues acumulamos ya un enorme retraso (más de 10 años) aunque no la descartamos.

Estas calderas de biomasa, una vez las has visto funcionar y las has estudiado detenidamente, te das cuenta de que es una magnífica

solución energética, pues de lo contrario dejas de ser competitivo en el mercado actual. Si los demás cambian, al menos debes de estar atento al cambio para ver qué hace la competencia. Ahora todas las grandes cadenas hoteleras están tratando de reducir sus costes, y para ello, están invirtiendo grandes cantidades de dinero en innovación, tratando de buscar nuevas energías que les permitan ser competitivos en el mercado. La inmovilidad y quedarse a “verlas venir” puede ser perjudicial para un negocio tan cambiante como es el de la hostelería, donde un conflicto bélico, una epidemia o la nube de un volcán, te puede arruinar el negocio en cualquier momento.

Otras cadenas hoteleras también se han animado al uso de la biomasa en Canarias: Robinson Club en Jandía-Fuerteventura; Gloria Palace, SeaSide, Santana Cazorla (Paradise) Lago Taurito, Dream Place, Dunas y otras cadenas ya utilizan la biomasa también en sus instalaciones, sustituyendo sus calderas de gas propano por calderas de biomasa.

Debo decir que también he visto algunas calderas que deberían precintarse por las barbaridades que se cometen. La biomasa es fantástica, pero todos debemos de hacer las cosas bien, desde el cálculo, al implantación y el mantenimiento. Estos debates sobre si la biomasa es beneficio-

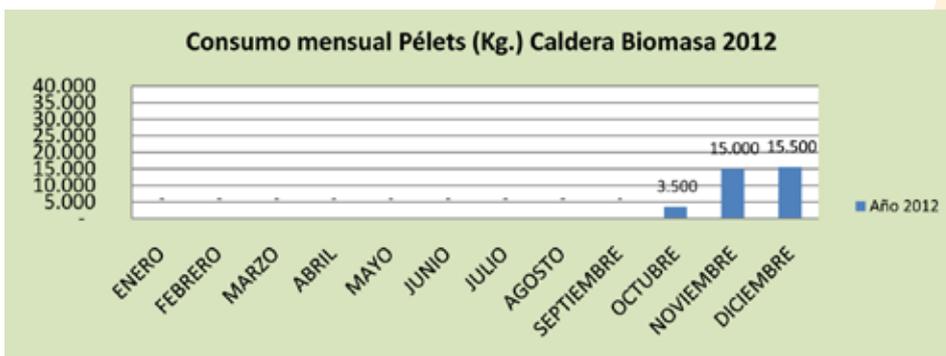


Gráfico N° 11: Consumo mensual Pélets (Kg.) Caldera Biomasa. Año 2012

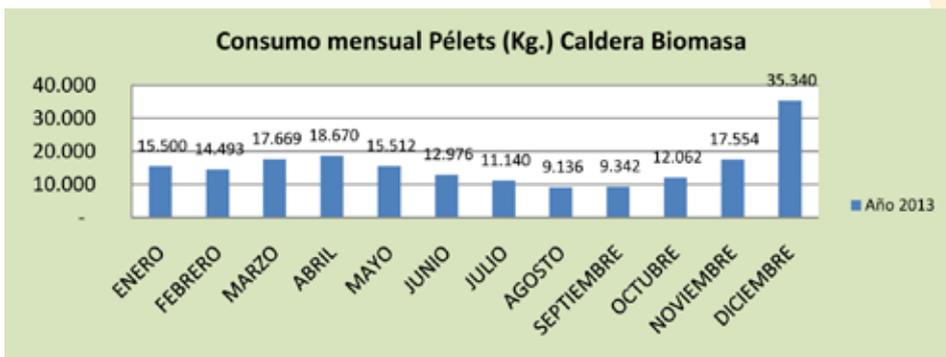


Gráfico N° 12: Consumo mensual Pélets (Kg.) Caldera Biomasa. Año 2013

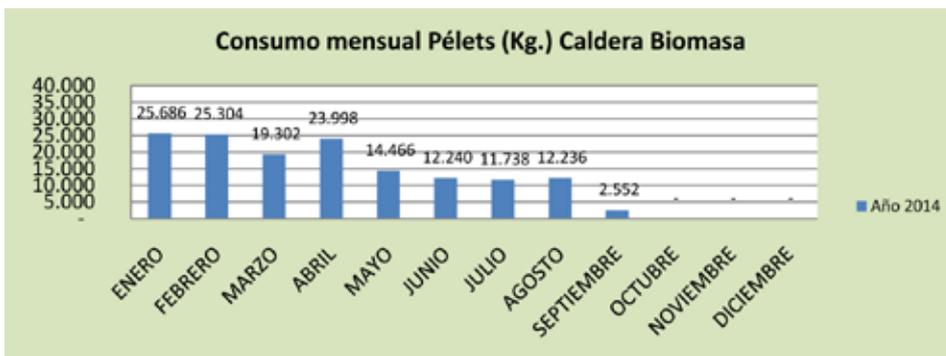


Gráfico N° 13: Consumo mensual Pélets (Kg.) Caldera Biomasa. Año 2014

sa o tiene algún problema, en Noruega o Suecia, hace siglos que ya no se producen y nadie lo discute. En España, el uso de la biomasa es mucho más reciente y, por lo tanto, es muy probable que continuemos durante un largo espacio de tiempo con este debate; todo esto solo sirve para que entre todos contribuyamos a mejorar la calidad de las instalaciones de biomasa, que es lo que realmente nos preocupa y debemos hacer, aportando calidad a nuestras instalaciones. Solo así funcionarán correctamente y serán rentables.

Hoy día, casi todas las marcas de calderas han adaptado su tecnología para quemar biomasa, ya sea por pélets, astillas de madera, hueso de aceituna, etc. VIESSMANN, una marca líder alemana, ya ofrece desde hace tiempo calderas de pélets, lo que significa que algo se avan-

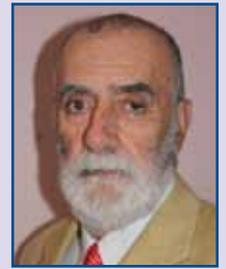
zando en este tema.

Las marcas de calderas que solo diseñaban mecheros para quemar gas o gasoil, han cambiado repentinamente sus diseños a mecheros que permitan quemar poli-combustibles, adaptándose al mercado; o sea, que también sirven para quemar varios combustibles a la vez, entre ellos biomasa, y esto ya es bastante significativo.

Queda claro que la tendencia general pasa, entre otras cuestiones, por utilizar la energía basada en biomasa, no solo por un tema medioambiental (que también es importante), sino por necesidad, pues ya no se puede pagar el precio que ha alcanzado el gas propano en Canarias y, salvo que disminuyan los precios, parece difícil la marcha atrás.

Molinos de Ingenio:

Entre el Olvido y el Abandono



Rafael Sánchez Valerón

Cronista Oficial de Ingenio

*Donde andan los molinos que molieron nuestro sustento
(Canción, Blas Sánchez)*

1. A MODO DE INTRODUCCIÓN

La existencia a lo largo de cinco siglos de historia de más de una veintena de molinos harineros y otros tantos para extracción de agua de pozos en todo el territorio ingeniense, a los que se añaden tres modernos aerogeneradores, nos da pie para elaborar este trabajo que no pretende ser un compendio técnico o científico¹ sino meramente descriptivo de una actividad industrial, necesariamente ligada a la agricultura, sobre la cual ha pivotado el desarrollo del municipio (Ingenio - Gran Canaria) y a dos elementos de la naturaleza (agua y viento) que en esta comarca han sido fundamentales como generadores de la fuerza motriz necesaria para la industria molinar. En la actualidad no existe ningún molino en actividad (excluyendo los aerogeneradores), tan solo unos pocos conservan sus elementos y la gran mayoría se encuentran en alto grado de deterioro, o bien, desaparecidos al ser absorbidos por el desarrollo urbano. El abandono de las labores agrícolas tradicionales con la casi desaparición del cultivo de millo “del país” y el cambio en los hábitos alimenticios - apenas se consume gofio - donde la harina de trigo nos viene de fuera, han hecho desaparecer estos ingenios industriales que antaño contribuyeron al desarrollo del municipio y el embellecimiento de su paisaje.

2. EL MILLO Y EL TRIGO, MATERIAS PRIMAS ESENCIALES PARA LA INDUSTRIA HARINERA EN UNA ECONOMÍA DE AUTOCONSUMO

2.1. Del millo al gofio

En una sociedad agraria, marcada por un sistema casi feudal de propiedad, con el agua y la tierra en manos de unas pocas familias e instituciones religiosas, con muchas parcelas en régimen de medianería o arrendamiento, históricamente se desarrolla en Ingenio una economía de autoconsumo, donde el cultivo principal es el “millo” en las tierras de regadío y el trigo y la cebada en las de secano, que, al tiempo que sirve como alimento al ganado como plantas forrajeras, constituyen la principal materia prima de la industria molinar.

Una vez introducido en Canarias desde América, el millo se va a convertir en el principal cultivo para la obtención del gofio; y en menor medida, papas, hortalizas y frutales en los regadíos, mientras que en las medianías, el cultivo preponderante era el de cereales (trigo, cebada y centeno), y legumbres.

El cultivo del millo era extremadamente laborioso. Se empezaba con una primera arada sobre la cosecha anterior y una segunda con surcos de

poca profundidad, rectificados con la azada para proceder posteriormente a regar por el sistema de inundación en lo que se llama “resfriar” la tierra. Pasados unos días, cuando la tierra tenía un relativo grado de humedad (sazón), se procedía a un nuevo asurcado con la yunta, esta vez más grueso, dividiendo la tierra en “canteros” y estos, a su vez, en “contras” de varios surcos; a continuación se “alistaba” la tierra empleando la azada que consistía en la recomposición de la asurcada mediante cava, estableciendo “madres”, contras, canteros y tornas de entrada. Luego se procedía a la plantación utilizando la “palilla” para la horadación de la tierra y la introducción del grano (dos o tres semillas) procedente de la faltriquera del labrador, a la vez que se sacaba la palilla para que quedara suficientemente sepultado. Entre plantón y plantón a unos 20 cm. de distancia se solía plantar judías. También se podía plantar el millo con la técnica “al dedo” sin tener que “resfriar” la tierra, asurcándose primero y una vez plantado el millo proceder a regarlo; esta técnica, menos laboriosa, se empleaba poco, puesto que la “sazón” duraba menos tiempo. Las regadas eran coincidentes con las dulas del Heredamiento, establecida cada 17 días. Cuando empezaban a proliferar las hierbas se “raspaban” los surcos para su extinción. Al poco tiempo de germinar, cuando tenía unos decímetros de altura se procedía al “aclarado” consistente en dejar uno o dos tallos, eliminando los más débiles y procurando no dañar las raíces de los que quedaban al arrancarlos. Pasado un tiempo cuando la planta empezaba a “empiñar” se le quitaba la espiga para evitar su crecimiento; más tarde, una vez la piña madura se eliminaba el “cojollo”, o sea, la parte superior de la planta después de la piña y más tarde la hoja que la cubría. La espiga, el “cojollo” y la hoja servían como forraje para los animales. Si había alguna planta que no se desarrollaba suficientemente y la piña era muy pequeña (reúsco) se eliminaba completa y servía de alimento a los cochinos.

Ya las piñas completamente curadas se procedía al “despiñado”, introduciéndolas en cestas de palma y amontonadas en un lugar, o bien depositadas en un serón que el burro transportaba hasta el lugar del “deshoje”. El resto de la planta se segaba dejando un “palote” aproximadamente de unos 20 cm. que se queda en la tierra y servía de abono a las sucesivas cosechas. El deshojado era todo un ritual donde participaba la mayor parte de la familia y consistía en quitar las “camisas”

que envolvían las piñas y los granos afectados por las plagas, eliminando la punta del “carozo”. Eran momentos de aprovechar algunas piñas semicuradas para desgranarlas y tostar al fuego el exquisito “cochafisco”. Durante unos días, extendidas las piñas sobre el suelo, se secaban para luego ser transportadas a los graneros, situados en la parte superior de las casas. A las de mayor tamaño se las solía dejar atadas por parejas con parte de las “camisas” y colgadas para su secado. Se destinaban luego para la semilla de la cosecha siguiente. En el mismo granero se procedía a desgranar las piñas, empleando un carozo para evitar las dolorosas “gallinas”. El millo, una vez cernido y separadas las impurezas, se introducía en sacos y de allí al tostador; normalmente cada familia de labradores disponía de uno, pero en algunos casos se tostaba en habitáculos anexos a los molinos, dando el punto de cocción en función de gustos a la hora de consumir el gofio. Una vez tostado, el millo era llevado al molino que cada labrador elegía de todos los que existían a lo largo y ancho de la geografía ingeniense, según costumbre o gustos. Después de molido y habiéndose cobrado la correspondiente “maquila” por parte del molinero, el oloroso gofio era llevado a las casas para su consumo o venta. El millo “del país”, molido crudo, se empleaba para elaborar el “frangollo”, si bien, en general para este propósito la mayoría de las familias disponía de las dos tradicionales “piedras” de movimiento manual. En lo que se refiere a la molienda del millo crudo “de fuera”, se empleaba para alimento de ganado y recibía el nombre de “rollón”.

De la importancia de este cultivo siglos atrás, es altamente demostrativo que era una de las principales fuentes de ingresos del tributo eclesiástico de los diezmos, quedando establecido en los tres principales “cuarteles” de recaudación que existían en Ingenio para este fin: “Candelaria”, “Aguatona” y “Carrizal” para la primera y segunda cosecha de millo.

Las pocas cosechas de “millo del país”, que de forma casi testimonial se producen en la actualidad, son llevadas a otras localidades para su molienda.

2.2. Del trigo al pan

Frente al cultivo del millo en los regadíos de tierras de altitud media, el trigo es eminentemente de secano en medianías y cumbres. Cada año

por los meses de septiembre a diciembre (en función de las lluvias) se llevaba a cabo la siembra; para ello, los labradores con la yunta y los distintos aperos se trasladaban desde sus labranzas a los distintos predios esparcidos en lo que se llamó la Vega Castaña y Cumbre, para proceder a la arada y siembra, alternándose el cereal con las legumbres. Con la semilla de la cosecha anterior se procedía al sembrado. Llegados al mes de marzo, cuando ya la planta había madurado, se procedía a “escardar”, labor que consiste en quitar las hierbas. A finales de mayo y principios de junio, se recogía la cosecha que era trasladada en burros hasta las distintas eras donde se amontonaba hasta la llegada del verano, en el que aprovechando los días en calma se trillaba, aventaba y cernía. La paja era guardada para el consumo del ganado y el trigo depositado en sacos se destinaba, una parte para la siembra del año siguiente y otra a la venta; y en el menor de los casos, al molino para la obtención de harina ya que el pan era un alimento restringido para la mayoría de la población. La calidad del pan “de puño” de Ingenio es suficientemente reconocida. Una vez cernido, el afrecho se empleaba como alimento para vacas y cochinos. Los productos de repostería y platos con harina era un lujo al alcance de muy pocos.

2.3. La cebada, “gofio de los pobres”

La cebada llevaba el mismo proceso de labor que el trigo, si bien, gran parte de la cosecha era consumida verde por la cabaña ganadera, dedicando en algunos casos una pequeña cantidad para obtener gofio de los molinos después de su tueste. En los tiempos de escasez se consumía,

pero tenía un sabor un tanto desagradable a lo que se añadía la incomodidad de su ingesta al pegarse al paladar.

2.4. Salados y algarrobas: de cómo “matar el hambre”

En la época de gran escasez (década de 1940) en la que apenas llegaba millo de “fuera”, se recurrió al gofio de algarrobas o de semilla del “salado”, cosco o barrilla, cuya planta, en otros tiempos, se utilizó para la elaboración de sosa. La semilla del salado era tan dura que los molineros se negaban a su molienda por el excesivo desgaste que producía en las piedras; y solo era aceptada por algunos, entre ellos el molino de la “Cuesta” y el de “Ceferinito”.

3. MOLINOS HIDRÁULICOS

Todos los molinos hidráulicos que encontramos en el municipio de Ingenio eran movidos por la fuerza motriz de las aguas de los barrancos de Guayadeque y Obispo, canalizadas y administradas por los Heredamientos: Acequia Real de Aguatona de Ingenio, Principal y Mina, y Majoreras del Carrizal. Sus maquinarias y salas de molienda en general son de la misma tipología y solo se diferencian por la entrada del agua, mediante canal (acequia en pendiente) o depósito de almacenamiento (truncocónico y cilíndrico)². La utilización de las aguas se debía al permiso concedido por dichos Heredamientos para este fin, sin cobro alguno, tan solo el mantenimiento y conservación de los canales de entrada y salida que, no obstante, llegaron a provocar disputas, así como por el llenado de los cubos.

| RELACIÓN DE MOLINOS DE INGENIO | | | |
|--|-----------------|-----------------------|----------------------------------|
| FUERZA MOTRIZ | | CANTIDAD | ACTIVIDAD |
| Hidráulicos | Esteos | 1 | Trituración de la caña de azúcar |
| | Cubo | 10 | Harinero |
| | Canal | 2 | Harinero |
| Viento | Madera (Romero) | 7 | Harinero |
| | Americano | 3 | Harinero |
| | Americano | Sobre 20 (estimativo) | Elevación de agua de pozos |
| | Aerogeneradores | 3 | Producción de electricidad |
| Fuego (combustión) | | 4 | Harinero |
| Eléctricos | | 1 | Harinero |
| NOTA: Tres unidades de producción emplearon en distintas épocas fuerza motriz diferente: viento y fuego (dos) y agua y viento (uno). | | | |

Cuadro N° 1: Relación de Molinos de Ingenio.

| RELACION DE MOLINOS HIDRÁULICOS | | | | |
|-----------------------------------|---|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| NOMBRE | SITUACIÓN | TIPO | DATACIÓN | ESTADO |
| Juan Álvarez (Antoñico Bordón) | Casco antiguo (Ingenio) | Cubo (truncocónico invertido) | Principios del siglo XVI | Restaurado ^{(*)a} |
| Perera o Cáido | Guayadeque (Hoya del Molino) | Cubo (truncocónico invertido) | Mitad del siglo XVI | Ruinas ^{(*)b} |
| Viejo (Arriba) | Guayadeque (Haciendas Carrizal) | Cubo (truncocónico normal) | Siglo XVII (¿) | Ruinas ^{(*)c} |
| La Rueda | Ingenio (casco antiguo) | Cubo (truncocónico invertido) | Segunda mitad del siglo XVIII | Conservado ^{(*)d} |
| Andrés Díaz | Ingenio (casco antiguo) | Cubo (cilíndrico) | 1799 | Restaurado en parte ^{(*)e} |
| La Cuesta | Guayadeque (Cuesta o Cueva de Palomas) | Cubo (truncocónico invertido) | 1806 | Desmantelado ^{(*)f} |
| Ceferinito | Ingenio (casco antiguo) | Canal | 1873 | Desmantelado ^{(*)g} |
| Enmedio | Guayadeque (Haciendas, Carrizal) | Cubo (truncocónico invertido) | Principios siglo XIX | Ruinas ^{(*)h} |
| Abajo | Guayadeque (Haciendas, Carrizal) | Cubo (truncocónico invertido) | Mitad siglo XIX | Ruinas ^{(*)i} |
| La Canal | Carrizal | Canal | (¿) | Desmantelado ^{(*)j} |
| D. Pedro Valerón (Ejido) | Ejido (Carrizal) | Cubo | Último tercio siglo XIX | Desaparecido ^{(*)k} |
| D. José Ramírez | Olivares (Carrizal) | Cubo | Década de 1870 | Desaparecido ^{(*)l} |

(*a) Propiedad del Ayuntamiento de Ingenio, conserva la casa de molienda y parte de sus elementos. Funciona el rodezno como atractivo turístico.

(*b) Solo se conserva el cubo, trozos de paredes de la casa de molienda y aliviadero (en lamentable estado).

(*c) Existe un trozo de canal deteriorado que lo une con la acequia general y el cubo en el que las avenidas del barranco han provocado un agujero en su base y está a punto de desplomarse. Es urgente una reparación. La casa de molienda ha desaparecido.

(*d) Sobre este molino construyó José López Mayor una casa de dos plantas en 1878, quedando el cubo y casa de molienda en su interior. Propiedad en la actualidad del Ayuntamiento de Ingenio, se encuentra en fase de restauración desde hace muchos años.

(*e) Propiedad del Ayuntamiento de Ingenio ha sido restaurado recientemente, conservando íntegramente el cubo, aliviadero y casa de molienda; la maquinaria se encuentra fragmentada y acumulada en una sala. Este molino fue primeramente de canal, para transformarse a partir de 1906 en cubo. La original forma cilíndrica del cubo se debe a la imposición de uno de los participes del Heredamiento Acequia Real de Aguatona, al no estar de acuerdo con la construcción en la forma tradicional de tronco de cono, por las pérdidas de agua que provocaría al heredamiento su llenado. Se le dio el ancho de una vara, necesario para que un hombre pudiera descender hasta el fondo.

(*f) En total estado de abandono desde hace unos años. Ha desaparecido la maquinaria y la estructura del edificio está deteriorada.

(*g) Conserva el edificio, aliviadero y canal, formando parte de una vivienda.

(*h) Conserva el cubo y algunas paredes.

(*i) Conserva el cubo y algunas paredes.

(*j) Se conserva la casa de molienda deteriorada.

(*k) Situado en el lado norte de la calle del Ejido del Carrizal (hoy, Pedro Valerón Machado), debió construirse en el último tercio del siglo XIX por Agustín Juárez Urquía, casado con Rafaela Rodríguez Juárez, que, en su testamento holográfico otorgado en 1899 hace constar que es dueña de la "mitad de un molino harinero que han construido durante su matrimonio en propiedad que la otorgante posee en este pago del Carrizal", legando dicha parte a su hija María de la Concepción Juárez Rodríguez³. En 1898, Agustín Juárez Urquía pagaba de contribución industrial una cuota de 6,50 pesetas anuales; el pago de dicha cuota (de las más bajas) sigue constando a su nombre en 1903 y 1904⁴. En Mayo de 1905, María de la Concepción (dueña al 50%), casada con Melquiades Pérez Rodríguez, adquiere mediante compra a su padre la "mitad de un molino movido por el agua", con una superficie de 80 metros cuadrados, lindando por el poniente con acequia que conducía el agua al molino, por el naciente con acequia de varios regantes donde se conectaba el agua del aliviadero, por el norte, tierras y solares de su propiedad y al sur con la calle del Ejido; también adquiere parte de una casa en la misma calle⁵, con lo que este matrimonio se adjudica la totalidad del molino. En Abril de 1906, aprovechando la demolición del antiguo templo de Nuestra Señora de Candelaria de Ingenio, Melquiades Pérez, adquiere por compra a la Junta del Templo "unos trozos de palos de tea que necesita para el molino"⁶, amillarando sus bienes, entre los que se encuentra el molino, en 1914⁷. En los últimos tiempos fue conocido como de "Pedro Valerón" y molinero "Pepito Góez".

(*l) Situado en la hondonada de "las Cañadas", en el paraje de "Olivares" del Carrizal, este molino en un principio se movía por la fuerza de la aguas del heredamiento de las Majoreras con un cubo de 3.75 m. de altura y debió ser construido en la mitad de la década de 1870 por José Viera González, ya que en una venta que éste hace a Carmen Alemán Morales en 1876, especifica que en la parte norte de la finca vendida "se halla un molino harinero que ha construido recientemente el exponente"⁸. En 1879 se saca a pública subasta por impago de una deuda de su dueño "un molino harinero que muele con el agua del heredamiento de las Majoreras", tasada la mampostería y carpintería en 1076 pesetas⁹. Posteriormente fue adquirido por el potentado carrizalero José Ramírez Martel, pasando luego a su hijo José Ramírez Rodríguez que constaba como su dueño en 1897 y los primeros años del siglo XX (existe constancia documental de la contribución industrial a su nombre en 1904 y 1916). De éste pasó a su hijo Maximiano Ramírez Morales¹⁰ y después de su fallecimiento figuraba como titular su viuda Pilar Bethencourt del Río¹¹. Durante mucho tiempo estuvo aparejado a otro aéreo de tipo americano.

Cuadro N° 2: Relación de Molinos Hidráulicos. Fuente de la datación: Protocolos notariales.

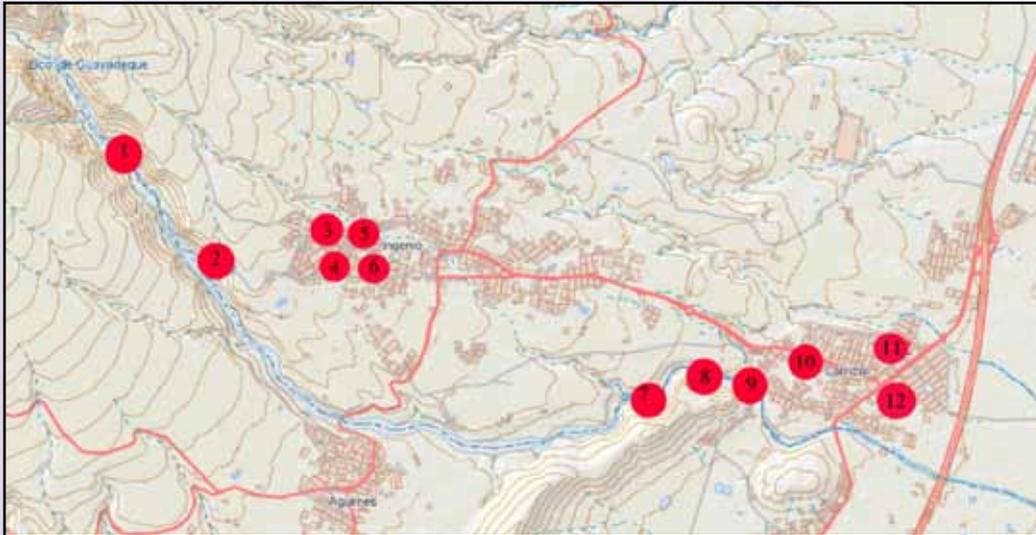


Figura N° 1: Distribución de los molinos hidráulicos: 1: Perera. 2: La Cuesta. 3: Andrés Díaz. 4: La Rueda. 5: Ceferinito. 6: Antoñico Bordón. 7: Arriba. 8: Enmedio. 9: Abajo. 10: La Canal. 11: D. José Ramírez. 12: Ejido.

3.1. El molino del Ingenio azucarero

Capítulo aparte merece el estudio de este molino que formó parte del complejo del Ingenio azucarero, vigente a lo largo de gran parte del siglo XVI y que dio origen al nombre, primero, del lugar donde se desarrolla la trama urbana en torno a esta industria, y posteriormente a la jurisdicción municipal. Se movía gracias a la fuerza motriz generada por el agua canalizada procedente de Guayadeque y administrada por el Heredamiento “Acequia Real de la Vega Aguatona”, merced a la concesión de un “herido”. Es en esta “Vega de Aguatona” (zona de riego entre los barrancos de Guayadeque y Aguatona) y en el Carrizal donde se desarrolla el cultivo de la “caña de azúcar”, que suministraba materia prima al “ingenio”, para transformarse en azúcar y derivados y donde se localiza este molino situado al lado derecho del “barranquillo del Ingenio” junto a las casas de calderas y prensas en el paraje que se llamó “La Banda”; mientras que las casas de purgar y refinar, casas de aposento y la “torre” estaban en el lado izquierdo. Fue construido este Ingenio por el madeirense Antonio Sardinha¹² posiblemente a principios del siglo XVI, siendo propiedad del comerciante portugués Alonso de Matos sobre 1518 que lo regentó durante años, y posteriores sucesivos dueños hasta su desaparición a finales del siglo XVI a causa de la crisis azucarera.

Varios protocolos de la época nos indican fielmente la existencia tanto del molino para moler la caña de azúcar como el de “pan moler” formando parte del complejo industrial¹³.

Documento 1 (1524)

“...Ingenio para moler caña de azúcar en la Vega de Aguatona, con su **rueda, ejes, prensa, cobre, formas, fornos, tinglados, casas de purgar, de aposento, de calderas, mieles y demás...**”

Documento 2 (1525)

“...Un ingenio de moler caña de azúcar en la Vega de Aguatona con la **rueda, ejes, prensas, canales, esteos, herido, cobres, casas de molienda, casas de purgar, de aposentamiento, de espumas, molino de pan moler** y del majuelo, y parras que están junto al ingenio; la mitad de un albercón, **donde se recoge el agua para la molienda del ingenio...**”

Documento 3 (1525)

“...Ingenio de moler cañas de azúcar en la Vega de Aguatona con la **rueda, ejes, prensa, canales, esteos, herido, cobres que son los siguientes: cuatro calderas grandes, dos perolas, tres calderos, estañadas de templar, dos palas, dos espumaderas, dos batidoras, dos reminolas, dos cubas y una caldera y otro cobre menudo y las herramientas, casas de molienda y casa de calderas, casas de purgar, cubiertas y por cubrir con sus andamios y el tanque de remieles con los signos y tinajas, casas de aposentamiento, con las casas de purgar con sus andamios y tinglados, casa de espumas y mitad de otra casa encima de ella, molino de pan, majuelo y parras que están junto a dicho ingenio...**”

Cuadro N° 3:

Protocolos sobre existencia del ingenio azucarero.



Figura N° 2: Perímetro del casco antiguo de Ingenio donde se encontraba el molino del ingenio azucarero y el de “pan moler”.

4. MOLINOS DE VIENTO

Los molinos de viento transforman la energía cinética del viento en energía mecánica, constituyendo estos molinos un modelo de arquitectura popular. Durante gran parte del siglo XX, su estampa embellecía el paisaje de Ingenio, sobresaliendo de las pequeñas casas terreras. Dedicados, en un alto porcentaje, a la molienda del millo tostado para la elaboración del gofio, rollón (trituración del millo crudo), molturación de la cebada tostada o “gofio de los pobres” y harina de trigo.

4.1. El sistema Romero

Después de los primitivos molinos de viento harineros del tipo “torre” introducidos desde Castilla en los siglos XVI y XVII (molino de Antigua en Fuerteventura), nos encontramos en la segunda mitad del si-

glo XIX en la Palma con los llamados “Ortega”, tomando como modelo los existentes en los países de la Europa septentrional como innovación a los del tipo “torre”. Isidoro Ortega Sánchez y luego su hijo Isidoro Ortega construyeron gran número en La Palma y posteriormente en la Gomera, Tenerife y Fuerteventura. A finales del siglo XIX y principios del XX aparece el denominado “La Molina” en Fuerteventura y Lanzarote, ejemplo actual es el de Teguise como variación a los del “sistema Ortega”. A finales del siglo XIX y principios del XX aparece en Gran Canaria un nuevo molino de viento denominado “sistema Romero” ideado por los carpinteros de Gáldar, Manuel Romero Caballero (1861-1921) e hijos y que tuvieron gran difusión en la isla, siendo una variante del sistema Ortega; su edificio, morfología y dimensiones tienen naturaleza variable, siendo el elemento diferenciador con los anteriores una gran cola de madera que se ancla en la torre de celosía de madera y que permite la orientación automática del rotor de aspas hacia los vientos dominantes¹⁴. Se han podido contabilizar: ocho en la Aldea (seis en el Valle y dos en Tasarte), uno en Gáldar, tres en Mogán, uno en Las Palmas de Gran Canaria y dos en Agüimes. De los nueve molinos harineros de viento existentes en el municipio de Ingenio, siete eran de la tipología “Romero”.

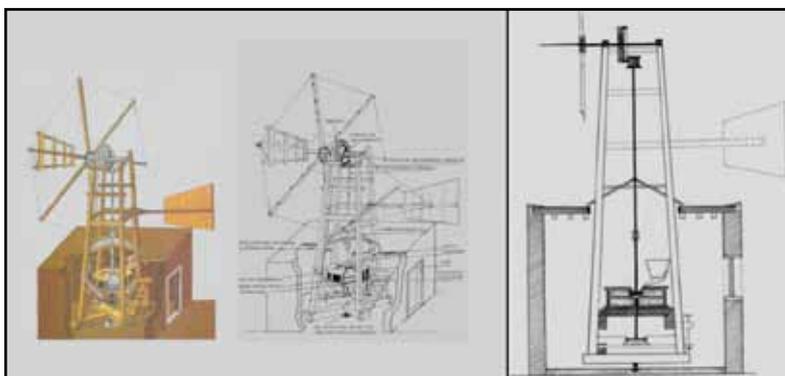


Figura N° 3: Corte esquemático de un molino del sistema Romero (Ilustración: Francisco Suárez Moreno).

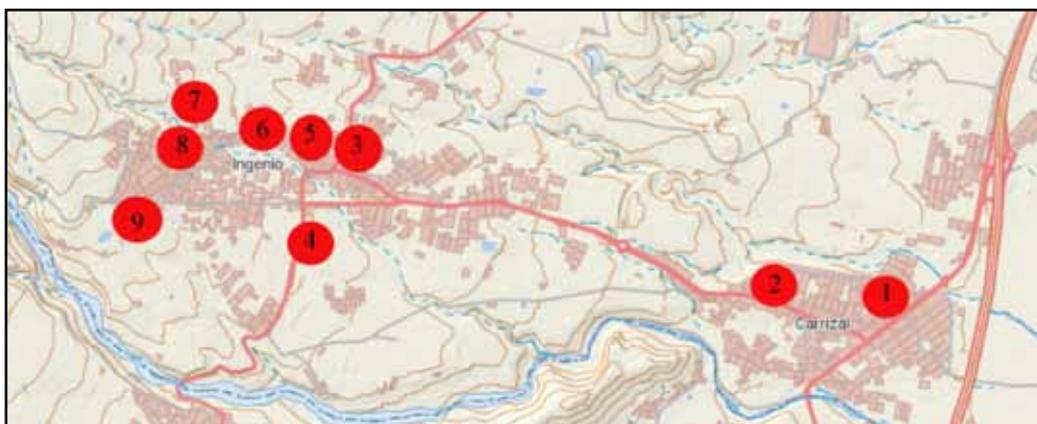


Figura N° 4: Localización de molinos de viento harineros en el municipio de Ingenio. 1: José Ramírez. 2: Peña. 3: Lázaro. 4: Felipito Domínguez. 5: Daniel. 6: Bartolito. 7: Juan García. 8: Panchito Díaz. 9: Juanito Ríos.

Este tipo de molinos disponía de un original diseño, que le permitía rotar automáticamente toda su estructura sobre un pivote o eje de rotación anclado al suelo, gracias a su innovadora cola, en función de la dirección del viento, siendo ejemplo de la ingeniería molinar canaria.

El conjunto se componía de una sala de molienda cuadrada con paredes de unos cinco metros de lado y tres metros de altura. La maquinaria de un solo cuerpo ocupaba el centro de la sala. Disponía de seis aspas y sobre la corona de transmisión actuaba a modo de zapata una pieza de frenado; encargándose la cola, situada a un metro de la azotea, de orientar las aspas en dirección al viento¹⁵. A pesar de tener una pieza de frenado, y como medida de precaución ante la fuerza de los vientos reinantes en la zona, el molinero amarraba al finalizar la faena, cada tarde, el extremo de uno de los ejes al cuerpo del molino. Al tiempo quitaba, una a una, las partes de madera ancladas al eje, para, al día siguiente, volver a colocarlas en un número que determinaba la intensidad del viento.

4.2. Molinos de viento harineros. Sistema Romero

Molino de Lázaro

Situado en el barrio de los Vélez en un extremo de la trama urbana de Ingenio, en la actual calle Familia Espino, junto al primitivo camino Telde-Agüimes (calle Pascual Richart). Debe su nombre a Lázaro Martín Betancor que lo regentó durante mucho tiempo. Junto a su esposa e hijos, vivía a pocos metros del molino. En la última etapa fue su hijo José Martín, conocido popularmente por "Pepe el de Lázaro", quien lo explotó hasta su desaparición. La estructura de madera fue desmantelada a finales de la década de 1950 y se convirtió en molino de "fuego". Una vez cesó en su actividad industrial, el edificio estuvo en pie unos años hasta la década de 1960, en cuyo solar se construyó una casa.

Molino de Daniel

Estaba situado en el barrio de La Pastrana. Es el único del que se tienen datos de su construcción en virtud de la solicitud efectuada por Daniel Artilles Guedes a la que se da lectura en la sesión plenaria del Ayuntamiento de Ingenio de 20 de Julio de 1947¹⁶: "Escrito que presenta Don Daniel Artilles solicitando autorización para construir un local para molino de viento en La Pastrana. Se acuerda anunciarlo al público".

Debió ser el último de "madera" en construirse teniendo en cuenta lo avanzado del siglo y la decadencia en que iban a entrar este tipo de molinos una década después. Absorbido por la trama urbana, en el lugar donde estuvo ubicado se construyeron casas.

Molino de Bartolito

Ubicado en el paraje del Sidro en el extremo norte de la trama urbana de Ingenio, a pocos metros del camino que desde "el Cuarto" conducía a Aguatona, hoy calle Poeta Juan Nuez. Era su dueño, y a la misma vez molinero hasta su desaparición, Bartolomé Rodríguez Domínguez, conocido por "Bartolito", del que toma el nombre el molino. Desde la década de 1960 en que fue desmantelado, se conservó las cuatro paredes de la casa de molienda en estado de abandono, hasta hace unos años en cuyo solar se construyó una vivienda.

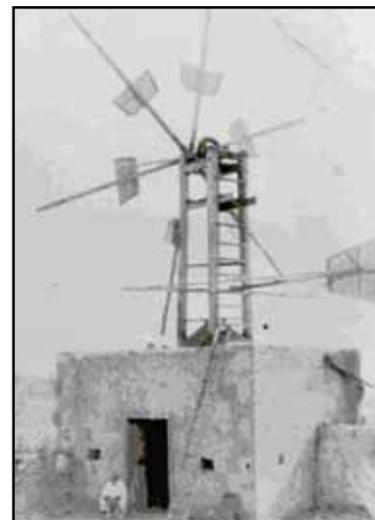
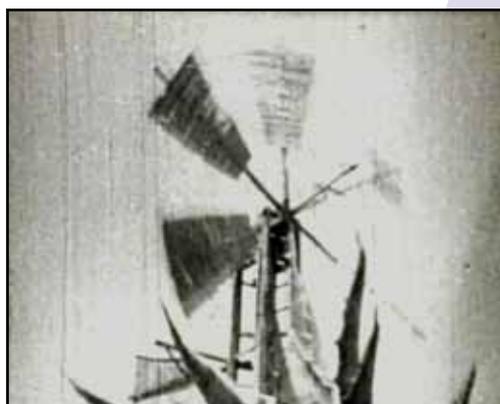


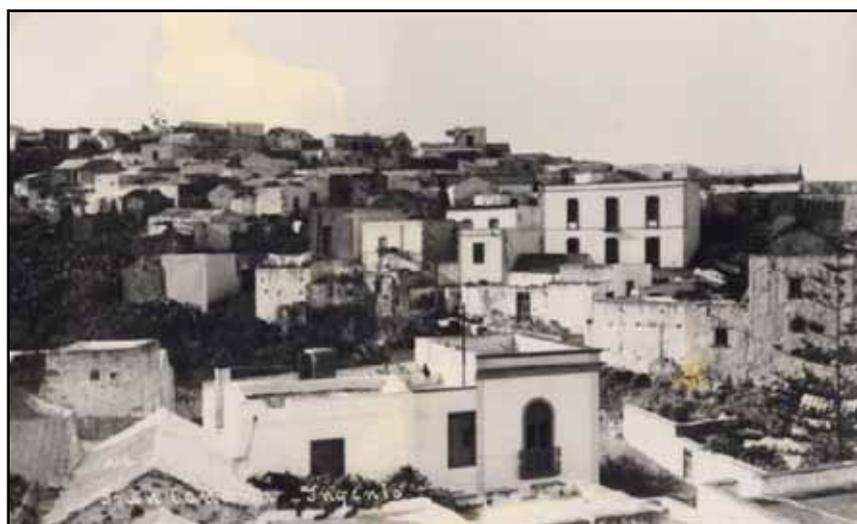
Foto N° 1: Molino de Bartolito.

Molino de Juan García

Se localizaba en el barrio del Sequero en el extremo nor-occidental de la trama urbana de Ingenio, cercano al camino real que conducía a las medianías y cumbres. Llamado así en honor al que se conoció como el último propietario, Juan García Moreno (a partir de la década de 1950 la industria fue reconvertida en molino de fuego)¹⁷. Cuando iba a ser desmantelado, Carmelo Gil Espino, popular personaje creador del "Museo de Piedra", propuso a su dueño el traslado para un nuevo edificio que construía en el paraje de las Rosas en el municipio de Agüimes y que, junto a una capilla, iban a constituir un atractivo turístico para la promoción de la venta de los calados tradicionales. Una vez en Las Rosas, y para este fin, funcionó durante muchos años. Desde el fallecimiento de Carmelo Gil, tanto el edificio como el molino se encuentran en estado de abandono, conservándose el molino en su totalidad, pero bastante deteriorado, faltándole parte de las aspas y partidos algunos de sus largueros o ejes.



Fotos N° 2 y N° 3: El molino de "Juan García" en 1952.



Fotos N° 4 y N° 5: Al fondo en su primitiva ubicación en el barrio del Sequero el molino de "Juan García" en 1927. A la derecha en su actual emplazamiento en Las Rosas de Agüimes.

Molino de Felipito Domínguez

Se encontraba en el paraje de la Capellanía, a unos 500 metros de la trama urbana de Ingenio, junto a la carretera general Ingenio-Agüimes. Debe su nombre a quien hasta su desaparición fue su dueño, Felipe Domínguez Rodríguez, que poseía en sus aledaños tierras de regadío. Actualmente no queda vestigio alguno de su existencia.

Molino de Juanito Ríos

Se localizaba en un extremo del pueblo de Ingenio en el paraje conocido por "Albercón", junto a la bifurcación de la carretera que va a La Pasadilla con la de Guayadeque. Juanito Ríos, su dueño, procedía de la zona costera de Ingenio y se estableció con su esposa "Paquita Alejandro" e hijos en una casa de la "calle de Atrás" (José Ramírez), por la década de 1950. Testigo de la existencia de este molino, solo queda sus cuatro paredes.

Molino de Peña

Propiedad de Juan Peña Pulido, pasó a sus hijos, los hermanos Peña Alemán. Es el único molino del sistema Romero que sobrevive con todos sus



Foto N° 6: Molino de Peña.

elementos, de los descritos en el municipio de Ingenio, si bien, fuera de toda actividad y en alto grado de deterioro, sin aspas y ejes partidos. El edificio se encuentra en buen grado de mantenimiento. Se sitúa en el paraje de los Hoyos, en el Carrizal, junto a la carretera Carrizal-Ingenio y también es conocido como "molino del Toril". Hace algún tiempo, el Ayuntamiento de Ingenio intentó su adquisición pero las conversaciones con los dueños no llegaron a buen fin.

4.3. Molinos de viento harineros. Sistema americano

Esta innovación se llevó a cabo con los primeros aeromotores americanos a principios del siglo XX y, ya en su mitad, con los llamados “molinos canarios”, o llegados de la península; siendo característica su estampa de sobresalir con sus torres metálicas más de 7 metros sobre la azotea de la sala de molienda.

Panchito Díaz

Se encontraba en el barrio de los Molinillos de Ingenio, cercano a la calle Sociedad de Pastos y con vistas hacia el “barranquillo del Ingenio”. No debió ser muy antiguo, posiblemente el último en construirse. Según testimonios orales, cuando fue puesto en funcionamiento por iniciativa de su dueño “Panchito Díaz”, era tan fuerte el viento que tembló todo el armazón del molino y estuvo a punto de caerse. Este molino en el lenguaje popular era de “lata” en contraposición con los de “madera” (sistema Romero) y, por su consistencia más débil para soportar las fuertes rachas de viento en esta zona, especialmente en los meses veraniegos. En una ocasión la “cabeza” del molino fue arrancada por el viento y desplazada bastantes metros. Sobre el solar de este molino se construyó una casa.

Olivares

El molino de viento del tipo “americano” fue construido posteriormente al hidráulico (reseñado anteriormente) en el mismo lugar. En la etapa que figura como propietaria Pilar Bethencourt del Río en una relación de los molinos existentes en Ingenio, esta industria aparece como hidráulica y aérea mientras que en otra datada en 1959 aparece como “aeromotor”¹⁸. Absorbido por la trama urbana en el lugar donde estuvo ubicado se levanta un moderno edificio.

Amadeo Torres

Fuentes orales confirman la existencia de un molino harinero del tipo americano instalado en la Costa, en el lugar conocido por Lomo Solís, por Amadeo Torres que empleó como material para las aspas “chapas” de bidones.

4.4. Molinos de viento para extracción de agua de pozos (aeromotores)

Originariamente los molinos “americanos” fueron diseñados para la elevación de agua de los



Foto N° 7: Molino “americano”, cercano a la playa del Burrero, único vestigio de los muchos que existieron en esta costa.



Fotos N° 8 y N° 9: Molinos “americanos” en Las Puntillas. Con carácter ornamental y de gran belleza plástica, son un atractivo para el visitante.

pozos, especialmente en zonas costeras donde la profundidad era poca. Gran parte de los terrenos situados en lo que hoy es la pista de aterrizaje del Aeropuerto y aledaños, se encontraba salpicada de estos ligeros aeromotores.

5. MOLINOS HARINEROS DE FUEGO

Las limitaciones en la producción de los molinos hidráulicos por la merma del agua y la periodicidad de las dulas, y en los de viento, por los días de calma, unido a la generalización de las modernas fuentes de energía para las industrias, que proporciona más potencia y, por tanto, más producción, hace que a partir de la década de 1930 las iniciativas para montar industrias molineras estén sometidas a estas transformaciones con motores de combustión, naciendo así lo que la voz popular se dio en llamar “molinos de fuego”.

Valerón

En mayo de 1934, Juan Valerón Romero presenta en el Ayuntamiento de Ingenio instancia, solicitando autorización para instalar un molino harinero movido por motor mecánico en su casa



Figura N° 5: Molinos de fuego. 1: Juan García. 2: Lázaro. 3: Valerón. 4: Carrizal. E. Eléctrico.

del barrio del Egido. Algunos vecinos alegaron que se produciría molestias en sus viviendas motivadas por los ruidos, trepidaciones, humos del motor y peligro de incendio. Examinado el expediente, se acordó conceder la correspondiente autorización en septiembre de ese año¹⁹. Este molino se encuentra a corta distancia del molino de “Lázaro” en la calle Pascual Richart, lindante con la “Casa de Postas”. Fue regentado durante mucho tiempo por Antonio Sánchez, natural de Telde, ejerciendo tareas de molinero Justiniano Vega. En una relación de molinos figura como de combustión y eléctrico.

Carrizal

El 27 de Mayo de 1939, recién terminada la guerra civil, Juan Vega Cabrera solicita a la Jefatura de Industria, licencia para construir un molino de gofio de fuerza motriz eléctrica en un edificio que construía al efecto en el Carrizal. La petición es rechazada en dos ocasiones con la argumentación de existir muchos molinos y poco maíz y trigo (en el término municipal de Ingenio habían censados 10 molinos). La negativa provoca la reacción de los vecinos carrizaleros (Carrizal contaba con 2.700 habitantes) enviando al Gobernador Civil un solidario escrito con 485 firmas el 10 de mayo de 1940 en el que, entre otras cosas, justificaban la petición en virtud de la lejanía del casco de Ingenio y otros lugares para llevar su grano. El Gobernador Civil contesta justificando la medida²⁰. El molino se construyó posteriormente. En una relación de molinos figura como eléctrico.

Juan García

En 1949, Juan García Moreno que explotaba el molino harinero de viento, solicita al Ayuntamiento autorización para sustituir el motor aéreo

que acciona su industria de molinería, por otro de combustión interna de más potencia²¹.

Lázaro

En la misma ubicación que el molino de viento descrito, sustituyó a éste a finales de la década de 1950.

6. MOLINOS HARINEROS ELÉCTRICOS

Estaba situado en el paraje urbano del Llano de la Cruz. Es el último molino construido en Ingenio y era movido por energía eléctrica. Entró en producción en los primeros años de este siglo y solo estuvo en funcionamiento algún tiempo.

7. AEROGENERADORES

Los modernos aerogeneradores para la producción de energía eléctrica han sustituido a los primitivos molinos aéreos de “madera” y “lata”. Tres, hemos contabilizado en la geografía ingeniese en el paraje de Marfuz, favorecidos por la fuerza de los vientos reinantes en esta zona.



Foto N° 10: Aerogeneradores en el paraje de Marfuz.

BLOQUE FOTOS: MOLINOS HIDRÁULICOS DE GUAYADEQUE: DEL ESPLENDOR AL OLVIDO.



La Canal



Abajo



Enmedio



Arriba



La Cuesta



Perera

BLOQUE FOTOS: CONSERVADOS (EN PARTE)



Andrés Díaz (cubo)



La Rueda



Ceferinito (canal)



Antoñico Bordón (rodezno)

8. FUENTES HISTÓRICAS, BIBLIOGRAFÍA Y NOTAS

- (1) Para el estudio de distintas técnicas relacionadas con la molinología en Gran Canaria, existen excelentes trabajos de Francisco Suárez Moreno, Cronista Oficial de la Aldea de San Nicolás.
- (2) Sobre los molinos hidráulicos nos remitimos a nuestro trabajo "Molinos Hidráulicos de Ingenio a través de la historia" publicado en el anuario "Crónicas de Canarias" correspondiente al año 2010.
- (3) (A)RCHIVO (H)ISTÓRICO (P)ROVINCIAL (L)AS (P)AL-MAS: Documento Notarial.
- (4) BOLETÍN OFICIAL DE CANARIAS.
- (5) A.H.P.L.P.: Notario Agustín Millares Cubas.
- (6) ARCHIVO PARROQUIAL INGENIO. Suelto.
- (7) (A)RCHIVO (H)ISTÓRICO (M)UNICIPAL (I)NGENIO. Amillaramientos.
- (8) A.H.P.L.P.: Notario de Telde Pedro Ruano Alvarado.
- (9) Periódico "El Independiente" (9 de Enero 1879).
- (10) BOLETÍN OFICIAL DE CANARIAS.
- (11) DÍAZ RODRÍGUEZ, JUAN M.: Molinos de agua en Gran Canaria.
- (12) VIEIRA, ALBERTO: Canaviais e açúcar no espaço Insular Atlántico.
- (13) A.H.P.L.P.: Escribano Cristóbal de San Clemente, Legajos 736 y 737.
- (14) CABRERA GARCÍA, MANUEL: Los molinos de viento en Canarias, en Revista "El Pajar" (Cuaderno de Etnografía Canaria, 2011).
- (15) SUÁREZ MORENO, FRANCISCO: Artilugios y maquinarias para la molturación del millo en Gran Canaria.
- (16) A.H.M.I.: Cuaderno de actas de sesiones.
- (17) Ibidem.
- (18) DÍAZ RODRÍGUEZ, JUAN M.: Ibidem.
- (19) A.H.M.I.: Cuaderno de actas de sesiones.
- (20) A.H.P.L.P.: Gobierno Civil.
- (21) A.H.M.I.: Ibidem.

Club La Santa: a la Vanguardia del Turismo Sostenible



Diego Fernández

Club La Santa

Club La Santa se encuentra privilegiadamente situado en un paisaje espectacular en la costa atlántica occidental de Lanzarote, en las Islas Canarias. La isla, Reserva de la Biosfera y con más espacios naturales protegidos de Canarias, quiere seguir a la cabeza de la sostenibilidad.

Inaugurado en 1983, Club La Santa hizo una solicitud de ampliación de sus instalaciones en el año 2001 que llevó 11 años para su realización, por trabas burocráticas. Pero los obstáculos sirvieron para que la propiedad danesa fuera desarrollando y madurando su estrategia de eficiencia energética a lo largo de los años, y hoy el complejo destaca como pionero en sostenibilidad turística. No solo cumple con las normas nacionales españolas de construcción sostenible, sino también se muestra innovadora en la mejor tecnología en eficiencia energética para conseguir un ahorro económico a largo plazo.



Foto Nº 1. Vista aérea actual de Club La Santa.

1. LA HISTORIA DE CLUB LA SANTA

Los cimientos de Club La Santa se remontan a 1968 cuando la entidad bancaria española “La Caja” construyó un resort al norte de la isla, cerca del poblado pesquero de La Santa. Un complejo turístico de casi 400 apartamentos, pero no se acabó debido a la crisis petrolífera que se vivió en aquellos años. Durante 10 años el resort fue abandonado y, en consecuencia, se deterioró.

El propietario de Tjæreborg Travel, Ejlif Krogger, también conocido como “El párroco Tjæreborg” descubrió el resort y vio una oportunidad única en él. En una época en la que el turismo danés consistía principalmente en disfrutar de hamacas y barbacoas, él visualizó un futuro en el que entusiastas del deporte y personas activas pudieran combinar sus pasiones con sus vacaciones bajo el sol.

El resort abrió sus puertas por primera vez en junio de 1983 como “La Santa Sport”, para más tarde pasar a denominarse “Club La Santa”.

No obstante, transcurriría un tiempo antes de que los daneses comenzaran a cambiar sus vacaciones de playa por unas vacaciones más activas. Hay que reconocer que económicamente los primeros años fueron difíciles. Sin embargo, desde 1995 Club la Santa ha dado beneficios año tras año. En 2001 la empresa solicitó una ampliación de sus instalaciones, y después de transcurrir 11 años de espera por trabas burocráticas, se le concedió la licencia en 2012 y tras dos años de construcción, las inauguró finalmente en marzo de 2014.

2. SOSTENIBILIDAD DEL NUEVO HOTEL DE CLUB LA SANTA

Se ha diseñado con un alto contenido de sostenibilidad medioambiental, dotándolo de unas instalaciones de alta eficiencia energética y una contribución considerable de energías renovables, lo que contribuye a optimizar los recursos energéticos de origen fósil y a minimizar las emisiones de CO₂ a la atmósfera, por lo tanto, se puede considerar un Hotel Verde.



Foto N° 2. Zona alojativa con aprovechamiento de luz natural.



Foto N° 3. Vistas desde la zona alojativa.

A continuación, se describen algunas de las medidas adoptadas que han contribuido, junto con la nueva instalación de paneles solares fotovoltaicos que se está instalando, a que este establecimiento haya obtenido una Certificación de Eficiencia Energética "A".

2.1. Energías renovables

Energía geotérmica

Se dispone de una importante instalación para el aprovechamiento de la energía del interior de la tierra, que mediante bombas de calor geotérmicas (Ver Foto N° 4), se utiliza para generar calor con una potencia calorífica instalada de 3.275 kWc y/o para generar frío con una potencia frigorífica instalada de 2.800 kWf. Esta es la mayor instalación geotérmica de Canarias, probablemente de España y de las mayores de Europa.



Foto N° 4. Bombas de calor utilizadas para la geotermia.



Foto N° 4A: Calderas murales de condensación.

El calor de esta energía renovable se utiliza para climatizar las dos piscinas de 50 metros y, más adelante para la turística, para la calefacción de hotel nuevo, así como para preparar el agua caliente sanitaria del hotel nuevo y del existente. El frío se utiliza sólo para el aire acondicionado del hotel nuevo.



Foto N° 5. Piscinas de 50 metros.

Energía solar térmica

Se dispone de una superficie de captación de 855 m² (407 paneles solares), ubicados en la cubierta del polideportivo, edificio de squash y edificio de sala de máquinas.

Esta energía renovable se usará para la preparación del agua caliente sanitaria y la climatización de las piscinas de 50 metros.

Se dispone de una planta de absorción con una potencia de frío de 175 kWf, que en los meses de verano, que no se climatizan las piscinas, utiliza la parte de la energía solar para refrigeración en la instalación del aire acondicionado (frío solar).



Foto N° 6: Colector solar térmico destinado a ACS, absorción y calentamiento piscinas.



Foto N° 7: Colector solar térmico para ACS, absorción y calentamiento de piscinas.

Energía solar fotovoltaica

Se ha previsto una instalación de producción de energía eléctrica, con una superficie de capta-

ción de 670 m² con una potencia eléctrica instalada de 96 kWp ubicada en la cubierta de la parte antigua del hotel.

La instalación, compuesta por 400 módulos de 240 Wp cada uno, funcionará en la modalidad de autoconsumo, es decir, orientada a disminuir las necesidades eléctricas del complejo turístico-deportivo en el horario de radiación solar.

2.2. Eficiencia energética de las instalaciones térmicas

- Centralización de las instalaciones en una sala de máquinas y distribución de los servicios a los diferentes edificios por túneles o pasillos registrables.
- Recuperación del calor residual de las bombas de calor cuando generan frío para el aire acondicionado, usándolo para climatizar piscinas y/o precalentamiento del agua caliente sanitaria, sin repercusión adicional de costes.
- Los climatizadores o unidades de tratamiento de aire están equipados con un módulo de enfriamiento gratuito con aire exterior tipo "free-cooling", sin repercusión adicional de costes.
- Gran parte de ventiladores y bombas están dotados de variadores de velocidad.



Foto N° 8. Bombas de recirculación con variadores de frecuencia.

- Sistemas de control distribuido. Todas las instalaciones están gestionadas por un moderno sistema de control inteligente, con el cual se evitan gastos de energía innecesarios y se mejoran las prestaciones y confort de los servicios. Además, los contadores de agua y energía están acoplados al sistema de control.



Foto N° 9. Sistema de control.

- Las piscinas climatizadas están recubiertas, durante la noche y horas de no ocupación, por una manta desmontable, lo que supone una importante disminución de las pérdidas de calor por radiación y por evaporación.

2.3. Eficiencia energética en iluminación

- Más de 90% de las lámparas del nuevo hotel son del tipo led, siendo el resto compactas de bajo consumo.
- En exteriores y jardines se ha diseñado un sistema de control del alumbrado que suministra una iluminación de calidad cuando sea necesario y durante el tiempo preciso. Se dispone tres niveles de iluminación, el mayor hasta las 22:00 horas (las horas de más tránsito), otro con 2/3 de la iluminación hasta las 24:00 horas, y un tercero con sólo 1/3 para el resto de la noche, que se apaga automáticamente al amanecer.

2.4. Gestión aguas y residuos

- Las aguas de renovación de las piscinas se almacenan en un aljibe y son utilizadas de nuevo, después de un tratamiento de decantación y filtrado, para las cisternas de las habitaciones y urinarios.



Foto N° 10. Filtración de piscinas de 50 metros.

- Las aguas residuales del hotel son recogidas por una red de saneamiento y conducidas a un pozo de bombeo, desde donde se mandan a una moderna planta de tratamiento de aguas residuales pública de reciente instalación en el pueblo de La Santa. El agua, una vez depurada, vuelve al hotel donde se almacena en un aljibe y es utilizada de nuevo para riego de los jardines.
- La basura se almacena en contenedores separados que la oculten a la vista y eviten los olores. La separación se hace según sea su naturaleza, atendiendo principalmente al reciclado y con especial atención a los aceites. Estos recipientes se colocan en un recinto con piso liso y paredes alicatadas, provisto de sumidero y punto de agua potable. Diariamente se realiza la recogida de basuras hacia el vertedero municipal.

2.5. Aire acondicionado del polideportivo

Como ejemplo de la eficiencia energética del hotel, se expone la instalación del aire acondicionado del edificio polideportivo, en la que la generación de frío resulta gratuita todo el año.

En invierno, debido a la alta demanda de calor para climatizar las piscinas de 50 metros, las bombas de calor generan frío residual que es aprovechado aquí. Durante el verano, el frío producido por la planta de absorción con el exceso de la energía solar, también es usado para el aire acondicionado de este edificio.



Foto N° 11: Máquina de absorción.

Otra característica de esta instalación es que la distribución del aire dentro del recinto no es por difusión sino por desplazamiento lo que, además del ahorro energético, permite mantener el aire más limpio y con bajas velocidades.



Foto N° 12: Pabellón cubierto climatizado.

2.6. Energía convencional de apoyo para el agua caliente sanitaria

Cuando la energía verde no sea suficiente para alcanzar la temperatura necesaria para el agua caliente, se utiliza como apoyo una caldera de condensación de gas propano de cuatro etapas. Estos equipos son los generadores de calor convencionales de mejor rendimiento y mínimo consumo y emisiones.

3. CUANTIFICACIÓN DE LOS AHORROS ECONÓMICOS/EMISIONES CON EL SISTEMA INSTALADO

3.1. Antecedentes

El objeto de este apartado es hacer un estudio de las instalaciones térmicas del hotel con el fin de cuantificar su rentabilidad, frente a una solución de tipo convencional aceptada por la normativa (RITE), desde las perspectivas de ahorro energético y contaminación ambiental.

3.2. Necesidades

Se presentan a continuación las necesidades térmicas de calor y frío del establecimiento en los diferentes servicios (Ver Tabla N° 1), obtenidas de los datos del Proyecto elaborado por la empresa Ingeniería Canaria de Ahorro Energético (INCA-NAE):

A continuación se analizan cada una de estas instalaciones haciendo una comparación entre el sistema prescriptivo según RITE y el sistema existente.

Por otra parte, se dispone de una instalación de paneles solares térmicos capaz de aportar al

| | |
|---------------------------|-------------------|
| Aire Acondicionado | 1.617.797 kWh/año |
| Agua Caliente Sanitaria | 1.201.014 kWh/año |
| Calefacción | 625.201 kWh/año |
| Climatización de Piscinas | 2.491.925 kWh/año |

Tabla N° 1.

| | |
|---|-----------------|
| Calor de condensación | 1.941.356 KWWhc |
| Calor recuperado para piscinas (40%) | 776.542 KWWhc |
| Calor recuperado para ACS (15%) | 291.203 KWWhc |
| Calor recuperado para Calefacción (20%) | 388.271 KWWhc |
| Calor rechazado al pozo (25%) | 485.339 KWWhc |

Tabla N° 2.

sistema 850.751 kWh/año, de los que:

- 549.507 kWh/año serán para producción de ACS.
- 97.067,82 kWh/año para la planta de absorción que produce aire acondicionado en verano.
- 204.176,41 kWh/año para la climatización de la piscina en invierno.

3.3. Aire acondicionado

Se presenta en este apartado el estudio de los dos sistemas (prescriptivo y existente) para el aire acondicionado.

La demanda, según se indicó en el apartado 3.2 (Tabla N° 1), es de 1.617.797 kWh/año. La solución adoptada mediante bomba de calor geo-

térmica (BCG) permite la recuperación del calor de condensación del siguiente modo (Ver Tabla N° 2):

El rendimiento de los distintos tipos de generadores se refleja en las tablas expuestas a continuación. La determinación del coeficiente ESEER se realiza por el método de cálculo certificado por Eurovent para plantas enfriadoras condensadas por aire o agua.

Para las plantas condensadas por aire existentes (Ver Tabla N° 3).

Para la bomba de calor geotérmica (Ver Tabla N° 4).

Se presenta a continuación el consumo eléctrico y las emisiones emitidas por los dos sistemas (prescriptivo y existente), así como el ahorro de

| | | | | | | |
|---------------------|------|------|------|------|------|-------|
| Temp. aire exterior | 35°C | 30°C | 25°C | 20°C | | |
| Horas función. | 3% | 33% | 41% | 23% | | |
| Carga | 100% | 75% | 50% | 25% | | |
| EER | 2,75 | 2,92 | 3,45 | 4,16 | | |
| | 0,08 | 0,96 | 1,41 | 0,96 | 3,42 | ESEER |

Tabla N° 3.

| | | | | | | |
|-----------------------|------|------|------|------|------|-------|
| Temp. ent. agua cond. | 30°C | 30°C | 30°C | 30°C | | |
| Horas función. | 3% | 33% | 41% | 23% | | |
| Carga | 100% | 75% | 50% | 25% | | |
| EER | 5,17 | 6,05 | 7,04 | 8,35 | | |
| | 0,16 | 2,00 | 2,89 | 1,92 | 6,96 | ESEER |

Tabla N° 4.

energía y las emisiones evitadas (Ver Tabla N° 5).

Como puede verse, el consumo de energía eléctrica para el aire acondicionado puede reducirse a la mitad, si las plantas enfriadoras condensadas por aire se sustituyen por bombas de calor geotérmicas.

Además, se resalta el hecho de que a las instalaciones geotérmicas no les afectan las olas de calor, que tanto daño hacen a las instalaciones convencionales condensadas por aire.

3.4. Calefacción

Se presenta en este apartado el estudio de los dos sistemas (prescriptivo y existente) para las necesidades de calefacción del establecimiento.

Determinación del rendimiento de los distintos tipos de generadores se refleja en las siguientes tablas (Ver Tablas N° 6 y N° 7):

| | Demanda anual KWHf | Rendimiento ESEER | Consumo eléctrico anual, KWHe | Emisiones Kg CO2/año |
|------------------------|-----------------------|----------------------|----------------------------------|-------------------------|
| Instalación según RITE | 1.617.797 | 3,42 | 473.040 | 354.780 |
| Instalación Actual | 1.617.797 | 6,96 | 232.442 | 174.332 |
| Ahorros | | | 240.598 | 180.448 |

Tabla N° 5.

| Temp. aire exterior | 35°C | 30°C | 25°C | 20°C | | |
|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| Horas función. | 3% | 33% | 41% | 23% | | |
| Carga | 100% | 75% | 50% | 25% | | |
| EER | 3,49 | 3,71 | 4,38 | 5,28 | | |
| | 0,10 | 1,22 | 1,80 | 1,22 | 4,34 | ESCOP |

Tabla N° 6.

| Temp. ent. agua cond. | 30°C | 30°C | 30°C | 30°C | | |
|-----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| Horas función. | 3% | 33% | 41% | 23% | | |
| Carga | 100% | 75% | 50% | 25% | | |
| EER | 5,89 | 6,90 | 8,03 | 9,52 | | |
| | 0,18 | 2,28 | 3,29 | 2,19 | 7,93 | ESCOP |

Tabla N° 7.

| | Demanda anual KWHf | Rendimiento ESEER | Consumo eléctrico anual, KWHe | Emisiones Kg CO2/año |
|------------------------|-----------------------|----------------------|----------------------------------|-------------------------|
| Instalación según RITE | 625.201 | 4,34 | 144.056 | 108.042 |
| Instalación Actual | 625.201 | 7,93 | 78.840 | 59.130 |
| Ahorros | | | 65.216 | 48.912 |

Tabla N° 8.

Se presenta el consumo eléctrico y las emisiones emitidas por los dos sistemas (prescriptivo y existente), así como el ahorro de energía, la disminución del costo energético y las emisiones evitadas (Ver Tabla N° 8).

3.5. Agua Caliente Sanitaria

En este apartado se hace una descripción de cómo se consigue satisfacer la demanda de ACS con un 70% de energía renovable y un 30% de energía convencional. No es necesario un comparativo dado que la instalación ejecutada es la prescrita por el RITE.

Datos de Partida

- Calderas instaladas de gas propano del tipo de condensación y de 400 kWc.
- PCI del propano comercial: 11.082 Kc/Kg.
- Precio del propano comercial: 1,70 €/Kg.
- Precio de la energía eléctrica: 0,125 €/kWh.

| (KWh/año) | Necesidad Total | Recup AA | Instalación solar para ACS | Convenc 30% (Caldera) |
|------------|-----------------|----------|----------------------------|-----------------------|
| ACS | 1.201.015 | 291.203 | 549.507 | 360.304 |

Tabla N° 9.

Demanda de calor para la preparación del ACS

Como se ha visto en el apartado 3.2 (Tabla N° 1), las necesidades para la preparación del ACS es de 1.201.014,54 kWh/año. De esta cantidad, un 70% debería ser energía renovable o de recuperación (840.710 kWh/año).

El sistema instalado recupera el calor de la planta geotérmica cuando está produciendo aire acondicionado, que como se determinó en la Tabla N° 2, es de 291.203 kWh/año.

La energía aportada por la instalación solar es de 549.507 kWh/año, siendo el resto de las necesidades (30%) cubiertas por una caldera de gas de condensación (360.304 kWh/año).

En ambos sistemas de producción de ACS, tanto el prescriptivo del RITE como el existente, se ha ido a cubrir la demanda del 70% de energía renovable de igual forma.

Las emisiones de CO₂ ocasionadas al cubrir este 30% de demanda mediante gas propano son de 66.865 kg CO₂/año. El otro 70% (obtenido de la recuperación de calor de condensación de las máquinas de Aire Acondicionado, más los paneles solares) no ocasiona ningún tipo de emisión de CO₂.

3.6. Climatización de las Piscinas

En este apartado se hace una estimación del consumo energético y de las emisiones producidas en la climatización de las piscinas, la cual se realiza mediante la energía residual aportada por los condensadores de las máquinas de aire acondicionado, la energía solar y la bomba de calor geotérmica.

Si bien la recuperación de calor del aire acondicionado y energía solar no genera ninguna emisión de CO₂ a la atmósfera, la energía geotérmica aporta tanto energía renovable como convencional.



Foto N° 13. Piscinas de 50 metros 1 y 2.



Foto N° 14: Intercambiadores piscinas de 50 metros.

Demanda de calor para climatizar las piscinas

Como se ha determinado en el Apartado 3.2 (Tabla N° 1), el consumo de energía para mantener las piscinas climatizadas es de 2.491.925,00 kWh/año.

Con el sistema utilizado, esta demanda se verá disminuida con el calor de recuperado de la bomba de calor geotérmica (BCG) cuando está trabajando como generador de frío para el aire acondicionado, que como se indicó en el apartado 3.3 (Tabla N° 2) es de 776.542 kWh/año.

Por otra parte, la instalación solar existente aporta a las piscinas 204.176,41 kWh/año.

Por tanto, la demanda para climatización de las piscinas con el sistema propuesto será:

$$2.491.925 \text{ kWh} - 776.542 \text{ kWh} - 204.176 \text{ kWh} = 1.511.206 \text{ kWh/año}$$

Este calor será aportado por la bomba de calor geotérmica que, como se ha dicho anteriormente, aporta una parte como renovable y otra como convencional.

Rendimientos de los generadores

La BCG, trabajando para climatizar piscinas, tiene temperaturas de salida/entrada del agua en el evaporador de 13/18°C, y en el condensador de 30/35°C. En estas condiciones, la máquina tiene un COP real de 7,99.

Nota: Este COP real es el equivalente al SPF con un COP en condiciones EUROVEN de 6,1, con un Factor de Corrección (FC) del 100% y un Factor de Ponderación (FP) del 131%, para energía geotérmica a circuito abierto en Canarias con equipos centralizados.

Consumos de energía convencional y renovable para climatización de Piscinas

Con este SPF o COP real de la máquina geotérmica, se puede determinar cuánto de la energía necesaria para acabar de climatizar las piscinas, es energía convencional y cuanto es renovable:

La cantidad de energía renovable suministrada mediante tecnologías de bombas de calor se calcula con la fórmula siguiente: $ERES = Q_{usable} * (1 - 1/SPF)$.

En el presente caso, mediante bomba de calor geotérmica, la energía residual será:

$$ERES = 1.511.206 * (1 - 1/7,99) = 1.322.093,01 \text{ kWh/año}$$

Siendo la energía convencional empleada la diferencia:

$$ECONV = 1.511.206 - 1.322.093 = 189.113 \text{ kWh/año}$$

A modo de resumen (Ver Tabla N° 10):

Como se observa, el consumo de energía convencional en la climatización de las piscinas representa sólo el 7,59% de las necesidades totales.

El consumo de energía convencional y, por tanto, las emisiones para climatizar las piscinas serán:

3.7. Resumen

Reunificando los resultados de los estudios parciales realizados en los apartados anteriores (relativos al aire acondicionado, calefacción, ACS y climatización de piscinas) se expresa a continuación los ahorros totales anuales de energía en el hotel, así como el total de emisiones de CO₂ evitadas mediante el sistema de energía renovable geotérmica instalado.

Consumos energéticos y ahorro anual (Ver Tabla N° 12):

Como aquí se indica, la implantación del sistema geotérmico consiguió una disminución del gasto de energía del 29% después de climatizar las piscinas.

Emisiones de CO₂ evitadas anualmente (Ver Tabla N° 13):

Como otras energías renovables, la geotermia se caracteriza por ser limpia. En este caso, evitaría la emisión de 211,6 Tn de CO₂ a la atmósfera cada año, una vez climatizada la piscina.

3.8. Presupuesto

El sistema geotérmico propuesto requiere una inversión inicial más elevada que el convencional (aproximadamente un 20% más cara). Con los ahorros producidos anualmente en la instalación, se estima que se recuperará la diferencia de costes antes del segundo año de funcionamiento.

Nota: Club La Santa agradece a todas las personas, empresas y autoridades que participaron en este gran proyecto, pero en especial a Elías Casañas Rodríguez, el Ingeniero pionero en Canarias en este tipo de sistemas, por ser el principal responsable de la creación de los sistemas utilizados en este proyecto.

| (KWh/año) | Necesidad Total | Recup. AA | Solar para piscinas | Energía geotérmica | Geotérmica Renovable | Geotérmica Convencional |
|-----------------|-----------------|-----------|---------------------|--------------------|----------------------|-------------------------|
| Piscinas | 2.491.925 | 776.542 | 204.176 | 1.511.207 | 1.322.093 | 189.114 |

Tabla Nº 10.

| | Demanda anual KWHc | Rendimiento COP | Consumo anual, KWH | Emisiones Kg CO ₂ /año |
|------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|--------------------------------------|
| Instalación BCG | 189.114 | 7,99 | 23.669 | 17.752 |

Tabla Nº 11.

| (KWh/año) | Aire acondicionado | Calefacción | ACS | Climatización piscinas | Total |
|-------------------------------------|--------------------|-------------|-----|------------------------|----------------|
| Instalación prescriptiva según RITE | 473.040 | 144.056 | --- | 0 | 617.096 |
| Instalación ejecutada | 232.442 | 78.840 | --- | 23.669 | 334.951 |
| Porcentaje de ahorros | 51% | 45% | 0% | --- | 46% |
| Ahorro eléctrico anual | 240.598 | 65.216 | --- | -23.669 | 282.145 |

Tabla Nº 12.

| (Kg CO ₂ /año) | Aire acondicionado | Calefacción | ACS | Climatización piscinas | Total |
|-------------------------------------|--------------------|-------------|--------|------------------------|----------------|
| Instalación prescriptiva según RITE | 354.780 | 108.042 | 66.865 | 0 | 529.687 |
| Instalación ejecutada | 174.332 | 59.130 | 66.865 | 17.752 | 318.078 |
| Porcentaje de ahorros | 51% | 45% | 0% | --- | 40% |
| Ahorro en emisiones anual | 180.448 | 48.912 | 0 | -17.752 | 211.609 |

Tabla Nº 13.

Análisis del Ciclo de Vida. Un Enfoque desde Mantenimiento (II Parte)



Carlos Mario Pérez Jaramillo

Consultor en Confiabilidad
y Gestión de Activos
Soporte & CIA. SAS.
Colombia

Este artículo es la II Parte de la información ya publicada en el Número 5 (páginas 51- 61) de esta misma Revista "Ingeniería del Mantenimiento en Canarias".

1. CONSIDERACIONES FINANCIERAS

En el análisis del costo del ciclo de vida (LCC), se pueden tener en cuenta otras consideraciones de tipo financieras, las cuales pueden tratarse de costos en el sentido estricto o "costos aritméticos", correspondientes a los gastos cargados o flujo de fondos requeridos.

A veces es necesario superar este concepto limitado del costo del ciclo de vida teniendo en cuenta los "costos algebraicos", o sea, a la vez los gastos y los ingresos, y por consiguiente los flujos de caja positivos y negativos, cuando tales ingresos existen.

Puede ser interesante tener en cuenta igualmente los ingresos resultantes de la utilización de los equipos.

cluyendo en el costo del ciclo de vida, los costos resultantes de las indisponibilidades o degradaciones de las funciones de los equipos, llamados costos de tiempo perdidos.

Los "costos de ineficiencia" presentan componentes difícilmente medibles en términos de dinero, los cuales conviene tener en cuenta tales como la incidencia sobre la moral del personal.

Un análisis del costo del ciclo de vida se ve afectado cuando se aplican las consideraciones financieras ya que éstas hacen más real el análisis porque contempla cada uno de los incrementos anuales que pueden afectar un activo. A continuación se explicarán algunas de las consideraciones y términos financieros, para realizar posteriormente un ejemplo donde se pongan en práctica.

$$R \text{ (resultado de operación)} = \text{ingresos acumulados} - \text{gastos acumulados}$$

Esta expresión constituye más bien el "beneficio obtenido del ciclo de vida" que el "costo del ciclo de vida", pues es la ganancia que se obtiene gracias al activo que ha sido operado para realizar las funciones según la actividad económica de la empresa.

En el caso en que los ingresos no son considerados, conviene tener en cuenta la calidad del servicio prestado. Esto puede obtenerse in-

1.1. Periodo de estudio

Es el lapso de tiempo durante el cual los costos de inversión, de operación y de dar de baja, van a ser estudiados.

Este periodo puede ser de 5 a 50 años, esto según las preferencias y objetivos de la empresa, el ciclo de vida supuesto y la estabilidad del programa del usuario.

La extensión del periodo de estudio es frecuentemente un reflejo de la vida propuesta de instalación, siendo el primero un poco más corto.

Algunas compañías dividen el periodo de estudio en dos fases:

- **Periodo de planeación y construcción:** Es el lapso de tiempo entre el inicio del estudio y la puesta en funcionamiento del activo.
- **Periodo de servicio:** Es el lapso de tiempo que transcurre entre la puesta en marcha del activo y el final del estudio.

1.2. Costos de capital

Estos costos representan para las compañías, la tasa de rendimiento que se debe obtener por cada valor monetario que se tenga invertido en activos.

Es decir, la empresa debe manejar un estimativo y análisis económico de los equipos, edificios y otros activos que se posean, para determinar cuál será la ganancia obtenida a partir de ellos y cómo y en qué porcentaje contribuyen a la valoración que se tenga de la compañía.

1.3. Tasa de descuento

Es la tasa de interés que refleja el valor del dinero en el tiempo del inversionista. Es utilizada para convertir costos que ocurren en épocas diferentes a costos equivalentes en un punto de tiempo determinado. Es decir, llevar todos los valores a valores presentes, o todos a valores futuros.

Una tasa de descuento que tenga en cuenta la inflación, se llama tasa de descuento nominal, y la que excluye la inflación, se le conoce como tasa de descuento real.

1.4. Valores constantes

Se define valores constantes como valores de poder adquisitivo uniforme atados a un año de referencia y exclusivo de un precio general de depreciación o de inflación o de deflación. Cuando se usa la tasa de descuento real en los cálculos de valor presente, los costos deben ser expresados en valores (dólares, pesos, euros, etc.) constantes. De lo contrario, al usar la tasa de descuento nominal en cálculos de valor presente, los costos deben ser expresados en valores corrientes. Así

como las tasas de descuento pueden ser definidas como reales o nominales, lo mismo ocurre con los valores.

1.5. Valor presente

Es el valor equivalente en el tiempo, del valor de flujo de caja en el pasado, presente o futuro, tal como en el principio del año base.

El cálculo del valor presente usa la tasa de descuento y el tiempo en que un costo fue o será incurrido para establecer el valor presente del costo en el año base del periodo de estudio.

Para determinar el valor presente de costos únicos futuros, se debe utilizar la fórmula indicada a continuación:

$$NPV = A_t \times \frac{1}{(1+d)^t}$$

En esta fórmula se encuentran los siguientes términos:

NPV = valor presente

A_t = cantidad de costo único en el tiempo

d = tasa de descuento real

t = tiempo (expresado como número de años)

Para determinar el valor de costos recurrentes futuros usar la fórmula:

$$NPV = A_0 \times \frac{(1+d)^t - 1}{d \times (1+d)^t}$$

Donde:

NPV = valor presente

A_0 = cantidad de costo recurrente

d = tasa de descuento real

t = tiempo (expresado como número de años)

1.6. Inflación

Desde un punto de vista práctico, los efectos de la inflación pueden ser a menudo ignorados, debido principalmente a que la inflación tiende a afectar todas las alternativas en forma similar. El propósito de un análisis del costo del ciclo de vida es determinar el atractivo relativo de las alternativas que están siendo consideradas.

El resultado de la evaluación generalmente no se ve afectada por la inclusión o exclusión de los efectos de la inflación general en los cálculos del costo de ciclo de vida.

Los cálculos del costo del ciclo de vida, son llevados a cabo de forma más simple cuando todos los estimativos de costos futuros son hechos en dólares, y son descontados a su valor presente utilizando una tasa de descuento nominal. Esto evita la complejidad inherente a tratar de predecir de forma acertada costos futuros.

1.7. Ingresos

Son las cantidades, monetariamente hablando, que recibe una compañía gracias a sus inversiones, venta de productos, ganancias obtenidas por prestación de servicios derivados todos de su actividad principal.

Cuando el ingreso proviene de las actividades productivas o de la prestación de servicios de la compañía, se puede clasificar en las siguientes tres formas:

- **Ingreso marginal:** Es el generado por el aumento de la producción en la compañía.
- **Ingreso medio:** Es aquel que se obtiene en promedio por cada producto o por la prestación de servicio según la actividad de la empresa.
- **Ingreso de producto marginal:** Es aquel que se genera debido a la utilización de recursos adicionales a los previstos.

1.8. Incremento en los costos de inversión

Es el incremento desencadenado del interés bancario dado el caso que existiera un préstamo para la compra e instalación del activo.

1.9. Incremento en los costos de operación

Son todos aquellos incrementos que, en un periodo de tiempo determinado, afectan los costos de operación año a año. Algunos ejemplos de estos incrementos son el incremento de los costos laborales, el aumento de los costos de materia prima, incremento anual en los seguros, aumento en el costo de energía, aumento de salarios y costos de repuestos, entre otros.

Dentro del ciclo de vida de un activo, existen varios tipos de costos a considerar, los cuales se deben tener en cuenta a la hora de realizar un previo análisis que permita prever circunstancias, costos y gastos futuros después de la adquisición de un activo.

Existen, por lo tanto, costos directos, indirectos, recurrentes y no recurrentes, además de otros que son igual de relevantes a la hora de hacer un estudio.

2. ESTIMACIÓN O DEFINICIÓN DE LOS COSTOS PARA LCC

Ya que en el proceso de análisis del costo del ciclo de vida, la definición correcta de los componentes del costo es fundamental para lograr información útil con la cual se puedan tomar buenas decisiones, son oportunas algunas consideraciones con el fin de ubicar dichos componentes y



Figura N° 1: Estimación o definición de los costos para LCC

ayudar a comprender con qué elementos de un modelo de gestión de activos se complementan de manera suficiente y necesaria el esfuerzo para definir los costos de las diferentes etapas del ciclo de vida.

A continuación, se muestra cómo algunos conceptos del modelo de gestión de activos son fundamentales para lograr una buena gestión de costos usando el análisis del Costo del Ciclo de Vida:

2.1. Taxonomía

Recopila, clasifica y jerarquiza la información de los activos y las instalaciones, con el objetivo de mantener actualizado un catálogo técnico (estructural y funcional) de los activos; y también conseguir la información de la asociación de componentes, repuestos y documentación técnica. Una adecuada taxonomía permite asignar los costos por equipo, activo, sistema o instalación de manera adecuada y precisa al nivel requerido.

2.2. Gestión de inventarios

Estructura modelos de inventarios, determina y calcula parámetros de reposición y almacenamiento. Define los métodos de codificación, descripción, identificación y clasificación de los repuestos y materiales. Sus objetivos primordiales son definir los métodos para estructurar los modelos y niveles de inventarios de los repuestos y los materiales, y asignar el modelo de inventario apropiado a cada repuesto y material.

Gran parte de los costos durante el ciclo de vida del activo tienen que ver con la gestión de inventarios en sus etapas fundamentales: compra de elementos para el montaje y adquisición del primer grupo de repuestos, los materiales para incorporar al producto y los artículos utilizados para intervenir las instalaciones durante su operación y ciclo de vida operativo.

La planeación de los requerimientos de material o MRP (Material Requirements Planning systems o MRP systems, por sus siglas en inglés) se apoya en sistemas de planeación y administración de materiales, normalmente asociados con un sistema informatizado para la planeación de la producción, y el sistema de control de inventarios usado para los procesos de manufactura o control de operaciones.

Los sistemas MRP tienen como objetivo que se tengan los materiales requeridos, en el momento requerido, para cumplir con las órdenes de los clientes y usuarios. El proceso MRP genera una lista de órdenes de compra sugeridas, un reporte de riesgos de material sin abastecer y un programa de las adquisiciones a proveedores en función de la producción definida.

Es por esto que estimar o definir los costos de operación no es un problema con alto grado de dificultad más allá que el de tener definidos por productos y sus componentes, en órdenes de trabajos. Los sistemas MRP no son un método sofisticado surgido de los ambientes universitarios y académicos; son técnicas simples, que nacieron de la práctica y que apoyadas por los computadores permiten manejar mejor los problemas de demanda y abastecimiento.

Es fundamental que los sistemas de control de inventarios de las diferentes aéreas que están relacionadas con el activo estén conectados con las de mantenimiento, para planear y reservar materiales relacionados con las órdenes de trabajo; y permitir así planear las actividades estimadas a nivel de ejecución, planeación, programación y presupuestos.

2.3. Gestión de herramientas

Determina la cantidad, tipo, calidad y disponibilidad de las herramientas, para la ejecución oportuna y segura de los trabajos de mantenimiento y operaciones; además de administrar y mantener adecuadamente la herramienta.

Aquí se define si la herramienta es mayor, menor o compartida y eso define cómo se hace la asignación de su costo a nivel de inversión, costo de operación o costo de mantenimiento.

2.4. Gestión de personal

Selecciona, capacita, entrena, evalúa y define el plan de carrera del personal, con objetivos fundamentales tales como: definir lineamientos para la evaluación, selección, capacitación y entrenamiento del personal; elaborar los planes de formación para satisfacer oportunamente las necesidades del personal y analizar las competencias del personal requerido por los procesos. Si el personal que trabaja en mantenimiento, pro-

yectos, operaciones, compras, montajes no tiene suficiente experiencia o capacidad, la adquisición de esa experiencia y destreza tiene un costo para la empresa que sólo contribuye a incrementar el costo del ciclo de vida del activo o crear una brecha mayor entre lo planeado y lo real.

2.5. Gestión de la orden de trabajo

La orden de trabajo permite conocer con mucha exactitud el costo de un trabajo antes de su ejecución y es un excelente elemento de control de gestión. Permite controlar que las intervenciones se hagan con el método económicamente óptimo, que no siempre coincide con el más rápido.

Utilizada en forma adecuada, almacena toda la información requerida para hacer cada vez más efectiva la ejecución del trabajo y permite clasificar el tipo de trabajo, la acción tomada, las áreas ejecutantes, el componente intervenido, el síntoma, el equipo intervenido y los costos de mano de obra, herramientas, materiales y contratos.

Sirve para propósitos de control al permitir comparar lo real, en cuanto a costos y tiempos, con lo estimado; y también mejorará la gestión de planeación en áreas que se dedican a atender daños, facilitan el conocimiento de los costos y del tiempo promedio de atención.

La orden de trabajo como instrumento para conocer los tiempos de labor, hace las veces de informe de tiempos utilizados y permite conocer con exactitud la cantidad de tiempo empleado en una intervención.

Para determinar el costo de una intervención en una orden de trabajo se requiere, para cada elemento de costo, el establecimiento de su tarifa. Esta tarifa debe reflejar el valor real unitario, además debe permanecer estable durante un periodo tal que la gestión sea medida en periodos de tiempo suficientemente largos como para registrar acontecimientos que puedan afectarla.

El principio básico que se toma para el cálculo de las tarifas, es que en los valores “cargados” a las órdenes de trabajo se debe recuperar toda la inversión, representada en costos directos e indirectos, en los que se incurre en un periodo dado. Si estos costos están presupuestados apropiadamente, los valores globales reflejarán esta situación planeada; pero no necesariamente

un desfase entre lo presupuestado y lo realizado significa una mala ejecución, sino que puede ser una mala gestión de presupuestos, porque un buen presupuesto parte de un buen conocimiento de consumos y recursos de periodos anteriores.

Cuando por primera vez se acomete una tarea de esta magnitud, para establecer los costos de mantenimiento, se hacen estimaciones y promedios del pasado para realizar presupuestos; este criterio puede pretender sacrificar la calidad del trabajo por el ahorro, si no hay conocimiento. El establecimiento de la contribución de mantenimiento en los costos de una empresa es dispendioso y se han de hacer estimaciones con criterios económicos prácticos, administrativos y, sobre todo, precisos para definir objetivos o simplemente basarse en valores globales históricos tomados de sistemas corporativos.

2.6. Gestión de contratación

Realiza efectivamente la selección, contratación, administración y control de empresas de servicios de mantenimiento, con objetivos tales como: definir criterios para la selección, evaluación y contratación de empresas de servicios y controlar la ejecución de los trabajos o servicios requeridos por los procesos y que no pueden ser realizados con recursos propios.

Facilita la evaluación del costo de contratar con bases iguales para evitar comparar “peras con manzanas” y permite “educar” a las empresas contratistas en la correcta manera de presupuestar y cobrar los servicios suministrados.

2.7. Definición de indicadores (KPI'S)

Tablero de control con parámetros para medir el desempeño de la administración de mantenimiento y de los activos, con el fin de conocer la eficiencia y la eficacia de la gestión de mantenimiento.

Un área de mantenimiento interesada en medir la eficiencia, la eficacia y la satisfacción de sus usuarios, mide indefectiblemente el costo de prestar sus servicios y el costo de no hacerlo bien.

2.8. Aplicación de sistemas informáticos

Facilita el control de los procesos a través del uso de sistemas de información por computador,

con los objetivos de garantizar y mantener la información confiable y oportuna, requerida para la gestión e integrar los sistemas de información con todas las aplicaciones corporativas.

El adecuado uso, actualización y análisis de los datos almacenados en los sistemas de administración y gestión mejora la posibilidad de conseguir información confiable y oportuna requerida para evaluar el costo de las actividades; además de facilitar la trazabilidad y seguimiento de los costos.

2.9. Gestión de presupuestos

Define los métodos adecuados para presupuestar los recursos que se aplicarán en los procesos, con el objetivo fundamental de estimar adecuadamente los recursos a usar en las intervenciones, inversiones y tareas.

Los costos son un reflejo de una estrategia, por eso los presupuestos que los pretenden controlar, deben ser preparados con fundamento en planes concretos, claros y explícitos de las intervenciones e inversiones que sean proyectadas correctamente. Cuando los presupuestos son preparados limitándose a incrementar su costo en un porcentaje que refleje la inflación, son perpetuados también las ineficiencias de cada periodo. Los presupuestos deben basarse en actividades que son derivadas de los planes estratégicos, los objetivos y metas de la organización.

2.10. Políticas de adquisición de activos confiables

Establece las técnicas y métodos para integrar, en la toma de decisiones, los requerimientos de operación, mantenimiento, adquisición, instalación y puesta en marcha de los activos nuevos y las modificaciones. Sus objetivos fundamentales son definir los métodos y elementos para adquirir activos confiables con la participación de todos los involucrados y adquirir los activos que cumplen con los requerimientos de rentabilidad, integridad ambiental, seguridad, eficiencia, eficacia, mantenibilidad y calidad.

2.11. Políticas de uso eficiente de la energía

Define líneas de acción y actuación de las conductas individuales, corporativas y de la racionalidad con que los consumidores y usuarios de los

activos utilizan la energía; teniendo como objetivo la eliminación de los consumos innecesarios o la elección de equipos más apropiados para reducir el costo de la energía. Contribuye a disminuir el consumo sin disminuir el cumplimiento de las funciones de los equipos e instalaciones.

2.12. Planes de mantenimiento

Define los planes de mantenimiento a los activos (actividades periódicas preventivas, predictivas y detectivas) con los objetivos de mejorar la efectividad de los activos con tareas necesarias y oportunas; y de definir las frecuencias, las variables de control, el presupuesto de recursos y los procedimientos para cada actividad.

Como responsable de la definición de las actividades periódicas, agrupa trabajos detectivos, predictivos y preventivos. Facilita, por su contribución a la gestión de mantenimiento, la realización de presupuestos confiables, siempre y cuando no lleve a la empresa a hacer más mantenimiento del que requiere y, en el peor de los casos, a introducir "mortalidad infantil" en las instalaciones.

Uno de los problemas más frecuentes en la estrategia de mantenimiento es la definición de las tareas de mantenimiento correctas y las frecuencias con que se debe ejecutar en el caso de que sean cíclicas o periódicas.

El conocido plan de mantenimiento no es más que una serie de tareas que, de manera planeada y programada, se deben realizar a un equipo o sistema productivo con una frecuencia determinada.

El plan de mantenimiento influye de manera notable en la confiabilidad de un activo, ya que si es certero, adecuado y justificado está constituido por la tareas absolutamente necesarias, es decir, no más actividades de las requeridas y no menos de las mismas; y así el desperdicio, las tareas que se hacen sólo porque un equipo está detenido y los famosos "combos" o grupos de actividades que hacen bajo la premisa de "ya que el equipo paró, aprovechamos y hacemos esto..." no existen.

Una regla de oro en mantenimiento es aquella que dice que cualquier actividad correctiva, preventiva, detectiva o predictiva está justificada y es aplicable sólo si el equipo queda más confiable,

es decir, si mejora su desempeño a nivel de reducción de tiempo de parada, reducción de cantidad de fallas, reducción del riesgo, optimización del costo de operación, mejor comportamiento a nivel ambiental y reducción de las afectaciones al medio ambiente. En cualquier otro caso, la tarea es totalmente superflua o desechable, y hacerla puede incrementar las fallas o ser un franco desperdicio.

Tradicionalmente, se ha asumido como verdad absoluta que se obtienen mejores planes de mantenimiento si se orientan al equipo como concepto global, o en el mejor de los casos, a componentes mayores que deben reemplazarse o repararse continuamente. Afortunadamente varios hechos cambiaron la percepción de cómo hacer un plan de mantenimiento adecuado, uno de los más importantes fue la accidentalidad en la aviación comercial.

En la década de los años 50 del siglo pasado “mantenimiento” era equivalente a reparaciones periódicas. Todos esperaban que los componentes y partes importantes se gastaran después de cierto tiempo. Esto condujo a creer que las reparaciones periódicas mantenían las condiciones operativas correctas de las piezas antes de que se desgastaran y así se lograba prevenir y evitar las fallas. En los casos en que esta estrategia no parecía estar funcionando, se asumía que se estaban realizando inoportunamente las reparaciones, es decir, muy tarde; esto condujo los esfuerzos a acortar el tiempo entre reparaciones. Desafortunadamente los gerentes de mantenimiento de las aerolíneas hallaban que en la mayoría de los casos, los porcentajes de falla no se reducían y, por el contrario, se incrementaban.

A finales de los años 50 del siglo pasado, la aviación comercial mundial tenía más de 60 accidentes por cada millón de despegues.

Si actualmente se estuviera presentando la misma cantidad proporcional de eventos, se estarían presentando entre dos o tres accidentes aéreos diariamente en algún sitio del mundo (involucrando aviones de 100 pasajeros o más). Dos tercios de los accidentes ocurridos al final de los años 50 eran causados por fallas en los equipos.

Esta alta tasa de accidentalidad, aunada al auge de los viajes aéreos, implicaba que la industria aérea tenía que hacer algo para mejorar

la seguridad. El hecho de que una tasa tan alta de accidentes fuera causada por fallas en los equipos significaba que, el principal enfoque tenía que hacerse en la seguridad, como componente fundamental de la confiabilidad.

Actualmente se reconoce a la aviación como la manera más segura de viajar. La historia de la transformación de la manera de entender y hacer mantenimiento en la aviación comercial, desde una gran cantidad de supuestos y prácticas tradicionales hasta llegar a un proceso analítico y sistemático, fue lo que originó e hizo que naciera el mantenimiento centrado en confiabilidad, conocido como RCM - Reliability Centered Maintenance (por sus siglas en inglés).

Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM, es un proceso desarrollado durante los años 60 y 70 del siglo pasado por los empleados de United Airlines: Stanley Nowlan y Howard Heap, quienes después de 20 años de carrera, investigando y experimentando en la aviación, publican su libro “Reliability Centered Maintenance”, con la finalidad de ayudar a las personas que definen los planes de mantenimiento a determinar las mejores estrategias, para lograr que se cumplan las funciones de los activos físicos y para manejar las consecuencias de sus fallas. Hasta hoy no hay un proceso más integral, completo y responsable para hacerlo.

Uno de los hallazgos principales con esta investigación es el reconocimiento de que las estrategias de mantenimiento se deben definir a nivel de causa de falla, es decir, un activo tiene muchas funciones que pueden fallar debido a diferentes causas y cada causa obedece a un fenómeno físico de desgaste, un error humano, una influencia ambiental, pérdida de integridad o fenómenos repentinos que pueden hacer que se degrade o suspenda el cumplimiento de sus funciones.

Bajo esta premisa la definición de una estrategia de mantenimiento, y su posterior conversión a recursos y costos, se debe hacer a nivel de las causas de falla.

Una gran ventaja del RCM es el modo en que provee criterios simples, precisos y fáciles de comprender para decidir (si hiciera falta) qué tarea sistemática es técnicamente aplicable, si se justifica hacerla en cualquier contexto, y si fuera

así, para decidir la frecuencia con la que se debe ejecutar y quién debe de hacerlo.

Por ejemplo, claramente la norma ISO 15663-1 incide en que el costo de ciclo de vida debe ser sustentado con base en la información técnica de mantenimiento y sugiere usar:

- Análisis de modo, efectos de falla y criticidad (FMECA por sus siglas en inglés).
- Análisis y modelamiento de la disponibilidad.
- Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM).
- Análisis de valor funcional o de ingeniería.

El primero permite hallar los modos de falla, aunque no las tareas y, por lo tanto, el costo es incierto y no es gran apoyo para el componente costos de mantenimiento.

El segundo es muy importante a la hora de definir en la etapa de diseño los equipos de respaldo y niveles de orden de trabajo a nivel de activo, aunque su fortaleza no es la definición de las estrategias de mantenimiento y, el último, es un excelente apoyo a nivel global para el enfoque financiero.

3. APLICACIONES DEL ANÁLISIS DEL COSTO DEL CICLO DE VIDA

El análisis del costo del ciclo de vida tiene las siguientes tres formas de aplicación:

3.1. Como herramienta de ingeniería

El primer valor que se puede cuantificar en la adquisición de un activo, es precisamente su costo inicial, el costo de adquisición. Sin embargo, un análisis del costo del ciclo de vida permite ver hacia el futuro, evaluando cuales serán los costos que traerá la operación de dicho activo.

Muchas veces el artículo de menor valor a la hora de realizar una compra, no es el que más económico resulte, pues sus gastos de mantenimiento, instalación, reparación, entre otros, pueden ser más altos que los de otro activo que quizás resulte más costoso al inicio, pero que no sea necesario reparar con una alta frecuencia, que su mantenimiento sea moderado y que, por ende, a

largo plazo resulte una mejor opción en cuanto a economía.

Son tan altos los costos durante la vida productiva de un activo, comparados con el valor de su adquisición, que incluso mantenerlo puede costar de 2 a 20 veces más que adquirirlo. Por este motivo, buscando la economía y la eficacia para la empresa, los ingenieros y encargados de equipos, maquinaria y demás activos, deben pensar como MBAs (Master in Business Administration, por sus siglas en inglés, o en su defecto, como administrador de negocios) pero actuar como ingenieros.

Como herramienta de ingeniería, el análisis de costos del ciclo de vida, lo que hace es eliminar los costos antes de que se incurra en ellos, pues con un estudio e investigación, tanto del contexto operacional como de los antecedentes, se puede establecer la mejor opción de inversión y que ésta traiga como resultado beneficios económicos para la empresa.

3.2. Como apoyo en la toma de decisiones en la gestión de activos

Además de ser una herramienta de análisis que se aplica al inicio de la vida de un activo, o antes de su adquisición, el análisis de los costos del ciclo de vida debe ser empleado también al momento de tomar una decisión durante el funcionamiento de un activo, es decir; cuando un elemento lleva un tiempo produciendo o siendo utilizado, pero ocurre una falla que necesita ser reparada, se debe determinar qué resulta una mejor opción para la compañía.

Lo que se puede determinar mediante la aplicación del análisis de los costos del ciclo de vida es si se debe reemplazar el activo o, si en vez de esto, resulta mejor repararlo y seguir haciéndole mantenimiento.

Otra decisión importante que puede ayudar a tomar el análisis de los costos del ciclo de vida en una empresa es la de invertir más en un activo desde su diseño, para hacer que, a largo plazo, esta inversión sea más económica. Esto se manifiesta cuando al comprar un activo, pueden adquirirse además ciertos elementos que ayuden a que dicho activo funcione de manera más eficiente, ya sea que se prolongue su ciclo de vida, o que durante éste sea más económico su man-

tenimiento, sea más confiable y se reduzcan así los gastos futuros.

Los encargados de llevar a cabo el análisis de costos del ciclo de vida, deben tener en cuenta que no siempre la opción más costosa en su adquisición, será por esto la más perdurable, la que menos fallas tenga y que no haya que mantener tan a menudo. Pues de igual modo que la opción más “económica”, no siempre termina siéndolo; la más costosa no tiene por qué ser la más resistente.

Las decisiones que se tomen a la hora de hacer mantenimiento o reemplazar los activos, también son importantes determinaciones que se deben tener en cuenta y a las cuales es indispensable hacerles análisis. Por ejemplo, se debe realizar un estudio de qué tan confiables han sido equipos de similares características, cuál ha sido su tiempo medio entre fallas, cuáles de estas fallas pueden ser pronosticables y prevenidas y cuáles no, entre muchos otros hallazgos de alto interés para la gestión.

3.3. Análisis de costo de ciclo de vida en el entorno ambiental

Dado que actualmente se está dando mucha importancia al tema ambiental a nivel global, las empresas están en el deber de controlar que sus procesos no afecten el entorno en el que se encuentran. Específicamente la norma ISO 14000 – Sistema de gestión ambiental – ha recibido mucha atención.

Sin embargo, aunque sea un tema relativamente nuevo, el cuidado del ambiente siempre ha estado presente en el análisis de costos del ciclo de vida de un activo, no sólo por el cumplimiento de las normativas, sino también porque a la larga, el cuidado ambiental va a traer economía para la empresa.

Un claro ejemplo de esto, ilustrado con un elemento común, es al adquirir un bombillo o lámpara. Existen en el mercado diferentes opciones, entre las que se encuentra una “ahorradora de energía”, la cual tendrá un costo inicial más alto que un bombillo normal, pero que estará ahorrando energía eléctrica al mismo tiempo que esto contribuye al cuidado del medio ambiente y recursos naturales.

Además, dentro de la sumatoria de valores de costos que componen el ciclo de vida se encuentra también el costo ambiental, y no se debe pensar que es menos importante que otros, sólo por el hecho que no traiga beneficios o ganancias directas.

En este punto, es preciso decir que el entorno ambiental y los costos que éste represente en el ciclo de vida, están también ligados al país y zona geográfica donde se vaya a implementar el activo. Pues según esto se determinan cuáles legislaciones específicas de cada territorio, normas e incluso impuestos ambientales aplican para la empresa o no; no es lo mismo llevar a cabo la elaboración o gestión de un activo en Latinoamérica que en Europa o en Asia: son diferentes los recursos, los daños ambientales que pueden ocurrir y por ende las regulaciones y costos.

4. BENEFICIOS

La metodología de análisis de costos del ciclo de vida provee un enfoque estructural para evaluar alternativas de diseño. Al enfocarse en el ciclo de vida del proyecto, el análisis de costos del ciclo de vida impulsa al analista a direccionar no sólo los costos iniciales de un proyecto, sino el cronograma, el alcance y los recursos requeridos para las actividades futuras de reparación y mantenimiento.

La mejor práctica del análisis del costo de ciclo de vida también direcciona al analista a cuantificar y comparar los efectos de diferentes opciones de implementación de proyectos sobre los usuarios de las vías, quienes pueden experimentar costos significantes debido a los temas de congestión y seguridad asociados con las zonas de trabajo.

Los sistemas actuales proveen una gran oportunidad para ahorrar a través del uso de métodos de análisis del costo de ciclo de vida pero, además de las razones económicas para usar el análisis de costo de ciclo de vida, muchas organizaciones están muy conscientes del impacto ambiental de sus empresas y están considerando la eficiencia energética como una forma de reducir emisiones y preservar los recursos naturales. Incluso es importante conocer que la reducción de impacto a nivel ambiental se puede solventar no sólo por medio del ahorro de energía, sino por medio de otros factores, como por ejemplo incurriendo en “gastos” iniciales, en sistemas amigables.

bles con el ambiente o sistemas que ayuden a reducir la contaminación.

Para la mayoría de las compañías, el costo de energía y/o de mantenimiento, son los que dominan en los costos del ciclo de vida. Sin embargo muchas veces, los encargados no se dan cuenta de ello y, por lo tanto, no toman medidas para reducir gastos. Algo muy importante es, por ejemplo, tener en cuenta los valores actuales de la energía y realizar un promedio de los incrementos cada año, de esta manera se puede prever y tener un estimado de lo que representará este costo en el ciclo de vida del activo.

Cosas como estas, es decir, estimados de gastos futuros, entre otros, permiten a la larga tomar decisiones que conlleven a que la compañía que implementa un exitoso análisis de costos del ciclo de vida, tome decisiones que traigan resultados beneficiosos en relación costo-efectividad y costo-beneficio.

4.1. Beneficios para el análisis de información

Al estudiar la información, que es uno de los pasos más importantes a la hora de aplicar la herramienta de análisis de costos del ciclo de vida, se pueden obtener beneficios y excelentes resultados para la empresa; la base de una buena decisión es realizar un buen análisis y obtener la información que sea necesaria, pues esto permite:

- Identificar los diferentes elementos de costo de mantenimiento.
- Proporcionar información sobre los costos generados por los diferentes orígenes y tipos de mantenimiento.
- Identificar los costos reales de mantenimiento en el momento en que se causan, obteniendo información sobre las desviaciones importantes de costo a través del tiempo.
- Proporcionar información necesaria para la definición de presupuestos de costos de mantenimiento más reales.
- Permitir analizar el comportamiento de los costos a través de los diferentes centros y elementos de costos.
- Permitir tener información para la justifica-

ción de proyectos de adquisición de equipos, modificación de procesos, etc.

4.2. Beneficios para la gestión de mantenimiento

En el área de mantenimiento, los resultados de un análisis del costo del ciclo de vida serán positivos en el sentido que se puede:

- Proporcionar información sobre efectividad y calidad del servicio, para establecer políticas de desempeño de la organización de mantenimiento.
- Proporcionar medidas cuantificables para evaluar el progreso contra los objetivos fijados.
- Proporcionar información de costos de mantenimiento desde el punto de vista gerencial, control y operativo.
- Proporcionar criterios para la evaluación de los diferentes niveles administrativos y operativos de la organización de mantenimiento.
- Conocer el grado de utilización de los recursos de mantenimiento a partir de la definición de los factores de utilización.
- Identificar áreas sobre las cuáles se deben producir las acciones encaminadas a optimizar los costos de mantenimiento.
- Establecer cómo los costos se incrementan en función de la obsolescencia y tiempo de servicio, para tomar decisiones sobre la bondad de reacondicionamiento, validez de garantías y negociación de pólizas de seguros.

5. CONCLUSIONES

Después de la explicación, ejemplos, información actualizada y terminología vista en este capítulo se puede concluir lo siguiente:

1. Un análisis del costo del ciclo de vida puede permitir en las empresas tomar decisiones no sólo a la hora de adquirir activos nuevos, sino a la hora de conocer el rendimiento y los costos de los equipos que ya poseen.
2. Para que un análisis del costo del ciclo de vida sea exitoso, debe contarse inicialmente con un

grupo de profesionales capacitado, dispuesto a realizar la labor de investigación y estudio de antecedentes, estudio de las diferentes posibilidades de adquisición, entre otras labores. Además de que se debe dar suficiente importancia a todos los costos del ciclo de vida, teniendo en cuenta incluso su descarte, reposición y desmantelamiento.

3. El análisis del costo del ciclo de vida toma en cuenta los costos desde la adquisición del ac-

tivo hasta su puesta fuera servicio, sin dejar fuera ningún valor. Incluso se toman en cuenta valores futuros en los que aún no se ha incurrido, pero que según los análisis, se supone que se llevarán a cabo algún día.

4. Para el área de mantenimiento es importante el análisis de costos del ciclo de vida de los activos, pues esto les permite incluso informarse o presupuestar determinado número de mantenimientos preventivos y prever las fallas posibles.

BIBLIOGRAFÍA

- LIFE – CYCLING COSTING, Using activity – based costing and Montecarlo methods to manage future costs and risks, Jan Emblemsvåg (ISBN: 0-47-35885-1).
- MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD, JOHN MOUBRAY (ISBN: 09539603-2-3).
- MAINTENANCE PLANNING AND SCHEDULING HANDBOOK (SECOND EDITION), Doc Palmer (ISBN: 0-07-145766-6).
- PMM – ORGANIZACIÓN Y GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO (Mantenimiento como negocio “Balanced Scorecard”), Luis Amendola (ISBN: 978-84-935668-1-4).
- MANTENIMIENTO EN LA PRÁCTICA – Pedro Eliseo Silva Ardila (ISBN: 978-958-44-4915-3).
- ¿PODEMOS RETRASAR EL REEMPLAZO DE ESTA PLANTA? – The Woodhouse Partnership Ltd. UK.
- ANÁLISIS DE VIDA ÚTIL DE EQUIPOS Y BIENES DE CAPITAL – Roberto Abarca D. & Mauricio Alvarado U.
- PROCESO DE ANÁLISIS DEL COSTO DEL CICLO DE VIDA– Publicación de la RAC.
- COSTO DE CICLO DE VIDA– Paul Barringer.
- INDICADORES DE CONFIABILIDAD PROPULSORES EN LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO – Luis Amendola.
- EL CICLO DE VIDA– Pilar Navas.
- METODOLOGÍA DE PROYECTOS DE REEMPLAZO DE EQUIPOS– Ministerio de planificación y cooperación, División de planificación, estudios e inversiones.
- MEJORAMIENTO DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE BOMBEO: ¿UNA OPORTUNIDAD IGNORADA?– Europump, Hidraulic Institute y la OIT.
- LIFE CYCLE COST MODELS AND COSTO ESTIMATION METHODS, Life Cycle costing for engineers– B.S. Dhillon.
- ANÁLISIS DEL COSTE DEL CICLO DE VIDA DE LOS SISTEMAS, Fabrycky. Walter J. (ISBN: 84-89338-15-9).
- ELLMAN SUEIRO Y ASOCIADOS, Gestión de activos y ciclo de vida del Ingeniero Santiago Sotuyo Blanco.
- MEJORAMIENTO DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE BOMBEO: ¿UNA OPORTUNIDAD IGNORADA?, Por Europump, Hidraulic Institute y la OIT.
- LIFE CYCLE COSTING MANUAL, For the federal Energy Management Program
- Artículo- Cómo determinar los costos de mano de obra de técnicos de mantenimiento, Pérez Jaramillo Carlos Mario.
- Artículo- Costos en la función de mantenimiento, Pérez Jaramillo Carlos Mario.
- Artículo- Los indicadores de gestión, Pérez Jaramillo Carlos Mario.
- Artículo- Métrica de RCM: Cómo gestionar y administrar la aplicación, Pérez Jaramillo Carlos Mario.
- Artículo- Mitos para la implementación de RCM, Pérez Jaramillo Carlos Mario.
- Artículo- Los modelos de gestión integral de activos, Pérez Jaramillo Carlos Mario.
- Artículo- Paradigmas de mantenimiento de clase mundial, Pérez Jaramillo Carlos Mario.
- Artículo- RCM: Casos de éxito y sus factores clave, Pérez Jaramillo Carlos Mario.
- Nazim U. Ahmed, A design and implementation model for life cycle cost management system.
- Ling Wang, A product family based life cycle cost.
- Senthil Kumaran Durairaj, Evaluation of life Cycle cost analysis methodologies.
- NSW department of public works and services cataloguing publication data, Life Cycle costing guideline.
- Gerald Rebitzer and Stefan Seuring, Methodology and Application of Life Cycle Costing.
- Ki MunJung, MinjaePark, DongHoPark, System maintenance cost dependent on life cycle under renewing warranty policy.
- Shaomin Wu PhilLonghurst, Optimising age-replacement and extended non-renewing warranty policies in lifecycle costing.
- David G. Woodward, Life cycle costing-theory, information acquisition and application.
- Norma ISO 15663-1.
- Norma SAE ARP4293.
- State of Alaska Department of Education & Early Development, Life Cycle Cost Analysis Handbook.
- Sieglinde Fuller, Life Cycle cost analysis.
- Pavement Division Interim Technical Bulletin, Life-Cycle Cost Analysis in Pavement Design.
- Betterbricks, Life-cycle Cost Analysis versus Simple Payback – Why, When, How.
- Henry Manczyk, CPE, CEM, Life Cycle Cost Analysis Selection of Heating Equipment.
- Yoshio KAWAUCHI Marvin RAUSAND, Life Cycle Cost (LCC) analysis in oil and chemical process industries.
- LIFE-CYCLE COST ANALYSIS The Pennsylvania experience.
- LIFE-CYCLE COST ANALYSIS The Colorado Experience.
- LIFE-CYCLE COST ANALYSIS The Georgia Experience.

NOTA: Este artículo hace parte del libro de Gestión de Mantenimiento, de Carlos Mario Pérez Jaramillo. Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida en cualquier forma material (incluyendo fotocopiado o almacenamiento electrónico sea o no transitoriamente o accidentalmente) para algún otro uso fuera de esta publicación.

Propuesta de Creación y Transmisión de Manera Segura de la Evidencia Digital



Tomás Marqués Arpa

Máster de Investigación en Seguridad en la TICs
Universitat Oberta de Catalunya



Jordi Serra Ruiz

Doctor Ingeniero Informático
Universitat Oberta de Catalunya

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, con el auge de las TICs (Tecnologías de la Información y las Comunicaciones), es necesario proporcionar herramientas, métodos y procedimientos que aseguren las evidencias digitales. Entendiendo las evidencias digitales como ficheros, datos o registros que puedan ser tratados digitalmente, y que en nuestra investigación serán fotos, audios o videos, los cuales serán captados y presentados como pruebas en un proceso judicial.

El estudio que se presenta, se ha desarrollado en virtud del programa de investigación e innovación de la Unión Europea “Líneas de Investigación de la Comisión Europea para 2013”[1] y que a partir de 2014 ha pasado a denominarse programa Horizonte 2020 (H-2020).

La metodología utilizada en la investigación ha sido la de “Diseño y Creación” (sensibilización, sugerencia, desarrollo, evaluación y conclusión) [2], [3]. Así, podemos indicar que los principales beneficios o resultados de este estudio en las evidencias digitales, serán los siguientes: la generación de una propuesta en el proceso de creación y transmisión, la contribución para la mejora en la gestión y el planteamiento de un método seguro para el envío.

Las principales cuestiones planteadas son si

es posible desarrollar un nuevo método para la Cadena de Custodia, en adelante CdC digital, si se puede implementar y en caso afirmativo, si se puede extender a los enlaces, datos y aplicaciones. Otras cuestiones que abordaremos son, si el método propuesto es más seguro que el utilizado en la actualidad y con menor carga computacional, así como si existen métodos anteriores similares al tema tratado.

Así pues, se fijan los siguientes objetivos de la investigación:

- Una revisión, análisis y evaluación de la literatura propuesta [4]–[8].
- La implementación de un MGED (Marco de Gestión de la Evidencia Digital) y el estudio de su funcionalidad.

Análisis forense

En cuanto a la etimología de la palabra forense, se puede decir que viene del latín forensis (“antes del foro”), aunque en la actualidad se refiere a algo relacionado con los “Tribunales de Justicia” [9].

Como se define por Clint et al [10] y Carrier [11], la ciencia forense digital es una rama de la ciencia forense que abarca la recuperación e investigación de los materiales que se encuentran en los dispositivos digitales o generados por ellos

y a menudo, en relación con delitos informáticos. En la ciencia forense, los principios científicos, métodos y técnicas se aplican a la justicia buscando el bien de la sociedad y de la seguridad pública[9]. Así pues, el forense informático es responsable de asegurar, identificar, preservar, analizar y presentar pruebas digitales de modo que se acepten en los procesos judiciales[9].

Evidencia

Se denomina así a cualquier elemento que proporcione la información, mediante el cual se pueda deducir alguna conclusión o que constituya un hallazgo relacionado con el hecho que está bajo investigación[9].

Cadena de Custodia

Consiste en un informe detallado que documenta la manipulación y el acceso a las pruebas objeto de la investigación. La información contenida en el documento debe ser conservada adecuadamente y mostrará los datos específicos, en particular todos los accesos con fecha y hora determinada [12].

Citando a Colquitt: “El objetivo pues, de establecer una Cadena de Custodia es para convencer al Tribunal de Justicia de que es razonablemente probable que la exposición sea auténtica y que nadie ha alterado o manipulado la prueba física”[13].

El Instituto Nacional de Justicia de los EE.UU., define la CdC como “un proceso que se utiliza para mantener y documentar la historia cronológica de las pruebas”. Esto significa el control de las personas que recogen la evidencia y de cada persona o entidad que posteriormente tiene la custodia de la misma, de las fechas en las que los artículos fueron recogidos o transferidos, de la agencia y el número del caso o el nombre del sospechoso, así como una breve descripción de cada elemento [14].

En lo que respecta al tratamiento de la evidencia digital en la CdC, podemos citar la norma: “BS 10008:2008. Especificación sobre las pruebas y admisibilidad legal de la información electrónica, BSI British Standard”[15]. En ella se incluyen los diferentes aspectos relacionados con el tratamiento de las principales pruebas digitales.

Para probar la CdC, es necesario conocer todos los detalles sobre cómo se manejó la evidencia en cada paso del camino. La vieja fórmula utilizada por la policía, los periodistas y los investigadores de “quién, qué, cuándo, dónde, por qué y cómo” (del inglés “las cinco Ws y una H”), se puede aplicar para ayudar en la investigación forense de la información [7], [16].

Para garantizar la admisibilidad de las pruebas, es necesario prestar especial atención a los métodos y procedimientos utilizados para la obtención de las mismas, respetando no sólo los procedimientos técnicos sino también la legislación judicial y la legislación aplicable al caso. Las medidas tomadas no deben modificar las pruebas y todas las personas involucradas deben ser competentes en procedimientos forenses. Todas las actividades realizadas deben documentarse y conservarse las pruebas, de modo que estén disponibles para la repetición de exámenes con el mismo resultado. En ciertos momentos, los procedimientos podrían llevarse a cabo en presencia de un notario o secretario judicial. Las personas que están a cargo de las pruebas digitales son las responsables de las medidas adoptadas con respecto a ellas mientras estén bajo su custodia [15].

2. ESTADO DEL ARTE

Marco de Gestión de la Evidencia Digital (MGED)

J. Ćosić y M. Bača, de la Universidad de Zagreb, en Croacia, proponen en el 2010 el Digital Evidence Management Framework[7], mediante el cual es posible desarrollar un marco de gestión sencillo para el proceso de la investigación digital basado en las causas y en los efectos producidos por los eventos. Las fases se pueden organizar en función de los requisitos básicos de la investigación, es decir, habrá que encontrar la evidencia que muestre las causas y efectos de un evento y, por tanto, será necesario desarrollar hipótesis sobre los hechos ocurridos en la escena del delito. Cada fase tiene un objetivo claro y los requisitos y procedimientos se pueden desarrollar en consecuencia. Como afirmaban Carrier y Spafford en el 2004[17], se deberán perfilar claramente las definiciones y los conceptos que se utilicen en este marco.

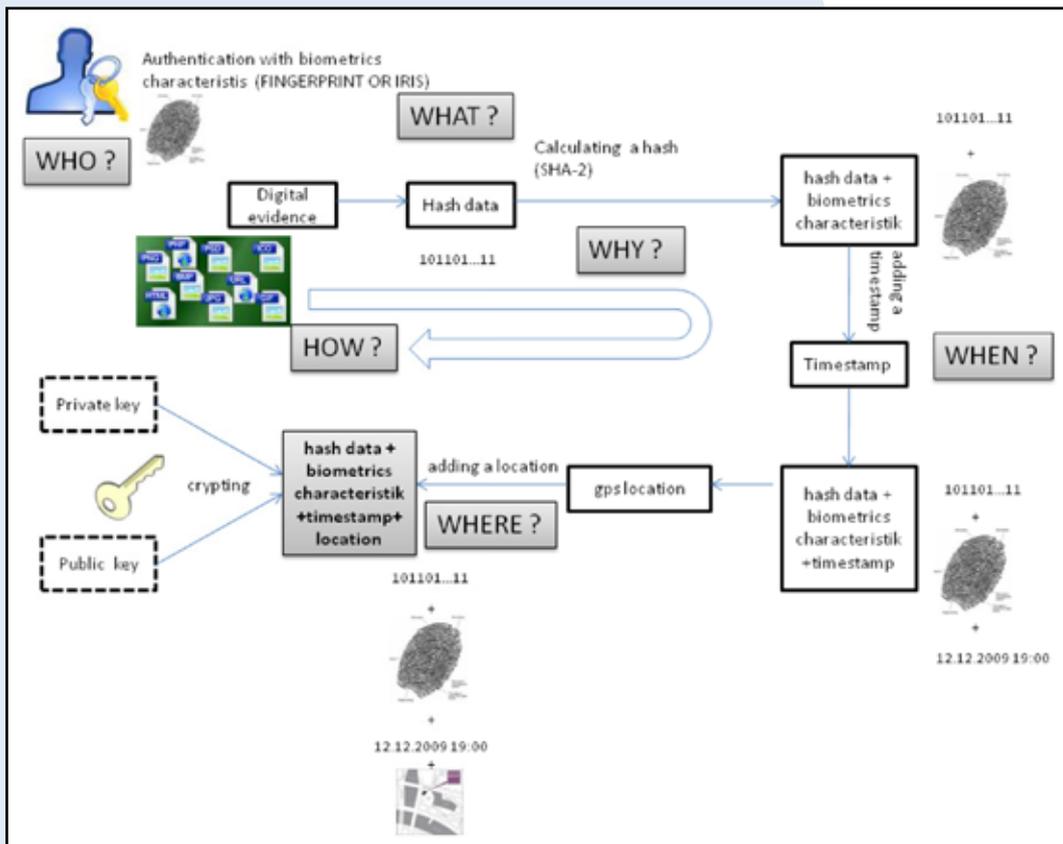


Figura N° 1: MGED propuesto por Ćosić y Bača[7].

En la Figura N° 1 se muestra la propuesta del concepto del MGED, que garantiza la seguridad de una cadena de custodia sobre la base de las “cinco Ws y una H” que proponen Ćosić y Bača[7]. Aconsejan utilizar una función SHA-2 (Secure Hash Algorithm) de la huella digital de la evidencia, una característica biométrica de autenticación e identificación para la firma digital (quién), control de fecha y hora mediante la adición de un estampado generado por una entidad de confianza (cuándo), la utilización de servicios de posicionamiento global (mediante el sistema americano por satélite GPS, su equivalente ruso GLONASS y/o Google Maps) o algún dispositivo de RFID (Identificación por Radio Frecuencia) para la geolocalización (dónde) y el cifrado asimétrico para asegurar la evidencia digital (cómo).

Huella de la evidencia

Ćosić y Bača proponen que no se utilice la evidencia digital original, en su lugar recomiendan que se maneje una huella digital de las pruebas. Para calcular la huella digital se utilizará una función hash SHA-2, en lugar de las funciones SHA-0 o SHA-1. Esto se hace para evitar un ataque criptográfico (colisión, dos mensajes diferentes y que el hash de ellos sea el mismo y/o ataque

preimagen, generar el mensaje a partir del cual se ha derivado el resumen). No hay límite del tamaño del archivo de evidencia digital para el que se desea calcular un hash. Se puede utilizar un archivo (jpg, tiff, txt, etc.), un grupo de archivos o algún tipo de archivo específico (zip, rar, tar, etc.) o incluso una unidad física (disco duro, memoria externa, etc.). Al utilizar una función hash o resumen SHA-2, se dará un valor de tamaño fijo (224, 256, 384 ó 512 bits dependiendo de si se usa SHA-224, SHA-256, SHA-384 ó SHA-512). Las huellas más utilizadas son SHA-256 y SHA-512.

Características biométricas

Ćosić y Bača plantean, con el fin de realizar la autenticación e identificar y conocer a las personas que manejan la evidencia, la utilización de las características biométricas del individuo. Como pueden ser la huella de algún dedo de la mano, las características del iris del ojo, las características morfológicas de la cara, etc. El requisito previo para poder utilizar las características biométricas, es la necesidad de disponer de una base de datos de todas las personas que manejan las evidencias, entre las que se deben incluir los agentes de policía relacionados de alguna manera con el caso, los investigadores que han obtenido las

pruebas de campo, los investigadores forenses, los peritos judiciales y el personal judicial. Porque la mejor manera de garantizar la integridad de la evidencia es que todas las personas relacionadas con el caso, estén completamente identificadas.

Estampado de tiempo

Ćosić y Bača recomiendan para conocer el momento en el tiempo en el que se descubre la evidencia y han sucedido los acontecimientos y acciones, una estampación digital del tiempo utilizando una fuente de confianza conocida.

Otros autores como Willassen[18], indican que también es posible el uso de métodos correlativos de sello de tiempo almacenado en el sistema de adquisición y que ya fueron creados por otros sistemas (por ejemplo, mediante la fecha y hora de páginas web generadas dinámicamente).

Gayed et al [4] citan la “web semántica” como solución flexible para simbolizar la diferente información, ya que proporciona los lenguajes de marcas semánticas (markup) para la representación de los datos con el apoyo de diferentes vocabularios. Estas características pueden ser explotadas para mostrar el documento tangible de la CdC que asegura su fiabilidad e integridad. Por otra parte, pueden incluirse también los mecanismos de consulta de los datos representados para responder a diferentes cuestiones forenses y de procedencia, formuladas por los jurados sobre el caso tratado.

Ćosić y Bača proponen que el método para esta fase sea un “tiempo de estampado de confianza”[8]. El estándar “RFC 3161” define que la marca de tiempo de confianza es un sello de tiempo emitido por una Autoridad de Certificación (Trusted Third Party, TTP), que actúa como una Autoridad de Sellado de Tiempo (Time Stamping Authority, TSA)[19]. Cuando se obtiene la evidencia digital, el marco de gestión envía una solicitud a la TSA para obtener un certificado de sello de tiempo de confianza. En este proceso hay que tener un acceso al sistema de gestión de la TSA, o podemos desarrollar un sistema interno con la infraestructura de la TSA. Es imprescindible mencionar que en este tipo de “sistema de tiempo” deben existir unos “auditores externos” que actúan como testigos.

Geolocalización

Ćosić y Bača indican que se debe determinar el lugar exacto donde se maneja la evidencia digital y dónde se ha manipulado. Actualmente en los EE.UU. algunos organismos utilizan la tecnología de RFID (Radio Frequency Identification), para hacer un seguimiento de la evidencia durante su ciclo de vida. A pesar de que con RFID se puede hacer un seguimiento de una evidencia digital, no se pueden conseguir las coordenadas (localización). Por este motivo, otros autores como Strawn[20], recomiendan el uso de un Sistema de Posicionamiento (GPS o GLONASS) para efectuar la recogida e investigación de las evidencias.

Respecto a la utilización de etiquetas RFID, podemos asegurar que es muy práctica en la clasificación y almacenamiento de la evidencia física, como por ejemplo en los depósitos judiciales, porque si se pierde el documento de control es posible encontrar la evidencia. Pero lo ideal es que la evidencia digital incorpore los datos de geolocalización en los metadatos, tal y como se propone en el presente trabajo.

Cifrado asimétrico

Para una seguridad mayor, Ćosić y Bača se refieren a un cifrado asimétrico. La evidencia digital y el valor obtenido se cifrarán con la clave privada recibida de la Autoridad de Certificación y se almacena para su uso posterior. Todo el proceso se representa en la Figura N° 1.

3. NUESTRA PROPUESTA

Propuesta de creación y transmisión de la evidencia digital

Se muestra en la Figura N° 2 y se basa en el método de las “cinco Ws y una H”[7], [16].

Ćosić y Bača proponen el uso de la identificación biométrica de la persona que se encarga de la captación de las pruebas, como la mejor forma de referencia. Aunque en las aplicaciones de Smartphones su uso está limitado, en la actualidad, se está comenzando a crear aplicaciones para Android que detectan el iris del ojo o incluso la huella dactilar en la identificación personal y su posterior uso como medio de pago. Así, en un futuro próximo no será necesario el PIN (Personal Identification Number) para desbloquear los

sistemas como hasta ahora y se aplicará en su lugar la identificación biométrica.

En la identificación sí es posible aplicar el número IMEI (International Mobile Equipment Identity) del teléfono, así como el número de teléfono asociado a la tarjeta SIM (Subscriber Identity Module). Debido a la legislación antiterrorista aplicada en la mayoría de los países, los números de teléfono asociados a las tarjetas SIM identificarán al propietario.

Para determinar el lugar donde se genera la evidencia digital es necesario el uso de la geolocalización. Para ello, la forma más precisa es mediante el uso de satélites. Hasta hace poco sólo era posible utilizar la constelación de satélites norteamericanos GPS, pero a partir de los últimos años también se puede utilizar en combinación los rusos GLONASS y, en un futuro próximo, también se podrá utilizar la constelación europea Galileo o GNSS (Global Navigation Satellite System). Si en la actualidad la identificación de la posición se realiza con un error máximo entre 2 y 3 metros, próximamente gracias a la exactitud será de centímetros. Así mismo, el uso de datos GNSS PRS (Public Regulated Service) en la geolocalización por parte de los investigadores policiales podrá evitar la posibilidad de ataques jamming (emisión de una señal interferente con la suficiente potencia como para saturar el receptor) y spoofing (señal maliciosa que sustituye a la señal real y engaña al receptor), ya que los niveles

de señal recibida serán mucho mayores que los habituales y la señal se recibirá cifrada.

La utilización de redes WiFi será limitada a WiFi WPA2 PSK con clave robusta no contenida en diccionario, que junto a la utilización de redes de telefonía 3G/4G podrán proporcionar geolocalización "indoor" mediante el servicio de Google o triangulación de estaciones de telefonía GSM, incluso como verificación de que la localización "outdoor" por satélite no está siendo atacada, dentro de los márgenes lógicos de inexactitud del servicio de Google o de las estaciones telefónicas.

Para verificar la geolocalización de las pruebas, si el dispositivo móvil está conectado a una red de telefonía GSM, el proveedor de servicios tiene un registro de las conexiones entre el dispositivo y las antenas en la zona, por tanto el dispositivo está geolocalizado. El problema del uso de estos datos está en que es necesaria una orden judicial para que el proveedor de servicio de datos telefónicos pueda facilitar la información en una investigación (mediante la "solicitud de prueba anticipada") [21].

Para generar la evidencia, tal como se muestra en la Figura N° 2, en primer lugar la cámara debe estar activada en el dispositivo. De este modo se obtiene una fotografía por una persona identificada y cualificada (tanto a nivel técnico como jurídico, normalmente un miembro de las Fuerzas



Figura N° 2: Propuesta de creación y transmisión de la evidencia digital.

de Seguridad del Estado), para así poder obtener unas pruebas válidas que podrán ser utilizadas en las actuaciones judiciales posteriores. En caso de que el dispositivo se encuentre bajo el área de cobertura de los satélites, con acceso seguro a Internet o con cobertura GSM, la prueba obtenida podrá ser geolocalizada. Una vez obtenida la evidencia con sus respectivos metadatos (datos asociados), se obtiene una huella digital que es enviada de manera segura (con cifrado TLS por el puerto 443) a una TSA, la cual devuelve otro archivo (por el mismo enlace seguro) con el “tiempo de confianza de estampado” como está definido en el estándar “RFC 3161”, junto con la evidencia que indica la certificación, mediante la fecha y hora de envío.

Propuesta de creación del paquete de evidencia

El paquete estará formado por un archivo zip en cuyo interior contendrá los ficheros de evidencias (fotografías, audios y videos), los ficheros devueltos por la TSA (en formato p7s) y el fichero “documento de pruebas y control de cambios”.

Con el fin de garantizar la CdC, es esencial mantener copias de seguridad tanto del paquete de evidencia recibido como del enviado, en dispositivos físicos externos. Así, en caso necesario y a requerimiento de los investigadores forenses, será posible determinar el punto de ruptura de la cadena de custodia y el momento a partir del cual la evidencia deja de ser válida, pero se evita su anulación.

El diseño de la CdC debería ser genérico y no debe limitarse al tamaño de las evidencias, cuyo valor puede ser desde unos pocos MBytes (fotografías, audios, etc.) hasta valores de TBytes (discos duros). Aunque para ficheros pequeños es posible su transmisión por correo electrónico, la forma más segura de envío es a través de un servidor SFTP (Secure File Transfer Protocol) o un FTPS (FTP-SSL) que proporcionen acceso remoto y, sobre todo, seguro. Aunque en los dos protocolos se recurre al algoritmo asimétrico (RSA, DSA), algoritmo simétrico (AES), y un algoritmo de intercambio de claves, para la autenticación del FTPS utiliza certificados X.509, mientras que SFTP utiliza las claves SSL. Por otro lado, aunque SFTP es más avanzado que FTPS, algunos dispositivos pueden no ser compatibles con SFTP (como los móviles, consolas, etc.) y, sin embargo, con FTPS sí lo son.

La posibilidad de que la evidencia sea interceptada (phishing, ataques al servidor, etc.) hace que sea muy conveniente su cifrado, por lo que se propone AES 128 o, preferiblemente, 256 bits[22], [23].

Mediante una herramienta alojada en la Web segura (para prevenir ataques wiretapping, consistentes en la escucha de la comunicación y Man-in-the middle, basado en la posibilidad de situarse en medio de una comunicación con el desconocimiento por ambas partes de la injerencia) de la compañía DigiStamp que actúa como TSA (<https://www.digistamp.com>), se obtienen las huellas digitales (SHA-2, 256 ó 512bits). La TSA crea un archivo con el mismo nombre que la evidencia y extensión p7s, que es un “PKCS#7 Signature” (Public-Key Cryptography Standard), de acuerdo con la sección 3.2 del “RFC 2311”[24]. La huella digital se almacena en la base de datos de la TSA y devuelve al emisor el archivo de extensión p7s. La TSA, vía herramienta alojada en su página web, ofrece la posibilidad de comprobar en el futuro la fecha y la hora de certificación del archivo (a modo de herramienta de auditoría).

Como cada vez que se envía a la TSA una solicitud de sello de tiempo se genera un archivo de extensión p7s, es posible el análisis forense de la CdC mediante el estudio de la correlación temporal de archivos.

Análisis de funcionalidad del paquete de evidencia

Se trata de demostrar que mediante un teléfono móvil inteligente o Smartphone (o Tableta, Smartcamera, etc.) es posible obtener evidencias digitales, así como definir e iniciar una CdC.

Mediante el análisis de los metadatos asociados con la evidencia (datos contenidos en el archivo de imagen intercambiable, Exif), es posible analizar con más detalle las características de la prueba:

- Título de la prueba. Es conveniente no modificar el nombre que de forma automática genera el Smartphone, ya que incluye la fecha y hora de la adquisición de la prueba.
- Tipo de archivo de la prueba. Permite identificar si se trata de un archivo de audio, vídeo o imagen fotográfica.
- Fecha y hora de la captura de la evidencia.

- Carpeta donde la evidencia se guarda en el Smartphone.
- Nombre del lugar en donde se obtuvo la evidencia. Se basa en el sistema de geoposicionamiento Google, por tanto, es esencial que la opción esté habilitada en el sistema operativo y 3G/4G o cobertura WiFi WPA2 PSK con clave robusta no contenida en diccionario.
- La geolocalización de la prueba (latitud y longitud), basada en el dispositivo GPS y/o servicio de Google.
- Tamaño de la evidencia, válido para indicar el camino a seguir en el tratamiento y la mejor manera de enviar la información.
- Resolución del archivo de imagen. Muestra la calidad de la información de las pruebas.
- La localización del archivo en la estructura de ficheros de la memoria del Smartphone: datos necesarios con el fin de tratar el archivo denominado "paquete de evidencia".

La mayor parte de los datos incluidos en los metadatos se pueden utilizar al generar la información en el documento de pruebas y de control de cambios. La Figura N° 3 muestra los detalles del fichero Exif generado en la utilización del GPS.

| GPS | |
|-----------------------------|-------------------------|
| Referencia de latitud GPS | Latitud norte |
| Latitud GPS | 28.124170' 0" |
| Referencia de longitud GPS | Longitud oeste |
| Longitud GPS | 15.424470' 0" |
| Referencia de altitud GPS | Nivel del mar |
| Altitud GPS | 34.5 m |
| Marca de fecha y hora GPS | 15:13:43 |
| Método de procesamiento GPS | (41,53,43,49,49,00,0... |
| Marca de fecha GPS | 2013:05:05 |
| Misceláneo | |
| Versión Exif | 2.2 |
| Nota del fabricante | (05,00,01,00,07,00,0... |
| Versión de FlashPix | 1.0 |
| ID Versión GPS | (2,2,0,0) |

Figura N° 3: Detalle del fichero Exif del GPS.

Lo mismo sucede con la posición exacta para localizar el punto de adquisición de las pruebas. La mejor manera de confirmar dicho lugar es mediante el uso de GPS, pero tiene el inconveniente

de sólo ser posible si el satélite es visible, ya que si no la información será aproximada.

Una vez que se ha obtenido la prueba y se han extraído los datos de identificación, es posible cifrar la evidencia. Para ello se puede recurrir al uso de aplicaciones de cifrado AES de al menos 128 bits.

Con la evidencia cifrada, será necesario enviar de manera segura el fichero a una TSA que proporcione un servicio de notaría electrónica. Si se utilizan los servicios de DigiStamp, se obtiene a nivel local una huella del tipo SHA-256 o SHA-512 bits. En cualquier momento se podrá verificar que el sello de tiempo ha sido generado por la TSA, así como el momento de generación.

Hay que señalar tres desventajas detectadas:

- La certificación es sólo para el momento en que se envía el archivo a la TSA, pero no indica la hora de la generación de evidencia.
- El trabajo de campo en el sitio web DigiStamp es imposible ya que no está diseñado para funcionar en dispositivos móviles y no funciona con cualquier navegador (Android, Opera, Firefox, Chrome, etc.). Por lo tanto, es necesario transferir la información a un ordenador personal y utilizar un navegador de Internet.
- El servicio tiene un costo por fichero. Por dicho motivo, se podría crear algún sistema que funcionara directamente para nuestro propósito.

Documento de pruebas y control de cambios

Existen varias opciones para el formato del mismo (texto plano, xml, doc, etc.) La propuesta de este trabajo, por su sencillez y universalidad, es de texto plano. El documento deberá contener, como mínimo:

- Nombre detallado de la persona que genera la evidencia, la posición, la razón, el lugar, la hora y la fecha, las autorizaciones, el nombre de las evidencias y los nombres de los ficheros de sellado de tiempo (archivos p7s).
- Nombre detallado, la posición, la razón, la ubicación, la hora y fecha de cada persona a la que se envía el documento en la CdC.
- La certificación en clave asimétrica del documento completo, con indicaciones de principio y fin.



```

Modif Document for evidence and change control.txt: Bloc de nota:
-----BEGIN PGP SIGNED MESSAGE-----
* Detailed name of the person acquiring the evidence: Tomás Miguel Marqués Arpa
* Position: MISTIC Researcher
* Reason: Analysis of functionality of the evidence package
* Place: Marina (Muelle Dique Este) in Las Palmas de Gran Canaria, Canary Islands, Spain
* Time (UTC, GPS, hh:mm:ss): 19:13:43
* Date (UTC, GPS, YYYY/MM/DD): 2013/05/05
* Authorizations: Test
* Fingerprint evidence: SHA-2, 512 bits
* Name of Evidence file: 20130505_161430.jpg
* Name of p7s file: 20130505_161430.jpgTEST.p7s

* Detailed name of the person modifying the evidence: Tomás Miguel Marqués Arpa
* Position: MISTIC Researcher
* Reason: Analysis of functionality of the evidence package
* Place: Las Palmas de Gran Canaria, Canary Islands, Spain
* Time (UTC, GPS, hh:mm:ss): 19:36:00
* Date (UTC, GPS, YYYY/MM/DD): 2013/05/11
* Authorizations: Test of DCoC
* Fingerprint evidence: SHA-2, 512 bits
* Name of Evidence file: 20130505_161430.jpg
* Name of p7s file: 20130505_161430.jpgTEST.p7s

-----END PGP SIGNED MESSAGE-----

-----BEGIN PGP SIGNATURE-----
Version: GnuPG v2.0.17 (Mingw32)

iQEcBAEBAgAGBQJRjpbGAAoJEPKJvh2sa2LugAFoH/1jJ3GmIY9T6uCTM82dEKrg2
+10GkwrUQdPTCnE3pwTw953deorT5Bx3rLTR/x+xpDzIdkA1jd6bXoENya+Mvexs
kgf0GfHldrRHzw7dENTrV4BMeExRXNj4xGcfuMBJkzskFv/ahmTeX1YGF+4xfXs
FEjLBr7dJVFYBw5eAppmF8JXBguyzx8NC9oD1f0Y6I4ryJo83QA/lw6ojQdmv/lx
r8IA8HqxuhkqP+/bfws10hrdwfQ6Rj/O11HT9tJup+Cuo39AXgoIsetJrdtgpjCu
Tal1808H7urkkyBTIEJ5Fz1cboc4EK13wt2wny7tTQhw8e17XP5wnxzv++Qbe5o=
=7LR1
-----END PGP SIGNATURE-----

-----BEGIN PGP SIGNATURE (After modification) -----
Version: GnuPG v2.0.17 (Mingw32)

iQEcBAEBAgAGBQJRjpbGAAoJEPKJvh2sa2LugK4H/jwJ0Nx9mEhrhKYZH5kMcqAN
NRzj3L7an51PKVWgzZMSBqTHDSKUT0ZjTcxovqr//BCx0B2YDMEHFmdhvZf0f
yo0K758952913gLLIS+FZJZFpaq21wyj2VWV5RIjybnT6FQGIah7xn+StQ++Ymny
KIAeARAYDUEBüyyjnhnkAZq9E13Fto8qBkhr4Vdwn9sPkGupt8+sm6XZTh28an
1AFwakTFaT692HNuJOGwTCDPBOWVXF6FpsvFRV5deZ668V2Y1YR/MW8jGI68C1Jo
wraJTyvx7x19phIvOjWwGdsEbfmarUF9mwbjck52HYA/NJKWw0fOkQwzq3+QU40=
=eQfh
-----END PGP SIGNATURE (After modification) -----

```

Figura N° 4: Documento de pruebas y de control de cambios.

La Figura N° 4 es un ejemplo del documento, que ha sido firmado con una clave RSA asimétrica de 2048 bits, utilizando el programa GnuPG versión v2.0.1 para Windows 7. La aplicación del programa será necesaria cada vez que el documento avance en la CdC y se hagan modificaciones a firmar.

Propuesta de una aplicación en Android

Consiste en la creación de una aplicación para teléfonos móviles inteligentes. Debe ser capaz de capturar evidencias simples, como fotografías, grabaciones de voz, o vídeos; crear el paquete de evidencia y realizar envíos de correo electrónico o a un servidor seguro SFTP o FTPS.

La aplicación ha de tener en cuenta los componentes del equipo que necesitan ser activados. Una vez que la evidencia ha sido capturada, la aplicación será capaz de cifrar, realizar una conexión segura a una TSA y obtener los archivos p7s. Con la ayuda de los metadatos, será capaz de generar el documento de pruebas y de control de cambios, que estará firmado utilizando una clave asimétrica RSA de 2048 bits.

Al final ha de ser capaz de generar un archivo

comprimido de la evidencia, formado por la propia evidencia, el archivo p7s y el documento de pruebas y de control de cambios. Este fichero es el paquete de evidencia. Finalmente, el resultado deberá estar listo para ser enviado por email o preferentemente a un servidor seguro SFTP.

4. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Este trabajo ha sido desarrollado con la intención de crear un método válido de CdC. En un principio, la idea era sólo crear la cadena, pero con posterioridad se comprobó que ésta debía tener un punto de partida: la generación de la evidencia. Y fue allí donde se ha hallado lo que posiblemente sea el punto más débil de ella.

Por lo tanto, ¿se debe seguir un guión en la adquisición de pruebas para asegurar que se procede de manera correcta? La respuesta es que no. La tecnología actual puede permitir la automatización de ciertas tareas y rutinas, que es la propuesta principal de este trabajo mediante la creación de una herramienta que automatice el proceso en la parte más débil de la cadena: la correcta adquisición de la evidencia. Posteriormente, la prueba debe ser protegida de las mayores amenazas que se han detectado: spoofing, jam-

ming, phishing, man-in-the-middle, wiretapping, collision y preimagen. Para evitar esto y, sobre todo, para que no se pueda modificar fácilmente la evidencia sin dejar rastros, se ha propuesto un método de trabajo.

Las dos cuestiones planteadas en las preguntas y objetivos de investigación: ¿es posible desarrollar un nuevo método para la Cadena de Custodia? y, ¿el nuevo método puede ser implementado? La respuesta es afirmativa en ambos casos, como se ha demostrado.

Principalmente los trabajos de mejora se pueden centrar en los siguientes aspectos:

- Creación de una aplicación Android en la forma propuesta.
- Diseño de un dispositivo hecho en una plataforma del tipo “Raspberry Pi” o “BeagleBone Black” (pequeños ordenadores de muy bajo coste que admiten conexión de periféricos) y que pueden ofrecer otras posibilidades en la creación de las CdC mediante la utilización de imágenes en lugar de huellas, y que, por tanto,

eviten la recusación de una evidencia por la degeneración del soporte físico que la contiene.

- Uso de la identificación biométrica de los usuarios de acuerdo con el progreso técnico.
- Utilización de geolocalización lo más precisa y segura posible con la incorporación de datos de posicionamiento cifrados GNSS-PRS.
- Uso de datos de la tarjeta SIM para proporcionar la identificación del usuario.
- Realización de ciberataques a la propuesta con el fin de demostrar su debilidad o su fortaleza.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el Gobierno de España, Ministerio de Economía y Competitividad mediante los programas: TIN2011-27076-C03-02 “Co-PRIVACY: Privacidad sostenible para una sociedad de la información sostenible” y CONSOLIDER INGENIO 2010 CSD2007-0004 “ARES: Investigación Avanzada en Seguridad y Privacidad de la Información”.

REFERENCIAS

- [1] European Commission C-4536. “Líneas de investigación de la Comisión Europea para 2013”. Cooperación, tema 10, seguridad. Área material: 10.1.4. Delincuencia común y forense - Topic SEC-2013.1.4-2.- Desarrollo de un Marco Común Europeo para la aplicación de las nuevas tecnologías en la recopilación y el uso de la evidencia, julio 2012.
- [2] V. Vaishnavi, W. Kuechler. “Design research in information systems”, 2004 (revisión 2013), (acceso diciembre 2014). Disponible en <http://desrist.org/design-research-in-information-systems/>
- [3] B. J. Oates. “Researching information Systems and Computing”. SAGE Publications Ltd. London, 2006, (revisión 2013).
- [4] T. F. Gayed, H. Lounis, M. Bari. “Cyber Forensics: Representing and (Im)Proving the Chain of Custody Using the Semantic web”. COGNITIVE 2012: The Fourth International Conference on Advanced Cognitive Technologies and Applications, 2012.
- [5] G. Giova. “Improving Chain of Custody in Forensic Investigation of Electronic Digital Systems”. International Journal of Computer Science and Network Security, vol. 11, no. 1, 2011.
- [6] S. L. Garfinkel. “Providing cryptographic security and evidential chain of custody with the advanced forensic format, library and tools”. Naval Postgraduate School & Harvard University, USA, 2011.
- [7] J. Čosić, M. Bača. “A Framework to (Im) Prove “Chain of Custody” in Digital Investigation Process”. Proceedings of the 21st Central European Conference on Information and Intelligent Systems, 2010.
- [8] J. Čosić, M. Bača. “(Im)Proving Chain of Custody and Digital Evidence Integrity with Time Stamp”. Universidad de Zagreb, 2010.
- [9] M. Colobrán. “Análisis Forense de la Información”. Conceptos básicos. MISTIC. Universitat Oberta de Catalunya, 2012.
- [10] M.R. Clint, M. Reith, G. Gunsch. “An Examination of Digital Forensic Models”, 2002.
- [11] B.D. Carrier. “Defining Digital Forensic Examination and Analysis Tools”. International Journal of Digital Evidence, 2002.
- [12] P. G. Bradford, D. A. Ray. “An Online Algorithm for Generating Fractal Hash Chains Applied to Digital Chains of Custody”. Intelligence and Security Informatics 2007 Conference (ISI 2007).
- [13] J. A. Colquitt. “Alabama Law of Evidence”. The Mitchie Company—Law Publishers, Charlottesville, VA, 1990.
- [14] National Institute of Justice. National Forensic Science Technology Center, USA. “Crime Scene Investigation”, December 2013 (acceso diciembre 2014). <http://www.nij.gov/topics/law-enforcement/investigations/crime-scene/guides/general-scenes/Pages/welcome.aspx>
- [15] A. Guash. “Análisis Forense de la Información: El informe pericial. Análisis forense y sistema legal”. MISTIC. Universitat Oberta de Catalunya, 2012.
- [16] J. Tallim. “Deconstructing Web Pages”. Media Smarts, 2012 (acceso diciembre 2014). Disponible en: http://mediasmarts.ca/sites/mediasmarts/files/pdfs/lesson-plan/Lesson_Deconstructing_Web_Pages.pdf
- [17] B. D. Carrier, E.H. Spafford. “An Event-Based Digital Forensic Investigation Framework”. DFRWS, 2004.
- [18] C. Willassen. “Hypothesis based investigation of Digital Time Stamp”. FIP, Advanced in Digital Forensic IV, pp.75–86, 2008.
- [19] S. Vanstone, P. van Oorschot, A. Menezes. “Handbook of Applied Criptografy”. CRC Press, 1997.
- [20] C. Strawn “Expanding the Potential for GPS”. Evidence Acquisition, Small Scale digital evidence Forensic Journal, vol.3, no.1, 2009.
- [21] J. L. García Rambla. “Un forense llevado a juicio: Prueba anticipada en un proceso civil”. Capítulo 7. Flu-Proyect y Sideria Solutions, Creative Commons, 2013.
- [22] NIST 197. “Advanced Encryption Standard (AES)”. Federal Information Processing Standards. Special Publication 197. National Institute of Standards and Technology (NIST), Maryland, USA, 2001.
- [23] Blue Book. “Recommendation for Space Data System Standards”. CCSDS Cryptographic Algorithms Recommended Standard CCSDS 352.0-B-1. CCSDS Secretariat. Space Communications and Navigation Office. NASA Headquarters, Washington, USA, 2012.
- [24] S. Dusse, USSE, P. Hoffman, B. Ramsdell, L. Lundblade, L. Repka “RFC 2311”. S/MIME Version 2 Message Specification. ISOC, Virginia, USA, 1998.

Análisis del Aceite como Herramienta de Mejora del Comportamiento de las Multiplicadoras de Aerogeneradores.

Principales Problemas Detectados a Través del Lubricante.

Jesús Terradillos - José Ignacio Ciria - **Ik4-Tekniker**

1. INTRODUCCIÓN

Dentro del marco actual de las energías renovables, la energía eólica ha cobrado un lugar predominante como motor de cambio en la generación de energías alternativas no contaminantes. Sin embargo, este rápido incremento ha motivado la aparición de muchísimos problemas de operación y rendimiento, asociados fundamentalmente a malas prácticas de diseño y mantenimiento.



Foto N° 1

El funcionamiento adecuado de un aerogenerador depende, en gran manera, del comportamiento de la multiplicadora (Ver Foto N° 2). Estas reductoras tienen engranajes planetarios y rodamientos que requieren unas atenciones especiales debido a sus condiciones extremas de operación (temperaturas, régimen de funcionamiento, etc.). En estas condiciones, el análisis del lubricante y las partículas de desgaste existentes

se considera la herramienta predictiva/proactiva más eficaz para conseguir un rendimiento óptimo de la máquina.



Foto N° 2: Vista de los engranajes de una multiplicadora.

Se pueden identificar los principales problemas asociados con el mantenimiento de estos componentes, a través del análisis del aceite y basándonos en la experiencia acumulada por el grupo internacional Wearcheck. Entre estos se encuentra el micro-pitting, problemas de espumación y aire dentro del aceite, así como la estimación adecuada de la vida útil del lubricante.

2. SELECCIÓN DE ACEITE PARA UNA MULTIPLICADORA

La selección del aceite adecuado y su cuidado es uno de los principales objetivos que se deben conseguir para que el sistema trabaje en condiciones óptimas durante su vida útil.

La selección del lubricante adecuado debe ser una responsabilidad compartida entre el usuario, el fabricante de la máquina, el fabricante de los componentes mecánicos (rodamientos, etc.), el suministrador del aceite y el suministrador de los filtros.

Las multiplicadoras de los aerogeneradores se caracterizan por las bajas y las altas velocidades y alternativas cargas a las que están sometidas, lo que lleva a que se utilicen aceites con aditivos extrema presión (EP).

Los fluidos base utilizados pueden ser minerales o sintéticos. Los fluidos minerales son productos que se obtienen del petróleo, mientras que los aceites sintéticos provienen de síntesis.

Los aceites sintéticos pueden ser: Polialfaolefinas (PAOs), Ésteres (E) o Poliglicoles (PAG).

Las propiedades de un aceite nuevo para las multiplicadoras de aerogeneradores deben estar de acuerdo con la especificación alemana DIN 51517 parte 3 y con los siguientes requerimientos:

| Parámetro | Metodología | Criterio |
|--------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|
| Índice de viscosidad | ISO 2909 | Mínimo 90 |
| Estabilidad oxidación | ASTM-D2893-Modificada | Aumento de la viscosidad a 121°C < 6% |
| Corrosión al acero | ISO7120 | Negativo |
| Corrosión al cobre | ISO2160 | <1B |
| Espuma | ASTM-D892 | 75/10 75/10 75/10 |
| FZG Scuffing | ISO 14635-1 | >=12 |
| Micropitting | FVA nº54 | >=10 |
| Filtrabilidad | AFNOR NF E48690 5 Micras | Pasa |
| Limpieza | ISO 4406/99 | 16/14/11 |
| FE 8 | DIN 51819 | <30 mgr /80 h |
| Brugger | DIN 51347 | > 50 N/mm2 |
| Aire retenido a 90°C | ASTM-D 3427 | < 15 minutos |
| Carga de soldadura | ASTM-D 2783 | >250 Kg |
| Desgaste 1800rpm/20kg/54°C/60min. | | < 0,35 mm |
| Desemulsinabilidad 82°C | ASTM-D1401 | < 15 Min. |

3. DESCRIPCIÓN DE LOS PROBLEMAS DE LOS ACEITES DE MULTIPLICADORAS

Los principales problemas asociados al lubricante detectados en las multiplicadoras a través de un mantenimiento predictivo-proactivo, son los siguientes:

- **Micropitting**
- **Espuma y aire retenido**
- **Vida remanente del aceite**

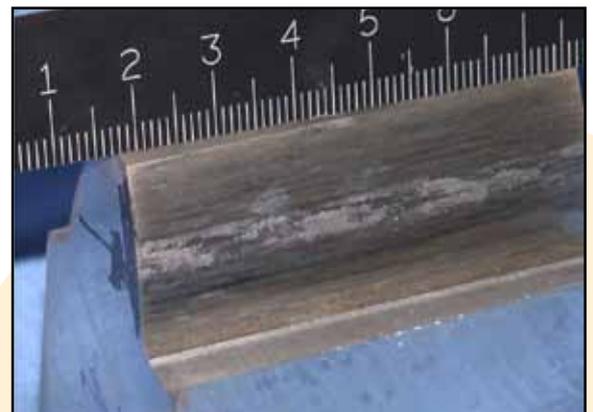
En este artículo trataremos específicamente el tema del micropitting.

3.1. Micropitting

El micropitting no es un fenómeno nuevo aunque no se le ha dado mucha importancia hasta ahora. Sin embargo, se sabe que afecta a la precisión del engranaje y, en muchos casos, es el primer modo de fallo. El micropitting es un fenómeno de fatiga superficial que ocurre en contactos Hertzianos, causado por el estrés del contacto cíclico y el flujo plástico de las asperezas. El resultado es la formación de microgrietas, formación de micropitting y pérdida de material. Al micropitting también se le llama fatigue scoring, flecking, spalling, glazing, frosting gray staining, microspalling, peeling, etc.



Fotos N° 3 y N°4:
 Engranajes con micropitting a lo largo de la zona de rodadura de los engranajes de una multiplicadora.



El micropitting es un daño superficial que se da en sistemas de alta rodadura y se caracteriza por la presencia de pequeños agujeros en la superficie mostrando una superficie interior con grietas. Primero aparece en la zona de rodadura de los engranajes y luego progresa hacia la raíz (dedendum) del engranaje, la zona donde realmente el engranaje trabaja más.

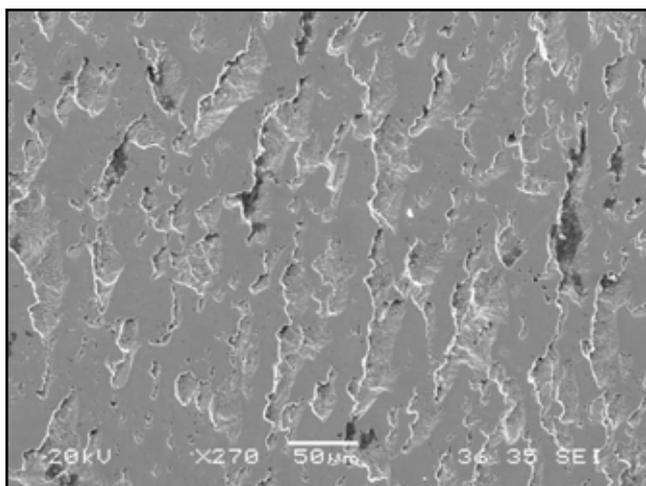


Foto N° 5: Imagen de micropitting obtenida mediante SEM de un engranaje de multiplicadora.

Todos los engranajes son susceptibles de sufrir micropitting, incluidos los externos, internos, rectos, helicoidales, bevel,... Puede ocurrir en materiales con tratamientos térmicos, incluidos nitrurados, cementados, templados, etc.

Todavía no se entienden bien las razones por las que algunos aceites son más propensos a la formación de micropitting que otros.

El micropitting da lugar a la pérdida del perfil del diente, y potencialmente lleva al macropitting, ruptura de diente, ruido y vibraciones.

Según Robert Errichello es evidente que tanto el micro como el macropitting son procesos de fatiga, con la única diferencia de que el micropitting es mucho más pequeño.

Análisis metalográficos demuestran que las grietas que se producen en micropitting y en macropitting tienen la misma morfología, sólo que son de un tamaño muy diferente.

En muchos casos, el micropitting no es destructivo para la superficie de los engranajes, incluso se puede detener su evolución cuando se restablecen las condiciones tribológicas del sistema. Algunas veces, se puede eliminar mediante el pulido durante el proceso de rodadura de los engranajes y se dice que se ha producido el curado de los engranajes.

La profundidad de un micropitting no supera las 10 micras y es difícil de apreciar por el ojo humano que empieza a apreciar a partir de 40 micras.

También se dice que no es un problema pero algunas veces progresa a macropitting. Este es un fallo debido a la rugosidad superficial y no a la tensión Hertziana. Mayor rugosidad produce mayores tensiones debajo de la superficie, dando lugar a micropitting.

La resistencia de los aceites nuevos al micropitting se evalúa utilizando el test de engranajes acelerados, por ejemplo, FZG micropitting test FVA54 I-IV y BGA micropitting test.

Hay pocos métodos de control del micropitting en engranajes en uso. Los principales métodos de control son inspecciones visuales (boroscopia), análisis del aceite y ensayos destructivos de los engranajes.

3.1.1. Inspecciones visuales

Las inspecciones visuales son un buen método de control del micropitting en engranajes en uso.

- **Apariencia-aspecto**

La apariencia es un cambio de tonalidad en el engranaje mate, grisáceo, etc. Es difícil de ver.

- **¿Dónde inspeccionar?**

El micropitting empieza en la zona de rodadura de los engranajes debido principalmente a las asperezas que quedan después de la fabricación de los engranajes. Ésta es la razón por la que se suele manifestar este fenómeno al inicio de la vida de la máquina, durante el primer millón de ciclos de los engranajes.

El micropitting empieza como un contacto de superficie en los bordes de los engranajes donde hay crestas, ondulaciones, picos,... Suele estar acompañado de otros tipos de modos de fallo como desgaste adhesivo severo (scuffing), macropitting y abrasión.

Cuando el daño ocasionado por micropitting varía de un diente a otro es fundamentalmente porque la geometría de los dientes es distinta o por la rugosidad superficial de los dientes. Un juego de engranajes puede variar la aparición de micropitting a una frecuencia determinada de un factor común. Por ejemplo, un juego de engranajes de 20/45 dientes puede tener un micropitting similar en cada 5 dientes.

3.1.2. ¿Qué causa micropitting?

El micropitting se da en un sistema de lubricación elastohidrodinámica (EHL) donde el espesor de la película lubricante es del mismo orden que la rugosidad superficial compuesta y la carga se soporta por las asperezas superficiales y el lubricante.

En un sistema de lubricación elastohidrodinámico (EHL) el lubricante se convierte casi en un sólido variando en función del tipo de lubricante.

Iniciación: El periodo de iniciación se da con la deformación plástica de la superficie debida a las asperezas. Mediante el contacto cíclico y de tensiones por la deformación plástica acumulada, se inician las grietas de fatiga.

Propagación: Después que se han producido la grieta de fatiga, éstas crecen y se juntan. El resultado de un pit puede ser de 10 micras, inapreciable por el ojo humano.

Las partículas que se generan en un micropitting son del orden de 1 micra o más pequeñas, hasta 10 y 20 micras. Estas partículas no se suelen poder eliminar con los filtros y actúan puliendo la superficie de los engranajes. Es muy frecuente encontrar desgaste tipo pulido cuando se da un fenómeno de micropitting.

3.1.3. Efecto del lubricante

Las propiedades de los lubricantes tales como el aceite base, la química de los aditivos y la viscosidad afectan al micropitting. Los ensayos de micropitting demuestran que varía la resistencia al micropitting de unos lubricantes a otros.

Algunos lubricantes son capaces de detener el proceso una vez que ha comenzado.

- **Aceites base**

Bajo condiciones de lubricación elastohidrodinámica (EHL) los lubricantes se solidifican por la alta presión, y la tracción sobre las asperezas de la superficie está limitada por la tensión de ruptura del aceite solidificado. Hay considerables diferencias entre la presión de solidificación y la tensión de ruptura de los diferentes lubricantes. Por lo tanto, hay diferencias en las propiedades traccionales.

Los poliglicoles y los ésteres son productos que tienen moléculas con enlaces éteres flexibles y con un valor más bajo de tensión de ruptura que los hidrocarburos. Los aceites nafténicos son relativamente rígidos, moléculas compactas y generan alta tracción; mientras que los parafínicos y las PAOs tienen moléculas abiertas y elásticas con un bajo coeficiente de tracción. Las PAOs y los aceites muy refinados por métodos no tradicionales tienen menor coeficiente de tracción que los aceites refinados por disolventes. Muchas PAOs se mezclan con ésteres para dar una mejor solubilidad de los aditivos. Desafortunadamente los ésteres son muy higroscópicos y la resistencia al micropitting de la PAO decrece mucho.

El micropitting ocurre tanto con aceite minerales como sintéticos. A altas temperaturas la PAO y el PAG tienen un espesor de película elastohidrodinámica (EHL) mayor y, por lo tanto, mayor resistencia al micropitting que aceites minerales con el mismo grado de viscosidad y aditivos. Para una temperatura en el rango de entre 70°C y 90°C existen muy pequeñas diferencias entre los aceites minerales y la PAO, mientras que los PAG tienen un mayor espesor de películas.

- **Aditivos**

Los aditivos antiscuffing son normalmente necesarios, pero pueden ser químicamente muy agresivos y pueden promover la aparición del micropitting. Los aceites sin aditivos antiscuffing tienen la máxima protección contra el micropitting.

Los experimentos han mostrado diferentes conclusiones y han creado bastantes conflictos sobre la influencia de los aditivos EP en la aparición del micropitting. Algunos ensayos demuestran que aceites con aditivos EP de base S-P favorecen la aparición de micropitting, mientras que otros ensayos demuestran que estos aditivos aumentan la resistencia al micropitting.

La temperatura de activación de los aditivos puede ser una de las razones por la que se produce este conflicto. Si los ensayos se realizan a diferente temperatura, el comportamiento es diferente. Por esta razón, todos los ensayos de micropitting deben realizarse a la temperatura más próxima a la temperatura de trabajo. El ensayo normalmente admitido es el FVA 54, que se realiza a 90°C y cada vez más fabricantes de lubricantes están caracterizando el aceite a la temperatura de 60°C.

Según el Dr. Olver los aditivos EP reaccionan con la superficie del diente reduciendo la resistencia a la fatiga de la superficie del diente, por lo que no es una buena alternativa.

El nivel de aditivación no debe ser inferior al 50% del valor del fluido nuevo ya que perjudicaría sensiblemente el comportamiento del aceite.

• **Viscosidad**

Bajas viscosidades facilitan la reducción de la película y, por lo tanto, la propagación de las grietas. Altas viscosidades tienen mayor resistencia al micropitting debido a que tienen mayor espesor de película y, por lo tanto, menos tendencia a favorecer la propagación de las grietas. Sin embargo, la viscosidad debe ser limitada ya que muy altas viscosidades favorecen la oxidación del aceite, pérdida de energía, mayor cantidad de residuos, etc.

Por lo tanto, la viscosidad debe ser calculada con gran precisión al objeto de preservar los componentes de todo tipo de problemas. No se deben permitir variaciones de la viscosidad por encima de un $\pm 10\%$ con respecto al valor del aceite nuevo.

La influencia de los aditivos puede arruinar el efecto de la viscosidad. Por lo tanto, aumentando la viscosidad no se conseguirá eliminar el micropitting cuando la base contenga aditivos agresivos.

• **Partículas**

Las partículas sólidas que lleva el aceite, más grandes que la película EHL, pueden entrar entre los dientes de los engranajes, debido al efecto de la rodadura. Una vez que entran, están sujetas a altísimas presiones. Las partículas son quebradizas y se rompen en partículas más pequeñas, algunas se embeben entre los engranajes y otras pasan a través de los puntos de contacto. Las partículas duras más grandes que el espesor pasan a través del contacto.

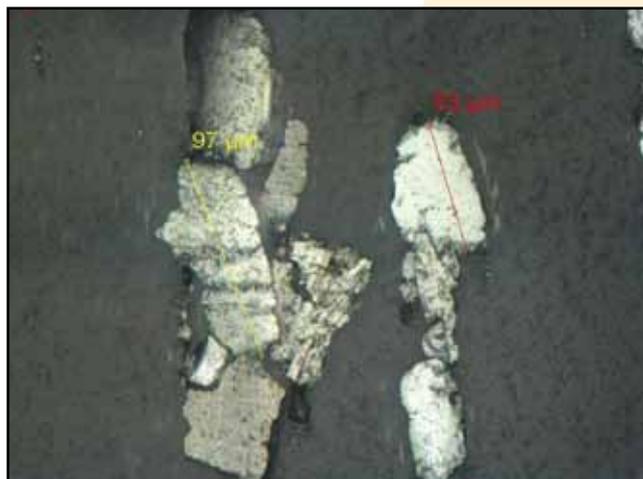


Foto N° 6

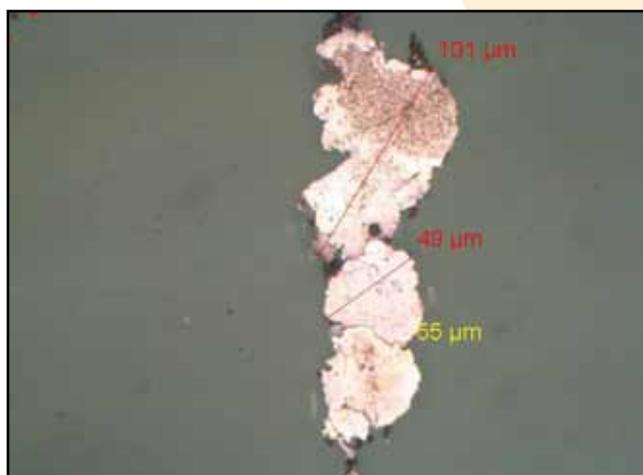


Foto N° 7

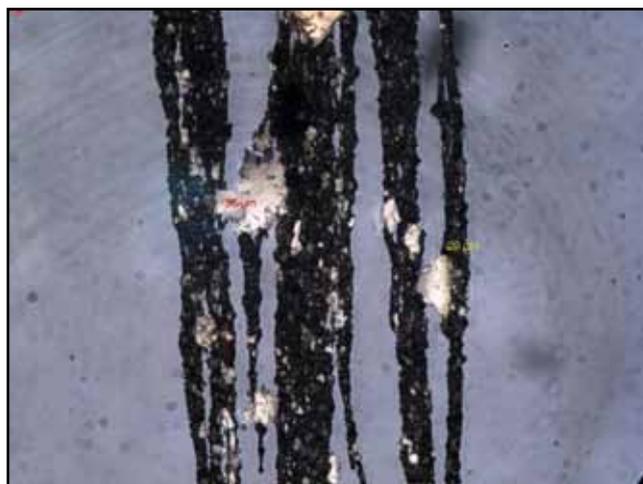


Foto N° 8

| Aceite | Limpieza ISO 4406/99 |
|----------------------------------|----------------------|
| Aceite nuevo | 16/14/11 |
| De la máquina después de fábrica | 17/15/12 |
| De la máquina durante el trabajo | 18/16/13 |

Las partículas pequeñas que entran en la zona de contacto causan dentadas en los engranajes y promueven la formación del micropitting.

Las partículas que no se han eliminado en el proceso de fabricación deben ser eliminadas inmediatamente por los filtros. Es muy importante que el aceite este limpio cuando lo incorporamos en la máquina.

- **Agua**

Muchos experimentos han demostrado que el agua favorece el desgaste. A través de fenómenos como el ampollado y la fragilización (fenómeno creado por el hidrógeno atómico que entra entre las grietas y fisuras del material formando moléculas de hidrógeno ó combinándose con algún metal) se puede llegar a producir un fallo.

El contenido máximo de agua admisible en un aceite de multiplicadora no debe ser mayor de 200 ppm.

3.1.4. Lubricación elastohidrodinámica (EHL)

El espesor de la película se determina por la respuesta del aceite a la forma, viscosidad y velocidad de la superficie de contacto. Cargas más altas causa un aumento de la zona elástica sin producirse cambios importantes en la geometría. Por lo tanto, la película es insensible a la carga y a las propiedades elásticas del material.

Por el contrario, el espesor de la película esta muy influenciado por la velocidad de entrada del aceite y por su viscosidad. También depende mucho de la temperatura de los engranajes, pero no de la temperatura puntual más alta, normalmente detectada en la región central.

La región central de contacto es relativamente larga. Una vez dentro de la región central, el aceite no puede escapar porque la viscosidad es muy alta, la holgura es pequeña y el tiempo de contacto muy pequeño.

Por lo general, todo el aceite que entra va a través de la zona de contacto como una lámina sólida de un espesor uniforme. En la salida, el aceite recupera sus características iniciales a presión atmosférica.

4. PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO A CONTROLAR CONTRA EL MICROPITTING

4.1. Carga

La carga no tiene una fuerte influencia. Cargas altas no significan que se producirá el micropitting en los engranajes. El Dr. Andy Olver (Imperial College) dice que la formación de micropitting está influenciada por la carga. Sin embargo, Robert Errichello no ha encontrado una relación directa.

4.2. Velocidad

La velocidad de rodadura es muy importante y beneficiosa porque al aumentar la velocidad de entrada del lubricante, favorece la formación de la película y reduce la influencia de las asperezas. La velocidad de deslizamiento genera calor e incrementa la formación de partículas.

4.3. Temperatura

La temperatura es fundamental para el espesor de la película y la activación de los aditivos del lubricante. La temperatura de equilibrio se establece por el balance entre el calor generado por la fricción y el calor disipado por conducción y convección. La temperatura de engranajes de alta velocidad puede ser mucho más alta que la temperatura del aceite que suministramos a los engranajes.

La resistencia al micropitting decrece cuanto más alta es la temperatura de los engranajes. Sin embargo, algunos aditivos mejoran su comportamiento cuanto más alta es la temperatura. Esto es muy importante cuando se fijan las temperaturas de ensayo en laboratorio sobre micropitting.

5. CONCLUSIONES

Para prevenir el micropitting se debe maximizar el espesor de la película, reducir la rugosidad superficial (recubrir los engranajes,...) y optimizar las propiedades de los lubricantes evitando aditivos EP agresivos, manteniendo limpio el fluido durante su vida útil, utilizando lubricantes con bajo coeficiente de tracción, etc.

Hay que recordar que lo primero que hay que hacer es una selección correcta del lubricante y luego mantenerlo limpio, seco y a la temperatura deseada.

El Ruido. Instalaciones Industriales

Isabelino Guanche Díaz

Ingeniería Acústica

1. INTRODUCCIÓN

Se entiende por contaminación la “liberación artificial” en el medio ambiente, de sustancias o energías, que causan efectos adversos sobre el hombre o el medio ambiente, directa o indirectamente. Entre estos agentes contaminantes, el ruido es quizás el menos estudiado, pero no por ello poco nocivo.

El ruido es un agente contaminante con una especial incidencia sobre la salud de las perso-

nas y el medio ambiente. Los riesgos existentes en un ambiente ruidoso que pueden afectar al ser humano son:

- Lesiones físicas y psíquicas. Pérdida de audición y trastorno del comportamiento.
- Problemas de comunicación oral.
- Alteración del descanso y ocio. Perturbación del bienestar y calidad de vida.
- Favorece la generación de conflictos personales y laborales. Se incrementan los accidentes laborales y disminuye el rendimiento en el trabajo.

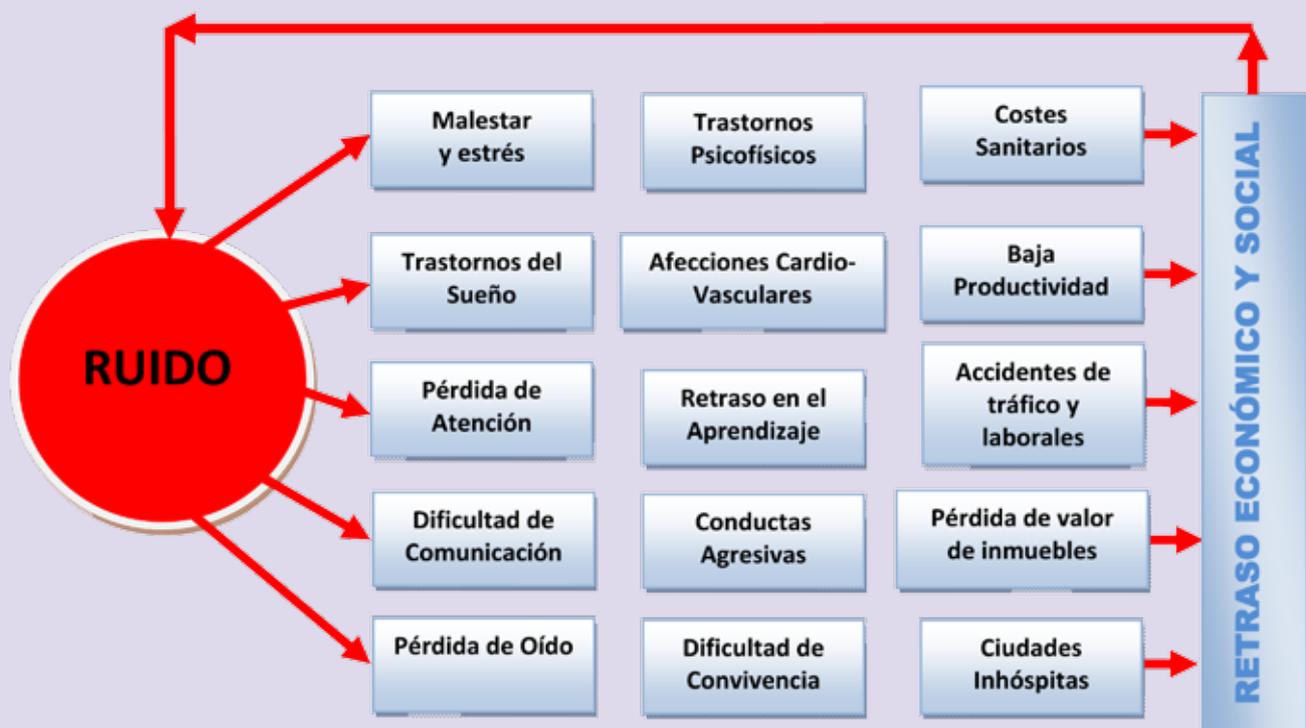


Figura N° 1.

Por todo lo expuesto, es muy importante controlar dichos riesgos reduciendo los niveles de ruido en el entorno personal y laboral. La reducción de estos riesgos se basa en los principios generales de prevención que se indican en la Directiva 89/391/CEE del Consejo de 12 de junio de 1989. Se tiene en consideración los medios técnicos necesarios para reducir el nivel de ruido. Se contempla la disminución del ruido aéreo y reducción del ruido transmitido por cuerpos sólidos

Otros aspectos considerados por la Directiva 89/391/CEE son los programas de mantenimiento de los equipos de trabajo y la reducción del ruido mediante la organización del trabajo. Se limita la duración y la intensidad de la exposición. Se definen horarios de trabajo, provistos de períodos de descanso.

2. CLASIFICACIÓN DEL RUIDO

Los ruidos pueden clasificarse en ruidos aéreos, ruidos de impacto y vibraciones.

Ruido Aéreo

Se entiende por ruido aéreo aquel transmitido a los cerramientos del local receptor mediante el aire circundante. Ejemplos de este ruido son el tráfico, las obras, conversaciones...

Ruido de Impacto

El ruido se produce por golpes de corta duración sobre los cerramientos del local y los hace entrar en vibración. Ejemplos de este ruido son la caída de objetos, las pisadas, el arrastre de equipos...

Vibración

La vibración de otros elementos es transmitida a los cerramientos del local receptor. Es un ruido producido por el movimiento de algún objeto unido directamente a un medio sólido y que se propaga a través de la estructura. Ejemplos de este ruido son los procedentes de motores y máquinas como grupos de presión, ascensores...

3. AISLAMIENTO ACÚSTICO

El objetivo del aislamiento acústico es impedir que los ruidos generados en un recinto se transmitan a los adyacentes. Se dificulta la propagación del ruido utilizando obstáculos reflectores entre el emisor y receptor. Para lograr un gran factor

de reflexión hay que interponer en el camino del ruido un medio cuya impedancia Z (resistencia) sea lo más diferente posible a la del medio que conduce el ruido. Por tanto, es lógico tratar por un lado el aislamiento del ruido en el aire (ruido aéreo) y, por otro, el aislamiento en sólidos (ruido de impacto y vibraciones). En el caso del ruido aéreo, se suele actuar sobre los elementos de separación entre el origen del ruido y el receptor. En el caso del ruido de impacto y vibraciones, se actúa, principalmente, sobre el origen del ruido.

3.1. Aislamiento a ruido aéreo

El aislamiento a ruido aéreo de un elemento constructivo, se define como la diferencia del nivel de ruido, en dB, generado en un recinto y el nivel de ruido, en dB, transmitido al recinto adyacente. El aislamiento siempre depende de la frecuencia y aumenta de forma progresiva. Este hecho implica que los elementos constructivos aíslan menos los sonidos graves que los sonidos agudos.

Si colocamos una barrera entre dos locales (o emisor y receptor) para aumentar el aislamiento al ruido aéreo, la transmisión del ruido de un local a otro se puede realizar por distintos caminos; como se ve en la siguiente figura (Ver Figura N° 2):

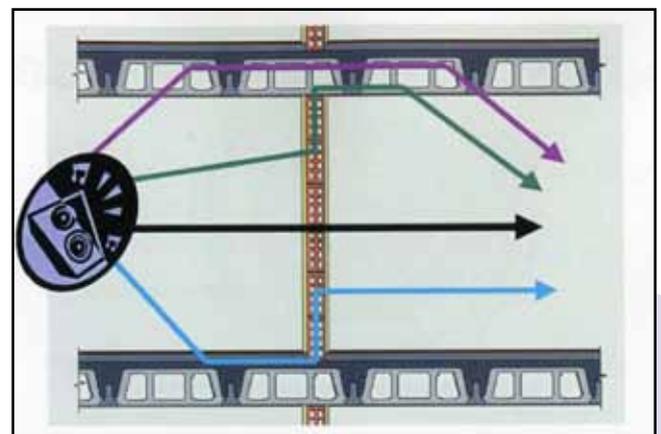


Figura N° 2.

Según podemos ver en la Figura N° 2, hay ruidos que se transmiten por vía directa (flecha color negro) y otros por vías indirectas (flechas de color azul, violeta y verde). Las vías indirectas son las responsables de que se produzcan desviaciones entre los valores de aislamiento obtenidos en el laboratorio y los medidos "in situ".

Para controlar el nivel de transmisión de ruido aéreo se utilizan diferentes soluciones, entre las que tenemos el apantallamiento de la fuente

sonora, encapsulamiento de la fuente, tratamientos absorbentes y cabinas de control y descanso para los trabajadores. Veamos algunas características de dichas soluciones.

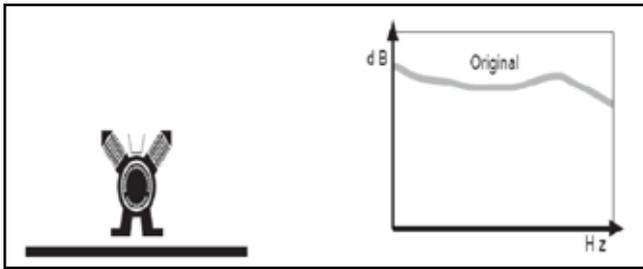


Figura N° 3: Máquina o fuente de ruido sin tratamiento acústico y su espectro de ruido.

Pantallas acústicas

Las pantallas acústicas son un obstáculo que, por su situación y/o características, protege del ruido proveniente de una fuente sonora a un determinado receptor, dificultando, de alguna manera, la transmisión del sonido a su través. En el sector industrial se suelen utilizar las pantallas metálicas fonoabsorbentes.

Las pantallas metálicas fonoabsorbentes aportan capacidad de absorción por su pared perforada y aislamiento acústico a través de su espesor. Se componen de paneles fonoabsorbentes tipo sándwich, con carcasa metálica en acero galvanizado o aluminio que presenta multitud de perforaciones en una de sus caras y un núcleo absorbente de lana mineral.

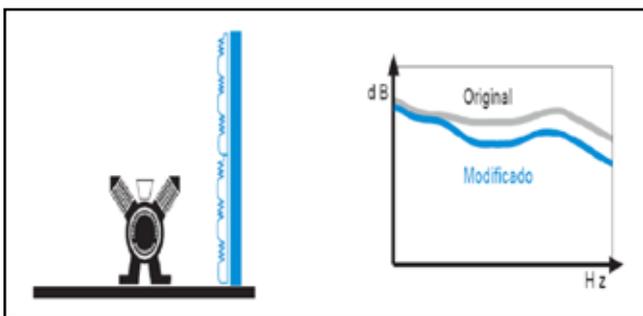


Figura N° 4: Una Pantalla Acústica produce mejoras en frecuencias medias y agudas.

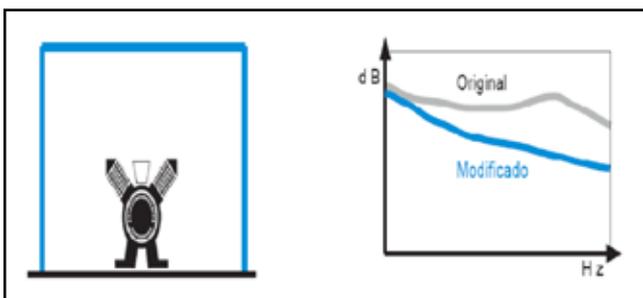


Figura N° 5: El encerramiento con materiales sólidos, o de gran peso, producen un buen aislamiento acústico.

El encapsulado acústico

Es la solución idónea para los equipos ruidosos. Consiste en construir un cerramiento total sobre la máquina o grupo de equipos que se pretenden aislar.

3.2. Aislamiento a ruido de impacto y vibraciones

Los ruidos que se generan en medios sólidos (impactos, vibraciones) se transmiten por esas vías, con la velocidad y amortiguamiento que tengan los diferentes medios, hasta pasar al estado de transmisión aérea cuando se hayan alcanzado las condiciones favorables de acoplamiento al aire (por ej. la vibración de una pared).

Cualquiera que sea el origen de la excitación del medio sólido, la única posibilidad de reducir la transmisión de la energía liberada es la desolidarización del medio sólido excitado respecto al resto de la estructura del edificio. Esto se consigue introduciendo materiales elásticos en la vía de transmisión. El principio está basado en la capacidad amortiguante del material elástico de actuar como muelle, por lo que es necesario siempre que el material o sistema a introducir trabaje dentro de su campo elástico.

El sistema más extendido para disminuir el ruido de impacto es el denominado suelo flotante (Ver Figura N° 6). Este sistema consiste en interponer un material ligero, elástico y suficientemente resistente entre el forjado o soporte base y solera de mortero u hormigón.

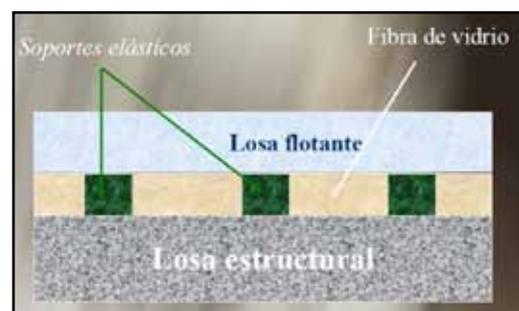


Figura N° 6.

Para atenuar la transmisión de vibraciones, se suelen adoptar las siguientes soluciones:

1. Utilizar amortiguadores de diferentes materiales (caucho, acero, etc.) como elementos de soporte de la maquinaria. De esta forma, se evita el contacto rígido de la máquina con la estructura y, por tanto, la transmisión de vibraciones. La elección del amortiguador depende

principalmente de la frecuencia de vibración de la máquina y la carga que debe soportar. El amortiguador seleccionado tendrá una frecuencia de vibración de dos a cuatro veces menor que la frecuencia de vibración de la máquina.

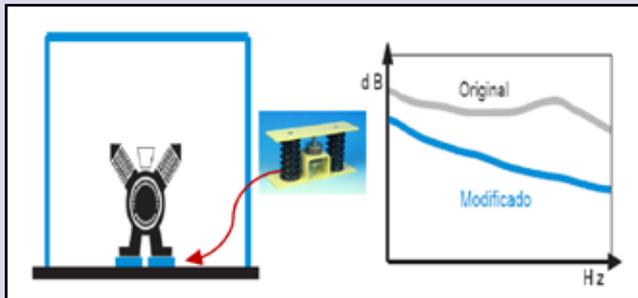


Figura N° 6: El agregar un montaje antivibratorio complementa la reducción en bajas frecuencias.

2. Otra solución es utilizar un bloque de inercia, que consiste en una losa de hormigón sobre la que descansa la máquina. Dicha losa se instala sobre unos amortiguadores. Esta solución no tiene un efecto importante sobre el aislamiento, pero es necesaria para equilibrar la maquinaria que se encuentra sometida a grandes fuerzas comparadas con su peso. Al incrementar la masa del conjunto, se reduce el movimiento de la máquina disminuyendo la transmisión de vibraciones a los conductos o tuberías conectados a la misma.

Si habiendo aplicado todos los procedimientos descritos anteriormente es necesario aumentar el nivel de aislamiento, podemos introducir en el local emisor materiales fuertemente absorbentes, como son las lanas de vidrio y roca, para que reduzcan la componente reverberada. Dichos materiales vienen recubiertos con tejido de vidrio, placa de aluminio o acero perforado.

Si aún necesitamos mejorar el nivel de aislamiento, la solución sería realizar un doble cerramiento. Consiste en construir una “caja dentro de la otra caja”, según se indica en la siguiente figura. En esta solución, el equipo se instala dentro de una envolvente completamente cerrada (incluso el fondo) desolidarizando todo lo anterior por elementos antivibratorios del suelo y situándolo en un segundo cerramiento.

La reducción sonora obtenida después de aplicar el doble cerramiento es muy elevada. Se obtienen aislamientos superiores a 60 dbA. En un encapsulamiento es necesario contemplar dispositivos o elementos destinados a funciones distin-

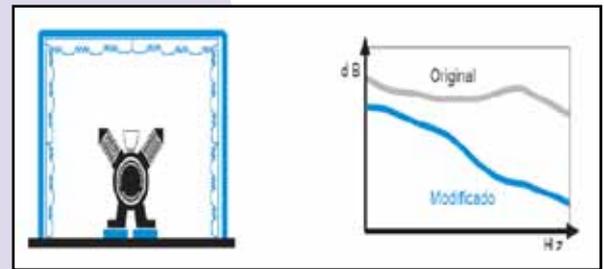


Figura N° 7: El agregar absorción sonora en el interior de un cerramiento reduce aun más la reducción de ruidos. Ésta es la solución más empleada en Control de Ruido.

tas a las acústicas. Como ejemplo citamos:

- Elementos que permitan la inspección visual (mirillas, ventanas...).
- Sistemas practicables. Son sistemas que permiten el acceso, evacuación de personas o materiales (puertas, trampillas, cintas transportadoras...).
- Tomas de aire y evacuación de gases. Normalmente los dispositivos encapsulados suelen ser maquinarias que desprenden gases y/o necesitan refrigerarse para su correcto funcionamiento.

Todos estos sistemas deben considerarse en el diseño de un encapsulamiento ya que son dispositivos que pueden debilitar el aislamiento global. En su diseño se han de considerar algunos aspectos importantes como son:

- Mirillas y ventanas dobles, con separaciones entre hojas mayores a 15 cm. Vidrio de alto espesor y del tipo laminado. Los marcos serán independientes para cada hoja. Las hojas se instalarán de forma que no sean paralelas.
- Puertas y trampillas de doble hoja, con ajustes al marco mediante elementos elásticos. Marcos desolidarizados.
- Todos los huecos de expulsión y aspiración de aire o gases deben estar provistos de un elemento denominado silenciador. El silenciador se diseñará para la atenuación acústica y caudal de aire que proceda.

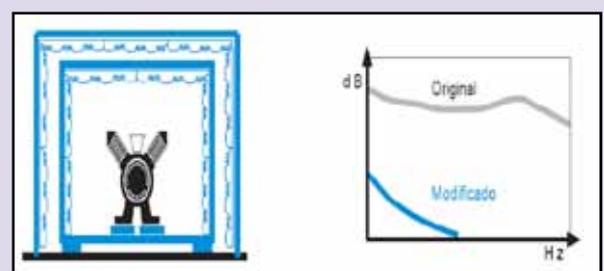


Figura N° 8: Una solución para superar grandes niveles de ruido es el doble cerramiento.

Mantenimiento Industrial Basado en la Gestión del Conocimiento



Francisco Javier Cárcel Carrasco

Universidad Politécnica de Valencia

RESUMEN

El mantenimiento industrial requiere de conocimientos técnicos muy específicos, normalmente almacenados de manera tácita entre el personal que opera en estas áreas. Mediante la reseña sobre dos libros de investigación, en este artículo se muestra el nivel estratégico que para las empresas con activos físicos supone una adecuada gestión del conocimiento en la ingeniería del mantenimiento industrial.

1. INTRODUCCIÓN

El conocimiento de los operarios y técnicos que operan en las áreas de mantenimiento está fuertemente basado en su experiencia (fuerte componente tácito), difícil de medir y articular, y

sin embargo, en numerosas ocasiones, esta rotura de la información y el conocimiento, puede suponer un alto coste para la empresa, muchas veces asumido como algo que afrontar, debido al incremento de tiempos de parada de producción y servicios, pérdidas de eficiencia energética, o tiempo de acoplamiento de nuevo personal a estas áreas. La ingeniería del mantenimiento industrial requiere de conocimientos técnicos muy específicos, un alto requerimiento de experiencia del personal que lo desenvuelve con un alto componente de conocimiento tácito, y con poca tradición en transcribir las experiencias que se producen.

Durante un periodo de dos años se realizó un estudio exploratorio y de campo para ver la incidencia de la adecuada gestión del conocimiento en empresas industriales europeas con importan-



Figura Nº 1: Portadas de los libros de investigación publicados en referencia a la gestión del conocimiento en la ingeniería del mantenimiento industrial.

te equipo humano en las áreas de mantenimiento operativo. Posteriormente, tras los datos de campo obtenidos, se planteó y aplicó un modelo de mantenimiento industrial basado en la gestión del conocimiento en una empresa de primer orden, obteniéndose unos resultados que fueron contrastados tras un periodo continuo de tres años. Del resultado de estas investigaciones se publicaron dos libros de investigación en la editorial científica Omnia Science [1-2] (publicados en abierto en open Access, para descarga libre por parte de cualquier investigador interesado) (Ver Figura N° 1). Estos libros son “La gestión del conocimiento en la ingeniería del mantenimiento industrial: Investigación sobre la incidencia en sus actividades estratégicas”. Omnia Science, 2014. ISSN 978-84-941872-7-8 y “Planteamiento de un modelo de mantenimiento industrial basado en técnicas de gestión del conocimiento”. Omnia Science, 2014. ISSN 978-84-941872-8-5.

En los puntos siguientes del artículo, se comentan los aspectos fundamentales de estas publicaciones objeto de la investigación de campo en esta área.

2. LA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO EN LA INGENIERÍA DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

En el libro de investigación “La gestión del conocimiento en la ingeniería del mantenimiento industrial: Investigación sobre la incidencia en sus actividades estratégicas”(1), se estudian e identifican en dos etapas las características del mantenimiento industrial y la gestión del conocimiento. La primera etapa es orientada a la identificación del estado de la situación del mantenimiento, los principios y técnicas de la gestión del conocimiento, y la descripción de los modelos organizativos de mantenimiento industrial y sus misiones estratégicas fundamentales en relación al conocimiento y la experiencia, estableciendo la evolución y el estado del arte de esta materia, así como los mecanismos en relación a la transmisión de la información, y en especial, al conocimiento tácito.

En una segunda etapa, se analizan mediante estudios cualitativos con entrevistas, cuestionarios y encuestas preparadas y analizadas en un entorno industrial, los aspectos estratégicos del mantenimiento en relación a la fiabilidad (o confiabilidad), la mantenibilidad, la eficiencia energética y la operativa en explotación, estableciendo y

confirmando los mecanismos de captación, generación, transmisión y utilización del conocimiento estratégico que se utilizan en la propia organización de mantenimiento.

El proceso de gestión del conocimiento integrado básicamente, por la generación, la codificación, la transferencia y la utilización del conocimiento aplicado a la actividad táctica del mantenimiento, puede tener un enfoque kantiano en el cual interactúan personas, instalaciones y entorno (Ver Figura N° 2), en el cual deben ser estudiadas todas las variables en conjunto.



Figura N° 2:
Enfoque kantiano de la actividad de mantenimiento.

Hay que tener en cuenta los problemas más frecuentes y críticos, en relación al conocimiento tácito y la gestión del conocimiento, con los que los especialistas y técnicos de mantenimiento se encuentran, entre los que se destacan:

- Cambios de personal de la plantilla (Pérdida del conocimiento de la persona que causa baja).
- Poca experiencia de los operarios (Tiempo en formar conocimiento para ser operativo en el entorno).
- Falta de información de medidas a tomar y pasos a seguir ante ciertas averías o incidencias (Conocimiento ante actuaciones no registradas).
- Dependencia del conocimiento y experiencia tácita de los operarios (Conocimiento que hace cautiva a la empresa).
- Históricos de avería y análisis de causas imperfectos (Conocimiento incompleto o mal documentado).
- Desorganización de la información acerca de

las instalaciones (Conocimiento explícito mal organizado o no actualizado (planimetría, manuales, procedimientos)).

- Carencia de sistemas de aprendizaje y reciclaje del personal (Adquisición del conocimiento útil y aplicado).
- Actuación ante averías críticas, de emergencia o no cíclicas (conocimiento crítico de graves efectos económicos).

Todos estos problemas fundamentales, aunque simples en definición y de apariencia banal, pueden tener graves consecuencias en el proceso productivo que afectarán sin duda a la empresa, aunque muchas veces son asumidos. Son

problemas complejos de tratar y procesar, dada la alta dependencia del factor humano. Requieren de un compromiso global con unas dotaciones de medios y un seguimiento a largo plazo, mostrando con ello la dificultad de las empresas en la aplicación de estrategias globales de gestión del mantenimiento y su conocimiento estratégico.

Se confirma, en el presente estudio, la transcendencia que una adecuada gestión del conocimiento puede tener sobre las actividades estratégicas fundamentales de mantenimiento confirmadas por todo el personal entrevistado (fiabilidad, mantenibilidad, eficiencia energética y operación/explotación). En la Figura Nº 3, se

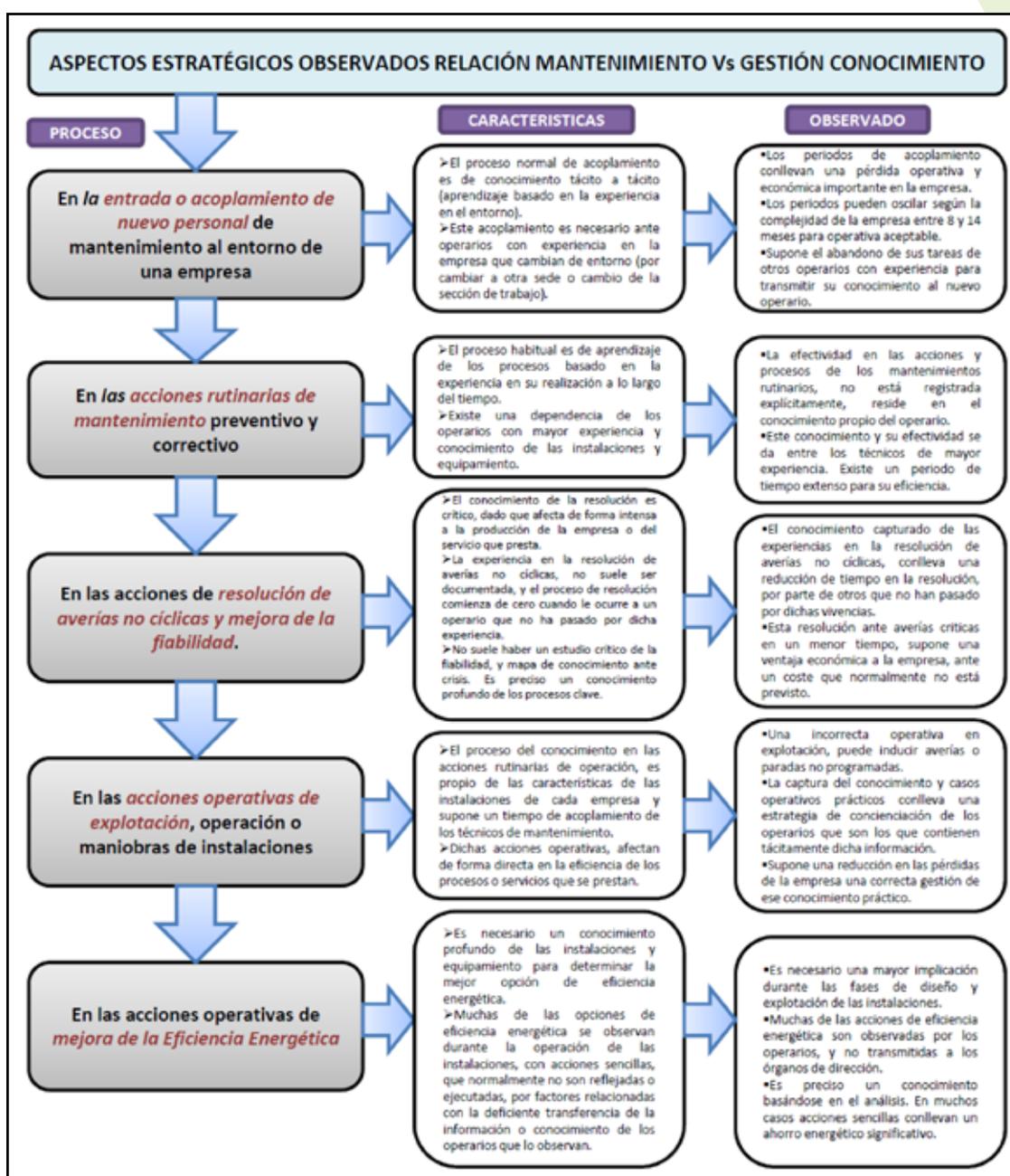


Figura Nº 3: Aspectos estratégicos del mantenimiento y su relación con la gestión del conocimiento.

extraen las principales características observadas en función de las actividades estratégicas, y que redundan en la eficiencia de la actividad de la empresa.

Se reconoce que una mejora en la gestión de la información y conocimiento, redundará positivamente en todas esas acciones, y en especial en la resolución de grandes averías, o fallos no cíclicos espaciados en el tiempo y normalmente no registrada su actuación.

En cuanto a las herramientas que pueden ser utilizadas para la recogida de información estratégica que ayude a mejorar la gestión del conocimiento, normalmente son poco utilizadas en todos los ambientes de mantenimiento. Se reconoce la poca utilización de auditorías en las acciones internas, los mapas de información y conocimiento, realizándose diagramas de criticidad sólo en determinadas instalaciones o equipamiento fundamental para la actividad de la empresa.

Se detecta un mayor uso de las reuniones informales como medio de generación y transferencia del conocimiento, sobre todo, entre los grupos de técnicos operativos, con una menor cultura organizativa que los mandos o jefes de mantenimiento.

3. PLANTEAMIENTO DE UN MODELO DE GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO EN LA INGENIERÍA DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Tras el estudio preliminar donde se obtienen los datos que marcan las características de la relación “Mantenimiento Industrial-Gestión del Conocimiento”, cuyos datos y conclusiones son indicados en el libro anterior, se planteó un modelo aplicado experimental sobre una industria europea de primer nivel en un periodo de dos años. El modelo y los resultados están indicados en el libro de investigación “Planteamiento de un modelo de mantenimiento industrial basado en técnicas de gestión del conocimiento”(2), donde se indican cómo se ha abordado y qué resultados se han obtenido. Algunas metas que persigue la investigación son las siguientes:

- Estudiar y analizar los flujos de conocimiento (en especial el tácito), investigando los mapas de conocimiento que afectan a los fines tácticos de la ingeniería de mantenimiento.
- Mejorar las condiciones de transmisión del co-

nocimiento en la actividad de mantenimiento, que produzcan una mayor rapidez en el acoplamiento operativo del nuevo personal, o de técnicos pertenecientes a otras áreas.

- Unir las técnicas y herramientas operativas de la actividad de mantenimiento con la adecuada gestión del conocimiento, para la mejora de la fiabilidad y respuesta ante el fallo de los sistemas de la empresa.
- Unir las técnicas y herramientas operativas de la actividad de mantenimiento con la adecuada gestión del conocimiento, para la mejora de la eficiencia energética de los sistemas técnicos de la empresa.
- Unir las técnicas y herramientas operativas de la actividad de mantenimiento con la adecuada gestión del conocimiento, para mejora de la mantenibilidad de la empresa.
- Utilizar las técnicas de gestión de conocimiento como sistema de auto-aprendizaje, decisión y sistema de reciclaje del personal, tanto de ubicación y características de las instalaciones, como de tipos de fallos y soluciones a adoptar ante fallos en las mismas.
- Utilizar la distribución del conocimiento en la adecuada planificación y control del proceso de mejora de las actuaciones de mantenimiento.

Todos los objetivos arriba detallados están encaminados a conseguir un fin primordial: una efectiva acción de la actividad de mantenimiento por utilización de la gestión del conocimiento.

La evolución hacia un modelo de gestión del conocimiento (GC) aplicado al mantenimiento industrial debe pasar por tres fases fundamentales, desde la identificación del conocimiento intangible y tangible útil, detentando las barreras para su implantación; la transformación de lo intangible en tangible; y finalizando en los procesos para la generación, producción y utilización del conocimiento (Ver Figura N° 4).

En una primera fase fundamental, se identifica el valor del conocimiento intangible (conocimiento tácito), así como la situación de la información tangible existente (planimetría, memorias, proyectos, manuales, etc.), para en fases posteriores desbrozar o resumir la información fundamental. Para ello se deberán identificar las barreras existentes para que los procesos de gestión del conocimiento sean fluidos y asumidos por la organiza-

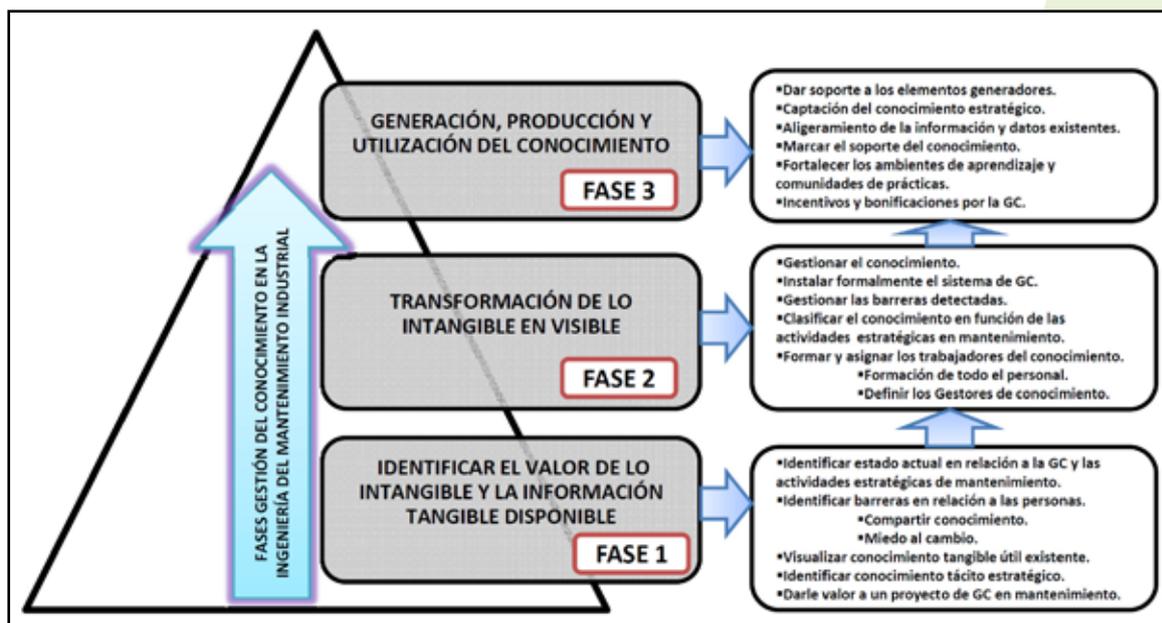


Figura N° 4: Fases de la evolución de la gestión del conocimiento en mantenimiento industrial.

ción, así como formar y explicar de una manera clara a todos los miembros integrantes, que supondrá un proyecto de gestión del conocimiento en mantenimiento, con el fin de motivar y marcar las mayores condiciones para el éxito en su implementación.

Posteriormente, en una segunda fase, se formalizan los procedimientos y estrategias para el soporte del modelo de gestión del conocimiento, donde se va transformando lo intangible en visible, para la utilización posterior de un banco común de sustentación del conocimiento, mediante cualquier tipo de herramienta (lo común es una herramienta informática, aunque no tiene por qué ser así), comenzándose a gestionar el conocimiento, superando las barreras detectadas, y clarificando el conocimiento en función de las actividades estratégicas de la empresa. Es en esta fase donde se deben definir las personas que harán las funciones de gestores de conocimiento, cuya misión es dar soporte, coordinación y generar pro-actividad entre todos los miembros de la organización, para llevar el proyecto de gestión del conocimiento por una senda o dirección definida en la uniformidad en los procesos fundamentales de generación, transmisión y utilización del conocimiento.

Esta segunda fase requiere un profundo estudio, para extraer el conocimiento tácito implícito en el personal operativo de mantenimiento, así como el aligeramiento de la información explícita que existe en la organización, con el fin de articu-

lar la plataforma tecnológica que dará soporte al contenedor del conocimiento.

En la tercera fase, se produce el asentamiento y continuidad del sistema de gestión del conocimiento, dando soporte a los elementos generadores con la captación del conocimiento estratégico y fortaleciendo los ambientes de aprendizaje y las comunidades de prácticas. El seguimiento debe ser continuo marcando estrategias de incentivos y bonificaciones para la correcta gestión del conocimiento. Cuando se llega a un nivel de difusión de la gestión del conocimiento a nivel de la organización de mantenimiento, se producen transformaciones visibles en la forma en que se enfrentan a los problemas, averías y experiencias diarias, produciéndose una mayor eficiencia en los procesos, reduciendo tiempos de actuación, y reduciendo los periodos de acoplamiento de nuevos operarios. El sistema es utilizado como parte fundamental en el auto-aprendizaje de los operarios, teniendo en cuenta los criterios y punto de vista de ellos para tener éxito el sistema.

Para mejorar los procesos de gestión de conocimiento dentro de la actividad de mantenimiento, son adecuados los métodos que se han etiquetado como Kaizen, planteándolo como sistemas de planeación de eventos para identificar qué procesos sistemáticamente ocultan desperdicios y eliminarlos, como puede ser, por ejemplo, las actuaciones o reacciones ante averías o fallos críticos en las instalaciones y equipamiento de la empresa (Ver Figura N° 5).

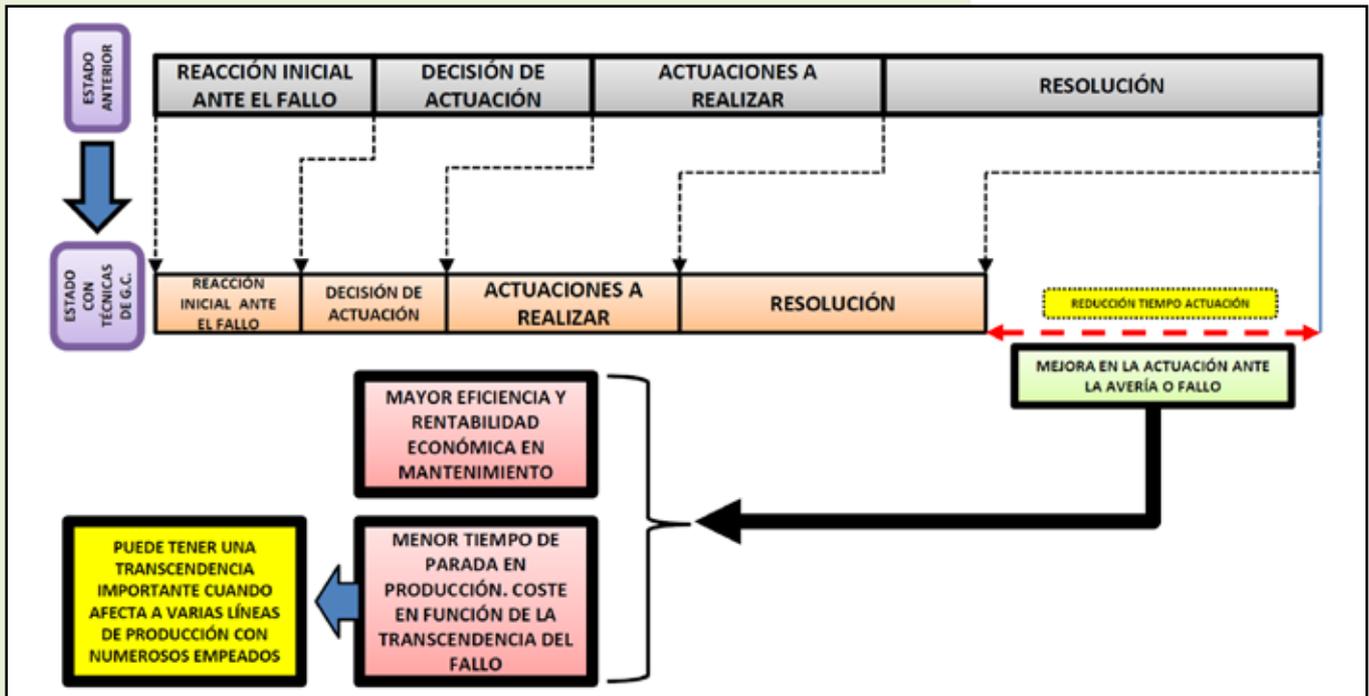


Figura N° 5: Diagrama Yamazumi con reducción de desperdicios en la actuación ante averías.

4. CONCLUSIONES

En el presente artículo se han reseñado los dos libros donde se indican los resultados de una investigación, en donde se presenta un modelo para el mantenimiento basado en técnicas de gestión del conocimiento(2), incidente en sus aspectos estratégicos fundamentales que desarrolla en la empresa. Para ello, se ha realizado un estudio exploratorio para definir y extraer las características de los procesos que se dan en el desempeño en esta actividad, extrayéndose las barreras y condicionantes con que se encuentran dichos departamentos y los facilitadores fundamentales para vencerlos. En base a ello, y basado en la literatura existente sobre gestión del conocimiento, se han definido los principios y desarrollado un modelo para su aplicación al mantenimiento. Se ha realizado una investigación de campo en el entorno de una industria del sector alimentario durante un proceso de tres años, obteniendo unos resultados que confirman la bondad del modelo.

Las aportaciones más relevantes se centran en cómo se muestran las características del uso del conocimiento en mantenimiento en gran parte de las empresas, y la cuantificación de las mejoras que se obtienen con la mejora de esa información y conocimiento estratégico, que normalmente, y pese a tener un alto valor intangible, no está custodiado y en poder de la empresa, sino

que se encuentra en gran medida en forma tácita entre los operarios de mantenimiento.

En el libro de investigación titulado “La gestión del conocimiento en la ingeniería del mantenimiento industrial: investigación sobre la incidencia en sus actividades estratégicas”(1), se realizó una descripción del estado de la situación y los principios básicos de la gestión del conocimiento y de la ingeniería del mantenimiento, estudiándolo dentro de las áreas de explotación y mantenimiento, con el fin de conocer las barreras y facilitadores, que dicho personal implicado encuentra para que se produzca una adecuada transmisión y utilización de dicho conocimiento fundamental, definiéndose las actividades estratégicas que realizan los departamentos de mantenimiento, y la manera en que repercuten en la empresa.

5. REFERENCIAS

- (1) Cárcel Carrasco, Francisco Javier. (2014). “La gestión del conocimiento en la ingeniería del mantenimiento industrial: Investigación sobre la incidencia en sus actividades estratégicas”. Omnia Science, 2014. ISSN 978-84-941872-7-8. DOI: <http://dx.doi.org/10.3926/oms.197>.
- (2) Cárcel Carrasco, Francisco Javier. (2014). “Plan-teamiento de un modelo de mantenimiento industrial basado en técnicas de gestión del conocimiento”. Omnia Science, 2014. ISSN 978-84-941872-8-5. DOI: <http://dx.doi.org/10.3926/oms.198>.

Experiencias en la Gestión de los Residuos Ganaderos con Sistemas de Depuración Natural (SDN) en una Explotación de Porcino de Gran Canaria

Carlos Alberto Mendieta Pino
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

Nicolás Navarro Guerra del Río
Cabildo de Gran Canaria

Rafael Navarro Guerra del Río
Cabildo de Gran Canaria



Perspectiva general de la instalación. De izquierda a derecha –Arqueta Final, SFS N°2, Laguna, SFS N°1, Digestor y Era de Secado.

1. RESUMEN

Los efluentes de las explotaciones ganaderas representan un fuerte impacto ambiental y riesgo sanitario. Por ello, una de las soluciones que ha promovido desde hace varios años el Servicio de Extensión Agraria y Desarrollo Agropecuario y Pesquero del Cabildo de Gran Canaria es la implantación de *Sistemas de Depuración Natural* (SDN) en la propia explotación ganadera, debido a su bajo coste y mantenimiento. Estos sistemas SDN pueden ser adecuados debido a la orografía de la isla y al tamaño de las explotaciones. El presente trabajo tiene por objeto describir las experiencias realizadas en Gran Canaria desde el 2008 dentro de una explotación ganadera de porcino, en la cual se ha diseñado,

construido y puesto en funcionamiento un SDN, determinándose una serie de parámetros para evaluar la idoneidad del sistema propuesto.

2. ANTECEDENTES

La línea de investigación se ha enfocado hacia el estudio de los residuos ganaderos en la isla de Gran Canaria. Este es el caso de la explotación ganadera de porcino intensivo que está situada en la zona de medianías de Gran Canaria, concretamente en el municipio de Teror, y que es además una Granja Colaboradora del Cabildo de Gran Canaria. Se trata de una explotación de 1.450 cabezas que generan un efluente de 8,6 m³/día con una DQO de 18.000-22.000 ppm de media (1-4) (Ver Tabla N° 1).

| | Madres | Verracos | Cebo | Total |
|---|----------|----------|----------|-------------------------------|
| Animales (cabezas) | 175 | 7 | 1.250 | 1.432 |
| Volumen de residuos (m ³ /año) | 1.043,38 | 42,84 | 1.965,69 | 8,26 m ³ /día |
| Limpieza | | | | 0,34 m ³ /día |
| Caudal Efluente (estimado) | | | | 8,60 m³/día |
| DQO Efluente (mg/l) sin tratamiento (variable) | | | | 20.000 |
| DQO Efluente (mg/l) con tratamiento de los purines (estimado en proyecto) | | | | 1.200 |

Tabla N° 1: Características de la explotación ganadera, n° de cabezas y tipo de ganado.

Esta explotación tiene instalado un sistema de depuración natural (SDN) que consta de un biodigestor multicámara anaerobio con un separador de sólidos, dos humedales artificiales de tipo SFS, una laguna facultativa y una arqueta final de depuración. La instalación ocupa en torno a 220 metros cuadrados de superficie, teniendo el esquema que se indica en la Figura N° 1 y Figura N° 2.

completa. Entre las cámaras 1 y 2 del digestor se encuentra un tamiz rotatorio para la separación de la fracción sólida. A la salida del digestor se encuentra el primero de los humedales artificiales de tipo SFS con capacidad efectiva de 85 m³, relleno con piedras de granulometría variada y un tiempo de residencia estimado de 5 días. El purín procedente del humedal artificial n° 1, fluye hacia

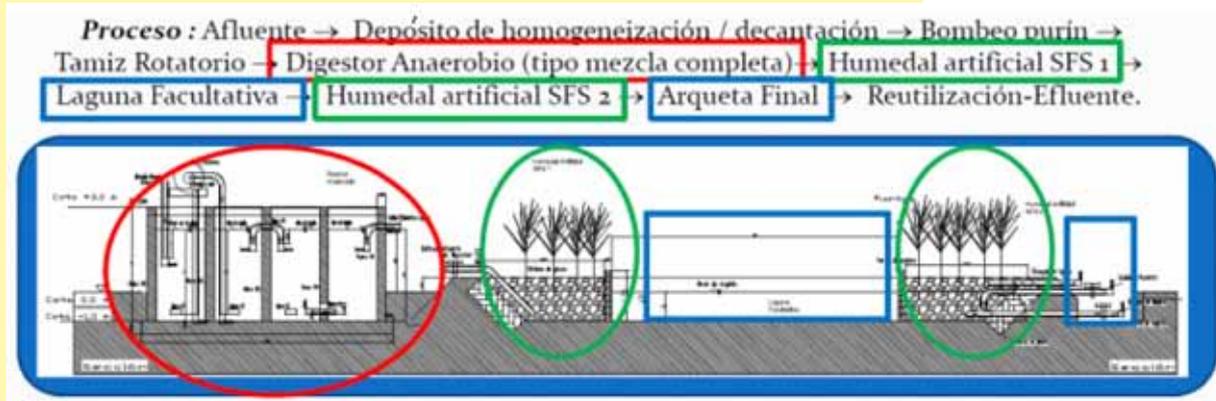


Figura N° 1: Esquema general de la instalación.

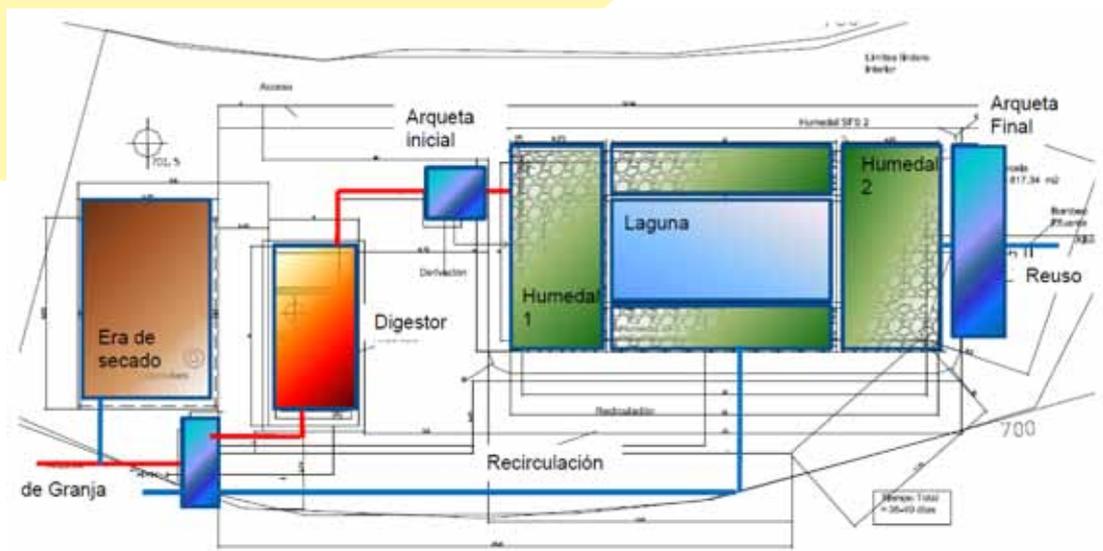


Figura N° 2: Esquema en planta de la instalación.

La instalación está diseñada para un caudal de 8,6 m³/día. El purín es recogido en la propia explotación por una arqueta y es conducido al depósito de homogeneización (ya existente anteriormente). En el depósito de homogeneización, de capacidad 35 m³ y tiempo de retención 3-4 días, se almacena el purín hasta su bombeo al digestor. El reactor anaerobio (digestor) semienterrado está constituido por cuatro cámaras rectangulares iguales e intercomunicadas de capacidad efectiva de 103,00 m³ en total y un tiempo de residencia de 12-14 días. Esta geometría favorece los procesos de mezclado y podemos asociarlo al comportamiento de un digestor de mezcla

la laguna de tipo facultativo de relación longitud/anchura, 2/1 de 90 m³ de capacidad efectiva. La profundidad es de 1,5 metros y el tiempo de residencia es de 8-12 días.

La laguna se encuentra rodeada por los humedales artificiales de manera tal que todo el líquido de la laguna se encuentra en contacto también con las raíces desarrolladas por las plantas en los humedales, esto nos ha permitido experimentar con una laguna de inferior capacidad. La laguna posee un circuito de recirculación que permite recircular total o parcialmente el líquido existente en la laguna a una arqueta de control que se en-

cuentra comunicada con el depósito de homogeneización. A la salida de la laguna, se encuentra el humedal artificial SFS 2, de concepción idéntica al humedal artificial nº 1. Del humedal nº 2 se pasa a un depósito final (10 m³) que permite la reutilización del purín ya digerido y con baja carga orgánica.

A destacar que todo el recorrido del purín desde el digestor hasta el depósito final se realiza por gravedad, sin la necesidad de bombeo salvo para el proceso de tamizado.



Foto N° 1: Laguna desde el digestor (obsérvese el desarrollo de las plantas en los humedales que la rodean).



Foto N° 2: Estercolero de sólidos adosado al biodigestor y el separador encima. Detrás se sitúa la laguna y los humedales.

El líquido estabilizado puede bombearse a cualquier cuba para su utilización como fertilizante orgánico de buena calidad; o bien, cuando no hay demanda, el bombeo al alcantarillado, cumpliendo los parámetros mínimos de vertido establecidos en la Ordenanza Reguladora de Vertido a la red de alcantarillado del municipio.

El tiempo total de residencia hidráulico del sistema se estima entre 35 a 40 días.

Este SDN no tiene apenas tecnología convencional, salvo el separador de sólidos que, además, tiene un sistema de auto-limpieza y no exige apenas mantenimiento. El sólido, que es muy manejable y sin malos olores, es retirado íntegramente por los agricultores y utilizado como abono. La instalación es muy sencilla de manejar para el ganadero en su cuidado y con bajo mantenimiento.



Foto N° 4: Pila de sólido. Obsérvese la temperatura que marca la sonda (a 1 m de profundidad) de 62°C, perfecta para un posterior compostaje.



Foto N° 3: Arqueta final de depuración (izquierda), vista de la laguna y al fondo digestor- tamiz (centro) y estercolero de recogida de sólidos (derecha).

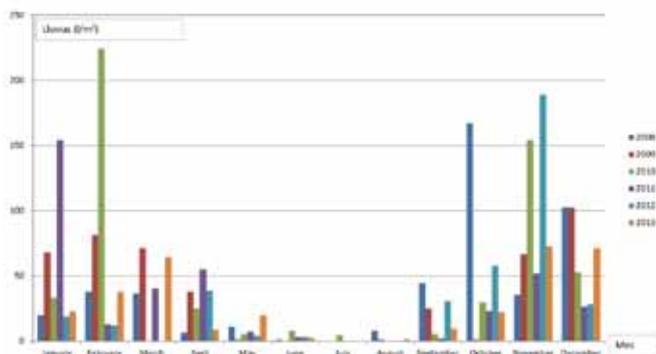


Foto N° 5:
 Instalación del tamiz rotatorio, abierto en auto-limpieza.

3. PUESTA EN MARCHA

Para la puesta en marcha de la instalación se han tomado las siguientes consideraciones:

1. Cada cámara de los digestores, así como la laguna, se han cargado inicialmente con agua limpia, lo que permite tanto la comprobación de las filtraciones, como la adaptación paulatina de la flora bacteriana propia.
2. En función de los tiempos de descarga de la granja, que pueden variar entre 2 y 5 días en función de las dimensiones de las albercas existentes bajo el suelo de las explotaciones, se ha ido cargando el digestor.
3. No se han añadido recursos externos, léase cultivos de bacterias, lodos de depuradoras, etc., dejando sólo en reposo al purín para que se desarrollen la flora bacteriana autóctona.
4. No se modificó la gestión de la propia granja, el ganadero ha manejado su explotación de igual forma que antes de la instalación.



4. RESULTADOS

Desde el inicio del trabajo se han tomado muestras con regularidad, llegando a 56 muestras en el periodo de estudio de mayo de 2008 a julio de 2014. En una primera fase, y con el objetivo de comprobar el funcionamiento del sistema, se han tomado una serie de parámetros (DQO, pH y Conductividad) con periodicidad semanal (2 a 3 al mes)(4-5). En una segunda fase, ya con una periodicidad de 6 meses, se han ampliado los parámetros a otros tales como Boro, Cobre, Manganeso, Hierro, Nitrógeno Total, Zinc, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Sodio, Sólidos en Suspensión y Sólidos Volátiles que serán divulgados posteriormente.

4.1. Condiciones ambientales

El sistema está influenciado por las condiciones atmosféricas al no existir control de temperatura en el digestor y estar una parte del mismo (laguna y humedales) sujeto al aporte de lluvias. En la explotación se ha instalado una estación meteorológica que nos permite recoger datos de temperatura, presión, humedad relativa y absoluta y nivel de precipitaciones. Indicamos los datos de temperatura ambiente (°C) y precipitaciones (l/m²) en el Gráfico N° 1.

Se puede observar que durante el periodo de 6 años de tomas de muestras, en los meses de julio y agosto se alcanzan las temperaturas más altas (23 a 24°C); y mínimas de 14°, en enero y febrero. Por otro lado, las precipitaciones son inapreciables entre los meses de mayo a agosto, mientras que los meses de noviembre a febrero son los que presenta mayores precipitaciones. Debido a que el sistema es abierto y sujeto a las condiciones ambientales, los aportes de lluvia y pérdidas de evaporación influyen en el proceso, aportando o eliminado fracción líquida. Se ha

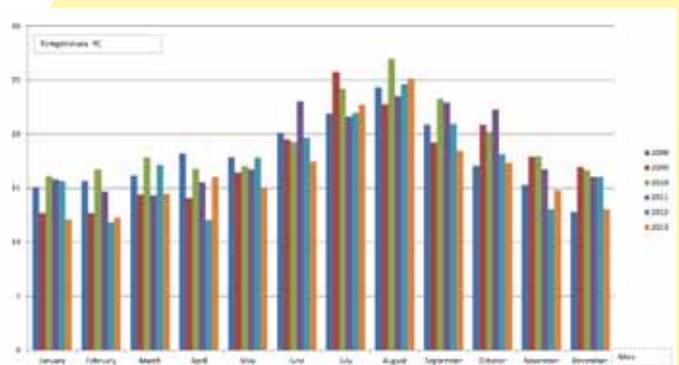


Gráfico N° 1: Temperatura y Precipitaciones.

cuantificado que la diferencia de pérdidas por evaporación se encuentra entre el 5 al 20% en función de la época del año.

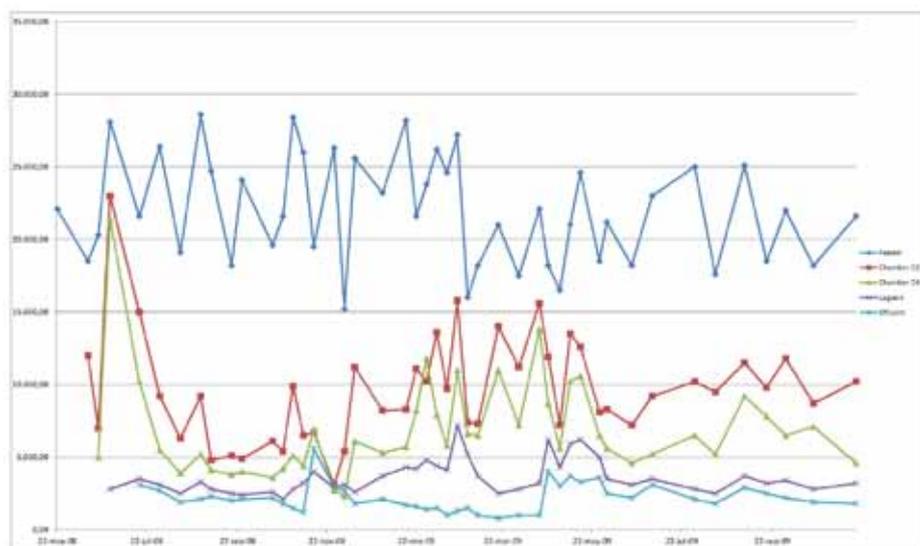
4.2. Muestras

1ª Tanda

Los parámetros analizados desde el 22 de mayo de 2008 hasta el 18 de noviembre de 2009. Las muestras han sido 46. En el Gráfico N° 2 se muestra la evolución de la DQO, mostrando una capacidad de adaptación del sistema a las cargas variables de la explotación ganadera.

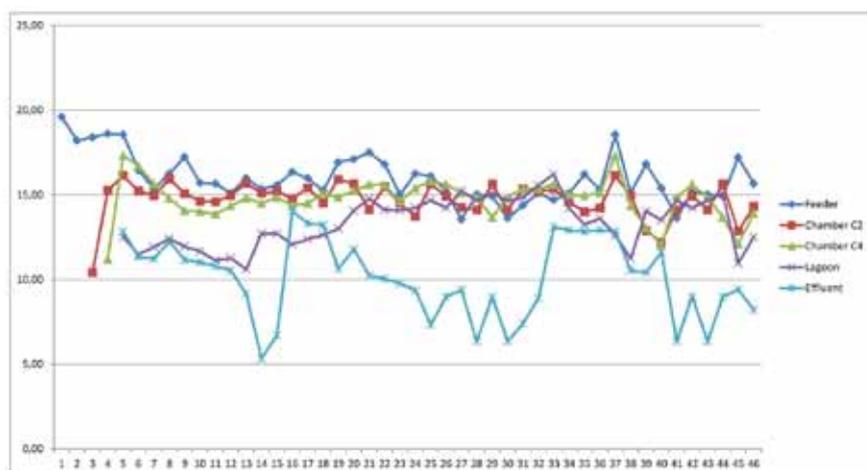
Se puede observar como el sistema tiende a amortiguar las cargas variables de entrada, funcionando en unos valores medios estacionales, que permiten mantener rendimientos de eliminación superiores al 50 %, tanto en digestor (C1 a C4), como en la laguna, siendo el porcentaje total de eliminación del 90% (6).

Cuando observamos la conductividad y su evolución, constatamos conductividades elevadas en la entrada debido tanto a la naturaleza del propio purín como al tipo de agua utilizada para la alimentación, ya que para la limpieza de la explotación usan el agua procedente de un pozo de agua salobre con una conductividad media de 18,50 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En el Gráfico N° 3, observamos cómo los niveles de conductividad se mantienen prácticamente constantes en todas a las etapas del digestor y cómo, al ser un sistema abierto y al igual que hemos visto en el Gráfico N° 2, en épocas húmedas (muestras 11-14 y 23-28) baja considerablemente la conductividad hasta valores cercanos a 5 $\mu\text{S}/\text{cm}$. No obstante, el efluente tiene un carácter salino con valores promedio cercanos a 10 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pero con una disminución del 30% debido, sobre todo, a la presencia de las raíces de las plantas retenedoras de sales.



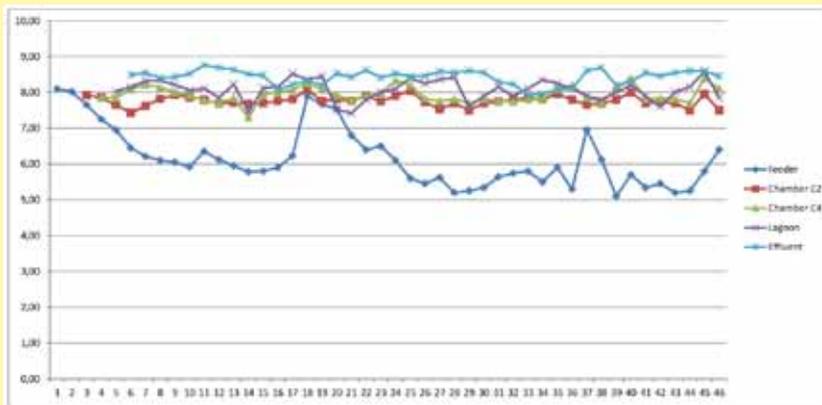
Media Afluente-Feed: 22.000 ppm
 Media Cámara N° 2: 9.600 ppm
 Media Cámara N° 4: 6.800 ppm
 Media Laguna: 3.600 ppm
 Media Efluente: 2.200 ppm

Gráfico N° 2: DQO (mg/l O₂) 1ªTanda.



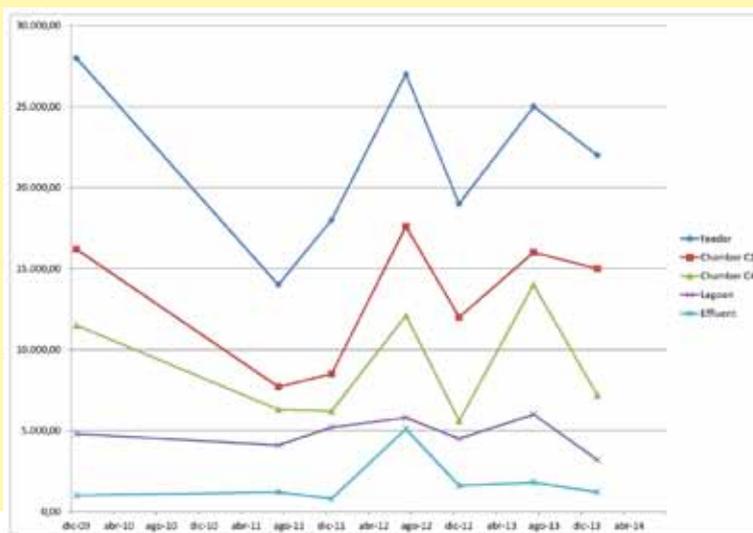
Media Afluente-Feed: 15,99 $\mu\text{S}/\text{cm}$
 Media Cámara n°2: 14,69 $\mu\text{S}/\text{cm}$
 Media Cámara n°4: 14,75 $\mu\text{S}/\text{cm}$
 Media Laguna: 13,36 $\mu\text{S}/\text{cm}$
 Media Efluente: 10,09 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Gráfico N° 3: Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) (1ª+2ª Tanda).



Media Afluente – Feed: 6,16
 Media Cámara N° 2: 7,76
 Media Cámara N° 4: 7,94
 Media Laguna: 8,07
 Media Efluente: 8,43

Gráfico N° 4: pH (1ª+2ª Tanda).



Media Afluente - Feed: 24.100 ppm
 Media Cámara N° 2: 11.300 ppm
 Media Cámara N° 4: 8.200 ppm
 Media Laguna: 4.100 ppm
 Media Efluente: 1.400 ppm

Gráfico N° 5: DQO (mg/l O2) 2ª Tanda.

Con respecto al pH, en el Gráfico N° 4 notamos cómo partimos de un afluente de carácter ácido el cual se va convirtiendo paulatinamente en alcalino en el digestor, pasando de valores de 6 a valores de pH igual a 8. Nótese la influencia de las lluvias, que modifica el pH.

2ª Tanda

Los parámetros analizados desde diciembre del 2009 hasta diciembre 2013. Las muestras han sido 7. A fecha de redacción de este artículo se están recopilando los datos finales de 2014.

En la evolución de los parámetros de DQO, Conductividad y pH, en una escala de muestras semestrales, se observa la constancia en los valores ya comentados, indicándonos la idoneidad del sistema en su hacer durante los cerca de 6 años de funcionamiento ininterrumpido.

Ello lo podemos observar en la DQO (Ver Gráfico N° 5), en el que constatamos que los rendimientos se mantienen

en 50% tanto en digestor como en laguna, con un porcentaje de eliminación total del 94%, mejorando con ello el rendimiento con respecto a la primera tanda de muestras(7-8).

Al comparar los valores medios entre tandas, observamos tanto la mejora de rendimiento antes indicado como unos valores medios superiores en estos últimos años, con una mayor carga en la entrada, debido al alza en el número de animales de la explotación; y una mayor colmatación del digestor y laguna, producto de 6 años de funcionamiento sin realizar una limpieza. Aun así, el sistema ha respondido adecuadamente, con efluentes mejores que al inicio (Ver Tabla N° 2).

| | 1ª Tanda | 2ª Tanda |
|-----------------------|------------|------------|
| Media Afluente - Feed | 22.000 ppm | 24.100 ppm |
| Media Cámara N° 2 | 9.600 ppm | 11.300 ppm |
| Media Cámara N° 4 | 6.800 ppm | 8.200 ppm |
| Media Laguna | 3.600 ppm | 4.100 ppm |
| Media Efluente | 2.200 ppm | 1.400 ppm |

Tabla N° 2: Comparación entre Tandas.

En el siguiente gráfico (Ver Gráfico N° 6), podemos observar ya las 54 tomas (1ª+2ª Tanda) en su conjunto, con un porcentaje de eliminación de materia orgánica (medida en DQO), del 90%.

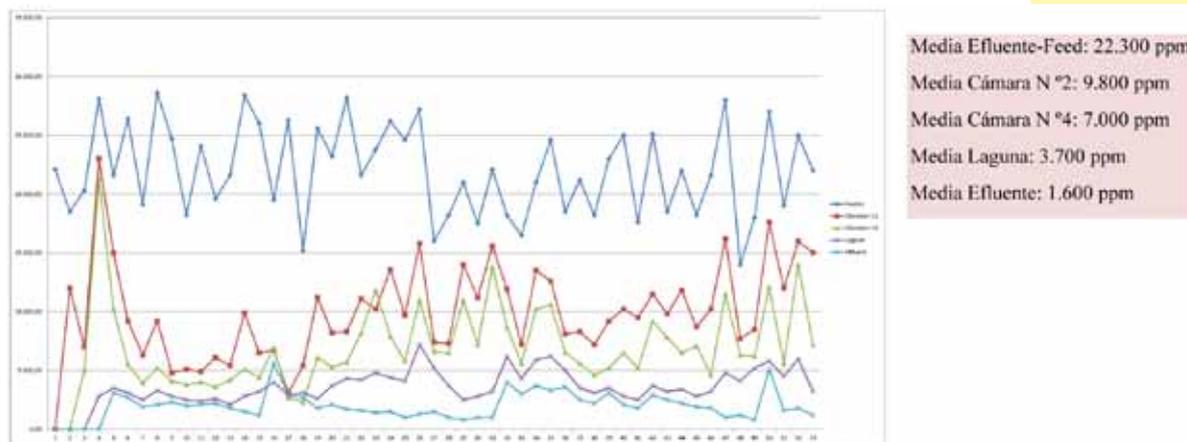


Gráfico N° 6: DQO (mg/l O₂) 1ª+2ª Tanda.

La eficiencia de este SDN está más que demostrada, con constancia en los resultados (el efluente es la línea azul clara base del Gráfico N° 6), tasas de eliminación muy alta y buena capacidad para absorber variaciones en el funcionamiento de la explotación en épocas de sequía o de lluvias. En lo que respecta al sólido, los datos fundamentales son:

| PARAMETROS QUÍMICOS | | | | |
|---------------------|-------------------------------|-------------------|-----------|--------------------------------------|
| Parámetro | Método Analítico | Fecha de análisis | Resultado | Unidades |
| Materia Orgánica | F/0068 Calcinción-Gravimetría | 18/03/09 | 88.0 | % |
| Materia seca | PE-F/0013 Gravimetría | 18/03/09 | 19.6 | % |
| Carbono Orgánico | F/0068 Calcinción-Gravimetría | 18/03/09 | 51.1 | % |
| Nitrógeno Total | PE-F/007 Kjeldahl | 18/03/09 | 16.3 | g/Kg m.s. |
| Fósforo | PE-D/0025 ICP-OES | 18/03/09 | 2.536 | % P ₂ O ₅ m.s. |
| Potasio | PE-D/0025 ICP-OES | 18/03/09 | 0.24 | % K ₂ O m.s. |
| Sodio | PE-D/0025 ICP-OES | 18/03/09 | 0.06 | % Na ₂ O m.s. |

Tabla N° 3: Parámetros Químicos.

Como se puede observar por el análisis del sólido, posee una importante materia orgánica que permite su posterior compostaje; de hecho y como resultado del propio almacenamiento del sólido tal, por espontaneidad, se produce su propia digestión alcanzándose una temperatura, a 1 metro de profundidad, de más de 60°C.

5. CONCLUSIONES

Como conclusión de esta experiencia y seguimiento, podemos señalar que los SDN se han revelado adecuados para el tratamiento de los

residuos ganaderos en Gran Canaria, aunque es necesario matizar varios aspectos:

1. No hay un modelo único o estándar de SDN. Cada caso, cada tipo de explotación y su ubi-

cación geográfica marcarán las pautas para el diseño más adecuado.

2. El objetivo principal es convertir un residuo en un recurso, esto es, que los purines depurados se utilicen como fertilizante orgánico para la agricultura de la zona, y evitar el vertido al alcantarillado.

3. Aparte de la utilización como fertilizante orgánico, lo ideal sería un aprovechamiento energético de esos purines por la obtención de biogás generado en la digestión anaeróbica. Lo cierto es que existen experiencias en otras granjas en España (y particularmente en la isla del Hierro) que han dado buenos resultados. Siempre implicará más inversión, pero podría amortizarse en pocos años y reducir costes en energía calorífica y electricidad que actualmente son gastos considerables en cualquier empresa. Esperamos que el Cabildo de Gran Canaria y la Universidad de Las Palmas de

Gran Canaria puedan llevar a cabo alguna experiencia en este sentido en un futuro.

4. Estos SDN también suponen una concienciación del ganadero en cuanto al valor de su "residuo-recurso" que ayuda a que esté comprometido e involucrado en la gestión de los purines.
5. Es fundamental tener claro que actualmente, con la crisis económica imperante, y los precios de los combustibles, cualquier iniciativa de gestión de los residuos ganaderos a nivel centralizado (como puede ser una gran planta de tratamiento de residuos agrarios) es difícilmente viable teniendo en cuenta la logística y el tipo de granjas existentes en la isla de Gran Canaria.
6. Este proyecto sigue el principio de proximidad, promovido asimismo por la Unión Europea, que es vital para la mayoría de proyectos de gestión de residuos y favorece una producción integrada, en la que el binomio agricultor-ganadero estén en una mejor cooperación y sostenibilidad a largo plazo.

6. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

- Establecer y validar los modelos matemáticos para los distintos sistemas SDN.

- Estudiar la influencia en el crecimiento de cultivos de dosis diluidas de purín estabilizado.
- Estudiar la influencia en el comportamiento del suelo al utilizar dosis diluidas de purín estabilizado.
- Estudiar las técnicas de obtención de un óptimo compost a partir del sólido.
- Estudiar la aplicabilidad del compost en la recuperación de suelos y en el rendimiento de los cultivos.

7. AGRADECIMIENTOS

Debemos agradecer al ganadero D. Hilario Cabrera su interés, confianza, dedicación y paciencia en el desarrollo de esta experiencia de la gestión de los purines en su explotación ganadera, ya que, durante varios años y en la actualidad, hemos estado tomando muestras, y haciendo modificaciones en las instalaciones para optimizar el tratamiento de los purines. Agradecer también la labor y el apoyo del Cabildo de Gran Canaria, concretamente al Laboratorio Agroalimentario y Fitopatológico de la Granja Agrícola Experimental y, especialmente, al Servicio de Extensión Agraria por el trabajo, dedicación y empeño demostrado.

En la actualidad, noviembre 2014, esta instalación sigue en pleno y total funcionamiento.

8. REFERENCIAS

1. Ilda Mannino - Daniel Franco - Enrico Piccioni - Laura Favero - Erika Mattiuzzo - Gabriele Zanetto. A Cost-Effectiveness Analysis of Seminatural Wetlands and Activated Sludge Wastewater-Treatment Systems. Published online: 18 October 2007 Springer Science+Business Media, LLC 2007.
2. Chun G. Yoon - Song-Bae Kim - Tae-Young Kwun - Kwang-Wook Jung . Development of natural and ecological wastewater treatment system for decentralized community in Korea. Published online: 23 January 2008. Springer-Verlag 2008.
3. Selma CĖ. Ayaza, Lutfi Akcaba. Treatment of wastewater by natural systems Environment International 26 (2001) 189-195.
4. Youngchul Kima, D.L.Giokasb, Jin-Woo Leec, P.A.Paraskevasd. Potential of natural treatment systems for the reclamation of domestic sewage in irrigated agriculture. Desalination 189 (2006) 229-242.
5. Jin-Young Jung, Sang-Min Lee, Pyong-Kyun Shin, and Yun-Chul Chung. Effect of pH on Phase Separated Anaerobic Digestion. Biotechnol. Bioprocess Eng. 2000, 5: 456-459.
6. Ahring, B. K., I. Angelidaki, and K. Johansen (1992). Anaerobic treatment of manure together with industrial waste. Water Sci. Technol. 25: 211-218.
7. A.D. Andreadakis, Seminar on Design and Operation of Wastewater Treatment Plants, Athens, 1996, pp. 8-15.
8. S.A. Ahmed, S.R. Tewfik and H.A. Talaat, Development and verification of a decision support system for the selection of optimum water reuse schemes, Desalination, 152(1-3) (2002) 339-352.
9. R. Namuli, P. Pillay, B. Jaumard, C.B. Laflamme. Threshold herd size for commercial viability of biomass waste to energy conversion systems on rural farms. Applied Energy 108 (2013) 308-322.
10. Cournoyer MS, Delisle U, Ferland D, Chagnon R. A mixed plug flow anaerobic digester for dairy manure. ASAE Technical Paper, vol. 45-62; 1985.

Conservación de la Palmera Canaria



Roberto Quintana Quintana

Trecan



Foto N° 1: Ejemplar de Palmera Canaria.

1. INTRODUCCIÓN

La palmera canaria es una especie muy importante de la vegetación del Archipiélago Canario y de su historia. Como su propio nombre científico indica "Phoenix Canariensis", es endémica de nuestra tierra. Sin embargo, está presente en muchos jardines de todo el planeta. Es una especie dioica, o sea, existen ejemplares con flores masculinas y ejemplares con flores femeninas por separado. Las flores constituyen racimos que, en el caso de los individuos femeninos, tras la polinización, evolucionan a infrutescencias donde cada fruto se denomina támara o dátíl. En comparación con otras especies de palmeras, la palmera canaria es la más imponente y majestuosa de todas, pudiendo alcanzar hasta 30 metros de altura.

Los artesanos han llegado a descubrir lo beneficioso de sus hojas para la creación de diversos utensilios como los cestos, aros para el queso, escobas de barrer, esteras, etc. Con la savia (guarapo) de la palmera se elabora vino de palma o miel de palma, entre otros productos.

2. MANTENIMIENTO

La poda de la palmera y la limpieza del estípite (tronco) son dos de las operaciones de mantenimiento básico para proteger la salud de los ejemplares, ya que es una especie muy susceptible de adquirir enfermedades. La poda se debe de realizar siempre con los mejores medios para evitar el contagio de patógenos de un ejemplar a otro. Se recomienda realizar una buena desinfección de las herramientas de corte (utilizar lejía diluida - 2% al 10% - al menos durante 5 minutos). Con el fin de sellar los poros producidos en la hoja en el momento del corte con la herramienta denominada corvellón o corvellot y,



Foto N° 2: Utensilios realizados por los artesanos.

con el objetivo de evitar el aroma que desprende y que "llama" a los diferentes patógenos, se deberá aplicar un aceite mineral o pintura especial (Ver Foto N° 3).



Foto N° 3: Sellado de poros tras la poda.

El podador también deberá de evitar las podas extremas aunque se lo requieran, pues el ejemplar puede llegar a sufrir un estrechamiento no deseado del tronco y/o la corona. El profesional deberá de estar acreditado por la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación, para efectuar poda de palmeras (Anexo II de la Orden 1833 de 29 de octubre de 2007 del Gobierno Autónomo de Canarias, publicado en el B.O.C nº 222 de fecha 06 de noviembre de 2007).

Habitualmente la poda se realiza con medios manuales (a trepa) o con medios mecánicos (camión con grúa y cesta). Es igualmente importante llevar bien a cabo el acopio y traslado de los restos de poda a vertedero, siempre por gestores autorizados, y cubiertos por lona para evitar la contaminación de otros ejemplares en el trayecto.

Es el podador experto y autorizado quien diagnostica el estado de la palmera, la/s plaga/s que tiene, qué se recomienda hacer, así como el tratamiento fitosanitario a seguir.

2.1. HERRAMIENTAS DE TRABAJO

El equipo para la poda y otras prácticas culturales en palmeras se compone de los siguientes elementos:

- Eslingas.
- Arnés.
- Tripolina (silla).
- Mosquetones de cierre automático.
- Casco de protección.
- Gafas de impacto.
- Bota de seguridad de caña alta.
- Manguitos anticorte.
- Guantes.

También se llevan los equipos de rescate de cuerdas, mosquetones,... por si el podador sufre desmayo o accidente por corte.



Foto N° 4: Equipo para poda y otras prácticas culturales.



Fotos N° 5 y 6: Poda y fumigación.



Foto N° 7: Cuadrilla realizando poda.

3. PLAGA Y ENFERMEDADES DE INSECTOS

3.1. PLAGAS DE INSECTOS

- **Picudo Rojo (*Rhynchophorus Ferrugineus*)**

De entre todos los insectos, el picudo rojo es el más dañino. Entró en Canarias en palmeras procedentes de Egipto y en la actualidad solo se ha detectado en las islas de Fuerteventura y Gran Canaria. Este escarabajo de color marrón rojizo, mide entre 2 y 5 centímetros de largo y 1,2 centímetros de ancho, con un rostro alargado y puntiagudo con el que perfora la palmera para alimentarse de ella. El ciclo biológico (3 meses) se desarrolla por completo dentro de la palmera, encontrando huevos, larvas, pupas y adultos a la vez. Las hembras depositan los huevos en el interior de la palmera, las larvas entran y van haciendo galerías en su interior, alimentándose de la materia vegetal. Los adultos al salir, siguen alimentándose hasta que la palmera está en avanzado estado de descomposición o, en los casos severos, muere. Estos insectos tienen actividad diurna, prefieren caminar aunque normalmente vuelan para encontrar otra palmera que infectar ya que las hembras salen copuladas. Así, esta colonia de insectos invade otro espécimen.



Foto N° 8:
Picudo Rojo
(*Rhynchophorus Ferrugineus*).

Las palmeras afectadas se reconocen porque tanto el palmito como las hojas aparecen aplastadas, con mordidas y galerías.

- **Picudo de las Cuatro Manchas del Cocotero (*Diocalandra Frumenti*)**

El tiempo desde la puesta de huevos hasta adulto es de 2,5 a 3 meses. Excava galerías en las hojas y en el fuste, causando la desecación de la corona para posteriormente marchitarse cuando el fuste ha sido muy dañado. Con ataques fuertes en un plazo de seis a ocho meses la palmera se seca y muere.



Foto N° 9: Picudo de las Cuatro Manchas del Cocotero (*Diocalandra Frumenti*).

- **El Taladro de la Palmera (*Opogona Sacchari*)**

Este "taladro" de la palmera se refugia durante



Foto N° 10:
Consecuencia de los efectos de la *Diocalandra Frumenti*.

el día debajo de los restos vegetales. Las larvas excavan túneles, ya sea en la corteza o en el cilindro central, dejando estos llenos de excrementos. El adulto es una pequeña mariposa de color amarillo claro que durante el día se oculta entre restos vegetales, lugar donde deposita los huevos.

Los daños son visibles en forma de podredumbres en la base de las hojas.

- **La Cochinilla Roja (*Phoenicococcus Marlati Cockerell*)**

Se alimenta de los jugos de la planta. La hembra tiene las patas atrofiadas y permanecen sobre los tejidos de la planta rodeadas de una densa secreción algodonosa blanca que con el tiempo se decolora.

Los síntomas más peculiares de su ataque es la de presencia de amarilleo inicial de las hojas o el blanqueamiento de las pinnas o foliolos y las hojas.

- **La Cochinilla Blanca (*Fiorinia Fioriniae*)**

Cochinilla con escama alargada de color blanco. La hembra es de mayor tamaño que el macho. Se alimenta de los jugos de la planta. Este insecto cubre una amplia zona de las hojas y los brotes, llegando a poder abarcar toda la palmera.

- **La Mosca Blanca (*Lecanoides Floccissimus*)**

Insectos chupadores con dos pares de alas recubiertas de un polvillo blanquecino. Carecen de manchas en las alas. La forma de atacar y de

reproducirse se centra en las hojas. Las hembras realizan la puesta en el envés de la hoja y en 34 días emerge una mosca blanca.

La plaga es fácilmente reconocible al ser de color blanquecina y estar cubierta de ceras. Se produce una pérdida de color y forma de las hojas, que de prolongarse, produce un debilitamiento progresivo hasta la total destrucción de la planta.

3.2. ENFERMEDADES POR HONGOS

Las consecuencias de las enfermedades de los hongos son devastadoras, pudiendo desestabilizar incluso la corona de la palmera.



Foto N° 11: Efecto de las enfermedades producidas por hongos.

Los hongos pueden producir diferentes síntomas como podredumbre en las florecencias, podredumbre del corazón y del estipe o estípite, podredumbre de la yema terminal, etc.

- **Exudado del Tallo (Thielaviopsis Paradoxa) y Podredumbre Negra del Corazón (Ceratocystis Paradoxa)**

El hongo tiene dos fases: la superior Thielaviopsis Paradoxa y la fase final, el hongo Ceratocystis Paradoxa. Es la causa de la podredumbre de las hojas más jóvenes, formando una especie de polvillo gris oscuro de consistencia blanda y húmeda. Puede provocar un crecimiento lateral del meristemo y provocar una curva en el estípite de la planta.

Al inicio se desarrolla una podredumbre blanda amarillenta y a medida que la enfermedad avanza, las zonas afectadas manifiestan una decoloración, que se oscurecen con la edad. Al final se observa una exudación líquida de color rojizo,

la cual deja de exudar en lesiones viejas, tornándose más oscura o negra

Puede ser muy grave, produciendo la muerte del ejemplar rápidamente. Los daños producidos por golpes, cortes y podas extremas, así como las grietas y la humedad de riegos irregulares del césped que en ocasiones la rodean, pueden ser la puerta de entrada a los hongos.



Foto N° 12: Podredumbre del corazón de la palmera.

- **Marchitez (Fusarium Oxysporum)**

El síntoma se puede apreciar en las pinnas de las hojas (una parte seca, un solo lado) y banda necrótica de los estipes de las hojas.

Este hongo se desplaza también por el suelo a través de las raíces. Las raíces son los vasos conductores de la savia y, por lo tanto, es fácil que el hongo se incorpore por medio de ellos y así afectar al ejemplar.

- **Podredumbre Rosa (Gliocladium Vermoesenii)**

Es un hongo de polvo rosado que aparece primero en las hojas externas, presentado manchas rosáceas, para irse extendiendo a la parte central del cogollo foliar. El daño es muy serio, generando la muerte de la palmera si no se actúa a tiempo.

Estas son algunas de las enfermedades ocasionadas por los hongos, de muy fácil localización a simple vista. Sin embargo, hay que saber que existen muchas más.

El mantenimiento de un ejemplar de la palmera canaria, debe de ser muy riguroso. Si se cuidan las buenas prácticas de poda y riego y se protege de los invasores, como los insectos y los hongos, el ejemplar gozará siempre de buena salud.

La Efectividad de las Actividades de Mantenimiento



Carolina Altmann

El presente trabajo aborda la importancia de la efectividad de las actividades de mantenimiento. Se analiza cómo debemos concentrar los esfuerzos en la optimización de los recursos, sin perder de vista la efectividad.

La efectividad de las actividades de mantenimiento estará determinada por las Estrategias de Mantenimiento, por la Gestión de Mantenimiento y por las Buenas Prácticas.

1. EFICACIA Y EFICIENCIA

Es importante comenzar por definir los siguientes conceptos:

- Eficacia: Capacidad de lograr los objetivos y metas programadas con los recursos disponibles en un tiempo predeterminado.
- Eficiencia: Capacidad de alcanzar los objetivos y metas programadas con el mínimo de recursos disponibles y tiempo, logrando su optimización.

2. MANTENIMIENTO Y CONFIABILIDAD

El objetivo de mantenimiento es asegurar la competitividad de la empresa, en esa medida es necesario aumentar la confiabilidad de los equipos; es decir, disminuir la cantidad de fallas que generan interrupciones no programadas, de manera que se pueda obtener la disponibilidad requerida por operaciones, asegurando los niveles de calidad, seguridad y medioambiente.

- La función del Mantenimiento: asegurar que todo activo físico continúe desempeñando las funciones deseadas.

- Confiabilidad: probabilidad de que un determinado equipo opere bajo las condiciones preestablecidas sin sufrir fallas.

Para lograr el objetivo de mantenimiento es necesario desarrollar una gestión eficiente y efectiva.

3. CONFIABILIDAD OPERACIONAL

La confiabilidad de los equipos no es únicamente responsabilidad del área de mantenimiento.

Es importante generar una conciencia sistémica dentro de la organización, para comenzar a madurar la gestión de mantenimiento y así lograr la optimización de la confiabilidad.

Se define la Confiabilidad Operacional (CO) como la capacidad de una instalación o un sistema integrado por procesos, tecnología y recursos humanos para cumplir su función dentro de los

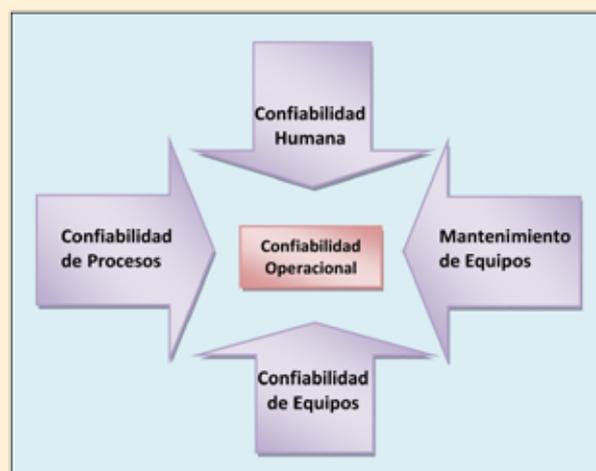


Figura N° 1: Los cuatro factores que determinan la Confiabilidad Operacional.

límites de diseño y bajo un contexto operacional específico.

La Confiabilidad Operacional está determinada por los siguientes factores:

- Confiabilidad de Equipos.
- Mantenibilidad de Equipos.
- Confiabilidad Humana.
- Confiabilidad de Procesos.

4. LAS ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO Y LA EFECTIVIDAD DE LAS INTERVENCIONES

La eficacia, o capacidad de alcanzar los objetivos, va a depender en primer lugar de las estrategias de mantenimiento que se apliquen a cada máquina.

Para lograr la eficacia es necesario:

- Aplicar la estrategia adecuada al modo de falla, de acuerdo al tipo de consecuencias de dicha falla: operacionales, de seguridad, de medioambiente y energéticas.
- Seleccionar la técnica de monitoreo con mayor sensibilidad, de forma que permita detectar más temprano cualquier falla potencial.
- Establecer la mejor frecuencia de intervención.

Por ejemplo, en el caso de componentes de un equipo que posean modos de falla relacionados con el desgaste, el aplicar una estrategia de mantenimiento preventivo en la frecuencia correcta, si bien podría ser efectivo, no necesariamente será eficiente, ya que podría existir la oportunidad de extender la vida en servicio de los componentes. En cambio, si se aplicara una estrategia de monitoreo de condición, permitiría realizar un seguimiento del estado de salud de los componentes, mediante distintas medidas de capacidad y/o de desempeño, y de esta forma reducir los costos de:

- Lucro cesante por máquina parada, ya que se generarían menos horas de parada de máquina, a lo largo del ciclo de vida del activo.
- Costo de mano de obra, por realizarse menos intervenciones en el ciclo de vida del activo.
- Costos de repuestos y materiales, ya que se extendería la vida en servicio de los compo-

nentes, generando menos consumo de repuestos en el ciclo de vida de dicho activo.

5. LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO: LA EFECTIVIDAD DE LAS INTERVENCIONES

La selección de las mejores estrategias por sí solas no garantizan la efectividad de las intervenciones.

Para la correcta ejecución es necesario:

- Planificar la intervención.
- Programar y coordinar la intervención.

Para esto es necesario realizar previsiones y asignaciones de recursos, es decir: mano de obra especializada, repuestos, materiales y herramientas requeridas.

Sólo una organización con una gestión de mantenimiento madura, podrá dar el soporte para evitar en el momento de la ejecución:

- Demoras por materiales no disponibles. faltante.
- Demoras por herramientas no disponibles.
- Demoras por documentación técnica no disponible.
- Demoras por descoordinación con producción.
- Demoras por incorrecta asignación de especialidades por técnico.

Es decir, sólo una buena gestión permitirá ser efectivos y eficientes.

Particularmente, en el caso de estrategias predictivas, de monitoreo de condición y proactivas, las inspecciones podrán detectar la presencia de un proceso de falla en evolución. Aquí es donde se debe planificar y programar la acción correctiva.

La organización de mantenimiento debe ser capaz de responder rápidamente para aprovechar la alerta temprana y ejecutar la intervención correctiva, para evitar una falla mayor.

Se pueden aplicar las mejores estrategias y las técnicas más adecuadas, con mayor sensibilidad, pero si la organización presenta demoras en la gestión de la información, compra de materiales y repuestos, el plan de monitoreo de condición no aportará a una real efectividad y eficiencia.

Además, se estarán desperdiciando los recursos y esfuerzos asignados a dicho plan, que tampoco brindará su retorno de inversión.

Cuando esto sucede, se generará falta de credibilidad en la gestión de mantenimiento en todos los niveles de la organización y lejos se estará de tener efectividad en las intervenciones.

Por otra parte, la calidad de la intervención puede verse fuertemente perjudicada por la utilización de:

- Repuestos inadecuados.
- Repuestos sustitutos de mala calidad.
- Insumos de mala calidad.
- Falta de herramientas adecuadas para la ejecución de las tareas.

Además, generalmente los repuestos sustitutos presentarán menor vida en servicio.

Esto puede generar fallas adicionales y son aspectos que se pueden evitar con el soporte de una buena gestión de mantenimiento que garantice la disponibilidad de los repuestos correctos y de buena calidad, así como también de todas las herramientas necesarias.

Es decir, todo lo anterior pondrá en riesgo la efectividad y eficiencia de la gestión y de las intervenciones de mantenimiento.

6. LAS BUENAS PRÁCTICAS Y LA FALLA AUTOINDUCIDA

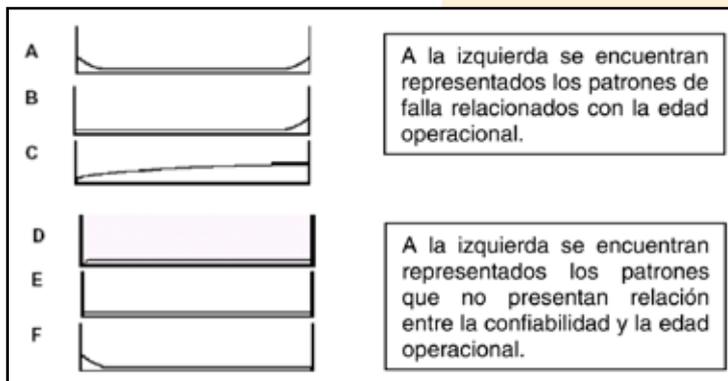
Las buenas prácticas de mantenimiento comprenden:

- Buenas prácticas de orden y limpieza del taller y la zona de trabajo.
- Buenas prácticas de lubricación y engrase.
- Buenas prácticas de montaje y desmontaje.

A nivel de fallas mecánicas, las fallas relacionadas con problemas de lubricación, así como las fallas relacionadas a problemas de montaje, representan la gran mayoría, por lo que debe jerarquizar a las buenas prácticas.

Tal como lo señala Moubray en su libro RCM2, existen seis patrones de falla en la maquinaria actual.

A continuación, se presentan los gráficos de la probabilidad de falla en función de la edad operacional.



En los casos A, B y C se observa que la probabilidad de falla aumenta con la edad operacional. Este comportamiento es consecuencia del desgaste y se presenta en componentes que están en contacto directo con algún fluido o material.

En cambio los patrones D, E, y F no presentan relación alguna entre la confiabilidad y la edad operacional. Son más propios de componentes electrónicos y eléctricos.

Tal como se puede apreciar en los gráficos anteriores, en varios modos de falla, se presenta una zona inicial de alta probabilidad de falla, denominada: "Mortalidad Infantil".

La mortalidad infantil puede ser debida a:

- Fallas de calidad.
- Fallas de montaje.
- Errores de diseño.
- Errores humanos en la operación.
- Errores humanos en el mantenimiento.

Varios autores coinciden en las siguientes incidencias de las principales causas de la mortalidad infantil:

| Incidencias | |
|-----------------------------|-----------|
| Calidad en el diseño | 5% |
| Calidad en la fabricación | 10% |
| Calidad en la instalación | 20% |
| Calidad en la operación | 20% a 35% |
| Calidad en el mantenimiento | 45% a 30% |

Tal como se puede apreciar en la tabla anterior, la mayor causa de la “Mortalidad Infantil” o falla prematura se debe a errores humanos en el mantenimiento. Este comportamiento también suele ponerse de manifiesto después de reparaciones mayores.

De nada sirve implementar las mejores estrategias, las más costosas técnicas de monitoreo, si no se fomentan las buenas prácticas.

La efectividad está muy relacionada con la calidad de la acción correctiva. Es fundamental no incluir elementos que ocasionen fallas adicionales que se pongan de manifiesto después de la intervención o reparación, ya que cuando esto sucede se disminuirá aún más la confiabilidad.

Para alcanzar la efectividad será necesario realizar:

- Revisión de los Procedimientos de ejecución de las tareas mantenimiento.
- Evaluación de las necesidades de capacitación de cada técnico.
- Evaluación de necesidades de herramientas.

Es importante elaborar un plan de capacitación teórico-práctico que incluya entrenamiento permanente en la tarea específica.

Generalmente los errores humanos no son responsabilidad de las propias personas, sino que son debidos a problemas de la propia organización:

- Confiabilidad del Proceso: falta de procedimientos o de cumplimiento de los mismos.
- Confiabilidad humana: falta de planes de capacitación, desarrollo y reconocimiento, que generen el grado necesario de implicación y compromiso con la tarea.

Para implementar las buenas prácticas, será necesario:

- Establecer procedimientos.
- Instrucciones paso a paso de los montajes críticos.
- Poner a disposición de los Técnicos toda la documentación técnica, manuales, planos necesarios, etc.
- Poner a disposición todas las herramientas re-

queridas para la correcta realización de cada tarea.

- Capacitación y entrenamiento continuo.

Por lo anterior, se puede concluir que, al promover las buenas prácticas, también se estará mejorando:

- La Confiabilidad del Proceso.
- La Confiabilidad Humana.

7. CONCLUSIONES

La efectividad de las intervenciones, al igual que la confiabilidad operacional, depende de:

- Confiabilidad del equipo, es decir, las estrategias de mantenimiento aplicadas.
- Confiabilidad del proceso, es decir, las buenas prácticas.
- Confiabilidad humana, es decir, las buenas prácticas.
- Mantenibilidad del equipo, es decir, la organización y gestión de mantenimiento.

Por todo lo anterior, no es posible implementar con éxito un plan de mejora de la confiabilidad, sin el soporte de una gestión de mantenimiento madura y sin promover las buenas prácticas que permitan garantizar la efectividad de las intervenciones de mantenimiento.

REFERENCIAS

- Administración Moderna de Mantenimiento – Lourival Tavares.
- ¿Cómo Mejorar la Confiabilidad de un Sistema Complejo? – Carolina Altmann.
- Modelos Mixtos de Confiabilidad – Luis Améndola.
- ¿Qué es la Confiabilidad Operacional?, Bernardo Duran. Revista Club de Mantenimiento, N° 2.
- RCM 2 – J.M Moubray.

CANARY ISLANDS SUPPLIERS



Isabel Díaz Rebollo

*Consultora en Consulting Orbere S.L y
Export Manager del Clúster Marítimo de Canarias*



El proyecto CANARY ISLANDS SUPPLIERS, liderado por el Clúster Marítimo de Canarias y gestionado por la empresa Consulting Orbere S.L. cuya filosofía es la promoción conjunta de las empresas canarias mostrando así, su alto nivel de capacitación y profesionalidad en los mercados internacionales, llega al final de la primera fase de su plan de internacionalización.

En este último año consideramos que el balance ha sido muy positivo por varias razones:

- En primer lugar, el proyecto que arrancó aproximadamente con unas 100 empresas relacionadas al sector naval y a la industria auxiliar, finaliza el año con nuevas incorporaciones como empresas de desguace naval, empresas náuticas, hoteles, etc.
- En segundo lugar, hemos llegado a mercados como Noruega, Suecia, Reino Unido, la costa occidental africana y todos aquellos donde la plataforma Canary Islands, European Business Hub in Africa haya llegado, teniendo la

posibilidad de presentar a las empresas que participan en este proyecto a potenciales clientes en el sector naval, la industria Oli&Gas, el sector de la náutica deportiva, así como a empresas extranjeras interesadas en instalar su base de operaciones en las islas.

Gracias al apoyo de PROEXCA, entidad que nos brinda soporte técnico especializado y que subvenciona el 50% de los gastos de ejecución del Plan de internacionalización a través del programa CANARIAS APORTA, hemos diseñado una estrategia que se ha materializado en una serie de acciones de las que destacamos:

- La mejora de la herramienta de promoción conjunta a través de una plataforma web mucho más dinámica y atractiva para los mercados internacionales. La nueva web, que pronto estará publicada, agrupa a las empresas por sectores de actividad facilitando la búsqueda a los potenciales clientes internacionales.
- La presencia en eventos internacionales de



gran importancia para el sector de las reparaciones navales internacionales como la Oceanology International de Londres y la ONS Norway 2014 en Stavanger. Eventos de gran importancia en el sector y donde se dieron cita multitud de agentes involucrados en el mismo. Participación que se ha traducido en éxito para algunas de las empresas implicadas en el proyecto.

- La presentación del proyecto y de las empresas ante representantes de los puertos de la costa de África Occidental.
- La inclusión de la plataforma CANARY ISLANDS SUPPLIERS en la web Canary Islands, European Business Hub in Africa.
- Poner en marcha una misión inversa de empresas suecas con las que las empresas canarias puedan llegar a acuerdos colaborativos.
- La campaña anual de promoción náutica entre los participantes de la regata ARC, la cual zarpó el lunes 24 de noviembre. También con buenos resultados de venta para nuestras empresas.

Por otro lado, dentro de la estrategia del Clúster Marítimo de Canarias se ha consolidado la Comisión Gestora del Clúster Marino Marítimo de la Macaronesia, formado por el Clúster Marítimo

de Canarias, el Clúster do Mar de Cabo Verde y las Cámaras de Comercio de Madeira y Azores. Dicha Comisión se formalizó el 19 de Noviembre durante la celebración del SALT (Salón Atlántico de la Logística y el Transporte) en Fuerteventura, con la presencia del Presidente del Gobierno de Canarias, Paulino Rivero. Se pretende crear así, el grupo de trabajo que constituirá el futuro Clúster Macaronésico cuyo objetivo es ser el motor del sector marino marítimo de las regiones implicadas, creando sinergias, presentando proyectos a la Comisión Europea que reviertan sobre el empresariado canario.

Se espera un futuro favorable para el CANARY ISLANDS SUPPLIERS en el que se contempla el acceso a otros mercados, debido a la variedad de empresas incorporadas, potenciar el sector náutico, seguir trabajando en el impulso del Clúster Macaronésico, continuar las negociaciones con las entidades suecas para poder reunir a empresas de este mercado con empresas canarias y, de esta forma, impulsar proyectos conjuntos entre otras acciones.

Desde Consulting Orbere y el Clúster Marítimo de Canarias, aprovechamos para agradecer a las entidades colaboradoras en el proyecto y, sobre todo, a las empresas por su implicación y compromiso de mejora.

ASOCIACIÓN ARGENTINA DE TRIBOLOGÍA - AAT



La ASOCIACIÓN ARGENTINA DE TRIBOLOGÍA (AAT) fue fundada por un grupo de profesionales de la TRIBOLOGÍA el 26 de noviembre del 2010 en Bahía Blanca - Argentina y cuenta actualmente con 51 socios activos.

Desde el inicio su objetivo es promocionar el conocimiento y las mejores prácticas de la Tribología y lograr crear un espacio para relacionar a los profesionales y técnicos de la Industria con los sectores académicos que trabajan en temas relacionados con esta disciplina.

Hemos logrado ser un foro de intercambio de los distintos grupos, empresas y Centros de Estudio que trabajan en Argentina en Tribología, como la Universidad Tecnológica Nacional y sus Regionales, el Grupo de Tribología de la Facultad de Ingeniería, INTEMA de la Universidad Nacional de Mar del Plata, Grupo de Tribología de la Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, GAEN, Comisión Nacional de Energía Atómica, INTI División Mecánica, Grupo de Análisis Electroquímico de Pinturas y Recubrimientos de La Plata, GIMEF de la Universidad Tecnológica Nacional de Santa Fe, INFAP/CONICET, Universidad Nacional de San Luis, CINI, junto a empresas como Tenaris Siderca, Dow Chemicals, MOBIL lubricantes, Petrobras, Shell, YPF, etc.

Parte de estos objetivos se lograron en los Talleres y Jornadas realizadas desde su creación.

• 1^{er} Taller Argentino de Tribología - 2012 (24 y 25 de Mayo)

Se llevó a cabo en el Centro de entrenamiento de Dow Argentina - Bahía Blanca y contó con 57 asistentes y más de 25 conferenciantes.



• 2^{do} Taller Argentino de Tribología – TRIBaires – 2013 (7 al 9 de mayo)

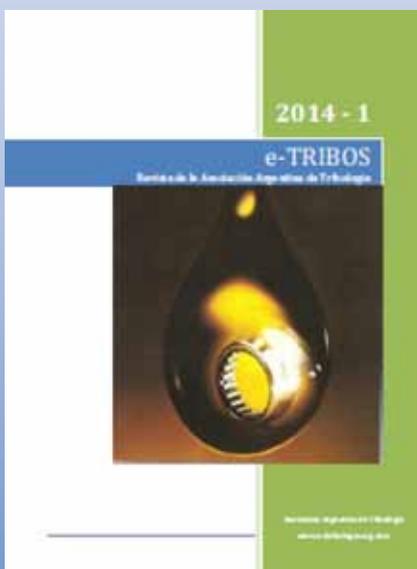
Se llevó a cabo en el Centro de Capacitación de la empresa Tenaris Siderca en el centro de Buenos Aires y participaron 102 asistentes.

Este Taller Internacional contó con expositores de Canadá, EEUU, Suiza, Suecia, Sudáfrica, México y Argentina.



• 3^{er} Taller Argentino de Tribología - 2014 (15 y 16 de Mayo)

Celebrada en el Centro de entrenamiento de Dow Argentina - Bahía Blanca.



En Marzo de este año, se comenzó a publicar la revista e-TRIBOS, de distribución electrónica que llega a más de 1200 Jefes y Gerentes de Mantenimiento e Ingeniería de las principales empresas del país y centros académicos.

La revista además de ser publicada en formato digital está disponible permanentemente para ser bajada o consultada directamente desde la página WEB de la Asociación en:

<http://www.aatribologia.org.ar/pdf/TRIBOS%20nro1.pdf>

La página WEB de la asociación (www.aatribologia.org.ar) ha logrado convertirse en el punto de conexión para todas las personas y entidades relacionadas con la TRIBOLOGÍA en Argentina y estamos trabajando para relacionarnos con todas las organizaciones de habla hispana de esta disciplina.

AMIGOS DE LA INGENIERÍA

La Ingeniería

La Ingeniería es uno de los principales artifices del mundo en el que vivimos, y nuestra calidad de vida es inseparable de ella. Si miramos al entorno, en todo lo que vemos se manifiesta el rastro de esta forma de actividad.

La Ingeniería como tal (transformación de la idea en realidad) está ligada al ser humano desde la antigüedad, pero su nacimiento como campo de conocimiento específico se relaciona con el comienzo de la revolución industrial, constituyendo uno de los pilares actuales del desarrollo de las sociedades modernas y de las denominadas economías productivas. La Ingeniería constituye hoy un campo de la actividad humana con influencia decisiva en el bienestar de la Sociedad.

La vocación de la Real Academia de Ingeniería fomenta el acercamiento de la Ingeniería a la Sociedad, transmitiendo que las soluciones de la vida moderna no son sino ingenios, invenciones producto de la reflexión y afán resolutivo de un colectivo cuya misión es precisamente dar soluciones efectivas a problemas reales.

Real Academia de Ingeniería

La Real Academia de la Ingeniería es el máximo organismo consultivo de la Ingeniería en España. Fue creada por Real Decreto del 29 de abril de 1994 convirtiéndose en la primera academia de carácter nacional fundada bajo el reinado de S.M. el Rey Don Juan Carlos I, quien le concedió el título de Real el 14 de julio de 2003. Es una institución independiente a la que pertenecen personas elegidas, por sus conocimientos y experiencia, entre los mejores profesionales de la Ingeniería del país.

Forma parte del Consejo Mundial de Academias de Ingeniería y Ciencias Tecnológicas y del Consejo Europeo de Academias de Ciencias Aplicadas e Ingeniería.

Misión

La Real Academia de Ingeniería tiene como misión promover la calidad y la competencia de la Ingeniería española y fomentar el estudio, la investigación, la innovación, el análisis y la difusión de sus distintas disciplinas, sus aplicaciones y sus fundamentos científicos y sociales.

Actúa como puente entre las empresas y la sociedad tecnificada que éstas desarrollan. Es una Academia activa, orientada a la creación de valor para la sociedad española a través del servicio a sus instituciones, universidades y empresas.

Progreso

La Academia percibe la Ingeniería como un ingrediente esencial del progreso y bienestar de nuestra Sociedad y, con sus actividades, persigue y promueve la divulgación e integración de la Ingeniería en la cultura de nuestro país.

Amigos de la Ingeniería

Los Amigos de la Ingeniería se crean con la intención de difundir de manera rigurosa y eficaz el verdadero alcance de la Ingeniería y de su importancia en el desarrollo de nuestra Sociedad.

Amigos de la Ingeniería pueden ser todas aquellas personas interesadas en la Ingeniería que deseen participar activamente en las iniciativas de la Real Academia y que, como Amigos, quieran disfrutar de las ventajas de una relación más estrecha con ella.

Todas las actividades propuestas en el marco de los Amigos de la Ingeniería se desarrollan bajo la dirección de la Real Academia de Ingeniería.

De esta forma, la Real Academia de Ingeniería refuerza su compromiso con la Sociedad.



Real Academia de Ingeniería

REVISTA DE INGENIERÍA DEL

MEDIO AMBIENTE

FORMACIÓN

CONOCIMIENTO

TECNOLOGÍA

ENERGÍA

INDUSTRIA

INNOVACIÓN

TURISMO

FIABILIDAD

EFICIENCIA

GESTIÓN

PROYECTOS

OBRAS

EN CANARIAS

INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

TBN

SERVICIOS INTEGRALES DE LUBRICACIÓN

Ultrasonidos

**Análisis de
Vibraciones
y SPM**



**Termografía
por Infrarrojos**



**Cámara de
Video de Alta
Velocidad**



**Análisis de
Aceites, Aguas
y Gases**



**Software
Mantenimiento**

**Detección
de
Fugas**



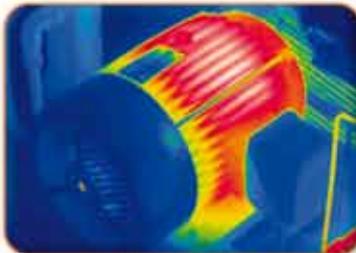
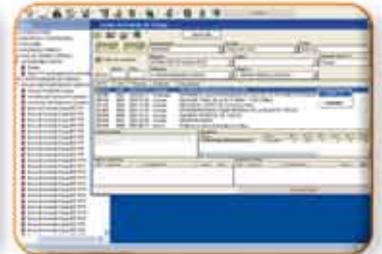
Videoscopia



**Auditoría
Energética**



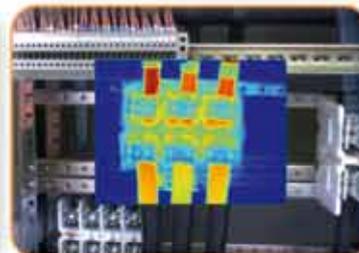
**Consultoría
de Medio
Ambiente**



**Luz
Ultravioleta**



**Cámaras de
Inspección de
Canalizaciones**



**Lubricantes y
Servicio Integral
de Lubricación**



**Formación
Técnica**



**Medición de
Espesores**

