



Las fábricas de celulosa han dado un giro radical a sus procesos, implementando tecnologías amigables con el medio ambiente: usan cada vez menos energía en el ciclo productivo, recuperan y reutilizan productos químicos, limpian los desechos y reemplazan los químicos contaminantes por otros que no afectan la calidad del agua, del aire y del suelo. Chile no escapa a esta realidad.

Por Alejandra Bluth Solari.

Desde la instalación de la planta Laja de CMPC en 1959 —la primera de celulosa Kraft blanqueada para exportación que hubo en Chile— hasta hoy, la industria de celulosa nacional ha experimentado una evolución tan imparable como relevante para el desarrollo del país; de 100.000 toneladas de pulpa química producidas el año 1960, se pasó a casi 5 millones de toneladas en 2010, volumen que es principalmente para exportación.



Plantas de celulosa y medio ambiente

Mejora constante

Pero estos logros no han sido gratis. El proceso de producción de celulosa requiere de instalaciones de gran envergadura donde se manejan procesos altamente complejos y tecnificados y, como toda actividad industrial, impacta al medio ambiente por el uso de productos químicos que generan emisiones atmosféricas y residuos líquidos

y sólidos que pueden alterar los ecosistemas terrestres y acuáticos.

Por esta razón, las empresas se han visto en la obligación de tomar medidas para mitigar al máximo el impacto ambiental de cada una de las etapas del proceso, preocupándose de no perder productividad ni eficiencia.

*Gonzalo García,
secretario general
de Empresas CMPC.*

De esta manera, y siguiendo las tendencias mundiales, han incorporado modificaciones tecnológicas que mejoran la eficiencia y aumentan el control de los impactos ambientales en todas sus áreas de procesos, aplicando el concepto de sustentabilidad e incrementando la capacidad de diseño de sus plantas para mejorar su eficiencia y la calidad

Montes del Plata y su apuesta de última generación

Una planta de celulosa de última generación construirá en la localidad de Punta Pereira, en Uruguay, la empresa Montes del Plata, *joint venture* entre Arauco y Stora Enso, que estará operativa en 2013.

Con una inversión que alcanza los U\$S 1.900 millones, el proyecto incluye un puerto, una unidad generadora de energía y una moderna planta de celulosa que espera producir 1.300.000 ADt al año de celulosa Kraft de fibra de eucalyptus. Promete ser la más moderna del mundo, ya que utiliza la más reciente tecnología existente para la fabricación de celulosa, basada en la gestión responsable de los recursos renovables y en las tecnologías de producción BATs, amigables con el medio ambiente y que conservarán la calidad del agua, el aire, la tierra y la biodiversidad, y usando la energía de modo racional.

“La planta utilizará la tecnología y técnicas más avanzadas en el sector de pulpa de celulosa, cumpliendo con la más exigente normativa internacional al respecto”, dice el chileno Erwin Kaufmann, gerente general de Montes del Plata. “Para los constructores de estas fábricas, cada nueva construcción impone desafíos nuevos y la aplicación de mejoras y de soluciones aprendidas en el proyecto anterior. Estos aprendizajes se incorporan en un proceso de mejora continua, de modo que cada nueva planta, aún ateniéndose a la misma tecnología y procesos productivos de plantas anteriores, conlleva mejoras que la hacen superior”.

Desde su diseño, la nueva planta contempla cumplir con todas las medidas de mitigación de impacto ambiental en sus procesos productivos, como los niveles de emisiones consideradas en las IPPC-BAT (2001) y la legislación nacional de Uruguay, así como blanqueo con oxígeno y agua oxigenada minimizando uso de dióxido de cloro, reducción de generación de efluentes en el proceso, recuperación de productos químicos y efluentes intermedios para su posterior reutilización, la valorización energética de la biomasa y sistemas eficientes de tratamiento de efluentes. “Nos proponemos hacer más eficiente el uso de los insumos y la energía, minimizando y mejorando las características de las emisiones”, agrega Kaufmann. Por su lado, la unidad generadora que abastecerá de energía a la planta generará entre 160 y 180 MW y, a fin de mitigar el cambio climático, funcionará en base a recursos renovables y no con fuentes fósiles de energía, aportando al sistema eléctrico del país su excedente de potencia.



del producto. Esto ha implicado minimizar la producción de residuos con modernos sistemas de tratamiento de efluentes, reducir el consumo de agua y de energía, y capturar y reutilizar material particulado a través de precipitadores electrostáticos, eficientes tecnologías de combustión, lavadores de gases y un ajustado monitoreo y control de los depósitos para la disposición de excedentes sólidos.

Así se ven los riles en Nueva Aldea.



Así, se han implementado estrategias que disminuyen la producción de residuos y sistemas de tratamiento de desechos que aumentan el control de los procesos, en contraposición con las tecnologías anteriores, “que exigían mayor energía para una determinada producción de celulosa, y mayor consumo de recursos naturales para sustentar esta demanda”, indica Rodrigo Díaz, gerente regional de Celulosa y Papel de Siemens en Chile, filial de la multinacional alemana especializada en el desarrollo de aplicaciones de ingeniería eléctrica y electrónica para la industria.

“Las nuevas tecnologías apuntan a la baja en los costos de producción, al aprovechamiento máximo de los recursos y a formular un proceso eficiente con ventajas competitivas con respecto a las empresas que no evolucionan en este sentido”, agrega Jorge Hemmelmann, subgerente de Química y Medio Ambiente de Linde Gas AGA S.A., empresa que ofrece diversas soluciones para la industria de celulosa, desde deslignificación y lavado de pulpa con control de alcalinidad hasta estabilización de Ph para control de dureza.

Gracias a la tecnología se han implementado estrategias que disminuyen la producción de residuos y sistemas de tratamiento de desechos que aumentan el control de los procesos.

Las empresas, además, se han adecuando a las nuevas exigencias ambientales para acceder a nuevos mercados, certificando procesos y productos, y ocupándose de la seguridad y salud ocupacional de los trabajadores con la adhesión a normas de certificación de calidad como ISO 9001, de certificación ambiental ISO 14001, de seguridad ocupacional OHSAS 18001, de gestión analítica ISO 17.025 y del mecanismo de Cadenas de Custodia, que asegura la vinculación entre plantaciones manejadas sustentablemente y el producto que se ofrece a los clientes.

“Enfatizamos el desarrollo sustentable de productos forestales a lo largo de todo el ciclo productivo, desde las plantaciones hasta el cultivo, cosecha y cada uno de los procesos industriales y comerciales que hacen de la madera un recurso renovable”, afirma Marcelo Stocker, gerente de Medio Ambiente, Seguridad y Salud Ocupacional del Área Celulosa de Arauco.

Similar es la política de CMPC. “Para abordar los desafíos ambientales, junto



Rodrigo Díaz, gerente regional de Celulosa y Papel de Siemens en Chile.



Ramiro Peralta, presidente del Directorio de la Asociación de Celulosa y Papel de Chile (ATCP).

Para asegurar que sus procesos cumplen con las exigencias medioambientales, Arauco y CMPC Celulosa adhieren a las IPPC-BAT's (Best Available Techniques), parámetros objetivos diseñados en el año 2001 para evaluar el desempeño ambiental de los procesos en las plantas de celulosa.



Husqvarna[®]

Nueva tecnología

X-TORQ[®]

Hasta un **20%** de ahorro en combustible

RED DE SERVICIOS TÉCNICOS DE ARICA A PUNTA ARENAS

 www.representacionesjce.cl
Tel.: (2) 941 5400
Mail: contacto@jce.cl

La eficiencia en el uso del agua en esta industria está aumentando; en la actualidad, se consumen sólo 40 m³ de agua por tonelada de producto, mientras que en la década de 1980 el consumo era de alrededor de 130 m³/ton.

con incorporar gradualmente las mejores tecnologías disponibles, CMPC Celulosa ha promovido un cambio cultural entre sus trabajadores, contratistas y subcontratistas para que la preocupación por el cuidado del medio ambiente y la seguridad tengan la misma jerarquía que la eficiencia económica", dice Gonzalo García, secretario general de Empresas CMPC. De hecho, asegura que para competir con éxito en el mercado internacional no sólo deben ser eficientes desde el punto de vista económico sino que, además, "exhibir un desempeño ambiental acorde con los tiempos".

Andrés del Pozo, gerente de negocios de Energía y Medio Ambiente de la filial de Alfa Laval en Chile.

Para asegurar que sus procesos cumplen con las exigencias medioambientales, Arauco y CMPC Celulosa adhieren a las IPPC-BAT's

(Best Available Techniques), parámetros objetivos diseñados en el año 2001 para evaluar el desempeño ambiental de los procesos en las plantas de celulosa. "Las BAT's definen los niveles más avanzados y efectivos en materia de control de emisiones de las plantas de celulosa y papel", explica García. Se trata de un extenso documento, elaborado a petición de la Comisión Europea por el Consejo Directivo del IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control), cuyo objetivo final es servir como estándar para la fijación de normas de emisiones para esta industria.

En las BAT's se describen tanto las tecnologías a utilizar, como el diseño, construcción, operación, mantenimiento y eventual abandono, al término de su vida útil, de estas plantas industriales. "Nuestra visión ambiental apunta a una evolución permanente mediante la incorporación de las mejores técnicas disponibles, e incluso en nuestras plantas más recientes los desempeños ambientales han sido mejores que los definidos en las BAT's", asegura el ejecutivo de Arauco.

En opinión de Ramiro Peralta, presidente del Directorio de la Asociación de Celulosa y Papel de Chile (ATCP), los chilenos podemos estar tranquilos, ya que los proyectos industriales de las plantas de celulosa en el país en

los últimos 20 años son los más modernos del mundo, tanto en cuanto a procesos como a materiales utilizados. "Todas y cada una de las tecnologías que se han implementado en las plantas de celulosa del mundo para respetar el medio ambiente están operativas en Chile y abarcan todo el proceso productivo de la celulosa, desde la recuperación de las aguas y de lavado de rollizos en el patio de maderas, hasta eficientes etapas de lavado de pasta café para una mejor recuperación de reactivos y, por ende, una menor descarga a través de efluentes, menor Kappa para alimentar al blanqueo con el fin de reducir la demanda de oxidantes, mayor recuperación de filtrados para una menor demanda de agua fresca, y un mejor aprovechamiento de aguas calientes, que reducen el consumo de vapor y el de petróleo, todo esto en el marco de un área de control de procesos y de especialidades químicas muy estrictos y eficientes".

No más cloro

La innovación tecnológica más trascendental implementada por esta industria es en la etapa de blanqueo de la celulosa que, durante años, se realizó agregando cloro elemental a la pasta de celulosa, el cual luego se descargaba en los efluentes líquidos derivados del proceso. Hoy se utilizan las tecnologías ECF-light (Elementary Chlorine Free), que usan reactivos químicos oxidantes libres de cloro elemental, como el dióxido de cloro (ClO₂). Esto, luego de que investigaciones científicas desarrolladas en la década de los 80' en los países escandinavos demostraran que la reacción química del cloro con la materia orgánica origina dioxinas o furanos, compuestos organoclorados altamente nocivos para el medio ambiente, ya que son difíciles de degradar.

El dióxido de cloro, en cambio, produce una cantidad mucho menor de compuestos orgánicos clorados, los que al tener menor peso molecular son fácilmente biodegradables y no producen dioxinas. "Gatilla una reacción de oxidación que rompe la estructura anillada de la lignina y forma compuestos orgánicos solubles al agua, no bioacumulativos ni persistentes", declara Jorge Hemmelmann. "Con esta innovación, las empresas de celulosa han disminuido considerablemente los niveles de contaminación de sus efluentes y emanaciones atmosféricas", agrega el experto. Asimismo,



Patrones de medición

Los parámetros principales para medir las descargas de efluentes líquidos (Riles) de las plantas de celulosa son:

- Total de Sólidos Suspendedos (TSS): Mide las partículas suspendidas en el agua. Un exceso de TSS es perjudicial para la vida acuática al obstruir las agallas de los peces y disminuir la fotosíntesis.
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (BOD o DBO): Mide el grado en que el material vertido consume el oxígeno disuelto en las aguas de descarga. Usualmente es medido después de 5 días, por lo que se conoce como Demanda Bioquímica de Oxígeno (BOD5 o DBO5). Un exceso de consumo de oxígeno es perjudicial para la supervivencia en el medio ambiente acuático.
- AOX: Mide la concentración de compuestos orgánicos clorados, como compuestos halógenos con capacidad de formar enlaces orgánicos.
- pH: mide la acidez. Su resultado ideal debe aproximarse a neutro.

comenta que cada vez se usan dosis más altas de oxígeno y peróxido de hidrógeno (H₂O₂-agua oxigenada) en el proceso, con miras a erradicar definitivamente a cualquier derivado del cloro en el proceso.

Además, desde 1999, en el proceso de baño, para evitar el manchado de la madera, está prohibido el uso de fenoles clorados como el pentaclorofenol y el pentaclorofenato de sodio, productos que generan residuos líquidos de alta toxicidad que infiltran el suelo, y que han sido reemplazados por otros productos alternativos.

Linde Gas AGA S.A., por ejemplo, ofrece desde los años '90 un sistema patentado de lavado de pulpa con dióxido de carbono (CO₂) que actualmente es utilizado en más de 40 líneas de fibras Kraft y líneas de sulfito. "Aumenta la calidad y capacidad del lavado, y disminuye el impacto sobre el medio ambiente, ya que mejora la calidad del vertido final, cuya conductividad final se ve disminuida", explica Hemmelmann, quien detalla que, además, el CO₂ agregado a las lavadoras de pasta marrón tiene un favorable impacto en la remoción de compuestos orgánicos e inorgánicos de la pulpa. El CO₂ es económico, ya que no demanda costos indirectos de operación y mantenimiento, y es inerte a temperatura ambiente, mientras que el ácido sulfúrico, usado tradicionalmente en este proceso, es corrosivo y desprende vapores tóxicos, por lo que su manejo reviste peligro de quemaduras.

La aplicación del oxígeno para la deslignificación o eliminación de la lignina de la madera antes del proceso de blanqueo de la celulosa ha sido otro gran avance. "El oxígeno reduce la cantidad de agentes con compuestos clorados que se usan posteriormente, y mejoran notablemente la calidad de los efluentes", declara el ejecutivo de Linde Gas AGA. Concuera con esto Ramiro Peralta, quien explica que la implementación de deslignificación con oxígeno y la erradicación del cloro gas también apuntan a utilizar una menor cantidad de dióxido de cloro.

El proceso puede ser efectuado con oxígeno en torres presurizadas, utilizando celulosa a consistencia media, o con oxígeno a consistencia media en un reactor atmosférico. "Esta primera etapa de blanqueo constituye

Sistema de recuperación de calor vía intercambiadores de calor Alfa Laval.

Sistema de deshidratado de lodos Alfa Laval.



un estándar del proceso de producción de pulpa de papel, y su beneficio en los costos de producción es evidente", señala Hemmelmann. En Chile, AGA ha implementado este sistema en las plantas Arauco, Valdivia y Nueva Aldea, de Arauco, y en las plantas Santa Fe y Laja, de CMPC. "Además, el uso de oxígeno antes de la etapa de cloración proporciona una deslignificación equivalente a una reducción del 30% al 50% del número Kappa de pasta no blanqueada, y al remover cerca del 50% de la lignina en una primera etapa, se reduce la carga del material orgánico disuelto en los efluentes", dice Hemmelmann. Detalla que gracias a la deslignificación con oxígeno y a las mejoras en el lavado posterior de la celulosa cruda, el contenido de lignina en la pasta de celulosa ha disminuido de un 4,5% en los años '70 a un 1,5 % en la actualidad.

Agua reciclada

Las nuevas tecnologías de las plantas de celulosa han dejado obsoletos los tratamientos llamados de "fin de tubería", que trataban los desechos recién al final del proceso de producción. Así, los Residuos Líquidos Industriales (Riles) con compuestos tóxicos que llegaban a los tratamientos de efluentes, donde los antiguos procesos mecánicos eran incapaces de retenerlos y degradarlos, hoy son neutralizados para disminuir la presencia de sustancias dañinas para el medio



ambiente. "El buen desempeño de las torres de enfriamiento, así como los tratamientos secundarios y terciarios, permiten cumplir a cabalidad la legislación vigente en cuanto a la emisión de descargas líquidas", sostiene Ramiro Peralta.

El objetivo de un tratamiento de efluente es reducir la DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno o Demanda Biológica de Oxígeno), del agua residual mediante un proceso biológico, es decir, disminuyendo el contenido orgánico del agua. Para cumplir con este propósito, los microorganismos utilizan la materia orgánica biodegradable como fuente de nutrientes y energía para su propia propagación y mantención, produciendo compuestos inocuos y/o utilizables como agua, gases y materia celular. "Los fabricantes de celulosa han estado constantemente a la vanguardia en los procesos de purificación de sus aguas residuales", dice Jorge Hemmelmann. "Ha habido un importante avance en el control de la DBO mediante tratamientos que estimulan este proceso aumentando el

Otro punto importante que consideran las actuales plantas de celulosa es la recuperación y reutilización de desechos y subproductos de la madera que son tratados para autoabastecerse de energía eléctrica.

Proyecto Laja II, CMPC.

número de microorganismos encargados de la descomposición de la materia orgánica que generan las condiciones ambientales ideales para su crecimiento, tales como, oxígeno, pH, temperatura, nutrientes”, agrega.

Una empresa que se ha especializado en el desarrollo de tecnología de deshidratado de lodos es la sueca Alfa Laval, proveedor de soluciones y equipos para fabricación de celulosa en algunas plantas de Arauco y CMPC. El sistema consiste en tambores espesadores y centrífugas decantadoras de alto rendimiento, con innovaciones mecánicas de última generación y sistemas de control automático con enlace a equipos auxiliares que deshidratan los efluentes en el tratamiento de lodos primario, secundario y terciario. La gracia es que reducen los costos de tratamiento de aguas residuales mediante sistemas de espesamiento (reduciendo el volumen de lodo en un 90%) y de deshidratación (utilizando la fuerza centrífuga para extraer los líquidos de los sólidos). “El volumen de lodo que generan las plantas de celulosa es alto, por lo que la eficiencia energética en el funcionamiento de los equipos como los costos de operación relacionados con productos químicos necesarios en el proceso forman parte de nuestra tecnología llamada G3”, señala Andrés del Pozo, gerente de negocios de Energía y Medio Ambiente de la filial de Alfa Laval en Chile.

En Arauco aseguran que sus plantas de tratamiento de efluentes cuentan con modernos sistemas de lodos activados que reducen las concentraciones y descarga de Riles, cuyos



parámetros se encuentran muy por debajo del DS 90 que norma estas descargas. “Este proceso produce un efluente limpio por purificación, sedimentación y extracción de lodo biológico”, indica Marcelo Stocker. “Además, la implementación del sistema de monitoreo y recolección de pérdidas de proceso, con una inversión de US\$ 1,6 millones, ha permitido mejorar la capacidad de recuperación de derrames en el circuito productivo y reducir de este modo el flujo de efluentes”, detalla el ejecutivo.

Los compuestos clorados provenientes del proceso de blanqueo pueden ser controlados por medio de su purificación en un *scrubber*. Además de realizar monitoreos a los Riles, en conformidad con regulaciones para las

emisiones líquidas a cuerpos de aguas superficiales (D.S.90/2000), a partir del año 2000 se aplica en Chile la normativa de emisión para sólidos, líquidos y gases, entre los que se cuentan los gases sulfurados TRS que generan las plantas de celulosa y cuya emisión puede ser controlada por medio de un proceso de recolección, precipitación electrostática y lavado de gases para retirar las sustancias sulfuradas y otras, hasta ser finalmente incinerados.

Por ejemplo, para reducir las emisiones de gases de dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), gases TRS y material particulado, principales fuentes de emisiones de una planta de celulosa, se utilizan altas concentraciones de licor negro, lo cual

Tecnologías limpias

En 1999 las industrias de celulosa firmaron el primer Acuerdo Nacional de Producción Limpia del país, que incorporó a su gestión ambiental factores como mejorar la calidad de los residuos utilizando tecnologías de tratamiento para los Riles como clarificación, decantación, filtrado, neutralización de pH y tratamiento biológico por medio de lodo activado.

Los tratamientos de Riles apuntan a la biodegradación bacteriana de los efluentes, lo que los vuelve completamente inocuos al ser vertidos en ríos y cursos de agua. Se categorizan en función de su grado de intensidad en primarios, secundarios y terciarios:

Tratamientos primarios: Clarificadores gravitacionales para la separación de sólidos suspendidos, principalmente fibra.

Tratamientos secundarios: Lagunas aeróbicas y reactores de lodos activados para disminuir la materia orgánica de los efluentes. El tratamiento consiste en una unidad constructiva conformada por dos reactores con una película biológica de cama móvil (MBBR) y un estanque de lodos activados (AST). “Es un proceso de tratamiento biológico aeróbico efectuado por biomasa adherida a un soporte (MBBR) y biomasa suspendida (AST) que recibe el nombre de Biofilm Activated Sludge (BAS) o Biopelícula de Lodos Activados”, explica Jorge Hemmelmann, Subgerente de Química y Medioambiente de Linde Gas AGAS.A.

Tratamientos terciarios: Abaten el color de los Riles.

Los principales parámetros de emisiones aéreas son material particulado, óxidos de nitrógeno (Nox), dióxido de azufre (SO₂), Gases TRS, dióxido de carbono y monóxido de carbono.



umenta la temperatura de combustión en la caldera y hace que el sodio en fase gas reaccione con el dióxido de azufre en presencia de oxígeno, produciendo sulfato de sodio (Na_2SO_4) y disminuyendo la generación de dióxido de azufre (SO_2). Para contrarrestar la contaminación, se adicionan lavadores o depuradores de gases que retiran el remanente de SO_2 y parte del material particulado. También se usan los equipos precipitadores electrostáticos, que ionizan el 99,9% del material particulado y lo remueven en electrodos suspendidos. Existen, también, calderas de bajo olor que regulan la concentración del licor negro y las entradas de aire para la combustión, de forma tal de minimizar la emisión de dióxido de azufre.

Los Riles de carácter alcalino, en tanto, son tratados con ácidos convencionales para su ajuste de pH, ya que los tratamientos biológicos se inhiben ante pH básicos. Hasta ahora, la alternativa era usar ácido sulfúrico. “Linde Gas AGA ha invertido esfuerzos para implantar en Chile la técnica de control de pH que se lleva a cabo en Europa y Estados Unidos, la cual se basa en la disminución de pH a partir de CO_2 , gas que forma ácido carbónico al contacto con el agua y produce una baja de pH en los efluentes”, declara Hemmelmann. La tecnología —agrega— está siendo implementada en la planta Arauco de Celulosa Arauco.

Son varias las empresas expertas en tratamientos químicos que realizan aportes para mejorar aún más los parámetros de medición a la calidad de los efluentes. Una de ellas es Siemens, que provee equipos, sistemas y servicios para tratamiento de aguas especialmente ideados para plantas industriales de celulosa, papeles y paneles. De hecho, las plantas de celulosa de Arauco y CMPC reducen la contaminación ambiental causada por sus aguas residuales con los sistemas móviles de intercambio iónico, el neutralizador de gases y los equipos de desionización y de osmosis inversa de esta compañía. “Reutilizan el agua residual tratada para diferentes procesos, como riego, enfriamiento y alimentación, tratamiento de aguas de caldera, reinyección de agua de pozo y desalinización, optimizando el consumo y necesidades de este recurso cada día más escaso”, apunta Rodrigo Díaz.

El reciclaje del agua disminuye el elevado consumo de este recurso que hasta ahora realizaba la industria de celulosa en sus diferentes procesos, como lavado y refrigeración. Hoy, la eficiencia en el uso del agua en esta industria está aumentando, ya que en la actualidad se consumen sólo 40 m^3 de agua por tonelada de producto, mientras que en la década de 1980 el consumo era de alrededor de $130 \text{ m}^3/\text{ton}$. “En todas nuestras plantas se han implementado torres de enfriamiento que permiten disminuir el consumo de agua fresca, más otros proyectos de mejoramiento interno dentro del proceso productivo, que ha llevado a disminuir el uso de energía y consumos específicos de agua fresca”, señala Marcelo Stocker, de Arauco.

Energía de sobra

Para controlar la emisión de gases TRS, la industria de celulosa se ha visto obligada a reducir sus índices de emisiones atmosféricas mediante el uso de nuevas tecnologías y procesos que evitan originar esos gases y, en caso de producirlos, ayudan a su captura y destrucción a través del uso de precipitadores electrostáticos, ciclones, filtros y absorbedores, así como de un sistema de monitoreo en línea para el control operacional. “En sus plantas, Arauco recolecta, limpia y destruye los gases no condensables mediante su incorporación y quema en el horno de cal, en donde son tratados térmicamente a una temperatura de entre 800 y 1000 C° ”, explica Stocker.

Otro punto importante que consideran las actuales plantas de celulosa es la recuperación y reutilización de desechos y subproductos de la madera que son tratados para autoabastecerse de energía eléctrica. “Mayor eficiencia energética significa un menor consumo de combustibles y de recursos naturales para generarla, con menos emisión de contaminantes al ambiente”, señala Rodrigo Díaz. “Por su matriz energética diversificada basada en energías renovables, las plantas de celulosa mitigan las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de centrales térmicas, que influyen en el cambio climático y neutralizan el calentamiento global”, agrega el ejecutivo de Siemens.

Esto se ejecuta con evaporadores que remueven el agua que se encuentra en el licor negro proveniente del proceso de cocción y lo transforman en licor negro concentrado, cuya parte orgánica es quemada en la caldera recuperadora, y luego conducida a un turbogenerador para generar electricidad que la planta necesita, mientras el excedente de energía se exporta al Sistema Interconectado Central (SIC) del país. “Para reducir la emisión de gases de efecto invernadero, aprovechando la logística existente para el transporte de madera y los residuos de biomasa que se generan en las plantas de celulosa, CMPC ha instalado calderas de poder de última generación que utilizan este combustible para producir vapor de alta presión que es inyectado en turbogeneradores que producen energía eléctrica a partir de estas fuentes renovables de energía, las cuales tienen un efecto neutro en la generación de los gases efecto invernadero”, señala Gonzalo García.

Seeger Engineering, empresa alemana de ingeniería con 30 años de experiencia en el rubro de proyectos con biomasa, desarrolla y ofrece en Chile proyectos a la medida de cogeneración de energía para la industria de celulosa, aserraderos y empresas madereras. “Las plantas de celulosa son consumidoras muy importantes de energía, y hasta hace unos dos años se abastecían de fuentes externas en forma de fuel oil o gas natural”, explica Herwig Ragossnig, gerente de Seeger Engineering para América Latina. Hoy, sin embargo, dice que “producen su propia energía renovable a través de la utilización de sus residuos, como licor negro, cortezas o astillas, sin recurrir a fuentes de energía

dañinas para el medio ambiente, y son autosuficientes en términos energéticos”.

Así sucede en las plantas Arauco y Nueva Aldea, de Arauco, “que se autoabastecen de energía limpia y sustentable mediante la utilización de derivados de la madera, como lignina, y biomasa forestal, como combustible de cogeneración neutro de carbono de bajo costo. Esto no sólo genera beneficios ambientales, sino que nos permite ofrecer nuestros excedentes al SIC y participar del mercado de Bonos de Carbono”, afirma Marcelo Stocker.

Siemens también ofrece equipos para generación de energía, desde la transmisión y la distribución, hasta aplicaciones y servicios que ahorran electricidad. De hecho, las plan-

tarque con las técnicas convencionales, las transmisiones eléctricas usadas en conjunto con los convertidores de frecuencia funcionan de acuerdo con la demanda”, agrega el ejecutivo. Esto adquiere relevancia en la operación de ventiladores, bombas o compresores, pues el ahorro es del orden del 60% y, en casos excepcionales, hasta del 70%. El ejecutivo agrega que, por otra parte, los biogases resultantes de la purificación de aguas residuales también se utilizan para generar energía, lo que, su vez, disminuye las emisiones de CO₂ de la planta en favor del medio ambiente”.

A la optimización energética en las plantas de celulosa también contribuye Alfa Laval con sus equipos de condensación de vapor a plantas de cogeneración y sus sistemas de recuperación de calor vía equipos intercambiadores, que recuperan la máxima energía posible de la mayoría de los fluidos de procesos, contengan o no fibras, con reducidos costos de instalación y mantenimiento. “El uso de la energía en las plantas de celulosa se puede optimizar mediante la recuperación de calor”, sostiene Del Pozo. “Por ejemplo, un efluente a alta temperatura que se envía a la planta de tratamiento de efluentes puede ser usado para calentar otro fluido sin utilizar energía adicional”, sostiene.

Mejoras continuas

Las empresas no han escatimado en gastos en relación con sus inversiones medioambientales. En CMPC, el monto de éstas en los últimos cinco años es de US\$ 200 millones para las plantas de tratamiento de efluentes, incorporación de sistemas de control de emisiones aéreas como olores, material particulado, ruido y gases que contribuyen al efecto invernadero, cierre de circuitos para mejorar el consumo de agua y mejoras en la eficiencia energética.

“La planta Santa Fe II cuenta con todos los avances tecnológicos definidos por las BAT’s, y cumple rigurosamente con este estándar mundial”, admite el secretario general de Empresas CMPC. Y agrega que las plantas con más años en funcionamiento, como Laja, están en una etapa de modernización de todas sus instalaciones industriales, la que contempla, en su primera fase, la construcción de una nueva caldera recuperadora y de una nueva planta de evaporadores para retomar

el nivel de producción de 370.000 toneladas anuales que tenía la planta hasta antes de la crisis económica mundial. García explica que además está contemplada la reconversión de la actual caldera recuperadora a caldera de biomasa, la instalación de un nuevo turbo generador y los servicios anexos, optimizar el tratamiento de Riles e instalar un nuevo difusor. Junto con eso, CMPC reconvirtió las tecnologías de su planta Pacífico para hacerlas amigables con el medio ambiente, implementando un proyecto por más de US\$ 55 millones. “En un esfuerzo adicional por sustituir combustibles fósiles, la planta Pacífico está utilizando hidrógeno en su horno de cal, el que se genera como subproducto de la producción del clorato de sodio”, añade el ejecutivo.

El desempeño ambiental de las plantas chilenas es monitoreado en forma permanente por las autoridades en función de las obligaciones de control y reportes que emanan de las Resoluciones de Calificación Ambiental que autorizaron sus operaciones. “Los organismos sectoriales realizan una estricta fiscalización de que cada parte del proceso de producción de celulosa cumpla con la legislación ambiental vigente, y han verificado que esta industria está fuertemente comprometida con la sustentabilidad”, dice Ramiro Peralta. Arauco, por su lado, se somete a la evaluación externa para demostrar que el desempeño productivo de sus plantas de celulosa no afecta al medio ambiente. “Hemos incorporado la verificación externa como una herramienta para fiscalizar el cumplimiento de nuestros compromisos y promover mejoras continuas en la gestión ambiental”, añade Stocker.

Para Erwin Kaufmann, gerente general de la compañía Montes del Plata, empresa conjunta entre Arauco y Stora Enso que anunció la construcción de una planta de celulosa en Uruguay (ver recuadro y reportaje de portada), “gracias a estas nuevas tecnologías, la industria de celulosa realiza en todo el mundo una producción totalmente sustentable y ambientalmente amigable, sin que hoy se requiera una mejora específica para eliminar o sustituir procesos indeseables. Aun así, el sector vive en un proceso de mejora continua en pos de la excelencia, lo que implica que permanentemente se estén estudiando y aplicando mejoras en todos los procesos”.

Son varias las empresas expertas en tratamientos químicos que realizan aportes para mejorar aún más los parámetros de medición a la calidad de los efluentes.

tas de celulosa de CMPC y Arauco optimizan su consumo de energía eléctrica con los sistemas y la tecnología de accionamiento eléctrico de esta compañía, específicamente a través de motores y turbogeneradores de alta eficiencia, variadores de frecuencia para modular procesos, y un *software* de trazabilidad y supervisión industrial que ayuda a disminuir en hasta un 7% los costos operativos relacionados con la eficiencia eléctrica. Este *software* calcula el potencial de ahorro energético y el tiempo requerido para recuperar una inversión, y puede adaptarse a la planeación de nuevas plantas o la modernización de las existentes. “Está diseñado para la operación de motores de velocidad constante y de velocidad variable, cuando se usan con convertidores de frecuencia. Para su análisis, el programa no sólo registra el accionamiento individual, sino la transmisión completa”, indica Díaz.

Los nuevos motores NEMA (sigla en inglés de la Asociación Estadounidense de Fabricantes Eléctricos) de Siemens, en tanto, alcanzan eficiencias máximas gracias a su rotor de cobre inyectado, que reduce pérdidas. “En