

# AIChE

PERU | LOCAL SECTION



## RECUENTO DE ENERO - MARZO

Acompáñanos a ver nuestras actividades a lo largo de estos primeros meses del año.

---

**BIENVENIDA  
AICHE - SECCIÓN PERÚ**

### ARTÍCULOS



# CONTENIDO

		Página
■ 01	<b>BIENVENIDA</b> PRESENTACIÓN AIChE Sección Perú	1
■ 02	<b>Recuento de actividades Enero - Marzo</b> Acompáñanos en este recorrido y qué actividades hicimos a lo largo de estos meses del año.	2-5
■ 03	<b>Eventos próximos</b> AIChE Sección Perú	6
■ 04	<b>Forma parte de AIChE PERÚ</b> Optendrás de múltiples beneficios.	7
■ 05	<b>Actividades de los Students Chapters</b> Conoce sobre el PJE 2022 y el proceso que sigue permitiendo el crecimiento de jóvenes profesionales en IQ.	8
■ 06	<b>"El futuro promisorio del bagazo como fuente de celulosa en la industria del papel tissue en el Perú"</b> Dany Zuñe nos relata acerca de la utilidad del bagazo como materia prima en la fabricación de papel tissue, utilizado en productos como papel higiénico, rollos de cocina, servilletas, bobinas, etc.	9-12
■ 07	<b>"Tratamiento de aguas ácidas de mina-Procesos HDS"</b> José Vallejos nos explica sobre el proceso de lodos de alta densidad (HDS) para el tratamiento de aguas ácidas de mina.	13-14
■ 08	<b>"Ingeniería Química aplicada a la industria de palma aceitera"</b> Carlos Alejos y Jose Carlos Mendoza nos hablan sobre participación del ingeniero químico en el proceso industrial del aceite de palma y su proceso de obtención.	15-18

# Bienvenida

## PRESENTACIÓN AICHe Sección Perú

El Instituto Americano de Ingenieros Químicos ( AICHe ) es una organización profesional para ingenieros químicos. AICHe se fundó en 1908 para distinguir a los ingenieros químicos de otras profesiones.

A partir de 2018, AICHe tiene más de 60,000 miembros, incluidos miembros de más de 110 países en todo el mundo. Las secciones locales también se han establecido a lo largo de su historia. Las secciones tienden a centrarse en proporcionar oportunidades de trabajo en red tanto en la academia como en la industria, así como en aumentar la participación de los profesionales y estudiantes a nivel local y nacional.

Ahora la sección local de Perú viene promoviendo las organización de nuevas y emocionantes actividades que promueven el desarrollo personal y profesional de los ingenieros químicos peruanos.

Si desea involucrarse más en la sección y ser voluntario para contribuir en cualquiera de nuestros proyectos en curso, contáctenos a: [contacto@aiche.org.pe](mailto:contacto@aiche.org.pe) También agradecemos sus sugerencias e ideas para satisfacer mejor las necesidades e intereses de todos los miembros de la sección.

La Junta Directiva  
AICHe Sección Perú

# Resumen de actividades Enero - Marzo

## Enero



El 22 de enero se reconoce la loable labor, servicio y entrega de los ingenieros químicos para la construcción de un país mejor. Precisamente debido a ello, el equipo de AICHe PERÚ dedica una semana para ponencias y actividades interactivas, enfatizando y promoviendo aspectos profesionales, educativos y sociales. La semana cuenta con la participación protagónica de los diferentes capítulos estudiantiles a nivel nacional, que como parte de sus objetivos de intervenir con la comunidad en actividades que contribuyan a la formación integral de los estudiantes complementando la educación académica, invitaron a los mejores ponentes de IQ del país. El día lunes 23 de enero inauguramos la semana de la ingeniería Química Peruana de manera presencial en el auditorio de la Universidad de Ingeniería y Tecnología (UTEC) de la mano del Ingeniero Víctor Fernández y el Ingeniero Arturo Arias, tesorero AICHe Perú y es miembro de la primera junta Directiva de UTEC respectivamente y con el capítulo estudiantil AICHe UTEC quienes también celebraron su quinto aniversario de inauguración, como ponencias del día nos acompañaron los ingenieros William Ramos, Susana Zárate, Verónica Carranza y Ruben Ríos con temas afines a su campo de acción.



Continuamos la celebración el día martes 24 de enero en conjunto al capítulo estudiantil AICHe UNSA con el evento de K-12 siendo el tema "ciencia de conservación de alimentos por deshidratación aplicando energía solar" evento llevado de manera presencial en las instalaciones de la empresa FAGSOL SAC en Arequipa, como invitados se tuvieron a niños de la localidad; el k-12 tiene como objetivo lograr aumentar el interés, conciencia, y emoción por la ciencia e ingeniería a los niños y jóvenes en etapa escolar; por la tarde se llevaron a cabo dos ponencias interesantes presentadas por ingenieros en la industria, el Dr. Francisco Roque y la Ing. Eliana Zúñiga.





# 02

El día miércoles nos acompañó en la organización los capítulos estudiantiles de AICHE UNCP y AICHE UNSCH con el evento "Diversidad e inclusión" presentado por las ingenieras Nataly Vasquez y Janeth Zehnder el evento respondió a preguntas como: "¿a lo largo de su formación profesional ha tenido casos que refleje el factor de inclusión y diversidad?, ¿qué iniciativas han desarrollado para incrementar el porcentaje de participación de la mujer en sus respectivas empresas?, ¿en algún momento usted ha presenciado o ha sido víctima de algún tipo de discriminación?, ¿cuál es la importancia de la inclusión y diversidad dentro de su campo laboral?. ¿en un entorno diverso, cuál ha sido el aspecto más desafiante que se le ha presentado al trabajar?"; y en ponencias nos acompañaron los ingenieros Jimmy Barron, Lucia Molina, Gregorio Calero y Mirna Cachay.



Comenzamos el cuarto día con AICHE UNI y AICHE UNPRG y nuestro primer Networking de la semana, así mismo, se llevaron a cabo cuatro ponencias presentadas por los ingenieros Cesar Monteza, Susana Zarate, Tarsila Tuesta y Magali Vivas.

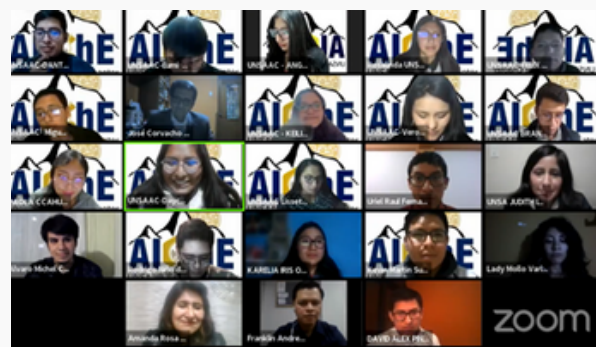
El quinto día de la semana de la Ingeniería Química 2023 se contaron con ponentes como la Ing Bitia Chavez y el Ing. Juan Lovon, también se efectuó el segundo Networking presentado por AICHE UNSAAC e invitados representantes de Backus.

**Presentado por**  
AICHE-UNSAAC

**Invitados**

- Representante Backus.
- Ing. Amanda Maldonado.
- Ing. Karella Ojeda.
- Ing. David Pinto.
- Ing. Silvia Jiménez.
- Ing. Denilson Montesinos.
- Ing. Stephany Mollo

Los Networking son una herramienta que nos favorece en nuestro crecimiento profesional, creando o ampliando nuestra red de contactos y manteniendo las conexiones a lo largo del tiempo.



Los eventos de clausura iniciaron el sábado 28 de

Los eventos de clausura iniciaron el sábado 28 de enero con el Jeopardy a cargo de la División de Ingeniería de Procesos coronándose como



ganadores el team “Héroes Jeopardy” del capítulo estudiantil AICHE UNSA liderado por Erick Villa. Además, como eventos importantes se realizó la Mesa Redonda con el

tema “Masificación del Gas Natural y Transición Energética” con la participación de destacados panelistas como el Ing. Luis Torres, el Ing. Carlo De Los Santos, y el Ing. Erick García y como moderador el Ing. Gian Lozano, además de ello también se hicieron las actividades como un Storytelling “El día que el PSM llegó a mi vida”, en este evento se conto con la participación de diferentes profesionales, quienes compartieron sus historias de carrera en seguridad de procesos y como los incidentes cambiaron su visión sobre la forma de entender y aplicar los principios del PSM; finalmente se llevó a cabo una ponencia interesante sobre Metodología HAZOP por la Ing Madeleine Alvarado. La semana terminó con las palabras de la organización de AICHE Perú en el CTIC de la Universidad Nacional de Ingeniería – Lima.

## Resumen de actividades Enero - Marzo

### Febrero

Finalizando el mes de febrero tuvimos la participación del Ing. Marvin B. Szoychen, Gerente de Seguridad de Procesos de Buckman, quien nos compartió sus experiencias implementando sistemas de gestión de seguridad de procesos, viendo las mejores estrategias metodológicas para compartir con nuestros equipos de trabajo y desarrollar de forma eficiente proyectos de gran impacto.

# Resumen de actividades Enero - Marzo

## Marzo

**TECNOLOGÍAS MÉDICAS:  
BIOMATERIALES Y LA  
SALUD HUMANA**

**PONENTE**

**JUAN JOSE LOVÓN QUINTANA**

Ingeniero Químico (UNSAAC - Perú) con Maestría y Doctorado en Ingeniería Química (UNICAMP - Brasil) y Posdoctorado Purdue University - USA, especializado en la gestión de Proyectos de ID&I en Ingeniería de Procesos Químicos, en Ingeniería de Materiales Avanzados, y en Métodos Analíticos Instrumentales con énfasis en Ciencias de la Salud.

30 MARZO  
7:00 PM

ZOOM

**AIChE**  
PERU | LOCAL SECTION

LinkedIn: AIChE Sección Perú  
Instagram: @aicheperu  
Visítanos en: <https://www.aiche.org.pe/>

Los biomateriales representan un tema importante para los ingenieros químicos y todos aquellos interesados en la tecnología médica y salud humana, estos biomateriales son utilizados en aplicaciones médicas con el fin de interactuar con el tejido vivo y mejorar la calidad de vida de los pacientes, se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones.

Este webinar fue presentado por el Ing. Juan Lovón Quintana, especializado en gestión de proyectos, procesos y métodos analíticos con énfasis en Ciencias de la Salud, quien compartió su conocimiento en la innovación de rutas tecnológicas sustentables, combustibles alternativos, medio ambiente y productos químicos.

La seguridad de procesos es un tema fundamental para los ingenieros químicos, se trata de un conjunto de iniciativas que nos ayudan a mantener los riesgos controlados y gestionados adecuadamente, anticipándonos para prevenir los accidentes industriales.

Este webinar fue presentado por Sylvana Velazco, consultora internacional de seguridad de procesos, quien compartió su experiencia en la gestión de la cultura de seguridad de procesos

**¿CÓMO GESTIONAR LA  
CULTURA DE SEGURIDAD  
DE PROCESOS?**

**PONENTE**

**SILVANA VELAZCO**

Maestría en Administración de Negocios (MBA - ESAN). Ingeniera de Industrias Alimentarias de la UNALM con Máster en Prevención de Riesgos Laborales, Calidad y Medio Ambiente por la Universidad de Valladolid - España. Cuenta con 20 años de experiencia en la Gestión de Riesgos para los sectores de hidrocarburos, minería, alimentos y servicios.

29 MARZO  
7:00 PM

ZOOM

**AIChE**  
PERU | LOCAL SECTION

LinkedIn: AIChE Sección Perú  
Instagram: @aicheperu  
Visítanos en: <https://www.aiche.org.pe/>



# EVENTOS PRÓXIMOS

## AIChE Sección Perú

El equipo de AIChE Peru hace extensiva esta invitación a la comunidad de Ingenieros Químicos de poder participar en nuestro gran evento de integración "Happy Hour"🌟, que se llevará a cabo el día 14/04 en El Olimpo - Av. La Marina 2551 - San Miguel a las 8:00 pm.

Todos los miembros de AIChE Perú están cordialmente invitados, y si deseas participar, pero aun no eres miembro puedes suscribirte siguiendo los pasos de este link:

[https://drive.google.com/file/d/1T8E9X5hYpXDBz9qFlx0zqcoKdl3D\\_doV/view?usp=sharinglo](https://drive.google.com/file/d/1T8E9X5hYpXDBz9qFlx0zqcoKdl3D_doV/view?usp=sharinglo).

Si tienes alguna consulta, no dudes en escribirnos para poder ayudarte.

No te puedes perder esta gran oportunidad donde podrás compartir con una amplia red de ingenieros químicos, interactuar y pasar momentos amenos con todos los miembros de la Sección Local de AIChE Peru .

¡Nos vemos pronto!





# 04 Forma parte de AIChE Perú...

OBTENDRÁS LOS SIGUIENTES BENEFICIOS:

- Boletín **1**
- Descuento en cursos, concursos y eventos de la sección **2**
- Acceso ilimitado a los seminarios web en youtube **3**
- Información sobre oportunidades laborales **4**
- Eventos de networking **5**
- Voluntariado AIChE Perú **6**

ENTRE OTROS...

# Actividades los Students Chapters

- AICHe UNI student chapter

¡Muy buenos días! Están invitados a participar del curso: Introducción a la programación con Python; el cual, será dictado por nuestro compañero Aldair Mejía.



- AICHe UNSA student chapter

El domingo 05 de marzo se realizó la limpieza del Santuario Nacional de Lagunas de Mejía en apoyo a la Red Ambiental de Jóvenes Universitarios - RAJU

Encantados con todos los participantes por disponer de su tiempo y esfuerzo, haciendo posible esta hazaña



- AICHe UNSAAC student chapter

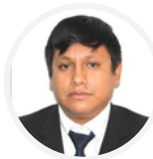
Evento Networking PECO

Por el fortalecimiento profesional participaron:

- AICHe UNSAAC (Perú - Cusco).
- AICHe UN (Colombia-Bogotá)



# FUTURO PROMISORIO DEL BAGAZO COMO FUENTE DE CELULOSA EN LA INDUSTRIA DE PAPEL TISSUE EN EL PERÚ



## Dany Zuñe Flores

Ingeniero Químico de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Perú con experiencia en procesos industriales, laboratorio y gestión administrativa. Actualmente se desempeña como Inspector de IQPF en la SUNAT.

Diariamente estamos en contacto con un sin número de productos, entre ellos, encontramos al papel, el cual en sus diferentes variedades puede estar constituido principalmente de celulosa.

El papel suele estar presente en los hogares, restaurantes, hoteles, centros de estudios o en cualquier establecimiento; como hojas de impresión, libros, cuadernos, papel higiénico, papel toalla, servilletas, entre otros. Aquellos que utilizados como productos sanitarios son los denominados, "Papeles Tissue"; cuyas características principales son: bajo gramaje, permeabilidad y suavidad.

### Proceso industrial del papel Tissue

En el Perú, como fuentes principales en la elaboración de papel tissue se encuentran: Los fardos de celulosa y los papeles reciclados, que su vez, se clasifican en: blancos, coloreados y mixtos.

Figura N° 01. Materia Prima



Fuente: Fotografías del autor

El proceso se inicia con la "preparación de las pastas" en donde se disgrega el material con agua obteniéndose la pulpa de papel, seguido por la eliminación de residuos (metales, piedras, plásticos, entre otros provenientes del reciclado), el destintado, la adecuación de la consistencia y la adición de ciertos aditivos que permitirá un mejor refinado y blanqueamiento de las pastas. En la "refinación" las fibras se entrelazan entre sí (como un tejido) dando como resultado excelentes propiedades de resistencia.

Al refinar las pastas; estas están listas para la separación de sólidos finos (arenillas) en el proceso de "Depuración" a través de fuerzas centrífugas. Posteriormente, se forma la hoja, se prensa, seca y bobina en las máquinas papeleras; obteniéndose el papel base (bobina o jumbo).

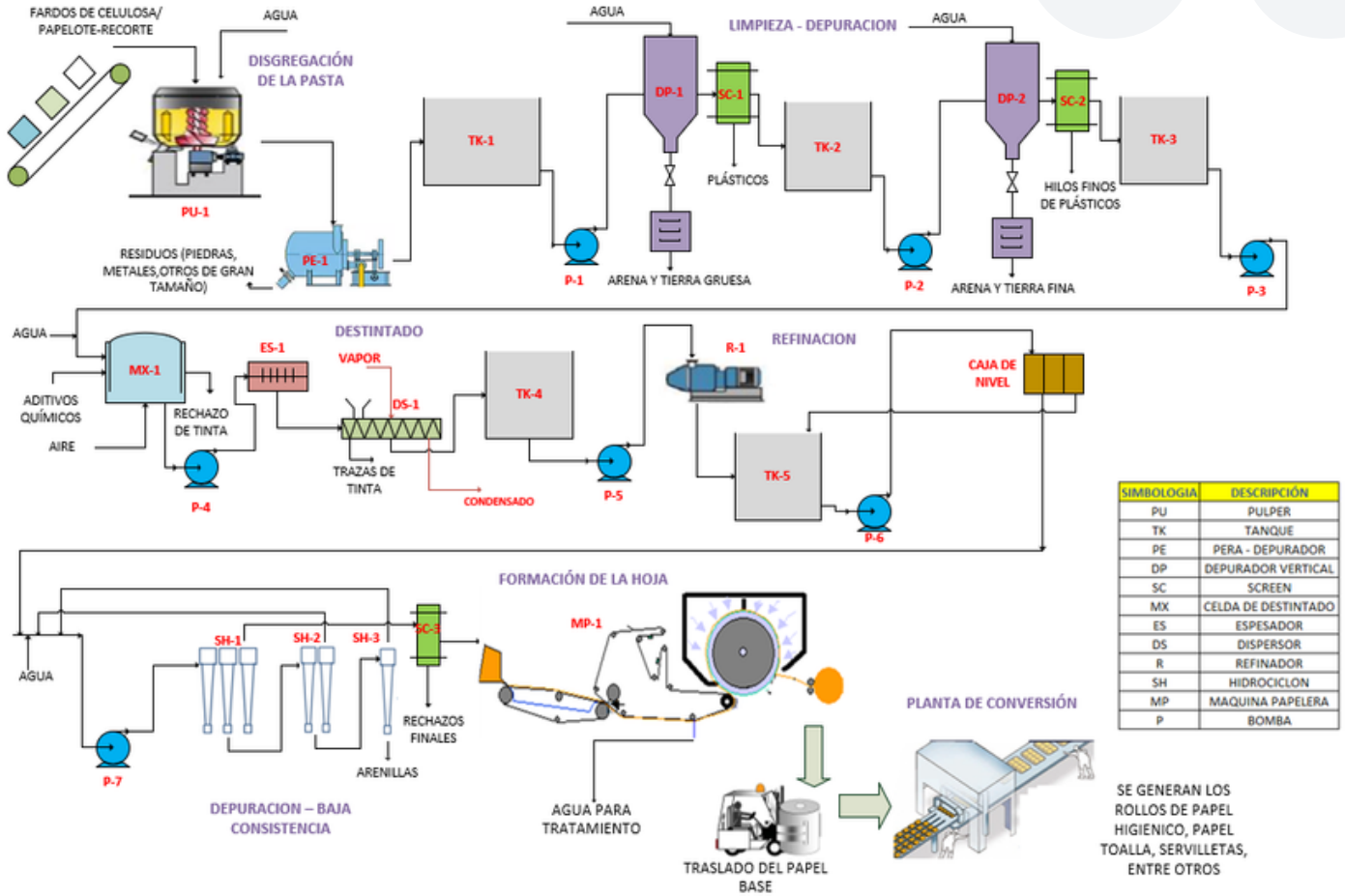
El papel base es dirigido al proceso de conversión, en donde se forman los rollos de papel higiénico, los rollos de papel toalla, los paquetes de servilletas, entre otros. (véase el diagrama N°01).

### Bagazo como fuente de Celulosa

De acuerdo con el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, en el Perú existe 18 variedades de caña de Azúcar, entre ellas, la H44-3098.

El bagazo es un subproducto proveniente de la molienda de caña de los ingenios azucareros. A continuación, se muestra la composición del bagazo proveniente de la variedad H44-3098.

## DIAGRAMA N°01 - PROCESO DEL PAPEL TISSUE



Diseño: Elaboración propia

Cuadro N°01: Composición del Bagazo

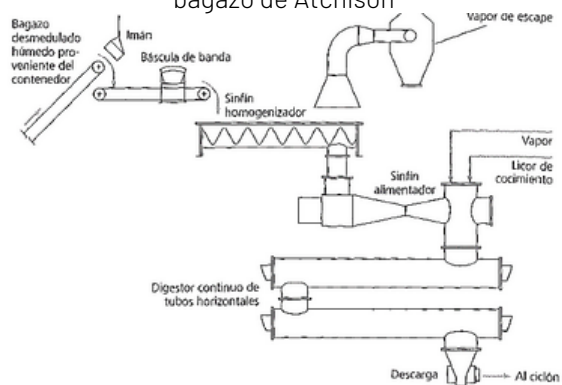
COMPOSICIÓN DEL BAGAZO - BASE SECA (%)					
PARTE	CELULOSA	PENTOSAS	LIGNINA	OTROS	CENIZA
ENTERA	38.7	27.1	21.6	11.0	1.6
FIBRA	42.5	27.7	22.0	7.2	0.6
MÉDULA	35.3	28.7	21.5	12.4	2.1

Fuente: Howard J. Cogeneration in the cane sugar industry [1]

Existen estudios realizados en Colombia y Argentina acerca de la adición de etanol en el proceso de pulpado - "Pulpado Hidroalcohólico de alto rendimiento de bagazo de caña de azúcar" [2], en donde se destaca el aumento de la velocidad de reacción en la deslignificación y la disminución de la lignina.

A continuación, se muestra un Sistema Digestor, para la producción de celulosa. (Figura N° 02).

Figura N° 02. Sistema Digestor horizontal de bagazo de Atchison



Fuente: Rain P. Ingeniería de la caña de azúcar [3]

### El bagazo en el Perú - Datos estadísticos

La gran parte de los ingenios azucareros se encuentran en el norte del país, siendo estos una gran alternativa para aquellas empresas que decidan optar por la producción de celulosa a partir del bagazo.

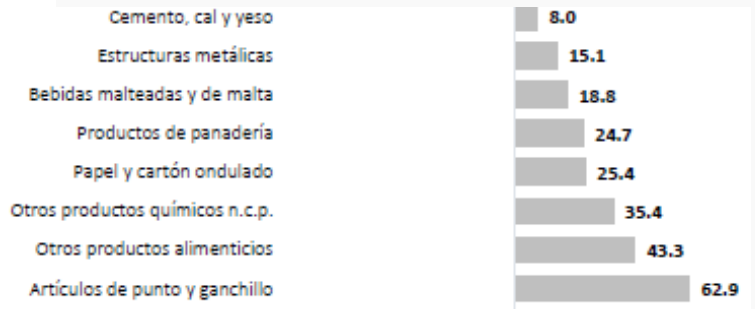


Cuadro N° 02 – Ingenios Azucareros

Departamento	Ingenio Azucarero
Lambayeque	<ul style="list-style-type: none"> <li>Agroindustrial Tumán.</li> <li>Azucarera Pomalca</li> <li>Agropucalá</li> <li>Agrolmos S.A</li> <li>Azucarera del Norte</li> </ul>
La Libertad	<ul style="list-style-type: none"> <li>Casa Grande</li> <li>Agroindustrial Laredo</li> <li>Cartavio S.A</li> </ul>
Ancash	<ul style="list-style-type: none"> <li>Agroindustria San Jacinto S.A.A</li> </ul>
Lima	<ul style="list-style-type: none"> <li>Agroindustrial Paramonga</li> </ul>

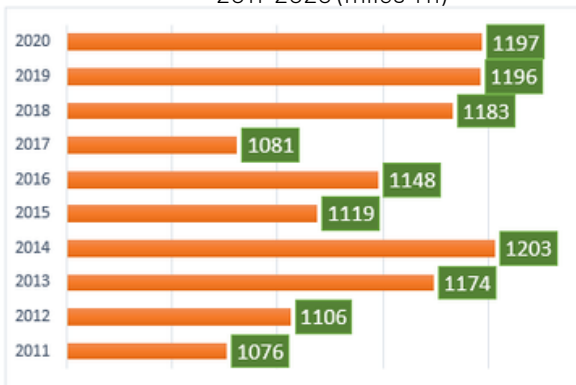
Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 03 – Variación porcentual interanual del IVF de industrias con mayor incidencia positiva en la variación de la manufactura no primaria, enero 2022



Fuente: Reporte coyuntural enero 2022 - PRODUCE [8].

Gráfico N° 01 – Producción de azúcar 2011-2020 (miles Tn)



Fuente: PERU CAÑA - 2020 [4]

Cuadro N° 03 – Productos de la fabricación de Papel y Productos del papel, reporte enero 2022

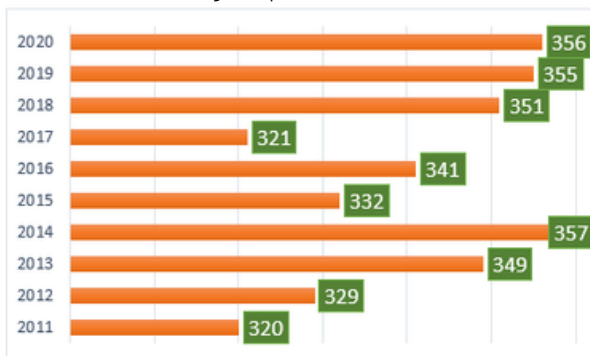
C.I.U.	DESCRIPCION	U.M.	ENERO - DICIEMBRE		
			2020	2021	
170	<b>Fabricación de Papel y de Productos de Papel</b>				
	1	CAJA DE CARTÓN	TM	514,118	546,511
	2	PAPEL CORRUGADO	TM	53,414	47,311
	3	CARTONES DIVERSOS	TM	191,958	224,587
	4	BOLSAS DE PAPEL	ML	329,663	457,088
	5	PAPEL HIGIÉNICO	TM	189,132	176,467
	6	PAÑAL	ML	1,377,794	1,319,844
	7	PAPEL BOND	TM	1,783	1,319
	8	SERVILETA	TM	26,289	23,261
	9	PAPEL TOALLA	TM	29,116	28,150
	10	PAPELES DIVERSOS	TM	41,332	30,704
	11	CARTULINA	CTO	3,786	4,575

Fuente: INEI [9]

## Conclusiones

- Del Gráfico N° 02, se desprende que, existe un gran volumen de bagazo que puede ser utilizado en la elaboración de celulosa.
- Del Gráfico N° 03 y Cuadro N° 03, se desprende que la industria papelera tiene incidencia positiva en el País. Asimismo, entre los productos a partir de la celulosa, los productos Tissue tiene mayor participación.
- La existencia de procesos de alto rendimiento, vuelven aún más atractivo la elaboración de celulosa a partir de bagazo. Además, el uso de etanol es conveniente para los ingenios azucareros.

Gráfico N° 02 – Bagazo producido 2011-2020 (miles Tn)



### DATOS ESTIMADOS:

0.3 TN BAGAZO POR TN DE CAÑA [5]

10% DE BAGAZO NORMALMENTE ES ALMACENADO [6]

101 KG DE AZUCAR POR TN CAÑA [7]

Fuente: Elaboración propia

## Referencias

- [1] Howard J. Cogeneration in the cane sugar industry – Sugar Series N° 12; New York 1991.
- [2] Aguilar S., Alonso J., Area M., Felissia F., Nuñez C., Lozano L., Vega M., Vera E. Pulpado Hidroalcohólico de alto rendimiento de bagazo de caña de azúcar. Virtual Pro; 2006; 58:1-14.
- [3], [5] y [6] Rain P. Ingeniería de la caña de azúcar. Berlín: Bartens; 2012.
- [4] Perú Caña. Informe Anual 2020.
- [7] MIDAGRI. Generalidades del Producto. <https://www.midagri.gob.pe/portal/29-sector-agrario/azucar/242-generalidades-del-producto>.
- [8] PRODUCE. Resultados del indicador de producción industrial [Diapositiva]. Lima; 2022. 9 diapositivas.
- [9] INEI. Sección manufactura. <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice->

# 07 TRATAMIENTO DE AGUAS ÁCIDAS DE MINA-PROCESO HDS



## José Vallejos Coronado

Ingeniero Químico de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo con experiencia en el área de diseño de plantas industriales, proyectos y procesos en el sector minero e hidrocarburos. Actualmente se desempeña como Process Engineer Level I en Worley: Industrial engineering solutions company.

Los procesos mineros y metalúrgicos, durante las operaciones y después del cierre de minas, pueden generar efluentes tales como drenaje ácido de mina (DAM). Según el tipo de mineral y el proceso metalúrgico, estos efluentes pueden contener uno o más compuestos tóxicos (acidez o alcalinidad, cianuro, metales pesados, sólidos suspendidos totales (TSS), sulfato) en concentraciones elevadas que requieren tratamiento antes de su vertido al medio ambiente o reciclado/reutilización en el proceso.

La creciente conciencia ambiental y la actividad gubernamental están obligando a las empresas a cumplir con estándares de descarga de agua limpia cada vez más estrictos.

### Drenaje Ácido de Mina (DAM) o Drenaje Ácido de Roca (DAR)

La generación de agua ácida ocurre de forma natural cuando los minerales sulfurados (predominantemente piritita,  $\text{FeS}_2$  y pirrotita,  $\text{FeS}$ ) presentes en los desechos mineros (relaves y roca estéril) se exponen al oxígeno del aire y al agua. Después de la generación de ácido, se produce la lixiviación de productos oxidados a medida que el agua de lluvia ingresa a la pila o vertedero de desechos. Si no hay suficientes minerales alcalinos o amortiguadores (como la calcita) para neutralizar el ácido, el agua de lixiviación resultante se vuelve ácida con altas concentraciones de iones metálicos como Fe, Mn, Al, Zn, Cu, Pb, Cd, As, etc. y sulfato.

Esta agua se conoce como drenaje ácido de roca (DAR) o drenaje ácido de mina (DAM). Si la generación de DAM no puede controlarse o prevenirse se debe recolectar y tratar para la neutralización de la acidez y la reducción de metales y TSS para cumplir con los estándares de calidad del agua.

### Estándares y regulaciones

Cada país establece normas para regular la calidad del agua que ingresa al medio ambiente. Los estándares regulatorios de calidad del agua en Perú son establecidos por el Ministerio del Ambiente (MINAM). Para los efluentes de la actividad minero-metalúrgica, el agua tratada deberá cumplir con los Límites Máximos Permisibles (LMP), según el DS N°010-2010-MINAM y los ECA categoría 3, según el DS N°004-2017-MINAM.

### Tratamiento de agua ácida - Proceso HDS

El proceso de lodos de alta densidad (HDS) se ha convertido en la opción preferida para tratar aguas ácidas de mina. El método se basa en la adición de hidróxidos para elevar el pH y precipitar los metales como un lodo que se asienta a una densidad mucho mayor al logrado por los procesos de neutralización alcalina convencionales. El proceso HDS fue desarrollado originalmente por Bethlehem Steel Corporation a principios de la década de 1970.





# INGENIERÍA QUÍMICA APLICADA A LA INDUSTRIA DE PALMA ACEITERA



## Jose Carlos Mendoza

Ingeniero Químico de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, con especialización en gestión de operaciones productivas y de servicios. Experiencia en la industria de biocombustibles y alimentos como ingeniero de procesos.



## Carlos Alejos Altamirano

Ingeniero Químico de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, maestría en Petroquímica y Biocombustibles en la Universidad Federal de Río de Janeiro - Brasil. Experiencia en la industria de alimentos, minería, hidrocarburos. Actualmente, docente de la Facultad de Ingeniería Ambiental UNI.

La industria de la palma aceitera es un campo de acción bastante atractivo para los ingenieros químicos. Todo comienza en la etapa agrícola en donde se concentran los esfuerzos para el sembrío, plantío y cosecha de los frutos de la palma y en el cual se cuenta con la participación de profesionales biólogos, ingenieros forestales, agrónomos y agricultores. La etapa industrial envuelve una serie de procesos fisicoquímicos dedicados a generar una diversidad de productos que se obtienen a partir del aceite de palma. Aquí la participación del ingeniero químico es clave para asegurar el éxito del proceso. Participa desde la supervisión en la recepción de la materia prima, extracción del aceite, refinación, fraccionamiento, hidrogenación, interesterificación y procesos auxiliares; monitoreo de parámetros de proceso y control de calidad. El procesamiento de aceite de palma es una experiencia totalmente enriquecedora para los ingenieros químicos, aquí podrán poner en práctica sus conocimientos de transferencia de masa y calor, operaciones unitarias, diseño de equipos de proceso como filtros, columnas de destilación, sistemas de vacío, transporte de fluidos, tratamiento de aguas, etc. Por tratarse de una industria en que la mayoría de sus productos están destinados al consumo humano masivo, aquí el mejor aliado de un Ingeniero Químico es el Ingeniero de Alimentos, pues juntos coordinan y desarrollan las actividades necesarias para asegurar que los productos cumplan con calidad requerida

de acuerdo con estándares internacionales. El presente artículo pretende hacer una breve descripción de los procesos involucrados en esta industria y poder captar la atención de los jóvenes ingenieros químicos que quieren tener mayor alcance sobre su campo de acción.

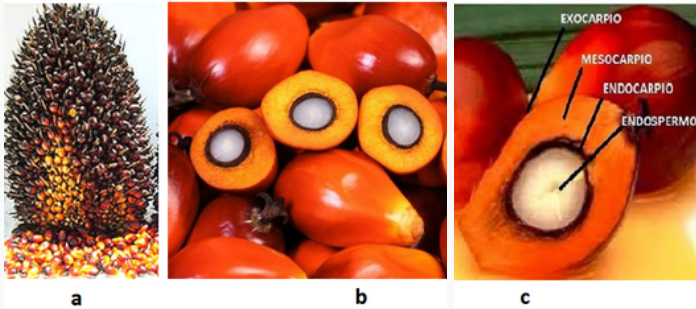
Hablar de la industria de la palma aceitera, es hablar de la industria de aceites y grasas. Los aceites son carbohidratos, es decir están formados por carbono (C), hidrógeno (H), y oxígeno (O). El aceite es una mezcla de 96 - 98% de moléculas de triglicéridos (aceite neutro) y el resto consiste en compuestos solubles en grasa. Un triglicérido se forma a partir de la reacción de glicerol más ácidos grasos. Los aceites crudos contienen también compuestos no triglicéridos (ácidos grasos libres, fosfolípidos conocidos como fosfátidos o gomas, compuestos metálicos, pigmentos, productos de oxidación, pesticidas, esteroides, tocoferoles, ceras, etc.) que deben eliminarse total o parcialmente a fin de ser aptos para el consumo humano.

El proceso industrial consta de dos procesos: extracción y refinación del aceite crudo. Dentro de la refinación encontramos procesos como desgomado, blanqueado y desodorización.

### Extracción

Antes de explicar en qué consiste la etapa de extracción es necesario explicar cómo está conformado el fruto de la palma aceitera:

Figura N° 01. Fruto palma aceitera



La figura (a) es el racimo tal como se extrae de la palma en el momento de la cosecha. En la figura (b) se muestra los frutos que se encuentran dentro del racimo de la figura (a) y en la figura (c) se muestra el interior del fruto. El aceite crudo de palma se encuentra en el mesocarpio y en el interior de la almendra (endospermo) se encuentra el aceite de palmiste. Ahora procedemos a explicar el proceso de extracción.

Los racimos de palma colectados en los campos de cultivo son transportados en camiones hasta la planta de extracción. En la planta de extracción el proceso se inicia con el esterilizado por lotes, el cual se realiza dentro de autoclaves donde los racimos de palma se someten a calentamiento con vapor a 140-150°C durante 60-90 minutos. Luego de ese tiempo, los racimos esterilizados son enviados al proceso de desfrutado en el cual se separa el racimo del fruto por medio de filtros rotativos, puesto que el fruto es el que contiene el aceite. El racimo es separado y

almacenado para usarlo como abono o biomasa para calderos.

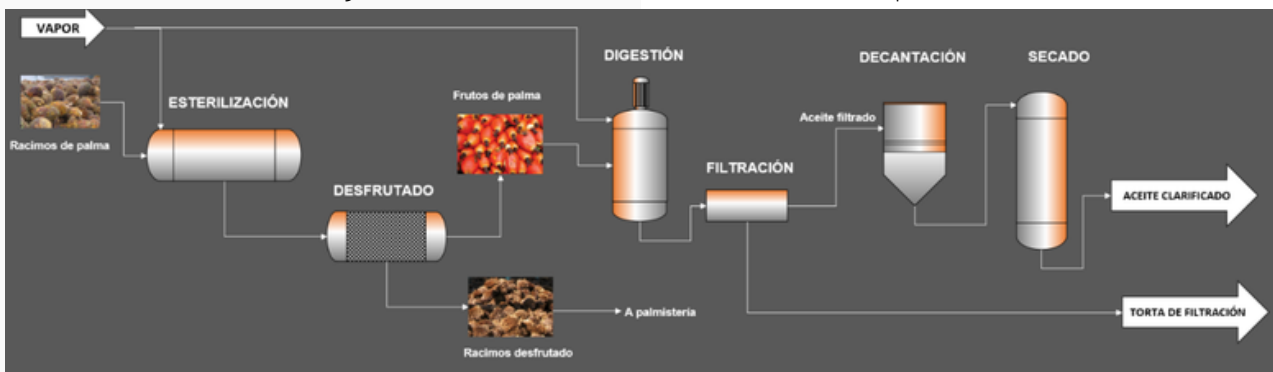
Los frutos separados se someten a cocimiento con vapor o también llamado digestión para poder romper las células y poder facilitar la liberación del aceite que se encuentra en su interior. Los frutos cocidos son prensados obteniéndose así tortas de filtración y el aceite.

El aceite filtrado arrastra con impurezas propias del proceso por lo que pasa por un tamiz vibratorio para ser limpiado. Las tortas de filtración contienen las almendras, las cuales contienen aceite crudo de palmiste cuyos derivados son utilizados como sustitutos o complementos de la manteca de cacao.

El aceite limpio que sale de los tamices vibratorios contiene sólidos suspendidos en forma de lodos que no han sido retenidos en el tamiz por ello se somete a un proceso de clarificación por decantación y luego es secado al vacío para remover la humedad. Luego el aceite es almacenado en tanques pulmón para su posterior proceso de refinación.

El siguiente diagrama muestra el proceso de extracción de aceite de palma.

Diagrama N° 01. Proceso de extracción de aceite de palma.



## Refinación

El aceite refinado de palma (RBD) y sus derivados se utilizan principalmente en la industria de alimentación humana; para freír, cocinar, en panadería, pastelería, confitería. También se utiliza como materia prima en la elaboración de jabones, grasas lubricantes y en la producción de Biodiesel. Asimismo, el aceite de palma es utilizado como materia prima de alimento balanceado para animales.

La refinación consiste en obtener la máxima cantidad de aceite neutro (triglicéridos), conferir al aceite crudo de palma (ACP) estabilidad oxidativa, térmica, de almacenamiento y larga vida útil. Consiste en eliminar impurezas, que dotan al ACP de color, sabor y color indeseables, pero al mismo tiempo reteniendo los compuestos beneficiosos como vitaminas, provitaminas y antioxidantes. Existen dos métodos principales de refinación; la refinación química y la refinación física. En la primera los ácidos grasos libres (AGL) y la mayoría de fosfolípidos se eliminan mediante neutralización alcalina; mientras que en la refinación física los AGL se eliminan mediante destilación. Para aceites crudos de palma con alto contenido inicial de AGL y fosfolípidos relativamente bajos se prefiere la refinación física.

La refinación consta de tres procesos principales: desgomado, blanqueado y desodorizado, habiendo pasado estas tres etapas el aceite toma el nombre de RBD (Refinado, Blanqueado, Desodorizado). A continuación, describimos cada uno de los procesos involucrados en la refinación física.

### Desgomado

El objetivo del desgomado es eliminar los fosfátidos presentes en el ACP dado su profunda influencia en el sabor y color del RBD. Se logra con la ayuda de agua y ácido cítrico. Los fosfátidos hidratables reaccionan con el agua formando una fase pesada que se separa y elimina por centrifugación.

Los fosfátidos no hidratables requieren un tratamiento especial con ácido cítrico. El ácido reacciona con el complejo metálico de los fosfátidos no hidratables y los hace solubles en agua, por lo que pueden eliminarse utilizando una centrifuga.

Cuadro N°1: Estándares AOCS (American Oil Chemist's Society) de Calidad para el Aceite Crudo de Palma

	<b>Unidad</b>	<b>Estándar</b>
<b>Acidez</b>	%	Máx. 3
<b>Peróxido</b>	Meq/Kg	Máx. 5
<b>Color Lovibond</b>	Celda 1/2"	Máx. 20 Rojo
<b>Humedad y materia volátil</b>	%	Máx. 0.10

Antes de ingresar al proceso de desgomado, el ACP es calentado mediante intercambiadores de calor de placas hasta una temperatura de 100°C máximo. Al ACP se le dosifica una solución de ácido cítrico, concentración 30-35 %, y 0.05 a 0.1 % peso/peso, se dosifica agua caliente 2 -5 %, luego fluye a través de mezcladores dinámicos hasta ingresar a un reactor multi compartimiento para desgomado ácido durante 15 minutos aproximadamente (tiempo de residencia) y a temperatura de 90 - 96°C. Posteriormente, el ACP ingresa a una centrifuga en donde se separa la fase acuosa, agua, lodos, fosfátidos y trazas de aceite, mientras que el aceite desgomado pasa al proceso de blanqueado.

### Blanqueado

El objetivo del blanqueado es eliminar los compuestos que le dan color al aceite mediante adsorción, para ello se utiliza agentes adsorbentes, como tierra de diatomeas, arcillas neutras derivadas de la bentonita, arcillas ácidas activadas o carbón activado.

Al aceite desgomado se le dosifica agente adsorbente, tierra decolorante (0.4 - 2%), la mezcla aceite/tierra se calienta a una temperatura de 100-110 °C en condiciones de vacío de 80 milibar, cuando hablamos de un proceso al vacío, queremos decir que este se desarrolla a una presión inferior a una atmósfera. En la industria de aceites se utiliza extensamente los eyectores para generar vacío; los eyectores son bombas sin partes móviles que utilizan el

efecto Venturi para succionar fluidos. El blanqueado se lleva a cabo mediante adsorción, con un tiempo de residencia de aproximadamente 30 minutos y agitación mediante inyección de vapor directo. Como resultado el nivel de fósforo debe reducirse hasta un nivel aceptable, preferiblemente menor a 2 ppm, disminuir el contenido de trazas de metal ( $Fe < 0.1 \text{ ppm}$ ,  $Cu < 0.05 \text{ ppm}$  y minimizar productos de oxidación. Parte de los carotenos también se adsorben, aunque para la refinación de palma esto no es crítico ya que la mayoría de estos se blanquean térmicamente en el proceso de desodorizado.

El aceite blanqueado se transfiere a filtros herméticos de hojas verticales u horizontales con elementos de malla de acero inoxidable. La primera cantidad de aceite que pasa por el filtro es recirculado hacia el reactor de blanqueado hasta obtener conformidad (impureza, acidez, color); posteriormente, el aceite blanqueado, libre de gomas, peróxidos y otros elementos es enviado a un tanque de almacenamiento. La torta de tierra gastada, se lava en los filtros con vapor o nitrógeno para recuperar la máxima cantidad de aceite retenido antes de ser descargada. El aceite blanqueado almacenado pasa al proceso de desodorizado.

### Desodorizado

En el desodorizado se eliminan ácidos grasos libres y componentes odoríferos volátiles utilizando altas temperaturas, presión de vacío e inyección de vapor directo para obtener un aceite suave e inodoro. El desodorizado es una combinación de tres procesos diferentes: destilación que elimina componentes volátiles; desodorización propiamente dicha, que elimina componentes odoríferos y blanqueado térmico que desintegra térmicamente los pigmentes como el caroteno.

El proceso consiste en calentar el aceite a 230 - 260°C, temperatura a la cual los componentes volátiles son arrastrados hacia un tanque de almacenamiento de ácidos grasos quedando aceite refinado, blanqueado y desodorizado, apto para consumo. El proceso se lleva a cabo a presión reducida, 4.5 milibar absolutos como máximo para evitar el deterioro del aceite.

El rendimiento de la refinación física según lo descrito es de 96 -97%, los parámetros de calidad del RBD se muestran en el cuadro N°2.

Cuadro N°2: Estándares AOCS (American Oil Chemist's Society) de Calidad para el Aceite Refinado de Palma

	Unidad	Estándar
<b>Acidez libre</b>	%	Máx. 0.05
<b>Peróxido</b>	Meq/Kg	Máx. 1
<b>Color Lovibond</b>	Celda 1/2"	Máx. 2.5 Rojo
<b>Impureza</b>	Grado °	9 a 10

Para su almacenamiento, el RBD es enfriado hasta 50 - 60 °C y se le dosifica nitrógeno, 0.1 Kg de N<sub>2</sub>/TM de RBD. En este punto el aceite está listo para uso industrial o para uso como materia prima en formulación de mantecas.

La creciente demanda de productos alimenticios con propiedades físicas específicas ha favorecido el desarrollo de tecnologías de modificación física o química. Entre ellas el fraccionamiento (cristalización más filtración) que permite al RBD ser envasado para consumo masivo, la hidrogenación y finalmente la interesterificación.

El siguiente diagrama muestra el proceso de refinación del aceite de palma:

Diagrama N° 02. Proceso de refinación de aceite de palma.

