

TPM en la industria petroquímica: confiabilidad, personas y liderazgo en los procesos continuos

Por: Humberto Alvarez Laverde (MBA por IESE Business School) y
Carlos Ramos Mejía Instructor Internacional TPM
Barcelona y Bristol, Agosto 2026

Executive Brief

La aplicación del Total Productive Maintenance en la industria petroquímica: claves para una transformación sostenible.

INTRODUCCIÓN

En la industria petroquímica, la continuidad operacional no es simplemente uno de los objetivos de desempeño de una planta; es una condición esencial para la sostenibilidad del negocio. En un entorno donde grandes volúmenes de producto se transforman de manera continua y donde los procesos, equipos y sistemas de control se encuentran estrechamente interconectados, una desviación que inicialmente puede parecer menor puede evolucionar rápidamente hacia una pérdida de capacidad, una perturbación del proceso, un problema de calidad, una parada no planificada o, en los escenarios más graves, un evento de seguridad de proceso. Por ello, hablar de confiabilidad en petroquímica significa hablar simultáneamente de disponibilidad, estabilidad, calidad, productividad, coste y seguridad. No son dimensiones independientes: forman parte de un mismo sistema operacional.

Esta característica diferencia de manera importante a las industrias de proceso continuo de otros entornos industriales. En una línea de fabricación discreta, una avería puede quedar relativamente confinada a una máquina o a una estación determinada. En una planta petroquímica, por el contrario, los equipos constituyen una cadena interdependiente en la que una alteración en un punto puede propagarse hacia otras partes del proceso. El comportamiento de una bomba puede afectar un caudal; el caudal puede modificar una condición de proceso; esa condición puede alterar la calidad del producto o el comportamiento de otro equipo. El proceso no puede detenerse y reiniciarse con la misma facilidad que una línea convencional. De ahí que la excelencia operacional no pueda construirse únicamente a partir de la optimización individual de activos. La verdadera prioridad es conseguir una estabilidad global del proceso y desarrollar la capacidad de anticipar las condiciones que pueden ponerla en riesgo.

OBJETIVO DE ESTE ESTUDIO

El propósito de este informe es presentar una visión práctica del desarrollo del TPM (Total Productive Maintenance) en industrias de procesos continuos, con especial atención en el sector petroquímico. La base conceptual son las líneas maestras del TPM sugeridas por el Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM), consignadas en la guía internacional BSI/JIPM PAS 1918, nuestra experiencia dilatada de implantación en múltiples sectores, varias de ellas en

procesos continuos y un trabajo de investigación de la aplicación de TPM en plantas petroquímicas y, en especial, ganadoras del Premio TPM que otorga el JIPM.

Como conclusión de este estudio, presentamos una síntesis y recomendaciones sobre la estrategia sugerida para introducir el TPM en esta clase de industrias, considerando las características especiales del sector, prácticas para la gestión del cambio cultural, aspectos esenciales de gestión y dirección que facilitan la evolución de la visión de mantenimiento, asuntos técnicos de los pilares y la integración con las diversas tecnologías de mantenimiento, especialmente las emergentes de predictivo, potenciadas con dispositivos IoT, algoritmos Machine y Deep Learning.

ENFOQUE

En este contexto, el Total Productive Maintenance (TPM), ofrece una oportunidad que va mucho más allá de la mejora del mantenimiento. Su verdadero potencial reside en concebir la confiabilidad como una responsabilidad compartida entre operación, mantenimiento, ingeniería, seguridad y dirección. El TPM aporta una estructura para identificar y eliminar pérdidas, construir sistemas de trabajo para que estas no sucedan, mantener las condiciones básicas de los equipos, anticipar su degradación, mejorar la estabilidad del proceso, desarrollar las competencias de las personas y convertir las experiencias de operación en conocimiento organizativo. Cuando se entiende de esta manera el TPM, deja de ser un programa perteneciente al departamento de mantenimiento para convertirse en un sistema de gestión global de la operación.

EXPERIENCIAS TPM EN INDUSTRIAS JAPONESAS

La experiencia industrial japonesa es especialmente valiosa para comprender esta diferencia. Empresas como Mitsubishi Chemical e Idemitsu Kosan han desarrollado durante décadas sistemas TPM adaptados a entornos industriales de elevada complejidad, demostrando que los resultados sostenibles no proceden de la aplicación aislada de una herramienta, sino de la combinación de una metodología técnica con una determinada forma de organizar, liderar y desarrollar a las personas. Lo relevante de estos casos no es solamente que hayan conseguido reducir averías o mejorar indicadores. Lo verdaderamente importante es entender cómo construyeron las condiciones organizativas que permitieron que esas mejoras se mantengan en el tiempo.

Aplicación del Mantenimiento Autónomo

El caso de Mitsubishi Chemical en Toyohashi resulta particularmente ilustrativo. Uno de los puntos de partida de su transformación fue cuestionar una frontera muy arraigada en muchas organizaciones industriales: la idea de que producción opera y mantenimiento repara. Mientras esa separación permanece intacta, el operador puede considerar que la condición del equipo no forma parte de su responsabilidad y mantenimiento puede terminar recibiendo los problemas cuando ya han evolucionado hacia una condición de fallo. El mantenimiento autónomo desarrollado en Toyohashi buscó precisamente romper esa lógica. La limpieza inicial de los equipos no se planteó como una actividad estética, sino como una forma de aprender a

observar. Al limpiar y recorrer físicamente los equipos, las personas podían descubrir fugas, desgastes, grietas, suciedad anormal, holguras y otras condiciones que anteriormente podían pasar desapercibidas. El equipo dejaba de ser algo que simplemente se utilizaba y comenzaba a convertirse en algo que se comprendía.

Este punto resulta fundamental en una industria de proceso continuo. El mantenimiento autónomo no significa transformar al operador en especialista de mantenimiento ni permitirle intervenir libremente sobre los equipos. Significa desarrollar en primera línea la capacidad de reconocer las condiciones normales y anormales, mantener determinadas condiciones básicas, identificar señales tempranas de degradación y activar la respuesta adecuada. En una planta petroquímica, donde existen restricciones de seguridad y procesos formales de autorización, esta autonomía debe desarrollarse dentro de límites técnicos perfectamente definidos. La persona debe saber qué puede observar, qué puede corregir, qué debe reportar y cuándo debe escalar una situación. La verdadera autonomía no consiste en hacer cualquier cosa sin autorización, sino en tener suficiente conocimiento para reconocer una desviación y suficiente claridad organizativa para actuar correctamente.

La experiencia de Toyohashi es especialmente significativa porque este proceso se desarrolló progresivamente mediante los siete pasos del mantenimiento autónomo. La organización no intentó convertir rápidamente a los operadores en responsables de nuevas tareas, sino desarrollar gradualmente conocimiento, disciplina y capacidad. Esta evolución es importante porque una de las debilidades frecuentes de las implantaciones TPM es confundir la introducción de actividades con la construcción de competencias. Colocar una hoja de inspección delante de un operador no crea necesariamente la competencia de mantenimiento autónomo. El mantenimiento autónomo aparece cuando se interioriza en cada individuo y la persona entiende por qué está observando determinadas condiciones, reconoce lo que está viendo y comprende qué consecuencias puede tener una desviación.

Los resultados alcanzados por Toyohashi ayudan a dimensionar el potencial de este enfoque. Después de aproximadamente una década de desarrollo del TPM, la planta consiguió reducir las averías hasta aproximadamente una catorceava parte (1/14) de las existentes inicialmente. Más allá de la magnitud del resultado, lo interesante es la lógica que existe detrás de él: la reducción de averías estuvo relacionada con la capacidad de las personas para identificar condiciones anormales antes de que evolucionaran hacia problemas mayores. Esto es, crear una primera barrera de contención de las averías. Es una idea sencilla, pero de enorme importancia estratégica. La confiabilidad de un activo no empieza cuando el mantenimiento interviene; empieza cuando alguien es capaz de reconocer que el comportamiento del activo está cambiando.

Aplicación del Mantenimiento Preventivo

La misma filosofía aparece en el mantenimiento planificado. En un proceso continuo no siempre es posible intervenir sobre los equipos en el momento que sería técnicamente ideal. Por eso, la gestión de mantenimiento debe combinar criticidad, condición, mecanismos de fallo y oportunidades operacionales. La experiencia documentada en Mitsubishi Chemical incluye la utilización del llamado mantenimiento de oportunidad o chance maintenance, mediante el cual las paradas operacionales, los cambios de producto o las ventanas programadas se utilizan

para realizar inspecciones o intervenciones sobre equipos que, de otra manera, podrían continuar operando hasta alcanzar una condición más degradada. El principio es especialmente potente porque convierte una oportunidad operacional en una oportunidad de confiabilidad. Si un operador detecta un ruido inusual y una inspección técnica confirma una posible degradación, la organización tiene la posibilidad de actuar antes de que el equipo falle durante la operación.

Esta lógica cambia también la manera de interpretar los indicadores. MTBF y MTTR siguen siendo indicadores fundamentales, pero el objetivo último no debería ser únicamente aumentar el tiempo entre fallos o reducir el tiempo de reparación. La pregunta estratégica es cuánto riesgo se está eliminando y cuántas pérdidas se están evitando. En este sentido, el análisis de causa raíz que va más allá de buscar las causas raíz y en su lugar busca las condiciones que generan el problema adquiere una importancia central. Métodos como Why-Why Analysis o PM Analysis permiten pasar de reparar una avería a comprender por qué ocurrió y cómo organizar las condiciones para que esta no vuelva a aparecer (prevención profunda – concepto japonés de “Mizen”). Una organización madura no debería sentirse satisfecha simplemente porque descubrió la causa raíz y ha conseguido reparar rápidamente el mismo problema que ya había reparado diez veces anteriormente. La verdadera mejora aparece cuando el problema deja de repetirse. Este enfoque es un aporte realmente importante de los principios de mantenimiento preventivo con visión TPM y los profesionales de mantenimiento, más allá de aprender o dominar una nueva técnica de análisis de causa raíz, deben desarrollar un nuevo comportamiento de la prevención profunda.

Aplicación integrada TPM y RCM

La experiencia desarrollada en la refinería de Aichi de Idemitsu Kosan representa un proceso de transformación orientado a incrementar la confiabilidad de las instalaciones y, simultáneamente, reducir la necesidad de intervención presencial durante los períodos nocturnos. El desafío planteado, denominado “No Patrol, No Night Work on Site”, tuvo como propósito avanzar hacia una operación en la que las rondas de inspección y los trabajos nocturnos en campo pudieran ser reducidos o eliminados mediante una gestión más sistemática de la confiabilidad de los equipos y de las actividades de mantenimiento. Este enfoque parte de la premisa de que la eliminación de las rondas no debe abordarse simplemente como una reducción de actividades, sino como el resultado de alcanzar un nivel de confiabilidad y control operacional que permita operar la planta de manera segura sin depender permanentemente de la presencia física del personal.

El proyecto se sustentó en la experiencia acumulada por la organización a través de las actividades de TPM (Total Productive Maintenance) y Mantenimiento Autónomo, que permitieron fortalecer progresivamente la participación de los operadores en el cuidado y conocimiento de los equipos. En este contexto, el desarrollo de las competencias del personal adquirió un papel fundamental, ya que los operadores debían comprender el funcionamiento de las instalaciones, identificar condiciones anormales y participar activamente en la prevención del deterioro y de las fallas. La experiencia muestra, por tanto, una evolución desde un modelo de mantenimiento basado principalmente en la intervención hacia una filosofía

centrada en la prevención, la confiabilidad y la participación de quienes operan directamente los activos.

Como parte de esta evolución se incorporó el enfoque de RCM (Reliability Centered Maintenance), utilizado para analizar de manera estructurada las funciones de los equipos, sus posibles modos de falla y las consecuencias asociadas, con el objetivo de determinar las estrategias de mantenimiento más adecuadas. La aplicación de este enfoque permitió cuestionar la necesidad de determinadas actividades tradicionales de inspección y mantenimiento y orientar los recursos hacia aquellas acciones que realmente contribuyen a preservar las funciones requeridas de los equipos. De esta manera, la confiabilidad dejó de considerarse únicamente como un resultado del mantenimiento y pasó a constituir un elemento central para definir la forma en que debía gestionarse la operación de la planta.

La experiencia también pone de manifiesto la importancia de integrar las funciones de operación y mantenimiento. Para avanzar hacia una condición de menor dependencia de las rondas nocturnas, no era suficiente disponer de procedimientos de mantenimiento; era necesario que los operadores desarrollaran un conocimiento profundo de los equipos y fueran capaces de reconocer oportunamente desviaciones en su comportamiento. Esta integración favoreció una mayor capacidad para detectar y prevenir condiciones anormales, contribuyendo a mejorar la estabilidad de las instalaciones y a reducir la necesidad de intervenciones correctivas no planificadas.

En términos de gestión de activos, el caso evidencia que la mejora de la confiabilidad no depende exclusivamente de incorporar tecnología o aumentar la frecuencia de las inspecciones. Por el contrario, requiere combinar metodologías de mantenimiento, conocimiento de los equipos, disciplina operacional, desarrollo de competencias y análisis sistemático de los riesgos de falla. Bajo esta perspectiva, el objetivo de “No Patrol, No Night Work on Site” se convierte en un indicador de madurez de la gestión de mantenimiento: cuanto mayor es la capacidad de la organización para prevenir fallas y controlar las condiciones de los activos, menor es la necesidad de recurrir a intervenciones presenciales como mecanismo principal de aseguramiento de la operación.

En conclusión, la experiencia de Idemitsu Kosan constituye un referente para comprender cómo una estrategia sostenida de TPM, Mantenimiento Autónomo y RCM puede contribuir a transformar progresivamente el modelo de mantenimiento y operación de una instalación industrial. El principal aprendizaje radica en que la reducción de las rondas y de los trabajos nocturnos no debe entenderse como un objetivo aislado de reducción de recursos, sino como la consecuencia de construir una planta más confiable, con operadores mejor preparados y con procesos de mantenimiento orientados a la prevención y a la preservación de las funciones de los activos. En este sentido, el caso demuestra la relación directa entre confiabilidad, competencias humanas y excelencia operacional, ofreciendo una referencia relevante para organizaciones que buscan evolucionar hacia modelos de mantenimiento más eficientes, seguros y sostenibles.

Pilar TPM Mejoras enfocadas

La experiencia de Mitsubishi Chemical en Mizushima permite observar esta misma filosofía desde la perspectiva de la mejora enfocada. La planta había llegado a acumular aproximadamente 1.715 incidentes anuales, muchos de los cuales podían convertirse en una carga permanente para los operadores. La organización desarrolló un sistema estructurado para identificar las pérdidas, analizar sus causas, establecer contramedidas y estandarizar las nuevas condiciones. El resultado documentado fue una mejora de la eficiencia de aproximadamente 1,31 veces y la eliminación de alrededor de 1.295.000 horas de trabajo innecesario. Estas cifras son relevantes no solamente por su magnitud, sino porque muestran una realidad que puede encontrarse en numerosas instalaciones: una parte importante del potencial de una planta se encuentra escondida en pérdidas que la organización ha terminado aceptando como normales.

Esta normalización de las pérdidas constituye uno de los mayores enemigos de la excelencia operacional. Cuando una bomba presenta periódicamente el mismo comportamiento, cuando una secuencia de operación exige siempre una corrección manual, cuando un equipo requiere repetidamente una intervención menor o cuando una determinada desviación aparece con frecuencia, la organización puede terminar considerando que se trata simplemente de “cómo funciona la planta”. El TPM introduce una visión especial: ¿por qué aceptamos como normal una condición que consume recursos y genera riesgo? La mejora enfocada, desarrollada bajo la lógica del ciclo de mejora continua CAPDo (chequear, actuar-analizar, planificar y ejecutar), una versión TPM del reconocido ciclo Deming PDCA desarrollada para entornos de mantenimiento, permite estructurar un sistema sistemático de análisis de las oportunidades de mejora en los diferentes niveles de la organización. Además del ciclo de mejora CAPDo, la medición de pérdidas y los retos corporativos establecidos para mejorar (Hoshin Kanri) son los que realmente sostienen la actitud y la práctica continua de mejora. No se trata de proyectos realizados por temporada o eventos especiales de mejora; se trata de fortalecer la cultura de mejora en el trabajo cotidiano.

Pilar Mantenimiento de Calidad

El mantenimiento de calidad amplía todavía más esta visión porque establece una relación directa entre las condiciones de los activos, procesos y la calidad del producto que se fabrica. En una industria de proceso, la calidad no se construye únicamente mediante unas valoraciones intermedias y al final del proceso. Depende de que las condiciones de temperatura, presión, caudal, composición y otras variables críticas se mantengan dentro de rangos capaces de producir consistentemente el resultado esperado. Pero esas condiciones también dependen del estado de los equipos que las controlan. Por ello, el mantenimiento de calidad busca identificar las condiciones de equipo y proceso necesarias para producir sin defectos y mantenerlas de manera sistemática. La misma condición que deteriora la calidad puede ser, en determinados casos, una señal temprana de degradación del activo. Calidad, confiabilidad y seguridad empiezan entonces a formar parte de una misma conversación. Nuevamente la lógica utilizada para el diseño de los sistemas de control de las características de los equipos y que afectan a la calidad del proceso, es la utilización efectiva de ciclos CAPDo, con técnicas TPM más elaboradas para esta clase de estudios.

Pilar Gestión Temprana o “Early Equipment”

La lógica del TPM también comienza antes de que un activo entre en operación. En industrias donde un equipo puede permanecer instalado durante veinte o treinta años, las decisiones tomadas durante la ingeniería tienen consecuencias durante toda su vida útil. La Gestión Temprana de Equipos busca incorporar la experiencia de operadores, mantenedores e ingenieros en el diseño, considerando desde el principio aspectos como accesibilidad, inspeccionabilidad, mantenibilidad, facilidad de limpieza, seguridad, instrumentación y disponibilidad de repuestos. El equipo no debería ser considerado terminado cuando puede arrancar por primera vez. Debería considerarse preparado cuando la organización ha creado las condiciones para operarlo y mantenerlo de forma segura y confiable durante todo su ciclo de vida. Este es un pilar que la industria japonesa ha desarrollado profundamente, integrando la gestión e ingeniería de proyectos, dentro de un marco filosófico de prevención profunda. Las técnicas utilizadas no son desarrollos especiales, lo que existe detrás de la Gestión Temprana es una disciplina férrea de pensar preventivamente, análisis de riesgo y aprovechar plenamente la información histórica del comportamiento de los activos y procesos, para evitar problemas que ya son conocidos.

Desarrollo del talento

Pero probablemente una de las enseñanzas más profundas de la experiencia japonesa sea la que se refiere al desarrollo de las personas. En Toyohashi, la formación cruzada permitió que especialistas de mantenimiento compartieran conocimiento técnico con los operadores, incluyendo aspectos relacionados con equipos y interpretación y justificación de diseños y construcciones, como también, la detección temprana de incidentes. Esta práctica generó un efecto especialmente interesante: cuanto más conocimiento adquirían los operadores, mejores eran las preguntas que podían formular y mayor era su capacidad para reconocer condiciones anormales. En lugar de reducir el papel del mantenimiento, la formación del operador elevaba el nivel de exigencia hacia mantenimiento y mejoraba la conversación técnica entre ambas funciones.

El desarrollo del denominado “Dojo de Mantenimiento” responde a la misma filosofía. La organización creó un espacio donde las personas podían desarrollar habilidades prácticas y comprender mecanismos de fallo y situaciones de riesgo antes de enfrentarse a ellas en condiciones reales. Esta idea adquiere especial valor cuando una planta ha alcanzado altos niveles de confiabilidad. Una organización que tiene pocas averías dispone también de menos oportunidades reales para aprender de ellas. Si el conocimiento se adquiere únicamente a través de la experiencia de los fallos, una planta muy confiable puede paradójicamente generar menos oportunidades de aprendizaje para las nuevas generaciones. El entrenamiento práctico permite resolver esa paradoja y convertir el conocimiento en una capacidad que puede transmitirse.

Idemitsu Kosan aporta una perspectiva complementaria especialmente interesante porque muestra cómo el TPM puede integrarse con el sistema global de gobierno de una organización. La empresa, reconocida con el TPM PM Excellence Award en 1992, desarrolló una arquitectura basada en la autogestión de las áreas operativas, el seguimiento de las funciones corporativas y la evaluación independiente mediante auditoría interna. Esta estructura de tres líneas resulta

especialmente relevante para organizaciones de proceso continuo porque permite conectar la responsabilidad local con la supervisión y la gestión corporativa. La mejora no depende exclusivamente de que determinadas personas tengan iniciativa; forma parte de un sistema en el que existen responsabilidades, mecanismos de seguimiento y verificación.

Estructura organizacional para TPM

La arquitectura organizativa se complementa con otra práctica característica de los sistemas TPM japoneses: los equipos pequeños superpuestos. La lógica consiste en que cada nivel de la organización dispone de su propia estructura de mejora y que los responsables de un nivel participan también en el nivel superior. De esta manera se establece una conexión vertical entre la estrategia y la operación. La dirección puede desplegar prioridades, mientras que los problemas, aprendizajes y necesidades de la primera línea pueden ascender hacia los niveles donde existen recursos y capacidad de decisión. Es una forma de evitar que el TPM se convierta en un conjunto de actividades aisladas en la base de la organización.

El caso de Mitsubishi Chemical vuelve a ser significativo en este punto. La organización estructuró actividades alrededor de subcomités relacionados con mantenimiento autónomo, mantenimiento de calidad, mejora enfocada e innovación, con participación directa de responsables de producción. El mensaje organizativo es importante: el TPM no pertenece a mantenimiento y tampoco a un coordinador TPM. Si los responsables de producción asumen la responsabilidad del sistema, la mejora pasa a formar parte de la operación y deja de percibirse como una iniciativa adicional.

Es aquí donde la experiencia japonesa conecta de manera especialmente natural con una cuestión que consideramos crítica a partir de la experiencia práctica en organizaciones occidentales: el engagement de las personas operativas. El compromiso de los operadores suele abordarse desde una perspectiva de recursos humanos, pero en una planta petroquímica debería entenderse también como una variable de desempeño operacional. Una persona comprometida no es simplemente alguien satisfecho con su trabajo. Es alguien que comprende el propósito de su actividad, conoce las prioridades, posee las competencias necesarias, tiene espacio para participar, dispone de recursos para actuar y confía en que la organización responderá adecuadamente cuando comunique un problema o proponga una mejora.

Esta distinción es fundamental porque el conocimiento del operador constituye uno de los activos más importantes y, al mismo tiempo, menos formalizados de una planta. Quienes trabajan diariamente alrededor de un proceso desarrollan una sensibilidad difícil de reproducir únicamente mediante sistemas digitales. Pueden reconocer que una bomba suena diferente, que una válvula responde de una manera poco habitual o que una determinada secuencia operacional está comenzando a comportarse de manera anormal. Sin embargo, ese conocimiento solo se convierte en ventaja competitiva cuando existe una organización capaz de escucharlo y transformarlo en acción.

Por eso el engagement no puede conseguirse simplemente pidiendo a las personas que se impliquen más. La dirección tiene que crear las condiciones que hacen posible esa implicación. Los operadores necesitan objetivos claros y conectados con la estrategia, competencias para

comprender y resolver problemas, tiempo protegido para participar en actividades de mejora y recursos para convertir determinadas oportunidades en acciones. Necesitan también un marco claro que defina los límites de su autonomía, especialmente en un entorno donde cualquier modificación del proceso puede requerir evaluación de riesgos y gestión formal del cambio. Y necesitan algo todavía más importante: confianza.

La confianza se construye cuando existe coherencia entre el discurso y las decisiones. Si la organización afirma que la seguridad es prioritaria pero penaliza a quien detiene una operación por una condición insegura, el mensaje real es otro. Si solicita ideas pero nunca las implementa, las personas aprenderán rápidamente que participar no produce resultados. Si cada error se convierte en una búsqueda inmediata de culpables, las desviaciones dejarán de comunicarse. Por el contrario, cuando la organización escucha, actúa, reconoce y aprende, el compromiso comienza a formar parte de la manera de trabajar.

En una industria petroquímica, esta relación entre engagement y seguridad tiene una importancia particular. Un operador comprometido no es solamente una persona que participa en una actividad de mejora. Es alguien que presta atención a las señales débiles del proceso, cuestiona condiciones anormales, comunica riesgos y contribuye a mejorar los estándares operacionales. En este sentido, el engagement puede convertirse en una barrera preventiva adicional dentro del sistema de seguridad. No sustituye a los sistemas formales de seguridad de procesos, pero añade algo que ninguna tecnología puede proporcionar completamente: la capacidad humana de interpretar el contexto y reconocer que algo no está funcionando como debería.

Esta conexión explica por qué seguridad, confiabilidad y engagement no deberían gestionarse como programas independientes. Cuando un operador detecta una fuga, está participando en mantenimiento autónomo, pero también está contribuyendo a la seguridad. Cuando una organización elimina una causa recurrente de desviaciones, está haciendo mejora enfocada, pero también está reduciendo exposición al riesgo. Cuando ingeniería incorpora una mejora de accesibilidad a un nuevo equipo, está aplicando Gestión Temprana, pero también está creando mejores condiciones para el mantenimiento seguro. Los pilares del TPM adquieren su verdadero valor cuando dejan de funcionar como compartimentos y comienzan a formar parte de un mismo sistema.

Liderazgo y management

En este sistema, el liderazgo desempeña un papel decisivo. Una de las principales diferencias entre una implantación TPM superficial y una transformación real está en quién considera que el sistema le pertenece. Cuando TPM se delega a mantenimiento, ingeniería, a una oficina de excelencia operacional o coordinación TPM, puede producir actividades y resultados locales, pero difícilmente cambiará la cultura global. Cuando la dirección y los responsables de producción participan directamente, establecen prioridades, revisan avances y eliminan las barreras que encuentran los equipos, el mensaje cambia. La confiabilidad pasa a ser una cuestión de negocio.

La experiencia japonesa muestra precisamente esta importancia del liderazgo. La utilización de estructuras de equipos superpuestos, la participación directa de los responsables de producción en subcomités y la integración de la autogestión con mecanismos corporativos de supervisión no son simples elementos organizativos. Son mecanismos para garantizar que la mejora tenga un propietario y que la responsabilidad no desaparezca entre departamentos.

Aquí aparece una dimensión que consideramos especialmente relevante: la calidad de gestión. Una organización puede disponer de excelentes herramientas de TPM y, sin embargo, obtener resultados limitados si la calidad de sus decisiones es baja. Tener indicadores no significa necesariamente gestionar bien. Lo importante es qué preguntas se hacen a partir de ellos, qué problemas se priorizan, con qué rapidez se actúa, cómo se asignan las responsabilidades y qué se hace para evitar que una solución temporal se convierta en permanente.

TPM puede contribuir precisamente a elevar esa calidad de gestión porque introduce disciplina en la manera de abordar las pérdidas y las diversas conversaciones que se sostienen frente a las ayudas visuales o llamados tableros de gestión, ya sean digitales o en papel. Obliga a hacer visibles los problemas, cuantificarlos, analizar sus causas, definir contramedidas, comprobar resultados y estandarizar los aprendizajes. También obliga a conectar diferentes niveles de la organización. Un problema que aparece en la operación puede requerir una decisión de mantenimiento; esa decisión puede requerir ingeniería; ingeniería puede necesitar recursos; y esos recursos pueden depender de una decisión de dirección. El valor de la gestión TPM está en permitir que esta cadena no se rompa.

Una organización madura empieza entonces a cambiar la naturaleza de sus conversaciones. Ya no pregunta únicamente cuánto mantenimiento se ha ejecutado, sino cuánto riesgo se ha eliminado. No pregunta solamente cuánto tiempo tardó en repararse una avería, sino por qué ocurrió y por qué no fue detectada antes. No pregunta únicamente cuántas ideas se generaron, sino cuántas se transformaron en mejoras sostenibles. Y no considera que la ausencia de incidentes demuestra necesariamente que todo funciona correctamente; busca activamente las condiciones débiles que podrían convertirse en problemas futuros.

Este cambio de perspectiva es especialmente importante en el contexto actual en la gestión de la industria petroquímica. Las plantas deben operar con mayores exigencias de eficiencia, sostenibilidad, seguridad y flexibilidad, mientras enfrentan además cambios generacionales y una creciente necesidad de conservar conocimiento técnico. La digitalización ofrece nuevas posibilidades para observar los activos y analizar datos, pero no elimina la necesidad de desarrollar personas capaces de interpretar la realidad operacional. Al contrario, cuanto mayor sea la cantidad de información disponible, mayor será la necesidad de contar con profesionales capaces de distinguir una señal relevante de una simple variación estadística.

Hacia el futuro

El futuro de la confiabilidad no estará, por tanto, exclusivamente en los sensores, en los sistemas predictivos o en la inteligencia artificial. Estará en la combinación entre tecnología y conocimiento humano. Un algoritmo puede detectar una tendencia; el operador puede aportar el contexto. Un sistema puede generar una alarma; el conocimiento técnico puede

ayudar a determinar qué significa. Un modelo predictivo puede anticipar un fallo; la organización debe ser capaz de convertir esa predicción en una decisión segura y oportuna.

Desde esta perspectiva, el verdadero retorno del TPM es mucho más amplio que la reducción de averías. Una planta que mejora su confiabilidad puede aumentar su disponibilidad, reducir pérdidas energéticas, disminuir producto fuera de especificación, reducir intervenciones reactivas y mejorar la estabilidad del proceso. Pero, al mismo tiempo, desarrolla capacidades organizativas: mejores operadores, mejores mantenedores, mejores ingenieros, mejores líderes y una mayor capacidad colectiva para aprender de los problemas.

Principales enseñanzas

Una organización excelente no es aquella en la que nunca aparecen problemas. Es aquella que detecta rápidamente las desviaciones, comprende sus causas, responde adecuadamente y evita que vuelvan a repetirse. La confiabilidad, por tanto, no significa ausencia absoluta de problemas; significa capacidad organizativa para anticiparlos y aprender de ellos.

Esta es probablemente la principal enseñanza que podemos extraer de las experiencias japonesas y trasladar a las organizaciones occidentales. No se trata de copiar literalmente el modelo desarrollado en Japón, porque las culturas, estructuras y sistemas de gestión son diferentes. Se trata de comprender los principios que explican su sostenibilidad y adaptarlos a nuestra realidad. El valor está en mantener la lógica: responsabilidad compartida, liderazgo visible, desarrollo progresivo de capacidades, disciplina operacional, eliminación sistemática de pérdidas, aprendizaje y participación de las personas.

En este sentido, la experiencia práctica de engagement adquiere un significado especial. La participación de los operadores no debería verse como un elemento adicional dentro del TPM, sino como una de las condiciones que permiten que los pilares funcionen realmente. Un operador que conoce el equipo puede detectar antes una anomalía. Un operador que confía en su supervisor la comunica. Un operador que dispone de tiempo y herramientas participa en su análisis. Un equipo que tiene capacidad de decisión puede implementar una mejora. Y una organización que aprende de esa experiencia convierte el conocimiento individual en conocimiento colectivo. Cuando este ciclo se repite, se produce algo mucho más profundo que una mejora puntual de indicadores. Se desarrolla una cultura de confiabilidad.

La diferencia entre una planta que simplemente aplica TPM y una organización que realmente trabaja bajo su lógica se encuentra, en definitiva, en la forma en que las personas entienden y asumen su responsabilidad sobre el proceso. No se trata únicamente de disponer de pilares, auditorías, estándares, indicadores o actividades definidas, sino de que estos elementos formen parte de una manera de trabajar en la que las anomalías dejen de considerarse normales, los problemas recurrentes impulsen el análisis de sus causas, la dirección se implique de forma visible y producción, mantenimiento e ingeniería trabajen con objetivos compartidos. En este contexto, la experiencia de quienes operan los equipos adquiere también un papel esencial, porque la mejora no puede limitarse a los niveles técnicos o de gestión, sino que debe surgir de una organización en la que las personas tengan la capacidad y el marco necesario para intervenir, aprender y mejorar de forma segura y disciplinada.

Por ello, el verdadero desafío para la industria petroquímica no consiste en incorporar más herramientas, sino en desarrollar una organización capaz de utilizarlas para aprender y convertir ese aprendizaje en una mejora sostenida del desempeño. Desde esta perspectiva, la madurez de un sistema TPM no debería valorarse únicamente por el número de pilares implantados o por la cantidad de actividades realizadas, sino por la capacidad de la organización para generar las condiciones que permitan a cada persona contribuir a la protección y mejora de los procesos, los activos y los resultados del negocio. Cuando se alcanza ese nivel, el TPM deja de entenderse como un programa de mantenimiento y pasa a formar parte de un sistema de gestión orientado a la confiabilidad, en el que tecnología, activos, procesos, personas y liderazgo actúan de manera integrada. La confiabilidad deja entonces de ser una responsabilidad asociada a una función concreta para convertirse en una capacidad propia de la organización.

En última instancia, esta es una de las principales aportaciones del TPM a la industria petroquímica: no se trata únicamente de conseguir equipos más fiables, sino de desarrollar una organización capaz de identificar las desviaciones con anticipación, responder de manera eficaz ante ellas y transformar la experiencia acumulada en aprendizaje y mejora continua.

Estrategia de desarrollo del TPM

En este apartado se analizan algunos detalles de la estrategia que se puede utilizar en la construcción de un Plan Maestro para implantar TPM en operaciones petroquímicas y procesos continuos. Primero analizamos el marco general de las actividades que se deben tener en cuenta en el diseño de la estrategia de implantación. Para esto, se utiliza el modelo de referencia de la figura 1.

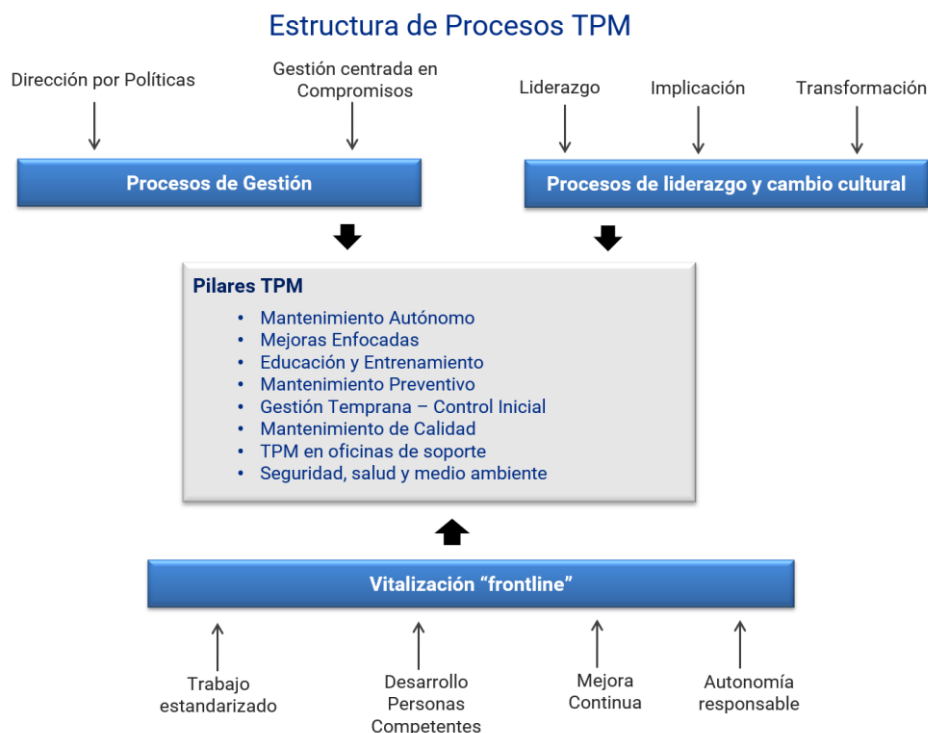


Figura 1. Estructura de Procesos en TPM

El Plan Maestro TPM debe mostrar las acciones específicas ordenadas en el tiempo que se deben realizar durante el proceso de desarrollo del TPM. Este gráfico presenta tres tipos de procesos de soporte y los fundamentales o pilares TPM. Los procesos de soporte permiten crear la infraestructura necesaria para desarrollar las iniciativas técnicas. Estos son:

- **Procesos de Gestión.** Tienen el propósito de mejorar la calidad del management utilizado en la empresa para dirigir las operaciones generales del negocio. La dirección por Políticas (Hoshin Kanri) es una práctica muy efectiva de traducir los objetivos estratégicos a planes de compromisos con un horizonte de planificación anual. La ejecución de estos compromisos permitirá la consecución de los resultados previstos por la dirección superior. La gestión Centrada en Compromisos, es una forma muy eficiente de “navegar” los planes para garantizar que los planes se ejecutan de acuerdo a lo previsto o se negocian oportunamente para evitar las desviaciones finales. La Gestión Centrada en Compromisos es la aplicación de la “prevención profunda” en la gestión, más allá de los sistemas tradicionales de control a través de informes periódicos y revisión de KPIs.
- **Procesos de liderazgo y cambio cultural.** Incluyen iniciativas que realiza la dirección y jefes en relación a la creación de espacios de confianza donde pueda prosperar la participación, nuevos comportamientos de trabajo en el cuidado y conservación de activos, cultura del valor de la información para la toma de decisiones, capacidad emprendedora para buscar soluciones creativas a problemas que se presentan, etc. Para esto, es esencial que los líderes desarrollen nuevas competencias conversacionales, escucha, feedback y otras con la ayuda y acompañamiento de coaches profesionales y en especial, a través de la práctica diaria, más allá de talleres puntuales o de cursos centrados en aportar conocimientos.
- **Vitalización de los equipos operativos o “frontline”.** Es necesario desarrollar nuevas competencias en los equipos operativos para que estén en capacidad de ser la primera barrera de contención de los problemas, averías o desviaciones de procesos. Esto implica mejorar sus competencias técnicas, su capacidad de observación y análisis, adquirir prácticas de comunicación efectivas, pero especialmente, crear la cultura de gestión autónoma diaria.

Los procesos fundamentales o pilares TPM incluyen las acciones recomendadas por el JIPM para lograr los objetivos de gestión eficiente de las operaciones industriales. Cada pilar tiene un propósito, una metodología y un aporte a la mejora de los resultados de la operación. No son actividades que se realizan en forma independiente; los pilares TPM están articulados y el sistema de gestión debe asegurar que trabajan alineados bajo los mismos objetivos y que se comparten las acciones que mejoran las medidas de gestión.

Estrategia para el desarrollo del Plan Maestro

El proceso de implantación del TPM se fundamenta en la formación avanzada tanto sobre los procesos de soporte como los técnicos o pilares. Generalmente el proceso de implantación se inicia por áreas o centros piloto seleccionados con criterios de impacto, grado de dificultad,

posibilidades de replicación a otras áreas, liderazgo existente en la actualidad y otros factores que pueden habilitar el desarrollo de las primeras experiencias.

Para la industria petroquímica y de procesos continuos es evidente que un plan de desarrollo debe considerar la implantación de los siguientes pilares en las áreas piloto seleccionadas:

- Educación y entrenamiento. Es un importante habilitador de los resultados y de soporte a otros pilares.
- Pilar Mantenimiento Preventivo. La introducción progresiva de la cultura de la prevención profunda a través de nuevas prácticas de análisis de causa raíz, valoración de los planes de mantenimiento bajo el punto de vista TPM, gestión eficiente de averías, son acciones concretas de alto impacto y que en cualquier organización se pueden introducir sin mayor grado de complejidad técnica.
- Pilar Mantenimiento Autónomo. Este pilar tiene un contenido más especializado de gestión de personas y especialmente, como lograr el “engagement”. El grado de dificultad es un poco mayor en comparación con el preventivo, ya que se trata de introducir cambios en los hábitos de trabajo y esto implica desarrollar nuevas habilidades de los equipos de jefes especialmente, ya que ellos serán los que realmente realizarán el proceso con la ayuda y mentoría de expertos coaches organizacionales.
- Pilar de Mejoras Enfocadas. Este es un pilar más técnico y no tiene elevadas barreras culturales para su introducción. La mejor alternativa es comenzar con el desarrollo de nuevas competencias para el desarrollo de proyectos de mejora con diversos grados de complejidad, utilizando como base lógica el ciclo CAPDo y técnicas tradicionales de mejora continua y otras especializadas de TPM.

Estos cuatro pilares llamados por algunas corporaciones como fundamentales, son necesarios para actuar sobre los principales problemas que afectan los resultados. Además, construyen los cimientos necesarios para introducir gradualmente luego de un año de trabajo, los pilares denominados avanzados, que requieren haber logrado experiencia, aprendizaje, no solo técnica, sino de gestión de las actividades TPM. Un plan de trabajo de estas características, se debe planificar para un horizonte de por lo menos dos años. Esto no descarta la posibilidad de desplegar las experiencias otras áreas del complejo, luego de un año de experiencia en los primeros piloto.

CONCLUSIONES FINALES

La aplicación del Total Productive Maintenance (TPM) en la industria petroquímica debe entenderse como un proceso de transformación de la forma en que una organización gestiona la confiabilidad de sus operaciones. Las experiencias analizadas muestran que sus resultados no dependen de la implantación aislada de determinados pilares, herramientas o indicadores, sino de la capacidad de integrar estos elementos dentro de un sistema de gestión coherente, sostenido por el liderazgo y por la participación activa de las personas.

En los procesos continuos, donde los activos, las variables de proceso y los sistemas de control se encuentran estrechamente interrelacionados, la confiabilidad no puede ser responsabilidad exclusiva del mantenimiento. Operación, mantenimiento, ingeniería, seguridad y dirección deben compartir objetivos y criterios de actuación. Desde esta perspectiva, el TPM permite trasladar la gestión desde una lógica predominantemente reactiva hacia una organización capaz de identificar desviaciones tempranas, prevenir su evolución hacia fallos y eliminar de manera sistemática las condiciones que generan pérdidas recurrentes.

Una de las principales enseñanzas de las experiencias analizadas es que la prevención comienza mucho antes de que se produzca una avería. Comienza cuando un operador es capaz de reconocer una condición anormal, cuando un mantenedor comprende el mecanismo que puede generar un fallo, cuando una organización utiliza una parada programada para intervenir antes de que aparezca una pérdida, o cuando la ingeniería incorpora al diseño el conocimiento acumulado durante la operación. Los diferentes pilares del TPM adquieren así un sentido común: construir barreras sucesivas que permitan evitar, detectar, contener y eliminar las condiciones que comprometen la confiabilidad.

En este proceso, las personas constituyen un elemento diferencial. La tecnología puede ampliar enormemente la capacidad de observación y análisis, pero no sustituye el conocimiento contextual de quienes trabajan diariamente con los procesos y los equipos. El desarrollo del mantenimiento autónomo, la formación cruzada, los espacios de entrenamiento y la participación de los equipos operativos permiten transformar ese conocimiento individual en una capacidad organizativa. Para ello, sin embargo, no es suficiente solicitar mayor compromiso a los trabajadores. La organización debe proporcionar competencias, tiempo, recursos, autonomía dentro de límites seguros y, especialmente, un entorno de confianza en el que comunicar una anomalía o proponer una mejora tenga consecuencias positivas.

Esta dimensión humana conecta directamente con el liderazgo. Una implantación TPM difícilmente puede consolidarse cuando se percibe como una iniciativa perteneciente al departamento de mantenimiento o a una oficina de excelencia operacional. La dirección y los responsables de producción deben asumir el sistema como parte de su responsabilidad sobre el negocio. Su papel no consiste únicamente en revisar indicadores, sino en establecer prioridades, eliminar barreras, asegurar recursos y crear las condiciones para que los equipos puedan actuar. La calidad del management se convierte, por tanto, en uno de los factores determinantes para transformar las actividades TPM en resultados sostenibles.

El futuro añade una nueva dimensión a este desafío. La sensorización, el IoT, los sistemas predictivos y los algoritmos de Machine Learning y Deep Learning ofrecen posibilidades cada vez mayores para detectar patrones y anticipar comportamientos anómalos. Sin embargo, su verdadero valor dependerá de la capacidad de la organización para convertir la información en conocimiento y el conocimiento en decisiones oportunas y seguras. Un algoritmo puede identificar una tendencia, pero será necesario interpretar su significado, evaluar el contexto y decidir la actuación más adecuada. La digitalización, por tanto, no reduce la importancia de las personas; incrementa la necesidad de disponer de profesionales capaces de interpretar y utilizar correctamente la información disponible.

Por ello, la madurez de un sistema TPM no debería evaluarse únicamente por el número de pilares implantados, auditorías realizadas, actividades ejecutadas o indicadores alcanzados. Una organización madura es aquella en la que las anomalías dejan de considerarse normales, los problemas recurrentes generan aprendizaje, las decisiones se toman sobre la base de pérdidas y riesgos, y las mejoras se incorporan al estándar de trabajo. Es también aquella en la que la experiencia de operación alimenta el mantenimiento, la ingeniería y la toma de decisiones de dirección, creando un ciclo permanente de aprendizaje organizativo.

En consecuencia, el principal reto para la industria petroquímica no consiste en incorporar más herramientas, sino en desarrollar una organización capaz de aprender de sus procesos y actuar antes de que las desviaciones se conviertan en pérdidas. El TPM aporta precisamente ese marco: una forma estructurada de conectar confiabilidad, mejora, desarrollo de competencias, liderazgo y gestión.

La experiencia de las organizaciones japonesas analizadas no debe interpretarse como un modelo que deba copiarse literalmente, sino como una fuente de principios que pueden adaptarse a cada realidad industrial. Responsabilidad compartida, prevención profunda, disciplina operacional, desarrollo de las personas, eliminación sistemática de pérdidas y liderazgo visible constituyen elementos transferibles independientemente de las diferencias culturales u organizativas.

En última instancia, el verdadero resultado del TPM no es solamente disponer de equipos más fiables. Es conseguir que la confiabilidad se convierta en una capacidad propia de la organización. Cuando tecnología, activos, procesos, personas y liderazgo trabajan de manera integrada, la organización deja de limitarse a reaccionar ante los problemas y desarrolla la capacidad de anticiparlos, comprenderlos y evitar su recurrencia. Ese es, en nuestra opinión, el aporte más relevante del TPM a la industria petroquímica y la condición necesaria para construir una excelencia operacional sostenible en los procesos continuos.

Bibliografía

- Suzuki, T. (Ed.). (1994). TPM in Process Industries. Productivity Press. (Publicado originalmente en japonés con el título Sōchi Kōgyō no TPM por el Japan Institute of Plant Maintenance).
- Gotoh, F., & Tajiri, M. (1999). Autonomous Maintenance in Seven Steps: Implementing TPM on the Shop Floor. Productivity Press.
- Suzuki, T. (Ed.). (1994). TPM in Process Industries. Productivity Press.
- The TPM Academy. (2002). TPM Leader Training Manual. (Publicado originalmente en español)
- Japan Institute of Plant Maintenance. (1997). TPM at Idemitsu Kosan: Best Way to Implement TPM at Oil Refinery. Japan Noritsu Kyokai Consulting Co., Ltd.
- Díaz-Reza, J. R., García-Alcaraz, J. L., & Martínez-Loya, V. (2019). Impact Analysis of Total Productive Maintenance: Critical Success Factors and Benefits. Springer.
- Mwanza, B. G., & Mbohwa, C. (2015). Design of a Total Productive Maintenance Model for Effective Implementation: Case Study of a Chemical Manufacturing Company. Procedia Manufacturing, 4, 461-470.

- Nqandela, A., & Peach, R. H. (2025). Evaluation of a State-Owned South African Oil Refinery's Maintenance Strategy Selection Process and its Performance Effectiveness. *The South African Journal of Industrial Engineering*, 36(3), 55-68.
- Ahuja, I. P. S. (2009). Total Productive Maintenance. In M. Ben-Daya, S. O. Duffuaa, A. Raouf, J. Knezevic, & D. Ait-Kadi (Eds.), *Handbook of Maintenance Management and Engineering*. Springer.

Autores

Humberto Alvarez Laverde. Ingeniero Mecánico. MBA por el IESE Business School. Formado en Dirección Industrial en el Instituto Asia Bunka Kaikan de Tokio. Trabajó en Japón como ingeniero en entrenamiento en las siguientes firmas de primer nivel: National Panasonic, Okuma Machinery, Sumitomo Electric, Nissan Motor, Kawasaki Steel Works, Rythm Watch y JIS. Formado en tecnologías de mantenimiento con la Comisión de Energía Atómica de Naciones Unidas. Trabajó como consultor senior en la división europea de manufactura de la firma Price Waterhouse. Se desempeñó como miembro de la Junta Directiva de la Asociación Española de Mantenimiento (AEM) encargado de las estrategias de formación. Ha sido formador en programas de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (UNIDO). Posee más de cuatro décadas de experiencia acompañando corporaciones el desarrollo de proyectos industriales y promoviendo la transformación de cultura de trabajo en Europa y LATAM.

Carlos Ramos Mejía. Ingeniero Industrial. Trabajó como Director de Price Waterhouse & Co. de Argentina. En el año 2000 fue elegido miembro del Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas (JIPM) - con la misión de difundir el TPM en los países de habla hispana, continuando desde el 2005 con JIPM Solutions, firma de consultoría asociada al JIPM. Es instructor certificado TPM/JIPM No. 78. Más de cuatro décadas de experiencia desarrollando proyectos de implantación en sectores como industria petrolera, siderúrgica, alimentación, bebidas, cosmética, cuidado personal, papel, automotriz, química y tecnología.