

## **AHORRO DE ENERGÍA A TRAVÉS DEL CONTROL AUTOMÁTICO.**

### ***INDICE:***

1. LA TRAGEDIA DE LA ENERGÍA.
2. EL CONTROL AUTOMÁTICO DE PROCESOS.
3. EL DIVORCIO PAULATINO DE LOS ESPECIALISTAS Y SUS RAZONES.
4. EL AHORRO SIEMPRE REQUIERE INVERSIONES.
5. LA TERMODINÁMICA Y EL CONTROL.
6. LAS OPORTUNIDADES.
7. EL AHORRO YA!

## 1. LA TRAGEDIA DE LA ENERGÍA.

### 1.1 LA ENERGÍA ES UNA DROGA.

Cuando la mayoría de los aquí presentes éramos niños, recibimos de nuestros padres algunas advertencias sobre el consumo de drogas, alcohol y tabaco que, por lo menos, a la mayoría de nosotros nos vinieron bien.

Pero aparte del mayor o menor caso que les pudiéramos haber hecho, todos esos consejos tenían un mensaje básico común: “el abuso en el consumo de sustancias que nos causan placer producen invariablemente adicción y una adicción, también invariablemente, conduce a una esclavitud de la cual es sumamente difícil escapar”.

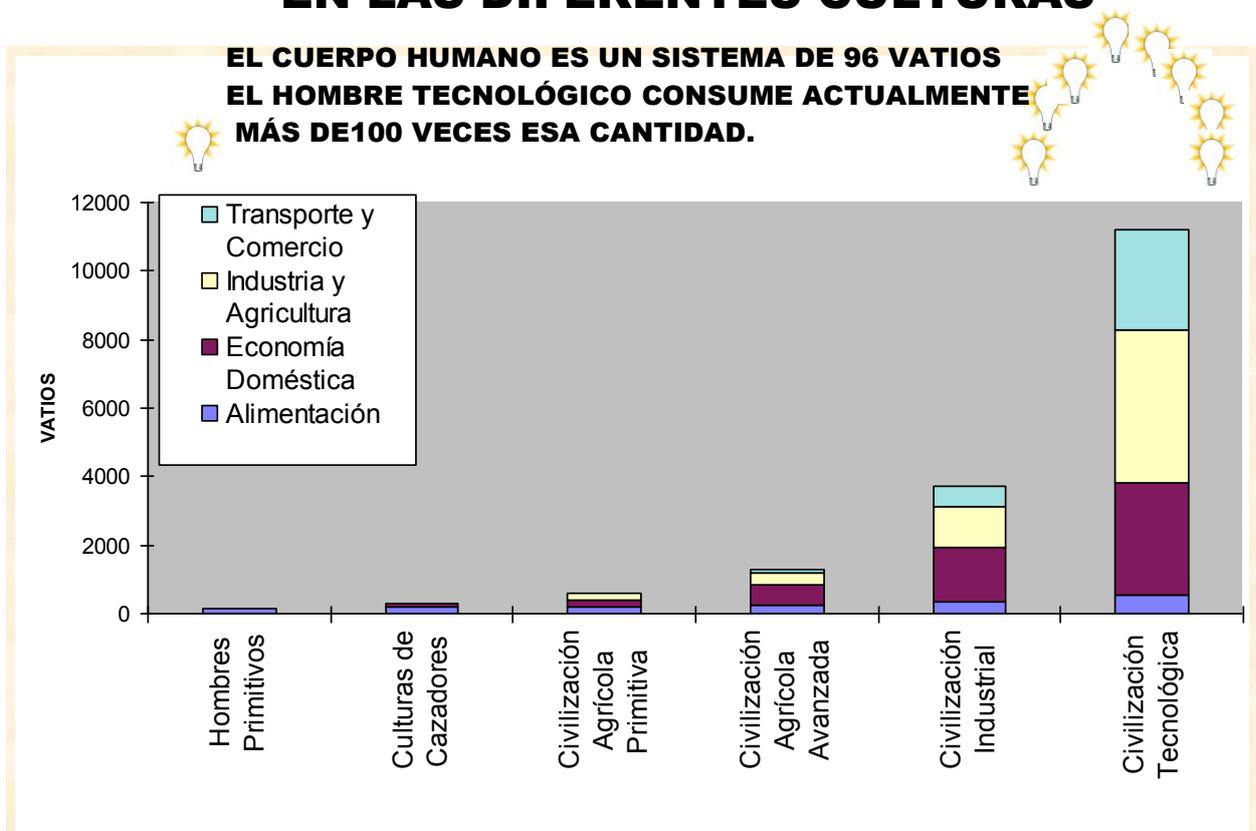
Al mismo tiempo quedaba claro que el proporcionarnos momentos efímeros de placer por el camino de las drogas o el alcohol se pagaba, más tarde, pero no tarde, con un sufrimiento continuo a lo largo de años o del resto de nuestra existencia. Las palabras clave eran “**abuso**”, “**placer**” y “**esclavitud**”.

Pues bien: sin percibirlo la humanidad ha estado adquiriendo una adicción individual y colectiva a una droga que se disfraza de buena, que se muestra como la que permite una vida placentera sin ninguna consecuencia negativa como aquéllas que preocupaban a nuestros padres. Me refiero a la ENERGÍA.

Sería superfluo enumerar los favores que recibimos de su consumo. Pero cuando pensamos en las consecuencias que produciría en nuestras vidas su carencia, el resultado es terrible. Son tan trágicas que, para la mayoría de la población, es inimaginable que quienes orientan y finalmente dirigen los destinos de la humanidad no la tengan en cuenta en la planificación de las acciones que aseguren su continuo abastecimiento. Sin embargo, los “estadistas”, que se supone son quienes van indicando el camino a la humanidad, han demostrado no sólo su incapacidad sino también, y lo que es peor, su irresponsabilidad. Carecen a ojos vista del nivel de claridad conceptual y de altura moral que requiere el encontrar una solución a la tragedia que será para la raza humana carecer de energía, tragedia a cuyas puertas nos encontramos y de la cual nosotros quizá nos libremos pero no, con seguridad, nuestros hijos.

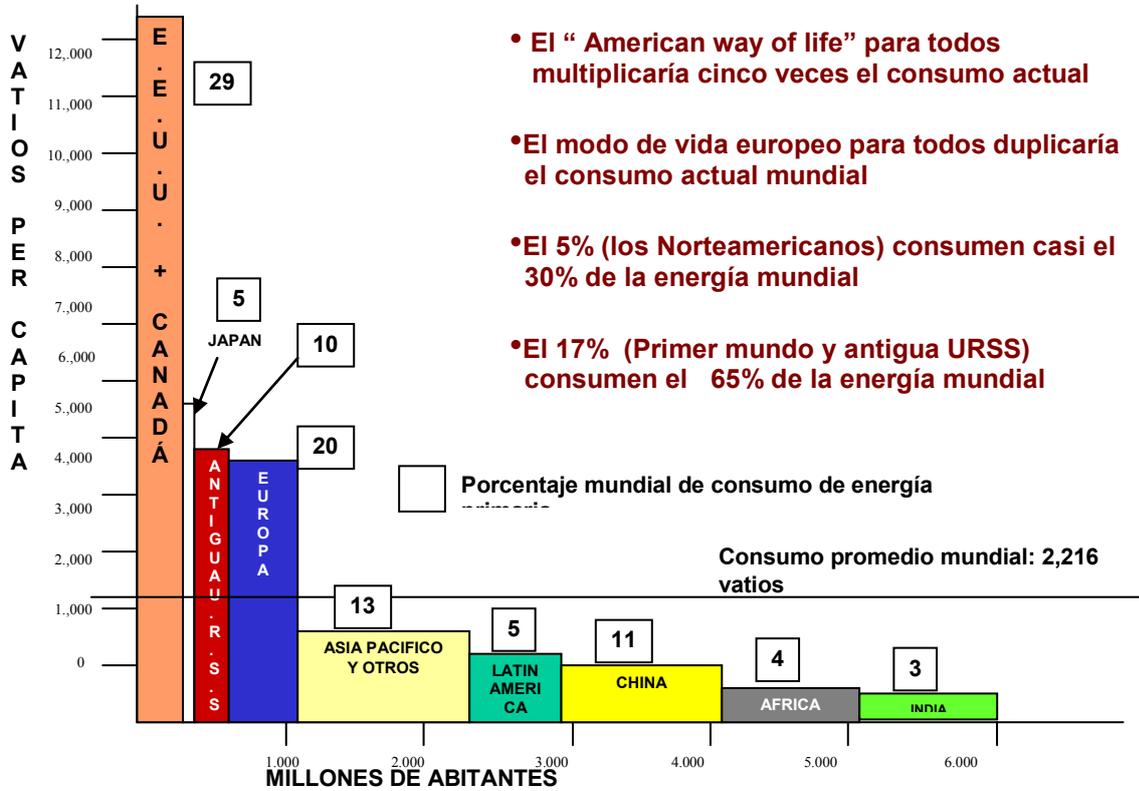
## 1.2 LOS NÚMEROS DE LA ADICCIÓN.

### CONSUMO DE ENERGÍA POR PERSONA EN LAS DIFERENTES CULTURAS



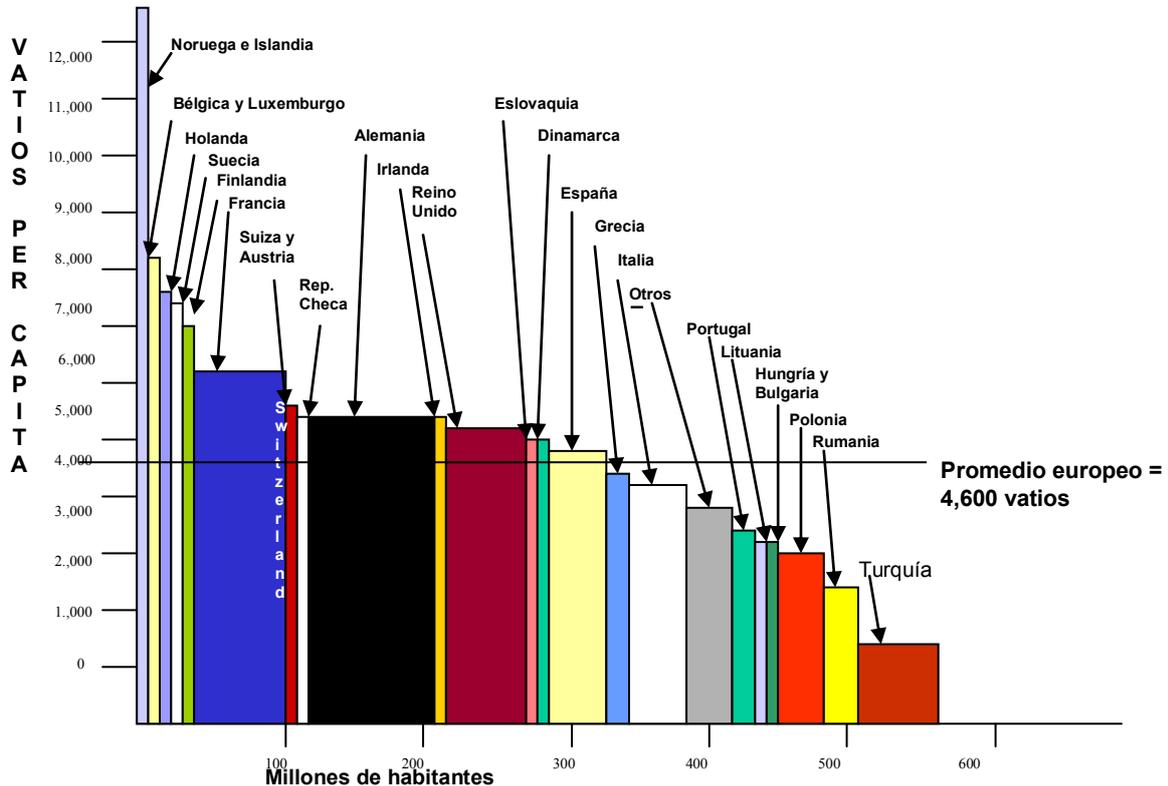
**Fuente: Earl Cook: "The flow of Energy in an Industrial Society"  
Scientific American. 9/1971. Pag 136**

## Desequilibrada distribución de la energía primaria mundial



Fuente: British Petroleum.

## Desequilibrada distribución de la energía primaria europea



Fuente: British Petroleum.

## 2. EL CONTROL AUTOMÁTICO DE PROCESOS.

Históricamente (y aún hoy en día) las estrategias de control automático de los procesos son generadas por los Ingenieros Procesistas (o Procesistas a secas, generalmente ingenieros químicos) contemporáneamente con el diseño básico del proceso, y su foco puesto en mantener a ciertas variables **todo el tiempo** lo más próximas posibles a ciertos valores **fijos**. Este objetivo ha ocupado durante décadas a muchos ingenieros e investigadores empeñados en lograr una operación estable de las plantas de procesos continuos.

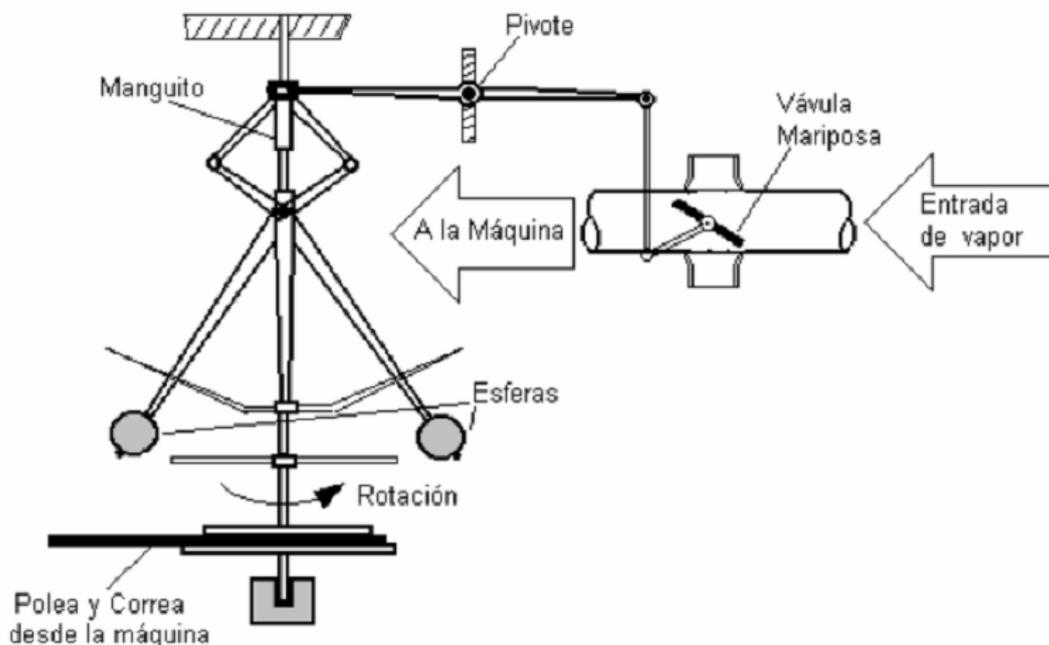
Sin embargo, entre estos valores fijos hay algunos que, analizados con una óptica dirigida al ahorro de energía, **son innecesariamente fijos** y, entonces, la premisa que se le impone al Ingeniero Instrumentista (o Instrumentista a secas, generalmente técnicos o ingenieros electrónicos) de mantenerlos a todos fijos, hace que su intervención adquiera un carácter meramente práctico: especificar los sistemas de control, instrumentos, válvulas y demás dispositivos que ejecuten en la planta lo que el Procesista indicó. Este es el enfoque clásico que sigue empleando la enorme mayoría de las empresas de desarrollo de Ingeniería Básica de Procesos en todo el mundo. Su resultado: **diseños pobres en cuanto a su eficiencia energética** y, consecuentemente, de sus costos operativos.

### 3. EL DIVORCIO PAULATINO DE LOS ESPECIALISTAS Y SUS RAZONES.

#### 3.1 Un poco de historia.

#### REGULADOR CENTRÍFUGO DE WATT

(Desarrollado por el Ingeniero James Watt por iniciativa del industrial Matthew Boulton (Inglaterra en 1778).



El regulador centrífugo de James Watt, desarrollado por este ingeniero inglés en 1778 con el objeto de dotar a las ya existentes máquinas de vapor de un dispositivo que mantuviera aproximadamente constante la velocidad de rotación para cualquier demanda de torque (lo contrario de lo cual causaba inconvenientes importantes en el empleo industrial de esas máquinas), puede considerarse como una de las contribuciones más importantes al desarrollo de la Revolución Industrial. Es el primer dispositivo que claramente hace uso del concepto de realimentación negativa (crece la variable y se genera una acción contraria tendiente a detener ese crecimiento).

Eso sí, Watt no dejó testimonio de una interpretación generalizada (teórica) de su invento.

La primera interpretación matemática se debe a James Clark Maxwell (1831-1879) que en 1868 la publicó, fecha que podemos tomar como el comienzo de la formalización de la Teoría del Control Automático.

Algunos historiadores de esta disciplina prefieren fijar el nacimiento de la teoría formal en 1932 cuando Nyquist publicó su trabajo sobre estabilidad de sistemas lineales aunque el ruso

## ACADEMIA DE LA INGENIERÍA DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES.

Conferencia de Incorporación del Ing. Químico Héctor R. Demo.

La Plata, 29 de agosto de 2008.

Liapunov, cuarenta años antes, ya había empleado conceptos de energía potencial mínima para establecer condiciones de estabilidad de sistemas descriptos por ecuaciones diferenciales no-lineales.

Posteriormente el desarrollo de nuevos dispositivos basados en este concepto continuó con gran ímpetu pero siempre dirigidos a darle **soluciones específicas a ciertas aplicaciones**, con **diseños enteramente mecánicos**.

Recién en el siglo XX, a principios de la década de los 20's aparecieron los **primeros dispositivos genéricos**, esto es, que se podían aplicar, con mínimas adaptaciones, al control de cualquiera de las variables más importantes de los procesos continuos tales como nivel, presión, caudal y temperatura. Las primeras plantas de la destilería de YPF en Ensenada ya mostraban algunos de estos instrumentos. Pero todos ellos eran nacidos mucho más del **ingenio creador** que de la aplicación de principios matemáticos, lo cual no desmerece su origen sino, al contrario, sirve para enfatizar que, históricamente, **el ingenioso siempre precedió al ingeniero**.

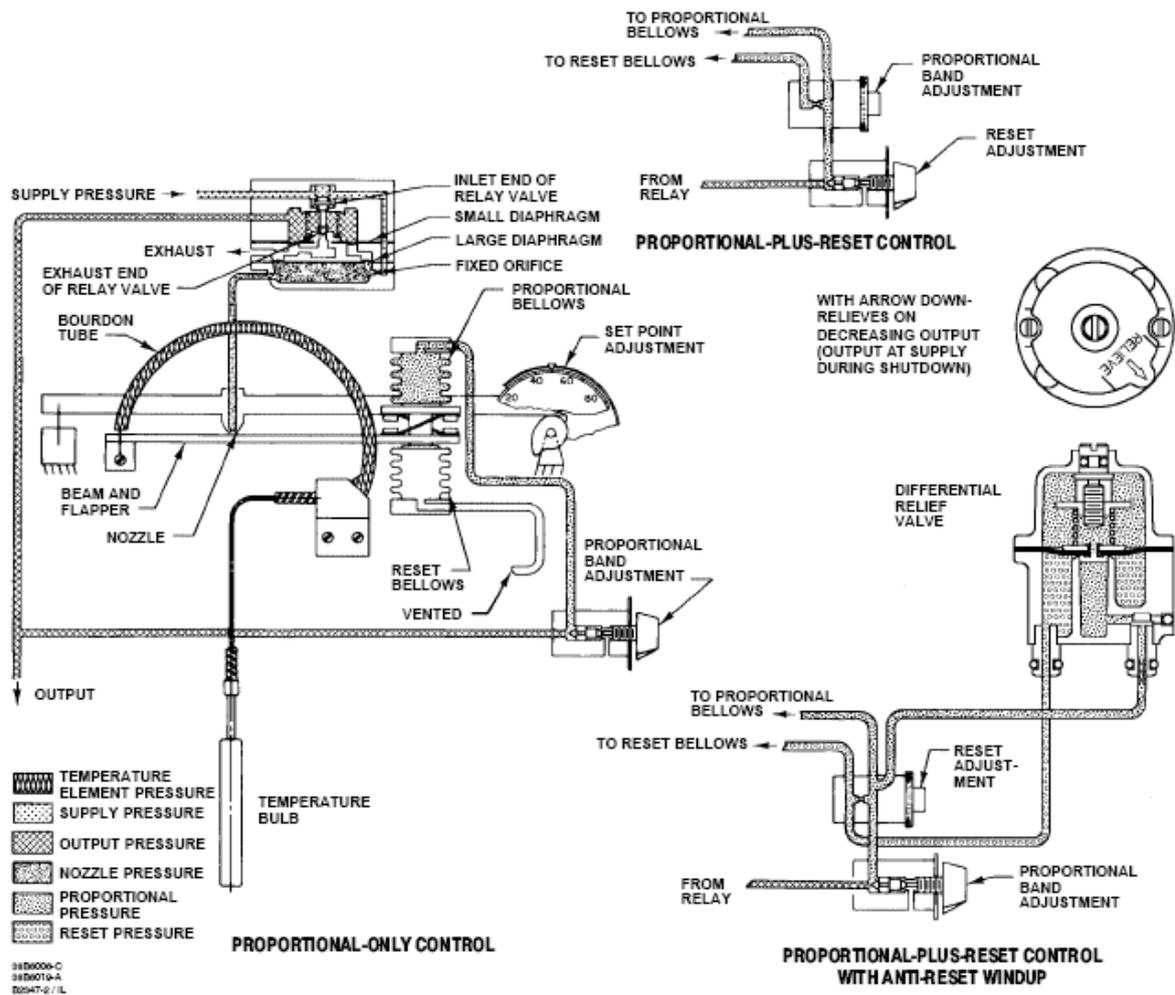
En las décadas de los 40's, 50's y hasta en los 60's, la tecnología de los sistemas de control estaba basada en **instrumentos neumáticos**. Con muy poco esfuerzo un técnico de cualquier especialidad podía alcanzar un buen grado de conocimiento de estos dispositivos. Los Procesistas de entonces, recibiendo una ligera capacitación, estaban en condiciones de proponer estrategias de control aceptables. Ir más allá era teóricamente factible pero prácticamente imposible. Por ejemplo: para extraer la raíz cuadrada de la presión diferencial (operación muy usada para linealizar mediciones de caudal de fluidos con elementos primarios cuadráticos tales como las placas de orificio, los tubos de Pitot y de Venturi), se necesitaba un instrumento caro y complicado que demandaba a veces horas para ser calibrado.

### ***Párrafos de historia local.***

Pocas universidades en el mundo y sólo dos o tres en nuestro país, introducían un curso de Control de Procesos en los planes de estudio de los ingenieros químicos. Las excepciones a mediados de los 60's eran las universidades nacionales de Santa Fe (pionera), La Plata y Buenos Aires. La Universidad Nacional del Sur rápidamente tomó conciencia de su importancia y a mediados de los 60's generó un proyecto de impulso a esa área de la Ingeniería que desembocó, pocos años después, en la consolidación de unos de los más destacados polos de desarrollo de especialistas en Control Avanzado de Procesos de toda Sudamérica, debido a la excelencia con la que fue programado y ejecutado.

En nuestra querida Facultad de Ingeniería de La Plata, el Ing. Miguel de Santiago, primer jefe del recién nacido Departamento de Ingeniería Química, en 1966 logra la introducción formal de una asignatura "Medición y Control de Procesos" en el 5º año de la carrera y pone a cargo de su dictado al Ing. Oscar R. Garcé, uno de los pioneros más reconocidos de nuestro país en el impulso a la formación de Ingenieros Químicos como especialistas en Control de Procesos, a pesar de que su título profesional era el de Ingeniero Mecánico y Electricista. Su visión del Control de Procesos lo hizo dirigir sus esfuerzos hacia la formación de ingenieros químicos especialistas en Control Automático de Procesos Industriales.

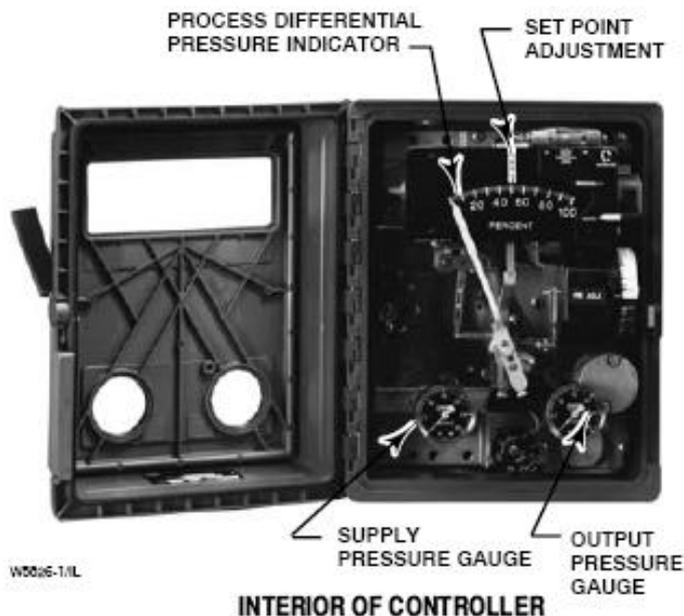
Muchos de los egresados de la UNLP ocuparon destacadas posiciones en compañías de Ingeniería o de fabricación y venta de instrumentos de Argentina, mientras que otros emigraron a países vecinos llegando a formar parte de los staff de profesores titulares de importantes escuelas de posgrado en la especialidad, fruto del entusiasmo que esta escuela de Ingeniería Química con especialidad en Control de Procesos infundía en el alumnado. Otros, quedaron en el país dentro del sistema universitario como docentes e investigadores.



*Mecanismos y circuitos numéricos de un controlador neumático de temperatura. Reemplazando el bulbo sensor de temperatura por una simple conexión al proceso y adecuando el tubo de Bourdon, se transforma en un controlador de presión.*



**CONTROLLER WITH  
DIFFERENTIAL PRESSURE UNIT**

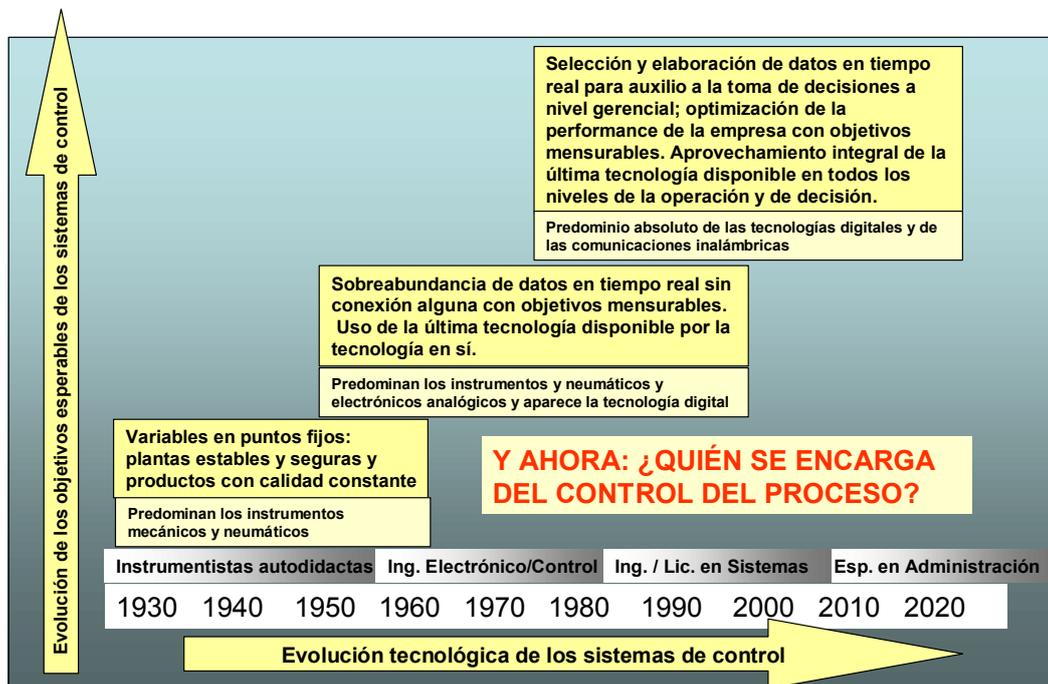


**INTERIOR OF CONTROLLER**

En las décadas de los 60's y los 70's comenzaron a ganar terreno los **instrumentos electrónicos analógicos**. Las primeras computadoras ya habían hecho su aparición y se informaban sus primeras incursiones en el terreno del control de procesos. **En ese momento histórico de grandes velocidades de transformación tecnológica varios "gurúes" de la tecnología de computadoras se apresuraron a introducirlas en los procesos productivos y las frustraciones fueron abundantes.** Las computadoras eran caras, lentas, no confiables, etc, y, por lo tanto, sus contribuciones se limitaban a hacer cálculos on line pero como para ayudar a los operadores a conducir la planta y no formando parte de los lazos de control automático.

Peter G. Martin, un experto de la firma The Foxboro Company, de Massachussets, USA, en su libro “Bottom line Automation”, publicado por la Instrument Society of America en 2006, dice en su primera página: “When the digital computer was introduced as a viable tool for automation, process engineers often seemed to focus more attention on the tool than the actual automation objectives” (“Cuando la computadora digital fue introducida como una herramienta viable para la automatización, los ingenieros de procesos a menudo parecieron focalizar más su atención en la herramienta que en los objetivos de la automatización”). Las consecuencias benéficas que prometía esta euforia de posibilidades no aparecieron y en su lugar apareció un cisma, del que aún hoy se perciben sus curiosos y negativos efectos: ingenieros de sistemas por un lado e ingenieros de procesos por el otro y los procesos en el medio a la espera de que unos y otros decidan coordinar sus conocimientos en pos de un mejor aprovechamiento de las potencialidades de la herramienta. Mientras tanto las estrategias de control de las plantas se asemejan enorme y tristemente a las que se podían generar en la era de los instrumentos neumáticos.

### LOS SISTEMAS DE CONTROL SON CADA VEZ MENOS SISTEMAS DE CONTROL



A fines de los 70's aparecen los **microprocesadores**. Su velocidad de cálculo, su costo y su confiabilidad rápidamente les hizo ganar terreno en el control automático y de inmediato comenzaron los sistemas electrónicos analógicos a ser reemplazados y desplazados, en los nuevos proyectos, por los **electrónicos digitales**. Ahora extraer la raíz cuadrada de una señal era simplísimo y baratísimo. Quienes tuvimos la experiencia de calibrar extractores de raíz cuadrada neumáticos damos fe del grado superlativo de paciencia y experiencia que exigían.

La mayor consecuencia del ingreso de las técnicas digitales en el campo de la Tecnología de los Sistemas de Control es que hacían posible ahora poner en práctica las ideas avanzadas que

ACADEMIA DE LA INGENIERÍA DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES.  
Conferencia de Incorporación del Ing. Químico Héctor R. Demo.  
La Plata, 29 de agosto de 2008.

décadas atrás habían quedado en el tintero por ser de casi imposible implementación. El optimismo se adueñó de los académicos e investigadores que continuaban empeñados en desarrollar más y mejores métodos para lograr el control de variables de proceso en valores fijos ya que, por más algoritmos complejos que se requirieran calcular on-line, ahora estaban al alcance de la mano y a bajo costo. El único límite parecía ser el impuesto por la imaginación. Sin embargo el cisma entre especialistas en sistemas por un lado y procesistas por el otro ha puesto un plafond a la generalización de diseños en los cuales se saque el debido provecho de las herramientas disponibles.



Y de la mano del constante avance de las potencialidades del software, los microprocesadores y las computadoras fueron ampliando las fronteras y satisfaciendo las cada vez más sofisticadas pretensiones de los administradores y gerentes. Ya es algo común que, desde su oficina en Beijing, un gerente chino de una empresa petrolera acceda a ver on-line el caudal de petróleo tratado que está ingresando a un oleoducto en el Amazonas ecuatoriano, por ejemplo. Pareciera que estamos transitando una época en la cual se rinde culto a la tecnología por sí misma y no por la magnitud de sus frutos. Es la era de la “tecnología por la tecnología” como lo expresa Peter Martin en su publicación. Quienes quieren ver que ya entramos en la era de su aprovechamiento pleno deliran respecto de lo que se puede hacer pero les es muy difícil justificar económicamente

los resultados. Que un gerente acceda a ver la temperatura de la cabeza de una torre de destilación desde 5.000 km de distancia, no mejora ni la calidad ni la producción.

Pero así como crecen sin cesar los servicios de transmisión de datos a distancias enormes en tiempo real, y sofisticados programas los procesan para ayudar a los ejecutivos a ir tomado decisiones cada vez más contemporáneas con la información que les da sustento, paralelamente **se nota un estancamiento** o, en el mejor de los casos, un sumamente **tímido avance**, en la utilización de los extraordinarios recursos de cálculo de los sistemas de control digitales dirigidos a mejorar la capacidad de los procesos y sus correspondientes costos operativos, entre ellos, el consumo de energía.

**La Tragedia de la Energía es ignorada** a la hora de establecer estrategias de control. Éstas siguen siendo tan elementales como cuando era posible implementarlas con la noble, robusta pero simple y limitada tecnología neumática. Cualquier ingeniero experimentado en las negociaciones para la compra de plantas de proceso puede certificar este aserto.

Ahora bien: la especificación, la utilización y el mantenimiento de los sofisticados sistemas de control distribuido con sus múltiples funciones desarrolladas en tiempo real y sus comunicaciones con otros procesadores a través de redes locales de datos, de voz y de imágenes y con servidores de cualquier lugar del mundo, ha demandado el concurso de ingenieros **sumamente especializados**, generalmente provenientes del campo de la Ingeniería Electrónica o en Telecomunicaciones y hasta de Sistemas (estos últimos, con escasísimos conocimientos de Física). Estos profesionales se ven compelidos a mantenerse constantemente informados de los avances de la tecnología disponible, actualización derivada de la incesante innovación que experimentan las tecnologías digitales. Esta demanda es imperativa y excluyente de modo que no deja tiempo libre como para adquirir los conocimientos y las habilidades necesarias para realizar estrategias de control de procesos.

Por otra parte, los Ingenieros Procesistas ya no pueden seguir siéndolo y, a la vez, ser capaces de cubrir el campo de los especialistas en los sistemas de control. De modo que desde hace unos 20 años a esta parte, se han producido las siguientes novedades:

- **La aparición de especialistas en los sistemas de control**, motorizada por el desarrollo de la tecnología digital aplicada a estos fines y a las comunicaciones masivas de datos, sonido e imágenes;
- **El estancamiento de los Procesistas** en cuanto sus capacidades para generar estrategias de control que hagan uso de las nuevas tecnologías, por deficiencias aún no salvadas en su formación profesional,
- **El nacimiento en algunas universidades del mundo y en no más de dos o tres en nuestro país, de la especialidad Ingeniería en Control** o denominaciones similares, para llamar de alguna manera a un ingeniero que recibe una formación muy volcada hacia los sistemas de control con escaso contenido en Procesos.
- **La consecuente aparición de un bache** que es atendido por **escasos especialistas**, la mayoría proveniente del campo de la Ingeniería Química, que poseen sólidos conocimientos de los procesos sumados a conocimientos básicos de la Teoría de Control adquiridos a posteriori de su carrera y complementados con información conceptual de las potencialidades que poseen los sistemas de control digitales que se ofrecen en el mercado.

Pero lo peor del panorama actual es el **divorcio que parece dominar las relaciones** entre los especialistas en el proceso y los especialistas en el sistema de control. Su resultado: el **ínfimo aprovechamiento de las inversiones en sistemas de control.**

#### **4. EL AHORRO SIEMPRE REQUIERE INVERSIONES.**

Uno de los caminos que por impulso natural, digamos, intuitivo, los gerentes de las empresas cuyos procesos consumen vapor y energía eléctrica, es el de mejorar la eficiencia de las calderas. Sin embargo son los propios procesos los que ofrecen mayor cantidad y más importantes oportunidades de ahorro de energía. Mientras que la conducción óptima de la combustión en una caldera puede llegar a mejorar un 2 ó 3 % la eficiencia, una columna de destilación, bien controlada, puede llegar a reducir un 20 a 30% del caudal de vapor necesario para efectuar la separación para la cual ha sido diseñada.

Es cierto que una **mayor integración térmica** de los procesos es un camino preferible en las instalaciones nuevas, aún teniendo en cuenta el mayor capital inicial. Pero para una planta existente y en funcionamiento estas modificaciones son antieconómicas por su elevado costo proveniente no sólo de las nuevas instalaciones sino principalmente del lucro cesante por el tiempo que la planta debe estar fuera de servicio.

Sin embargo hay un recurso a mano si está provista de un sistema de control digital: la **reformulación de la estrategia de control**. Las modificaciones necesarias sobre el sistema de control son sólo cambios en su programación o su configuración y, por ello, de un costo varias veces inferior a las modificaciones del proceso. Es una tarea cuyo insumo principal es **la materia gris de los ingenieros.**

#### **5. LA TERMODINÁMICA Y EL CONTROL DE PROCESOS.**

El escasamente conocido y menos aún comprendido Segundo Principio de la Termodinámica, suministra el apoyo conceptual para desarrollar estrategias energéticamente eficientes. La noción de irreversibilidad es cuantificada (con la función “entropía”) mediante la aplicación de las ecuaciones emergentes de este principio. Y una transformación física es irreversible cuando espontáneamente no es posible llevar el estado final de los componentes al estado inicial del cual partieron. El ejemplo más simple que podemos imaginar es la mezcla de agua fría con agua caliente. Espontáneamente es imposible (o al menos posee una probabilidad extremadamente cercana a cero) obtener nuevamente las dos porciones de agua a sus temperaturas iniciales. Antes de mezclarlas era imaginable la producción de algún trabajo mecánico a partir de la diferencia de temperaturas. Una vez que la temperatura es una sola desaparece esta posibilidad: aunque no se haya perdido nada de energía ésta se ha degradado: **ha desaparecido la posibilidad de obtener trabajo útil. Irreversibilidad es sinónimo de pérdida de trabajo útil.**

Hay varias operaciones físicas que, analizadas bajo la lupa del 2º principio, resultan “culpables” del derroche de energía útil.

No siendo ésta una ocasión adecuada para los desarrollos matemáticos, simplemente nos limitaremos a nombrarlas:

- **La mezcla es irreversible** [el incremento de entropía de los productos es tanto mayor cuanto más dispares son las concentraciones (o las temperaturas) de los productos que se mezclan)];
- **La transferencia de calor es irreversible** (el incremento de entropía de los productos es tanto mayor cuanto más dispares son las temperaturas de los productos que intercambian calor);
- **La reducción de presión isoentálpica es irreversible** (tal como tiene lugar en las válvulas de control; el incremento de entropía es mayor cuanto más alta es la diferencia de presiones).

Como veremos a través de ejemplos concretos, estos conceptos son suficientes como para plantear modificaciones a las estrategias de control convencionales que conduzcan al ahorro de energía (útil). En todos los casos resulta más o menos evidente que este ahorro se traduce concretamente en un menor consumo de combustibles ya sea dentro o fuera de las instalaciones de la fábrica.

La tarea del Ingeniero Especialista en Control de Procesos lanzado a este objetivo consiste en:

- identificar las oportunidades;
- plantear la nueva estrategia e indicar los cambios que se deben ejecutar en la programación del sistema de control y, eventualmente,
- indicar los cambios en algunos elementos de medición, en válvulas de control o en cualquier otro dispositivo del sistema.

En varios casos estos cambios sólo requieren maniobrar con el software sin ningún cambio en los equipos resultando que el costo sólo incluye la retribución de la “materia gris”.

## 6. LAS OPORTUNIDADES.

Vamos a presentar ejemplos simples de abordar no sólo por el grado de dificultad en su implementación sino también por las bajas inversiones asociadas.

### 6.1 Presión flotante en colectores de escape de turbinas de vapor en plantas de procesos continuos con cogeneración.

Las turbinas de vapor reciben vapor a alta presión y altamente sobrecalentado y lo dejan en una condición de baja presión y temperatura. El trabajo útil que el mecanismo le roba al vapor es proporcional al salto entálpico entre entrada y salida y al caudal másico del vapor.

El consumo específico de la turbina (HP/Ton) depende del salto entálpico que le es permitido experimentar. Por lo tanto este índice de performance mejora ya sea aumentando la presión y/o la temperatura del vapor de entrada o disminuyendo la presión de salida.

Veamos unos pocos números.

En una planta de extracción de aceite de soja los procesos consumen 100 t/hr de vapor de 10,54 kg/cm<sup>2</sup> abs. de vapor ligeramente sobrecalentado.

Una caldera que quema cáscaras de girasol y de maní, alimenta a una turbina con vapor de una presión de 42,18 kg/cm<sup>2</sup> abs. y 325,55 °C. El vapor de escape sirve para satisfacer la demanda de

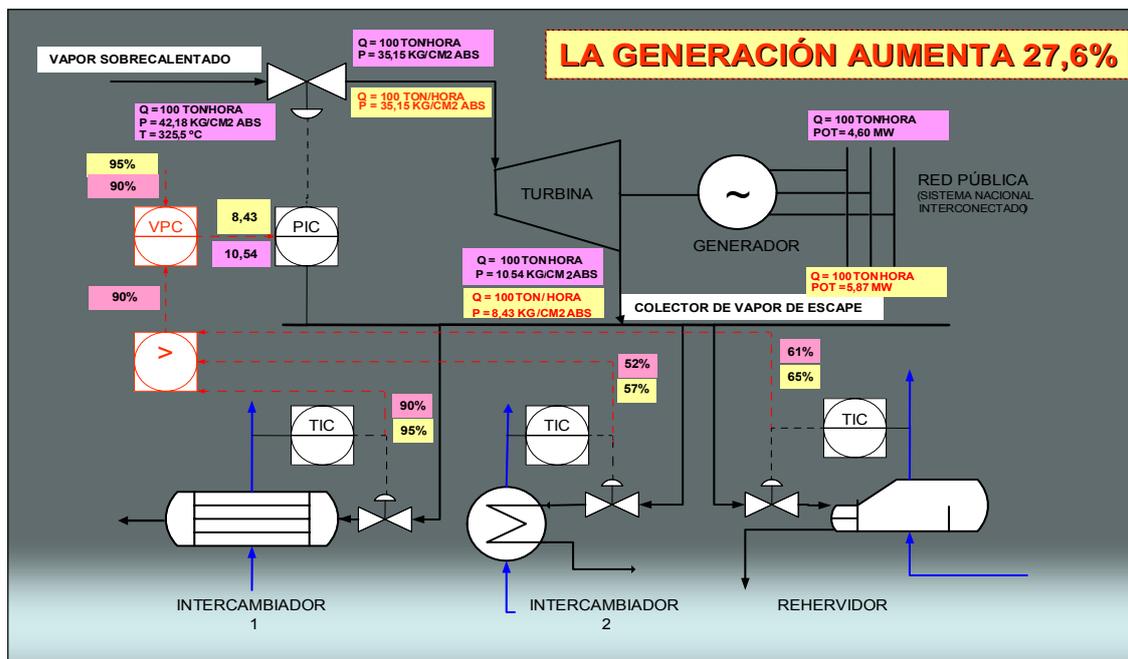
la fábrica. La turbina está acoplada a un generador eléctrico conectado al Sistema Interconectado Nacional. La presión de escape es controlada con una válvula de control en la admisión del vapor a la turbina.

Para 100 ton/h la apertura de la válvula es tal que el vapor que se expande en ella la abandona a 35,15 kg/cm<sup>2</sup> abs que es, entonces, la presión de entrada a la turbina. Con un 70% de rendimiento la generación eléctrica es de 4,60 MW. Como la planta requiere unos 10 MW por la interconexión están entrando 5,4 MW.

Si los procesos de fábrica no necesitan que la presión siempre esté en 10,54 Kg/cm<sup>2</sup> abs, porque ninguna de las válvulas de calefacción de los procesos está abierta 100% todo el tiempo, entonces se la podría bajar al valor que haga que la más abierta de las válvulas de control esté cercana al 100%. Si esta presión resultara ser de 8,43 kg/cm<sup>2</sup> abs, con las mismas 100 ton/h de vapor pasando por la turbina se obtendrían unos 5,87 MW resultando un incremento del 27,6 % en la generación de energía eléctrica y ahora la potencia comprada se reduciría a unos 10-5,87 = 4,13 MW, lo que constituye un ahorro del 23,52%.

Si bien éste es un ahorro de la empresa, indirectamente constituye una economía de combustible en las máquinas que alimentan la red nacional.

### OPERACIÓN A PRESIÓN FLOTANTE DEL COLECTOR DE VAPOR DE ESCAPE PARA AHORRO DE ENERGÍA.



Como se muestra en la figura, el agregado de un controlador de posición de la más exigida de todas las válvulas de control de la fábrica, que solicita al controlador de presión que la suba o la baje para mantener la más abierta en los alrededores del 90/95% (no 100% para que aún tenga margen para controlar), en un sistema digital de control sólo implica **una modestísima reconfiguración** de la estrategia. Y de esta manera la presión del colector de escape de la turbina será en todo momento la mínima compatible con los requerimientos de la fábrica, optimizando la generación de energía eléctrica.

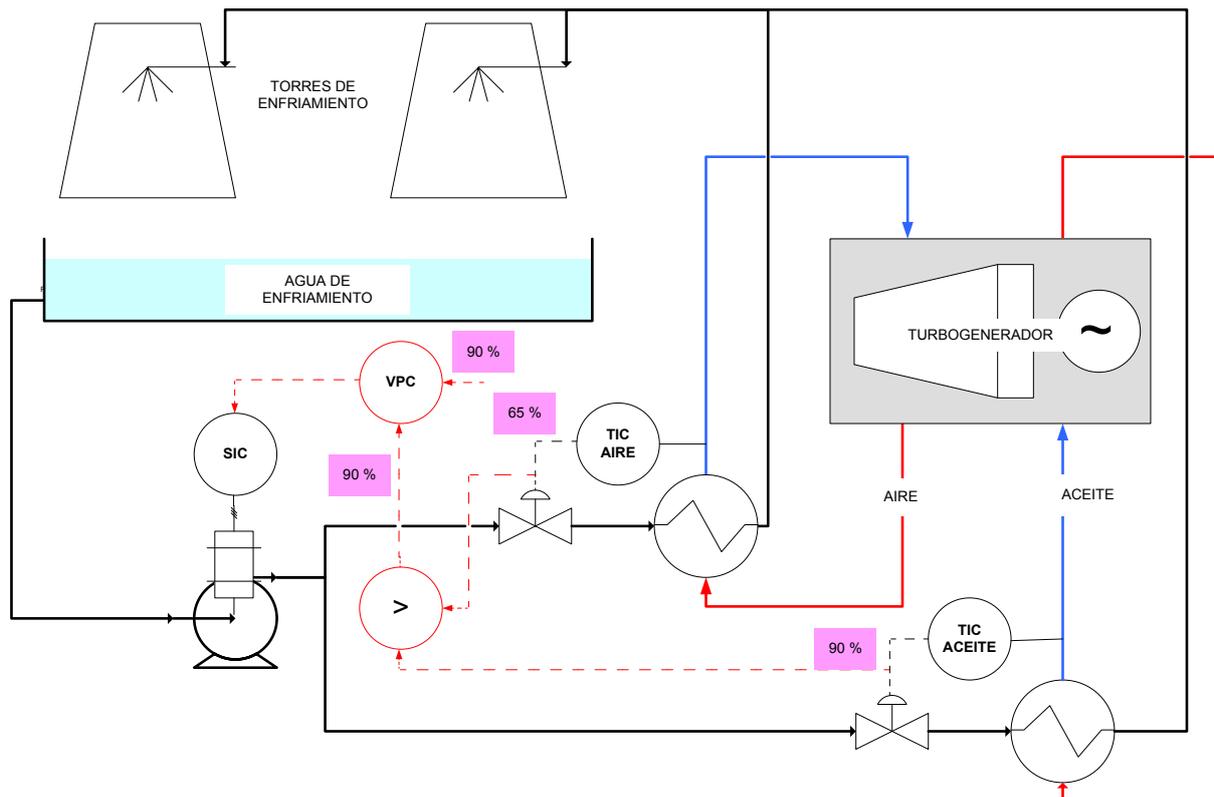
## 6.2 Mantenimiento de válvulas de control lo más abiertas posibles durante el mayor tiempo posible.

El subsistema de enfriamiento del aire y del aceite lubricante de un turbogenerador, consiste en dos intercambiadores de calor enfriados mediante una corriente de agua proveniente de un circuito cerrado, como muestra la figura.

El motor de la bomba de agua posee un variador de velocidad y cada intercambiador tiene una válvula de control en la entrada de agua fría.

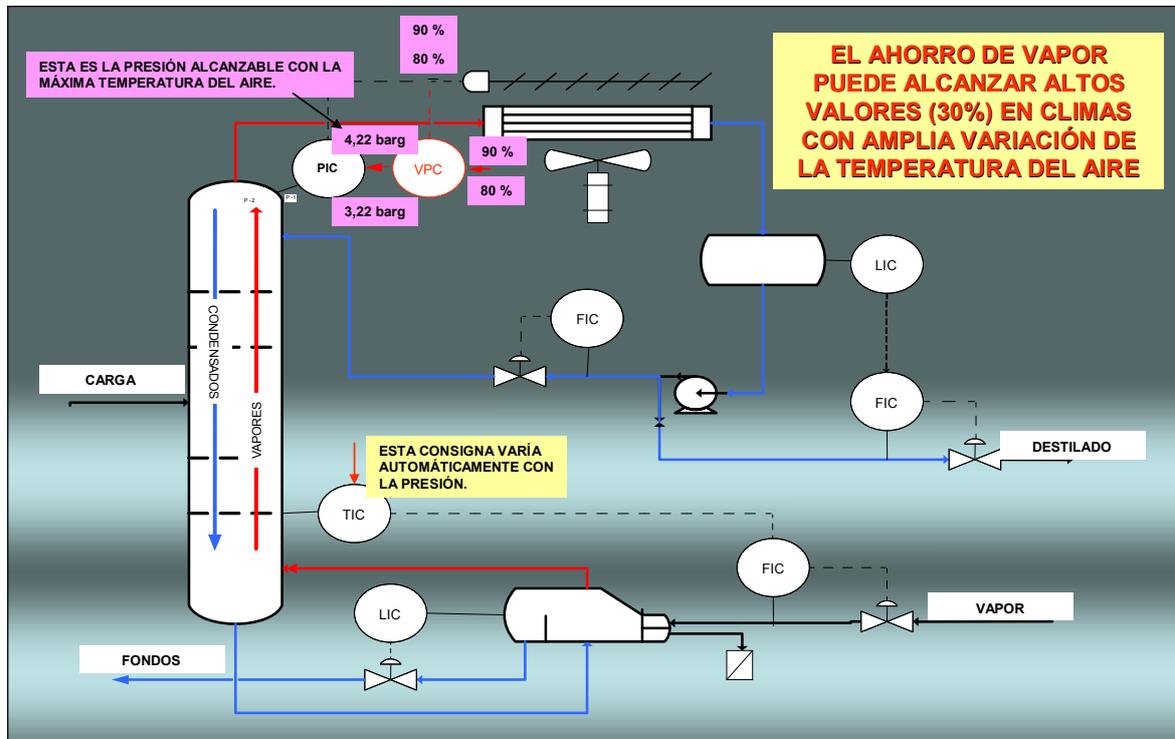
Si la demanda de enfriamiento es baja como ocurre durante el invierno y predominantemente en las horas inmediatamente posteriores al amanecer, y la bomba estuviera puesta a funcionar a máxima velocidad y constante, las válvulas trabajarán bastante cerradas. Estaríamos obligando al motor de la bomba a gastar energía inútilmente. Pero si en ese momento se redujera la velocidad al mínimo, más tarde podría ser insuficiente, las válvulas se abrirían al máximo y el aceite y el aire no llegarían a enfriarse lo suficiente con lo cual el sistema automático de protección de la turbina la sacaría inmediatamente de servicio.

Otra vez, el agregado de un controlador de la más abierta de las válvulas que opere sobre la velocidad de la bomba, mantendrá en todo momento la mínima presión necesaria como para que la más comprometida de las válvulas retenga cierto grado de margen de regulación, y de esa manera ahorrar energía eléctrica sin merma de la calidad del control de las temperaturas.



### 6.3 Presión flotante en columnas de destilación.

#### LA OPERACIÓN A PRESIÓN FLOTANTE DE COLUMNAS DE DESTILACIÓN SACA VENTAJA DE LAS VARIACIONES DE LA TEMPERATURA AMBIENTE PARA AHORRAR ENERGÍA.



La Base de Diseño de las plantas contiene la mayor cantidad de datos disponibles sobre las características del sitio en las que serán implantadas, entre ellas, las máximas y mínimas temperaturas registradas acompañadas de su duración máxima.

En particular, para aquellas columnas de destilación que se equipan con aerocondensadores, la menor presión de trabajo depende inevitablemente de la máxima temperatura del aire y, por supuesto, de la composición de la carga.

En los diseños clásicos (100% de los que ofrecen las compañías poseedores de la tecnología), ese valor de la presión se mantiene siempre constante a lo largo del año para que la columna funcione correctamente también en los escasos días de altas temperaturas.

Estos diseños son operativamente robustos pero demandan un suministro de energía mucho mayor que el mínimo posible si se aprovecharan las posibilidades que ofrecen en conjunto las cualidades fisicoquímicas de la mezcla a separar, las características climáticas de la zona y la capacidad de los sistemas de control digitales.

En efecto. La mayoría de las mezclas de hidrocarburos que se encuentran en las plantas de tratamiento de gas natural y en las refinerías de petróleo, presentan un incremento de la volatilidad relativa con la disminución de presión. Esto en términos prácticos nos indica que es posible hacer la misma separación con menor presión y a menores temperaturas, gastando, en consecuencia, menos vapor.

Por ejemplo, en casi toda la Patagonia, la temperatura del aire presenta grandes variaciones a lo largo del año y a lo largo del día, posibilitando la operación de las columnas a presiones menores que la de diseño durante la mayor parte del día y de los días del año, lo que redundaría en significativos ahorros de energía.

En la mayoría de las plantas la implementación de los cambios sólo implica un ligero cambio de la estrategia de control. Sólo reconfigurando el sistema. Si la presión se hiciera flotar acompañando a la temperatura del aire, cuando ésta baje, bajará la temperatura necesaria para efectuar la separación y, por ende, la demanda de vapor de calefacción.

## 7. EL AHORRO YA!

**La Tragedia de la Energía exige que ¡YA! comencemos a ahorrar energía mientras planificamos las acciones futuras.**

Como ya lo mostró el Ing. A. Fushimi en su exposición de incorporación a la Academia, nuestro Producto Bruto Interno crece al compás de un consumo de energía por punto del PBI cada vez mayor, lo que indica la desaprensión con la cual autoridades y empresarios toman el problema de la escasez de energía.

Los argentinos en particular y la humanidad en general, deben “sacarse de la cabeza” la idea de que la tecnología nos va a solucionar el problema. **En importantes foros internacionales se habla irresponsablemente** de los biocombustibles, del hidrógeno y de las fuentes no convencionales como la energía eólica, la energía solar, la energía mareomotriz, etc., como si por esos caminos fuéramos a satisfacer nuestra adicción al consumo irrestricto de energía. **No engañar a la población** debe ser misión principalísima de los ingenieros y, en particular, de instituciones como nuestra Academia.

El ahorro puede ser **emprendido de inmediato** en las grandes plantas de proceso continuo tales como refinerías de petróleo, ingenios azucareros, fábricas de papel, plantas de extracción y refinación de aceites comestibles, plantas de tratamiento de gas natural, etc., que poseen sistemas de control digitales. Y, en general, en aquellas plantas que son intensivas en el uso de la energía eléctrica y del vapor como fluido transportador del calor para los procesos de destilación, evaporación, secado, etc.

Este camino requiere mínimas inversiones que tienen **tiempos de repago insólitamente breves.**

El cuello de botella de estas acciones está concentrado en dos factores: **la ignorancia de los gerentes y la escasez de los recursos humanos**, escasez que, como se dijimos antes, es consecuencia de ciertas falencias en la preparación profesional de los Ingenieros Procesistas.

**La correcta información a la población, a los funcionarios y a los empresarios, y la promoción de la formación de especialistas en el tema, podrían ser tomados por la Academia como objetivos concretos de gran trascendencia y actualidad con la certeza de que las generaciones que nos suceden han de reconocer los esfuerzos que la nuestra realice en esa dirección.**

---