

**3º CONGRESO LATINOAMERICANO Y 1º CONGRESO
IBEROAMERICANO DE LA CALIDAD EN LA INDUSTRIA DEL
PETRÓLEO Y GAS**

**“OPTIMIZACION DINAMICA: UNA HERRAMIENTA
MULTIDISCIPLINARIA PARA LA EXCELENCIA
OPERATIVA”**

AUTORES

♦ **Marco A. Monacci**

Electrodinámica S.A.

1) INTRODUCCIÓN

Objetivo

En estos tiempos escuchamos muchas referencias sobre actividades realizadas con “Clase Mundial”.

Las compañías productoras han adoptado el término para referirse a sus procesos, productos y servicios. y son juzgadas por la calidad, costo y disponibilidad de los productos que venden.

La gestión moderna de las empresas, inmersas en un permanente reclamo de resultados por parte de los accionistas, demanda una visión sistémica de sus operaciones.

El caso que presentaremos en este trabajo muestra como, desde la perspectiva del accionista, se pueden incrementar los beneficios de manera sustentable.

Una empresa que decide iniciar el camino de la excelencia, conoce en detalle que deberá contar con metodologías que les permitan cubrir de manera integrada, los criterios universales de la calidad.

Para alcanzar este nivel de excelencia en la gestión de plantas y campo, se deben desarrollar métricas específicas para valorizar que tan bueno es el desempeño de las operaciones diarias y que éste sea el motor que impulse las mejoras.

Se deben contar, además, de tableros de control que le permitan a la dirección del Activo, conducir las variables críticas de manera preactiva.

El objetivo de nuestro modelo es innovador, único en su clase, pudiéndose aplicar de manera sistemática y amplia a cualquier Planta o Instalación gobernada por procesos continuos. Permite, además, el desarrollo de todos los RRHH involucrados, ya que los considera un factor clave del éxito en el plan.

Para hacer todo esto más evidente, lo referenciaremos a casos reales, con resultados de campo obtenidos por nuestros clientes.

¿Cómo hacerlo? He aquí nuestra propuesta.

Control de Procesos

El control de procesos es una tecnología clave para ayudar a las plantas a alcanzar un desempeño que pueda considerarse de “clase mundial”

A qué nos referimos con control de procesos?

Para algunos hace referencia a algo como control distribuido (DCS), transmisores inteligentes, válvulas de control, etc.

Para otros refiere a estrategias óptimas de control, cartas de control, etc.

En la práctica es un poco de todo y mucho más

En la industria del gas y petróleo (excluyendo las refinerías) no existen **especialistas** de control de procesos en los organigramas de las empresas.

Paradójicamente, si de procesos, si de control, si de instrumentos se trata...no existe una **disciplina** que **integre** las diferentes perspectivas.

Definimos

El control de procesos es la **combinación efectiva** de personas y tecnologías para mantener un proceso en un nivel deseado de **estado estacionario** y una **variabilidad aceptable** tanto en las variables de proceso como en las propiedades de productos

Aquí hay algunos temas en los que vale detenerse

Por un lado:

Estado Estacionario y Variables de proceso: Presión, Temperatura, Nivel, Caudal, ...

Por otro:

Variabilidad Aceptable y Propiedades de productos: TVR, Porcentaje de impureza, flash point, etc.

La clasificación no es arbitraria, se relaciona con las prácticas habituales o institucionalizada en la industria del gas y petróleo.

Esto es,

- Estamos habituados a pensar en estado estacionario
 - ❖ Nuestras prácticas para realización de balances de masa y energía
 - ❖ Los reportes con los que trabajamos (diarios, horarios, etc.)
 - ❖ Las simulaciones que utilizamos
 - ❖ Nuestra jerarquización de los activos de campo
 - ❖ Entre otros temas, confirman la utilización de un marco conceptual común
- De la misma manera, una recorrida por las plantas de proceso nos permitirá verificar lo siguiente:
 - ❖ Habitualmente las consignas de control son las que llamamos variables de proceso: presión, temperatura, caudal, nivel, etc.
 - ❖ Por ejemplo, algunas de las variables que se controlan en una torre son: presión de cabeza, temperatura de fondo, caudal de reflujo y nivel de “reboiler”

Vale al menos preguntarse:

Con estas prácticas convencionales:

- ¿Qué desempeño alcanzan nuestros activos de campo?
- ¿Afectan éstas el beneficio económico que estas aportan?
- O como se suele escuchar:
 - ❖ Las plantas de gas y petróleo son muy sencillas...son un caño
 - ❖ Lo que entra, sale
 - ❖ No se puede mejorar la recuperación o la tasa de proceso porque ambas están cerca de los valores de diseño o porque nunca se obtuvo un mejor rendimiento de esta planta.
 - ❖ Y cosas parecidas
- ¿Es ésta la realidad?

¿Es nuestro marco conceptual el que nos limita?
¿Existen otras perspectivas de abordaje para las problemáticas habituales?

Al menos deberíamos preguntarnos por los conceptos que dejamos en el otro bando de la clasificación anterior

➤ **Variabilidad:**

- ❖ Dijimos: debería ser aceptable.
- ❖ Pero, ¿la medimos?
- ❖ ¿Se utilizan prácticas de control estadístico en la industria de los procesos continuos?

➤ **Propiedades de producto:**

- ❖ Si la industria del gas y petróleo se dedica a generar productos que deben entregarse conforme a especificaciones: punto de rocío de agua, de hidrocarburo, tensión de vapor, con ciertos porcentajes de impurezas, etc.
- ❖ ¿Por qué en nuestros sistemas no encontramos lazos cerrados de control respecto de estos parámetros?
- ❖ Esto es, ¿por qué las propiedades se controlan de **manera indirecta**?

El negocio

En cualquier caso,

Los focos para mejorar el desempeño de un proceso productivo son (y deberán ser) los **requerimientos del negocio** y sus **objetivos**

Esto es, si estamos dejando escapar algún beneficio económico utilizando las prácticas operativas convencionales, entonces

Ya que el trabajo del control de procesos es manejar la variabilidad, debemos entender la conexión que existe entre éste y los objetivos del negocio, antes de poder apreciar su valor

**Necesitamos encontrar “Business Drivers”,
Motores para implementar cualquier mejora**

¿Existen? Veamos.

Business Drivers

Algunos importantes para la industria del gas y petróleo:

Calidad:

Habitualmente caracterizada mediante los siguientes índices: capacidad de proceso (C_p/C_{pk}) o performance (P_p/P_{pk}); refiere a producir conforme a las especificaciones del cliente. Controlar la calidad está fuertemente relacionado con el control de variabilidad.

First-pass, First-Quality:

Si los productos entran en conformidad la primera vez se evitan: reciclados, blending, desechos, o ventas a menor precio.

De nuevo, esto está relacionado con el control de variabilidad.

Throughput:

Refiere a la velocidad o tasa de producción o la que los materiales fluyen a través de la planta. Menor variabilidad significa que los procesos pueden operarse más cerca de sus restricciones, lo cual aumenta la tasa de producción.

Uptime:

Es el tiempo en que un equipo opera a máxima capacidad.

Este se mejora si evitamos exceder disparos de seguridad, fouling, plugging, etc; todos afectados por el control de variabilidad

Al analizar los factores que afectan cada indicador anterior encontramos fácilmente la siguiente relación directa:

Cada uno de estos índices es afectado por la **variabilidad** de los procesos involucrados y si ésta se reduce, mejoran.

Presentación

A continuación presentaremos una metodología de trabajo que nos permite implementar mejoras en los procesos productivos, estando las mismas respaldadas por una valoración de beneficios económicos. Es decir, que el trabajo se basa en 2 principios básicos y fundamentales: el “Costo del Ciclo de Vida” y la óptima relación “Costo – Beneficio”.

El programa de trabajo, si bien su eje integrador es la especialidad de **control de procesos**, tiene un alcance amplio, abarcando su competencia todas las actividades relacionadas o que afectan a la **operación** de las líneas de producción y mantenimiento.

La conclusión más importante es que, como demuestra este trabajo, **los objetivos de Calidad son realmente rentables**.

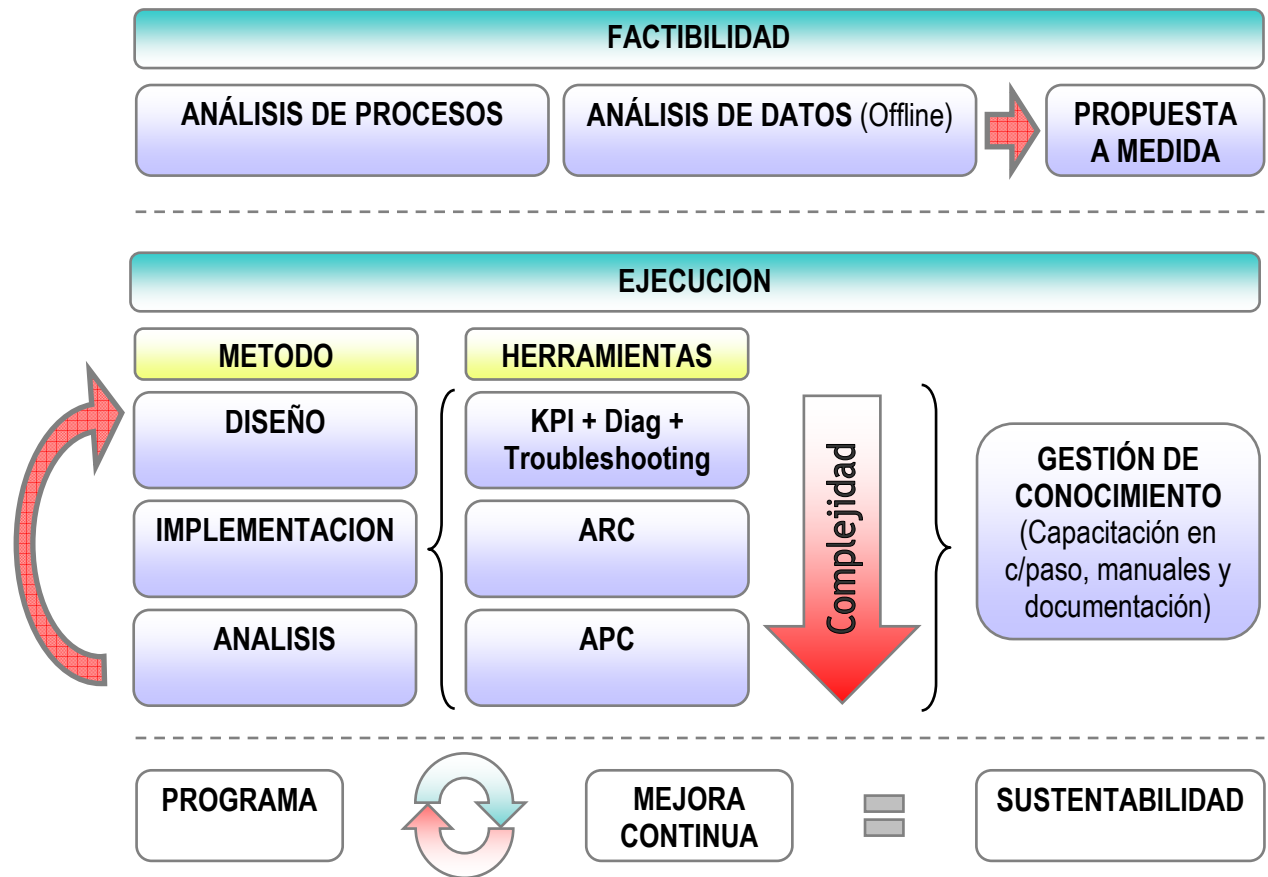
2) DESARROLLO

Resulta evidente que desarrollar e implementar de manera eficiente una metodología, es el resultado de un esfuerzo conjunto de profesionales de alta calificación técnica, así como de especialistas en temas operativos, de mantenimiento, etc. Generalmente, las empresas operadoras no cuentan con todas las habilidades necesarias ni con la disponibilidad de los especialistas para enfrentar estas tareas de manera sistémica.

Por ello, las empresas prestadoras de servicios de ingeniería debieran ofrecer alternativas para cerrar esta brecha que tiene un altísimo “costo de la no calidad”.

A continuación se presenta un esquema del programa de trabajo, luego se realiza una descripción detallada de sus etapas donde se agregan comentarios sobre las razones conceptuales de cada una.

Esquema



Descripción

El esquema de trabajo puede dividirse en dos partes:

- Una **fase de previa** en la que se realiza el primer acercamiento con el cliente:
 - ❖ se desarrolla lo que denominamos “Estudio de Factibilidad”, donde se analiza el caso de una planta o yacimiento y se proponen una serie de oportunidades de trabajo.
 - ❖ Estas oportunidades se valoran en términos de costo / beneficio utilizando la metodología de trabajo que se describe más adelante
 - ❖ Como resultado de esta etapa, se diseña junto al cliente, el plan de trabajo que se implementará con posterioridad
- **Ejecución:**
 - ❖ Como se mencionó anteriormente una de las particularidades del programa que proponemos es que tiene como eje integrador la disciplina de control de procesos.
 - ❖ Este enfoque define el grupo de herramientas tecnológicas que habitualmente se implementan:
 - Análisis y procesamiento de datos: para la implementación de índices de desempeño (KPI: Key Performance Indicators), herramientas de diagnóstico y “trouble-shooting” (Ej: procesamiento de alarmas y eventos)
 - Control regulatorio básico y avanzado (ARC)
 - Control Avanzado de Procesos (APC): Inferencia, Control Multivariable Basado en Modelos, etc.
 - ❖ Sin embargo, nuestro esquema requiere para su implementación de un grupo interdisciplinario:
 - Se aprovechan al máximo las herramientas convencionales de simulación de procesos ya que esta es una buena forma de acercar posiciones y muchas veces
 - El trabajo de campo concluye en rediseños del proceso
 - Luego, la especialidad de Ingeniería de Procesos, tal y como se la conoce en la industria, es un miembro activo e indispensable del grupo de trabajo

En las secciones que siguen, se dejará un poco de lado el esquema paso a paso que define el esquema de trabajo que se ha diseñado, para hacer hincapié en los aspectos más sobresalientes de la metodología empleada como son:

- Valoración de las oportunidades de trabajo
- La estrategia de inserción y el enfoque de mejora continua
- La importancia de las personas y por tanto de la transferencia y gestión del conocimiento
- El enfoque a medida; tanto estructural, como en la elección de herramientas de desarrollo.

La conclusión obvia de este recorrido será que la estructura del programa planteado no es arbitraria, sino que tiene los componentes necesarios y en el orden adecuado para que sea “implementable” en la industria del gas y petróleo.

En todos los casos se harán menciones breves de nuestros casos de estudio. Por último, para integrar todos los conceptos e ilustrar el esquema de trabajo se presentará un caso de estudio.

Valoración de las oportunidades de trabajo

La introducción de este documento plantea tácitamente la siguiente inquietud:

Podremos calcular:

$$S = Y + T + Q + E + W$$

Donde

Beneficio (S: Stake), se compone de:
Rendimiento (Y: Yield)
Tasa de Producción (T: Throughput)
Calidad (Q: Quality)
Energía (E: Energy)
Tratamiento de Desechos (W: Waste)

Siendo este el beneficio de reducir la variabilidad de nuestros procesos de producción

No es difícil realizarlo.

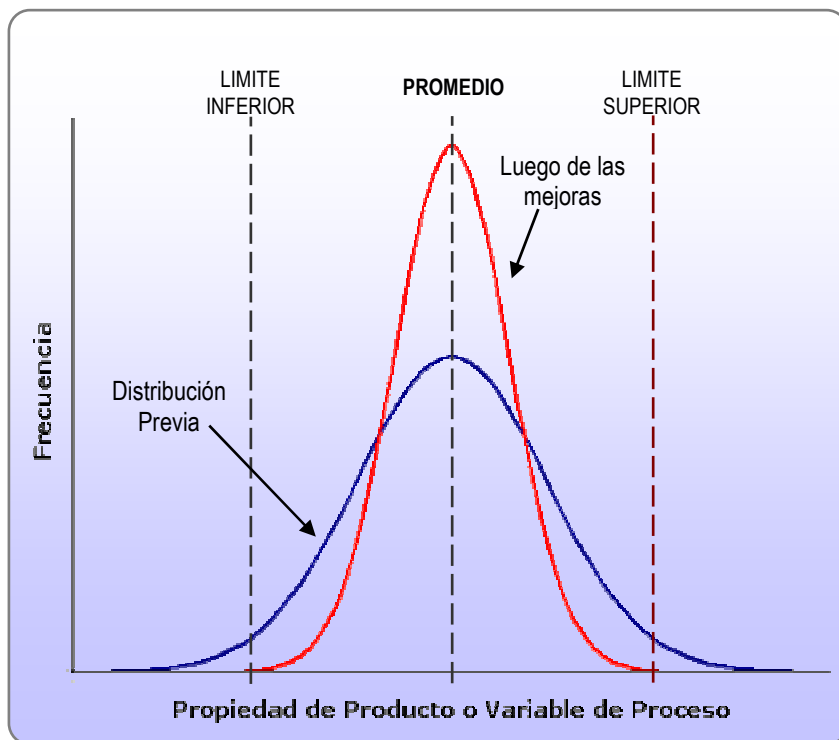
En general, para un proceso típico de la industria del gas y petróleo, el beneficio económico de una reducción en la variabilidad de los procesos productivos, se calcula de manera directa, si se dispone de las **mediciones apropiadas**.

Ejemplos:

- El cliente 1 produce **gasolina estabilizada** en una planta con **refrigeración mecánica**.
 - ❖ El parámetro que define la calidad de su producto es la Tensión de Vapor Reid o TVR.
 - ❖ El límite máximo (Ej.: 12 psia) es la restricción que no debe violarse
 - ❖ Independientemente si el cliente tiene o no capacidad de almacenamiento. No es difícil demostrar que el mejor beneficio operativo se obtiene primero:
 - Evitando salidas de especificación:
 - No solo el pago de multas entra en consideración
 - La operación tan habitual en ciclos de sub-purificación y sobre-purificación requiere un mayor gasto energético que una operación estable, limita la tasa de producción a través del impacto que genera en los circuitos de reciclo, provoca mayores pérdidas, etc.
 - Y luego llevando el producto a su límite de especificación.
 - En el caso de la gasolina, estabilizando a 12 psia se produce más que estabilizando a 11
 - Lo que no se recupera se regala como poder calorífico a un valor mucho menor que si saliese por el fondo de la torre
- El cliente 2 produce **LPG** en una planta “**Turboexpander**”. Argumenta que su recuperación de propano no puede mejorarse. Sin embargo, vale hacer un análisis similar al anterior. Tomemos en cuenta lo que pasa en la **torre desbutanizadora**.
 - ❖ Salvo excepciones, uno de los dos productos que se fraccionan en esta torre, butano (o propano/butano) en el tope y gasolina por el fondo, es más valioso que el otro.
 - ❖ Ambos productos deben cumplir sus especificaciones y en particular son aceptables solo ciertos límites de impureza. Por ejemplo, puede especificarse que no puede existir más de un 4 % mol de C5+ (gasolina) en el butano de descarga a tanques
 - ❖ De nuevo, por las mismas razones anteriores es beneficioso operar la torre de manera estable (Ej.: que el perfil de temperaturas no varíe en el tiempo, que no existan cambios en la presión de trabajo, etc.)
 - ❖ Y luego, si por ejemplo el butano es más valioso que la gasolina, el mejor beneficio se obtendrá llevando toda la gasolina posible hacia la cabeza de la torre. Es decir, realizando un control de calidad óptimo y estricto.

Podríamos seguir planteando ejemplos, realizando un análisis similar al anterior en cada equipo o área de proceso se verá que existen variantes operativas óptimas y otras que no lo son tanto. Pero pongamos lo que estamos diciendo en un par de gráficos sencillos. El proceso de optimización operativa podría resumirse como sigue:

Primer paso: reducir la variabilidad tiene sus propios beneficios



BENEFICIOΣ

MENOR CANT DE PRODUCCION Y STOCK FUERA DE ESPECIFICACION

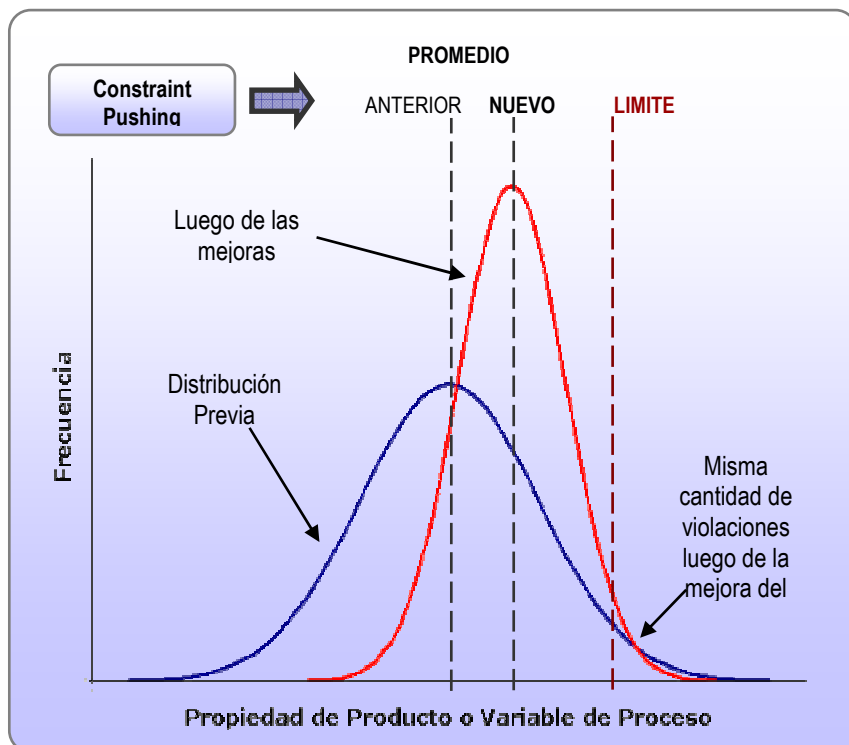
MENOR REPROCESAMIENTO

MENORES PERDIDAS

MENOR BLENDING

MENOR GASTO ENERGÍA

Segundo paso: la reducción de la variabilidad **abre la puerta** para la siguiente fase de optimización, en general, de **mayor valor**



BENEFICIOΣ

OPTIMIZA EL PROCESO

MAYOR PRODUCCIÓN O RECUPERACIÓN

MENORES PERDIDAS

MAYOR TASA DE PRODUCCION

Ahora bien, conceptualmente los argumentos anteriores son claros. No es difícil **valorar los beneficios** como la diferencia entre lo que aporta, en términos de cualquiera de los componentes de la ecuación de interés, el promedio nuevo versus el promedio anterior.

Sin embargo, vale observar que estamos discutiendo sobre qué hacer con el parámetro que define la calidad, que como ya se mencionó anteriormente:

- Probablemente no se mida o se controle de manera directa
- Y en definitiva es donde confluyen los efectos de las acciones operativas, sean automáticas o manuales, de todas las etapas del proceso y sus servicios asociados

Esto nos lleva a la siguiente característica relevante del programa que ofrecemos

La estrategia de inserción y el enfoque de mejora continua

Digamos que, por lo expuesto en el capítulo anterior, lograr optimizar nuestros procesos productivos en los términos en los que los estamos planteando de requerir de un **proceso previo**.

En definitiva, el control óptimo de la calidad será la frutilla del postre.

- Deberá empezarse por medir los parámetros de interés.
 - ❖ Esto no quiere decir que deberá instalarse necesariamente un analizador en línea, sino que deberán revisarse y mejorarse nuestros procesos de adquisición y almacenamiento de datos
 - ❖ Ej.: Muchos software de “historización” comprimen los datos que reciben de la instrumentación de campo. Vale la pena preguntarse, si esta calidad de datos nos sirve para evaluar variabilidad.
 - ❖ La respuesta es habitualmente negativa y por lo tanto se requiere en general mejorar nuestros métodos de medición, adquisición y almacenamiento de datos
- Para luego poder **plantear indicadores que impulsen las mejoras**.
 - ❖ Los indicadores deberán ser de alto nivel, como los involucrados en la ecuación de interés (tasa de producción, gasto energético, recuperación, etc.)
 - ❖ Se podrá plantear que muchos de estos existen en los reportes diarios de producción, pero volvamos más arriba y simplemente planteemos: ¿Con qué datos se construyen en la actualidad?
 - ❖ Pero deberán existir indicadores de la línea de producción de los activos que la componen. Por ejemplo: ¿qué porcentaje de tiempo estuvo un lazo en manual?, ¿cuánto en automático?, ¿estuvo oscilando a lo largo del día?, ¿a que frecuencia?, ¿operó de manera limitada?, etc. y todos los indicadores que nos permitan relacionar operación diaria con resultados globales

Y detengámonos en este punto. Si repasamos lo expuesto hasta ahora, se verá que estamos planteando cambiar muchas prácticas instauradas, modificar hábitos, etc. Todos temas que ni la mejor de las tecnologías puede lograr en corto plazo.

Es por esta razón que planteamos una “**estrategia de inserción**” y un enfoque de programa en formato de “**mejora continua**”. Vale afirmar:

- Los cambios se terminarán llevando a cabo desde dentro de la propia organización del cliente
- Allí donde quieran implementarse este tipo de mejoras implantando un formato estándar de proyecto se fracasará. Podrán lograrse buenos resultados temporales pero no se podrán **sostener** en el tiempo.

La **estrategia de inserción** a la cual nos referimos, toma la forma siguiente:

- Identificar una problemática que tenga un impacto económico visible
- Solucionarla implementando al menos un ciclo de trabajo: análisis, diseño, implementación, evaluación de resultados
- De los buenos resultados que tenga esta primer implementación dependerá que los interesados **confíen** y se **involucren** con el programa de trabajo y sus objetivos. De esta forma podrán plantearse mejoras posteriores y posiblemente un plan que involucre una secuencia de varias implementaciones con objetivos de desempeño a mediano y largo plazo

Por ejemplo:

- El cliente 1 tiene problemas para definir el tipo de computador adecuado para la línea de descarga de producción de butano a tanques.
 - ❖ Le interesa medir en este punto, ya que hacerlo en los zepelines le resulta inexacto con los elementos de los que dispone
 - ❖ Sin embargo, el caudal de descarga en cuestión es “pulsante”, lo que dificulta la selección del equipo de medición y define a priori un dispositivo complejo de alto costo
 - ❖ Toda su experiencia operativa le indica que el caudal de interés es naturalmente pulsante.
 - ❖ Para nuestro programa hay aquí una oportunidad. Se trata de: documentar la condición inicial, demostrar que el caudal no es naturalmente pulsante, implementar las mejoras para que deje de serlo, documentar la condición final, especificar el equipo de medición.
 - ❖ Esta implementación debería cancelarse con la diferencia de valor que existe entre el equipo de medición complejo y el equipo estándar que requiere la condición
 - ❖ Debe aprovecharse, además, el periodo de implementación para identificar y valorar otras oportunidades de trabajo
- El cliente 2 tiene una problemática que, al menos, se caracteriza con dos indicadores:
 - ❖ Venteos excesivos en segunda etapa de un compresor de recicló (descarga de separador Flash)
 - ❖ y una alta tasa de fallas (paros) de la misma máquina
 - ❖ Como antes, la experiencia operativa indica que ésto se debe a que la planta se trabaja a carga máxima, y que estos problemas no podrán evitarse. Al menos no sin una

modificación de los equipos: reconfiguración de compresor, modificación de línea de derivación de carga, etc.

- ❖ De nuevo, para nuestro programa hay aquí una oportunidad. Se trata de demostrar que tanto los venteos como los paros de máquinas tienen una causa común, cuyo síntoma es la alta variabilidad del caudal que alimenta a Flash.
- ❖ Igual que antes, implementando el primer ciclo de mejoras, se impulsan los siguientes lográndose la inserción del programa dentro del organigrama del cliente.

Podríamos seguir planteando ejemplos, sin embargo, es claro que:

- Es necesario llevar adelante una estrategia de inserción acorde con las características del mercado del gas y petróleo
- y vital, tener éxito en la primera implementación ya que:

Aún el arranque de la implementación de este tipo de programa requiere un cambio de perspectivas; no “radical”, pero si es necesario brindar la oportunidad de analizar los problemas habituales con metodologías alternativas

Esto nos lleva a la siguiente característica sobresaliente del programa que ofrecemos

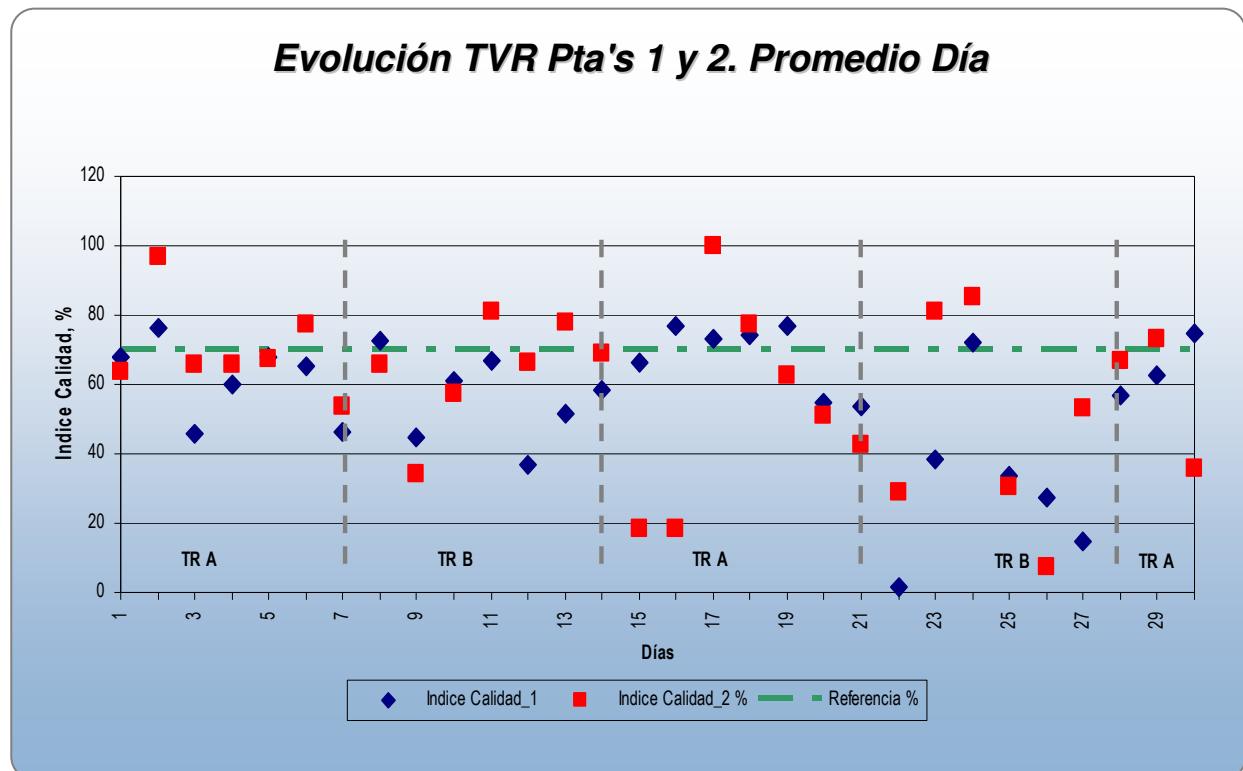
La importancia de las personas: la transferencia y la gestión del conocimiento

Hemos estado refiriéndonos en reiteradas ocasiones a la variabilidad de los procesos productivos de una manera muy general. Ha llegado el momento de ser más específicos. Lo haremos a partir de un ejemplo:

- El Ingeniero de Procesos de uno de nuestros clientes es una persona interesada por el desempeño de las operaciones que son de su responsabilidad
- Las instalaciones de las que es responsable comprenden, como en otros yacimientos, pozos, unidades de separación y compresión y procesos de tratamiento de gas.
- En particular en las instalaciones de planta central se operan dos trenes de tratamiento para ajuste de punto de rocío.
- Para la empresa en cuestión, la producción de gasolina estabilizada reviste gran interés, ya que es un producto comercializable y de gran valor relativo.
- Durante el desarrollo de nuestro programa, este ingeniero identificó que los diferentes **grupos de trabajo** no lograban **rendimientos** similares de las instalaciones.
- Para realizar un seguimiento de la problemática, definió algunos indicadores de desempeño, los cuales evalúa diariamente. Normalmente, utiliza los desvíos para iniciar sus

averiguaciones sobre problemas puntuales que se hayan presentado en una jornada determinada.

- A continuación se presenta la evolución del indicador “**Índice de Calidad**” para un mes completo de operaciones. Aquí se puede observar el desempeño de **dos grupos de trabajo** diferentes, que rotan cada 7 días.



- A simple vista, el gráfico parecería no aportar demasiada información. Sin embargo, un análisis algo más de detallado, muestra que el grupo A es más **consistente** y superior en sus logros:
 - ❖ Sus indicadores diarios presentan menor dispersión.
 - La desviación estándar del grupo A alcanza el 14%
 - La del grupo B 17,5%, un 4,5% mayor.
 - Si bien ninguno de los dos desempeños puede considerarse óptimo, claramente el del grupo A es más consistente que el grupo B en sus tareas operativas
 - ❖ De la misma forma si calculamos el promedio del indicador:
 - Para el grupo A obtenemos 66,5%
 - Para el grupo B en cambio alcanza un 57,9%. 8,5% menor.
- Estas tareas de **control estadístico** simple impulsaron primero la investigación de las causas y luego el plan de las mejoras necesarias para darle solución a este y otros problemas relacionados.
- Resumiendo el plan trazado en consecuencia, el mismo constó de los siguientes elementos distintivos:
 - ❖ Construcción de indicadores de desempeño en línea (KPI) que permitan el seguimiento continuo de los activos de la línea de producción (Ej.: instrumentos, lazos de control, estrategias de control, etc.), con al menos los siguientes objetivos
 - Que estos sean los generadores de conocimiento de primera mano
 - Permitiendo detectar desvíos de manera temprana y actuar en consecuencia
 - Descubrir la interrelación entre la fuerza de trabajo y la tecnología disponible (Ej.: cada vez que se presenta un problema determinado un operador pone el lazo en manual y selecciona un valor de apertura para la válvula de control; en cambio, otro operador solo cambia el Set-point de trabajo del mismo lazo; o como es habitual, un grupo opera las válvulas de by-pass cuando un recipiente no puede descargar y otro decide cambiar la presión de trabajo del mismo recipiente)
 - ❖ Revisión y readecuación de manuales operativos
 - Incorporando nuevos conceptos a los ya existentes
 - Y permitiendo que los operadores participen activamente en el proceso de elaboración

Ya que no podemos extendernos demasiado, busquemos la moraleja del ejemplo anterior. Si hemos sido claros en nuestra exposición anterior, esta debe ser:

La variabilidad de la que hemos estado hablando no es la de los libros de texto

- Se trata principalmente de los eventos habituales que ocurren en cualquier campo, yacimiento, planta o predio. No son “**causas especiales**” sino más bien “**causas comunes**”. Y no tiene sentido analizar el evento en si mismo, sino que lo esencial.
- Es la respuesta que brindan nuestros **equipos de trabajo** ante cada problemática operativa. Debería quedar claro en este punto que:

De nada sirve una solución “super tecnológica” si su **diseño, implementación, mantenimiento no toma en cuenta a sus **usuarios**.**

Hay una vieja máxima que dice que la mejor solución es siempre la más simple. Para quedar en generalidades, listemos alguna de las **causas comunes** que generan la variabilidad que pretendemos reducir:

- Paros de compresor: no programados y programados, y entre estos últimos hay cortos y largos, según sea el tipo de mantenimiento a realizar
- Realizar “pigueos” de líneas
- El cambio de un pozo de producción a control
- Cambio de bomba principal a back-up en una cabecera de oleoducto o en una estación intermedia
- Paro de una compresora aguas abajo o arriba sobre un gasoducto al cual se está inyectando
- Un pozo que se ahoga
- Un lazo de control que oscila
- Una válvula que opera muy cerca del cierre total u otra que permanece casi permanentemente abierta
- Etc.

Podemos seguir casi de manera infinita. Sin embargo, pensemos en cada uno de ellos y consideremos las alternativas que se suceden en cualquiera de estos eventos

- Paro de compresor: Puede bajarse gradualmente la velocidad o pararlo en forma brusca. Y cuando se arranca, la duración y tipo de transitorio dependerá si el procedimiento lo realiza un operador, más de uno o es automática
- Pigüeos: la planta se verá afectada en mayor o menor medida si las plantas receptoras poseen un slug-catcher adecuado o inadecuado, pero también si los grupos que realizan el pigüeo están o no involucrados en los procesos de planta y del conocimiento que tengan de cómo afectan los slugs generados los diferentes procesos de producción
- Podemos plantearnos inquietudes similares **para cada práctica operativa habitual**. En general, veremos que un operador promedio tendrá más conocimiento de que hacer cuando

un pozo se ahoga que cuando un lazo oscila, ya que probablemente a este último lo vio siempre comportarse de esa manera y por lo tanto es “natural”.

Estas son las razones por las que nuestro programa hace tanto hincapié en las **capacitaciones**, o más bien, en la **transferencia, generación y gestión de los conocimientos**.

Resumiendo el proceso natural en que debe llevarse adelante cualquier plan de mejoras:

- Para cada solución a implementar deberá verificarse el grado de conocimiento de los usuarios o las personas afectadas por dicha tarea.
- De esta forma se podrá definir si son necesarias **capacitaciones** de tipo **formal** o instancias de discusión más **informales**
- Ya sea de una u otra manera, todos los interesados deberán principalmente estar al tanto de lo implementado, de otra forma, probablemente la manera en que **interactúen** con el componente, algoritmo, procedimiento, etc, en cuestión sea **contraproducente**, terminando con el tiempo, desacreditando el plan en su totalidad y en particular de la persona que lo lleva adelante

En pocas palabras, lo que estamos diciendo es que la estrategia de desarrollo deberá adecuarse a los recursos del cliente y no al revés.

Esto nos lleva al último paso de nuestra exposición

El enfoque a medida: estructural y en la elección de herramientas de desarrollo

Nuestro programa de trabajo se desarrolla a medida de las necesidades del cliente en muchos sentidos.

Queremos destacar aquí **dos aspectos** importantes, los cuales ya se han tratado anteriormente:

- Hemos mencionado la importancia del **factor humano** para el éxito del programa de mejoras
 - ❖ Hasta el momento hemos hablado de los responsables de las operaciones en general. En la práctica, la mayoría de las especialidades que conforman el organigrama de trabajo, tienen alguna ingerencia sobre el desempeño operativo.
 - ❖ Sabemos que por ejemplo las decisiones de ingeniería afectan las operaciones, pero que en general, las responsabilidades se transfieren pero no se comparten.
 - Luego de la puesta en marcha de una instalación (Ej. una compresora) Ingeniería o Proyectos entrega las instalaciones a producción u operaciones.
 - Mantenimiento revisa una válvula ante una queja repetida de los operadores. Sin embargo, el esquema de cliente – proveedor se desvanece en este punto, ya que en general operaciones no exige desempeño del elemento a intervenir y mantenimiento realiza la intervención utilizando sus propios estándares los cuales probablemente tengan pocas o ninguna consideración operativa
 - Procesos necesita generar un nuevo reporte de producción, para esto es necesario acceder a un nuevo grupo de datos. El requerimiento se traslada a sistemas y otra vez el esquema cliente – proveedor se desvanece ya que procesos no apoya su pedido con requerimientos de calidad de datos y sistemas configura el reporte según el criterio que parecería ser el correcto...tal vez asegurar espacio en disco rígido de un servidor
 - ❖ Claramente, si las responsabilidades se transfieren al menos deberían establecerse criterios claros de desempeño. Mejor aún, si la responsabilidades se compartieran, esto es, que todas las especialidades se alinearan tras el objetivo del control óptimo de calidad.
 - ❖ El conocimiento de estas particularidades de al menos el mercado del gas y petróleo, nos ha llevado a diseñar un plan de trabajo, que no solo tiene un esquema definido de desarrollo de tareas sino también un fundamento estructural
 - ❖ Creemos que la manera de tener éxito en un plan como el que proponemos, donde se requiere definir las necesidades de capacitación, establecer criterios de desempeño y transferir los conocimientos necesarios, es que exista un miembro de nuestra organización que se integre dentro del organigrama del cliente.
 - ❖ El mismo, siempre deberá tener un interlocutor activo del lado de la organización del cliente, generalmente la especialidad más afín es la ingeniería de procesos, sin embargo, no dejará en ningún momento de oficiar de nexo entre las distintas actividades.

El siguiente esquema ilustra el concepto



Por último debemos, hacer mención sobre el carácter secuencial del plan de trabajo que ofrecemos:

- En los párrafos anteriores hemos hecho hincapié en el desarrollo a medida de cada cliente que se requiere para que la implementación del programa tenga éxito
- Sin embargo, como se expuso en la introducción de este documento, nuestra experiencia nos ha permitido extraer algunas generalidades del mercado en que nos toca desempeñarnos.
- Este conocimiento nos permite asegurar que el programa de trabajo que mejor se adapta a la realidad de nuestros yacimientos requiere:
 - ❖ Primero, establecer un sistema de medición en línea mediante el cual se puedan definir indicadores de desempeño (KPI)
 - ❖ Para luego implementar soluciones de complejidad creciente según lo requiera la aplicación
 - Desde sintonía de lazos PID
 - Pasando por la mejora de las estrategias de control regulatorio
 - Hasta llegar a la implementación de algoritmos de control multivariable. Los cuales requieren técnicas muy específicas de diseño de experimentos, identificación de procesos, modelado, control inferencial, etc.
 - ❖ Esta secuencia debe acompañarse con las instancias adecuadas de capacitación
 - ❖ Y será de suma utilidad documentar los logros del programa volcando sus resultados a los manuales operativos, esto es, modificando los estándares de trabajo de la organización

Concluiremos este documento presentando un caso de estudio real, en el que se han cumplido la mayoría de las fases que aquí se expusieron. Esta aplicación ha sido una de las fuentes que han impulsado la evolución del programa de trabajo que aquí se ha presentado.

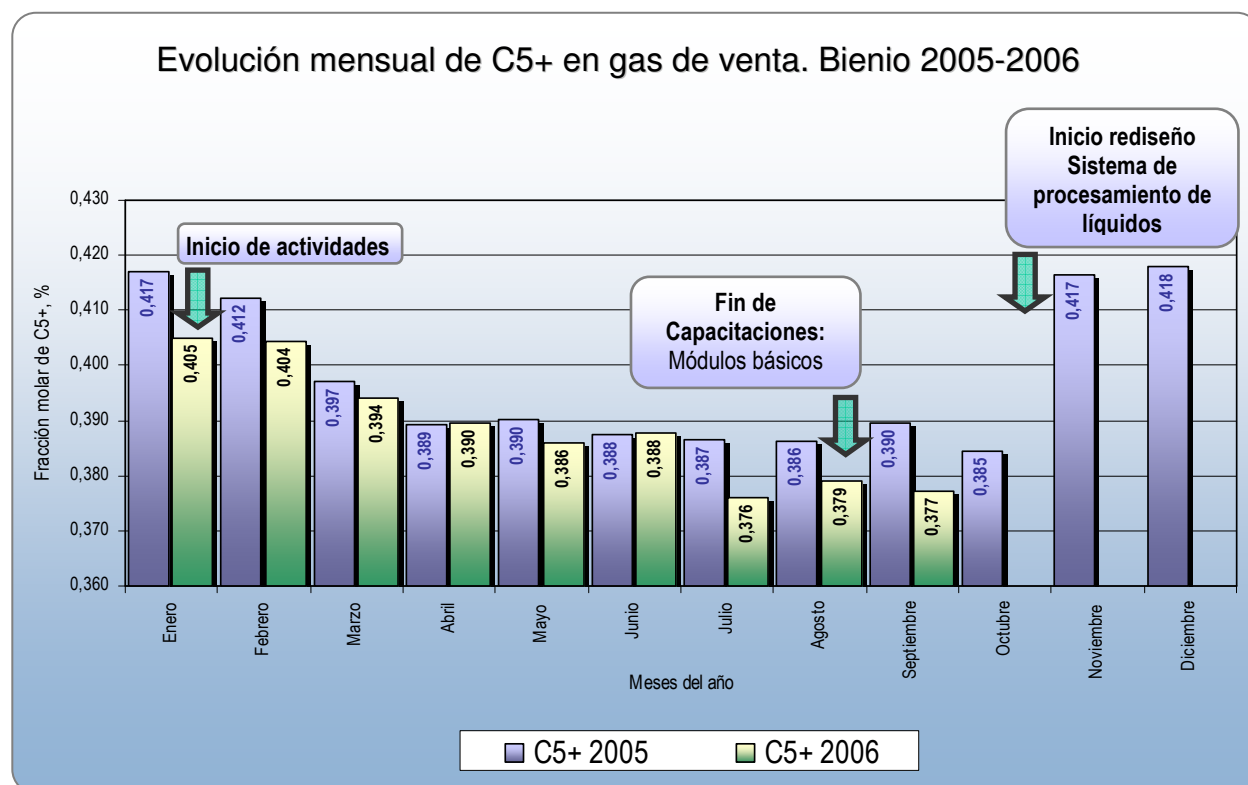
3) CASO DE ESTUDIO

Campo gasífero: Estabilización de Gasolina y operaciones asociadas

Estrategia global implementada

- **Instrumentación:** Mejoras del sistema incorporando nuevos elementos y reacondicionando existentes (ubicación y calibración)
- **Control regulatorio básico y avanzado:** Estrategia de estabilización de caudales (Planta compresora, oleoducto y proceso). Mejora sistema de calentamiento
- **Control Multivariable:** Impacto principal en calidad. Configuración reducida.
- **Optimización de Operaciones:** Capacitación de personal de planta. Dinámica de procesos, control, válvulas. Armonización de prácticas entre turnos. Indicadores simples de diagnóstico de condiciones

Resultado global: Composición



Resultado global: Producción

Mes	Producción adicional de condensado [m3/ mes]	Hitos (ref)
Enero	165,7	1
Febrero	87,2	
Marzo	52,4	2
Abril	0	3
Mayo	53,3	
Junio	0	
Julio	139,6	4
Agosto	109,9	5
Septiembre	165,1	
Octubre		
Noviembre		
Diciembre		
Total	773,2	

Hitos:

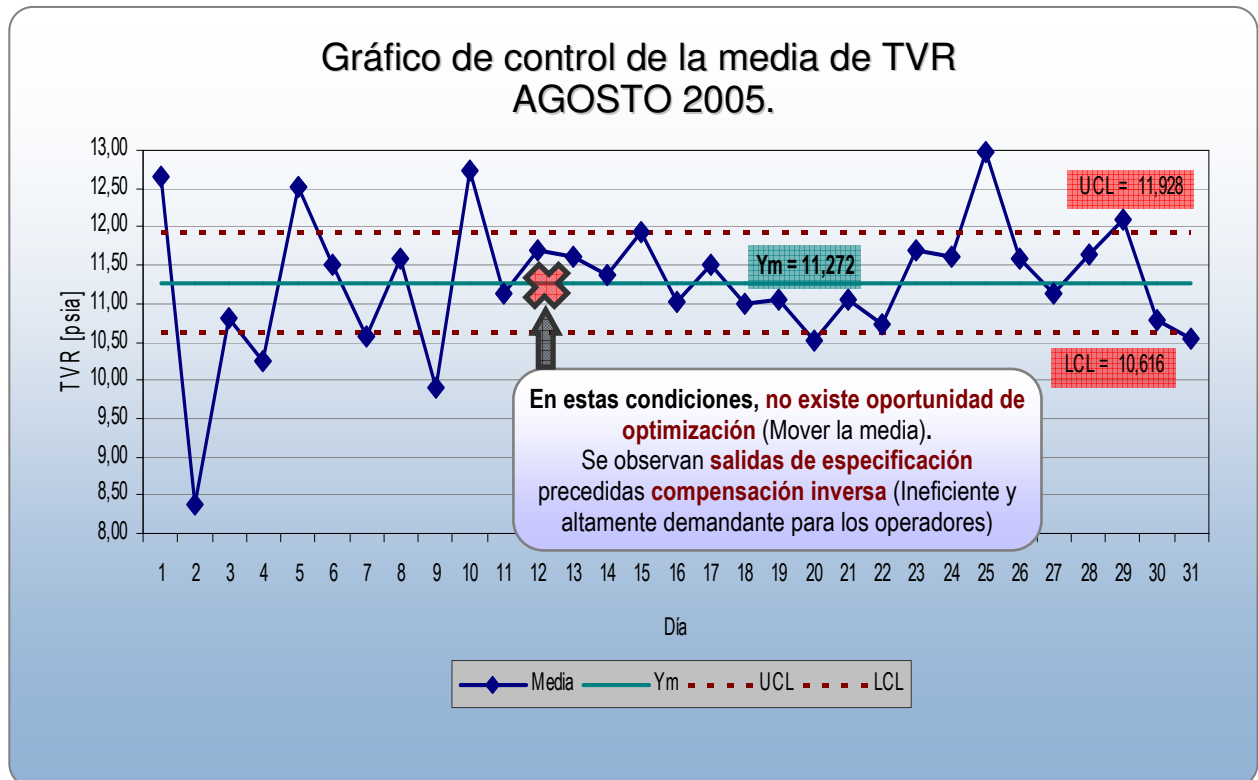
1. **Inicio estrategia de estabilización.** APC Convencional. Focos: Planta Compresora, Oleoducto, Slug Catcher, Flash
2. **Puesta en Marcha MVPC.** Factor de Servicio 50%. Focos: únicamente torres de estabilización (limitaciones de proceso). Periodo de pruebas de planta
3. **Ausencia.** Sin capacitación adecuada a operadores. Solo asistencia telefónica. Coordinación inadecuada, otros proyectos en marcha
4. **Capacitación Operadores de Compresión.** Optimización de la operación del sistema de condensado
5. **Capacitación Operadora Area.** Optimización del sistema de recepción de condensado y consignas de operación (indicadores prácticos). Se observa una mejora en la sustentabilidad de los resultados

Como puede apreciarse, el **Resultado Global** fue **muy** satisfactorio, aún con un periodo intermedio de pobre desempeño donde lo que falló fue principalmente el seguimiento del programa y el compromiso con el mismo.

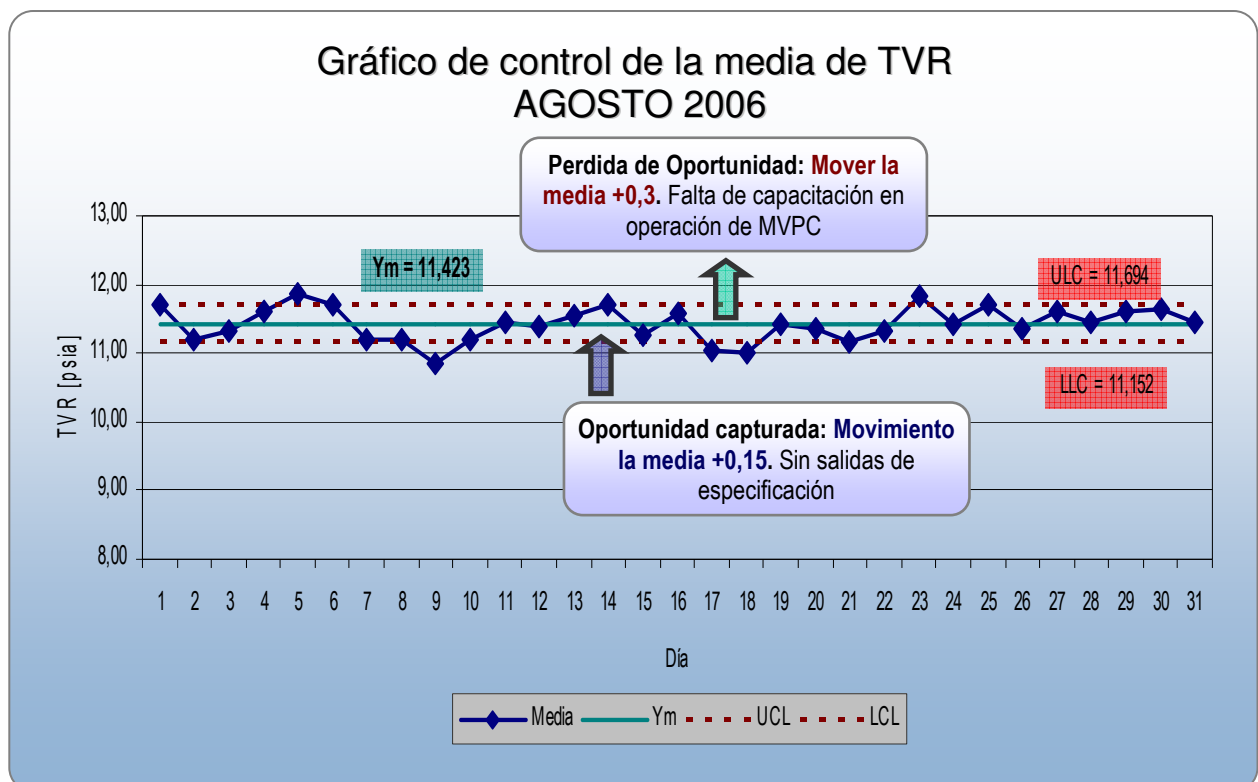
Variabilidad

No podemos dejar de mostrar la condición previa y la condición posterior a la implementación del programa de trabajo, utilizando el concepto que ha sido eje de esta presentación. Los gráficos que siguen los utiliza el Ingeniero de Procesos del cliente. Con ellos realiza el control estadístico de los procesos que le competen. Corresponden a **cartas de control** de tipo estándar.

Antes:



Después:



Como podemos observar, **la mejora en el control de la calidad de producto es notable.**

Sin embargo, la oportunidad generada no pudo capturarse en su totalidad, la razón principal de esta situación es la falta de un plan de capacitación coordinado con el desarrollo de las mejoras.

En particular, el programa incluyó la instalación de un sistema de control multivariable, el cual controla el parámetro de calidad de manera directa. No se instruyó a los operadores para que estos lo consideren como una herramienta de trabajo más. En consecuencia, su interacción con el nuevo componente del sistema de operaciones, no fue la más adecuada.

Control Multivariable: Calidad

- **Tiene un efecto notorio sobre el control de calidad del producto final.**
- La configuración adoptada no aprovecha todos los grados de libertad potenciales. Factor de Servicio = 50%.
- Condiciones de proceso impiden manipular presión de flashes y capacidad de compresores de propano (temperatura separador frío).
- Estas son las variables más significativas (sensibles) en términos de producción (Afectan la cromatografía del gas de venta)
- De todas formas, parte de su acción se incorpora a la mejora global mostrada anteriormente
- Los operadores quedan liberados de la selección de consignas de trabajo.
- Su tarea se centra principalmente en asegurar las condiciones operativas que permiten ubicar el sistema en régimen (rango de control)

4) CONCLUSIONES

El presente documento muestra que los objetivos de Calidad son realmente rentables. La clave está en saber valorar los beneficios que conlleva el control estricto de la misma y en disponer de un abordaje sistémico para capturar estos beneficios

Aquí se ha presentado un programa de trabajo que responde de manera efectiva a este planteamiento. El mismo ha ido tomando forma a lo largo del tiempo como consecuencia de la experiencia acumulada en el área.

El programa final tiene como eje integrador la especialidad del control procesos continuos, la cual en nuestro país, tiene excelente desarrollo académico, pero desgraciadamente poca participación efectiva en la industria. En este contexto, se repite la condición de que el espectro de empresas relacionadas con la producción, desde las operadoras a las empresas de servicios, rara vez integran un especialista del tema dentro de sus organigramas.

Nuestro programa se ha desarrollado teniendo en cuenta esta situación y propone a la ingeniería de control como motor de mejoras tanto rentables como sustentables. Por sus características, es este tipo de enfoque, dinámico, el más apropiado para responder a las necesidades tan cambiantes de las áreas, yacimientos, o plantas de la industria del gas y petróleo.

El set de herramientas, documentos y procesos que integran nuestros programas son únicos, representando una ayuda real al mejoramiento de los niveles de Calidad de las operaciones. Si a ello se le suma el aporte a la gestión del conocimiento específico distribuido en el personal técnico involucrado, las organizaciones que lo utilicen lograrán el cumplimiento de varios objetivos prioritarios de manera simultánea:

- Incrementar los resultados a través de una mayor productividad y reducción de los “costos de la no calidad”
- Disminuir y gestionar los riesgos operativos
- Minimizar los incidentes ambientales como venteos
- Desarrollar los RRHH a través de la capacitación específica y personalizada
- Generar las bases para la Gestión de la Calidad en los programas operativos
- Crear un set de indicadores de performance y un tablero de control para su seguimiento

5) **BIBLIOGRAFÍA**

SHUNTA, J. P. *Achieving World Class Manufacturing Through Process Control*. Prentice Hall PTR. 1995

LIEBERMAN, N. P. y LIEBERMAN, E. T. *A Working Guide to Process Equipment*. McGraw-Hill Professional. 2002

HUANG, B. y SHAH, S. *Performance Assessment of Control Loops: Theory and Applications*. Springer. 2006

BLEVINS, T. L., McMILLAN, G. K., WOJSZNIS, W. K. y BROWN, M. W. *Advanced Control Unleashed: Plant Performance Management for Optimum Benefit*. ISA Press. 2002

EDGAR T. F. y HIMMELBLAU, D. M. *Optimization of Chemical Processes*. McGraw-Hill Publishing Co. 2da Ed 2001

THORNHILL, N. F. y HORCH, A. *Advances and new directions in plant-wide controller performance assessment*. ADCHEM 2006. International Symposium on Advanced Control of Chemical Processes Gramado, Brazil. Abril 2-5, 2006