

ESTANDARIZACIÓN DEL MODELO DE ANÁLISIS OPERACIONAL DE LA  
GERENCIA REFINERÍA BARRANCABERMEJA ECOPETROL S.A. USANDO  
LOS SOFTWARE PI DATALINK Y PI PROCESSBOOK

GENNY KATHERINE BENAVIDES ARIAS

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
BUCARAMANGA

2014

ESTANDARIZACIÓN DEL MODELO DE ANÁLISIS OPERACIONAL DE LA  
GERENCIA REFINERÍA BARRANCABERMEJA ECOPETROL S.A. USANDO  
LOS SOFTWARE PI DATALINK Y PI PROCESSBOOK

GENNY KATHERINE BENAVIDES ARIAS

Trabajo de Grado para optar al título de  
Ingeniero Químico

Director

Maria Paola Maradei García, Ingeniera química, PhD.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
BUCARAMANGA

2014

## **DEDICATORIA**

*A mis padres, Alcira y Anibal por ser la principal fuente de mi inspiración, a ellos les debo lo que soy.*

*A Dios, por darme la sabiduría e iluminarme en cada una de las decisiones tomadas; Por poner en mi camino tan buenas personas y excelentes oportunidades.*

*A mis hermanos, Yamel, Elkin y Deybin, por motivarme y brindarme apoyo.*

*A mi madrina Morella, por creer en mí, ser un soporte y ejemplo a seguir.*

*A mis amigos, Estephania, Richard, William, Mafe, Eloisa, Orlando, Silvia, Stephanie, Fredy, Saily, David, Erika, Nathalie, por mostrarme el verdadero significado de la amistad y hacer de la época universitaria una etapa memorable.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*A mis padres, mil gracias por tanto cariño y apoyo incondicional.*

*A la empresa Colombiana de Petróleos Ecopetrol S.A. por brindarme la oportunidad de empezar a construir mi futuro como profesional.*

*A los ingenieros de Proceso, Marggy, Carlos, Raúl, Neyla, Carina, Heidy, Rosangela, Efraín, Johan, Diana, Darío, Yenny, Fabian, Luis Eduardo, Jorge, Juan Carlos, por haberme acogido como parte del equipo y haberme permitido aprender junto a ellos, son todos unos excelentes profesionales.*

*A la directora Maria Paola Maradei, por su apoyo y cordial acompañamiento durante el desarrollo del proyecto.*

*Al profesor Diego Palacio, por guiarme y confiar en cada una de mis capacidades.*

## CONTENIDO

	Página
INTRODUCCIÓN.....	17
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	20
1.1. OBJETIVO GENERAL .....	22
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA .....	23
2.1. ORGANIZACIÓN DE LA GRB .....	23
3. METODOLOGÍA.....	24
3.1. ACUERDO.....	24
3.2. DISEÑO DEL MODELO DE ANÁLISIS OPERACIONAL. ....	25
3.3. DESARROLLO DE LOS MÓDULOS CONTENIDOS EN LA... HERRAMIENTA. 25	
3.4. DIVULGACIÓN DE LA PROPUESTA.....	26
4. RESULTADOS. ....	28
4.1. ACUERDO.....	28
4.2. DESCRIPCIÓN DE LA HERRAMIENTA DESARROLLADA. ....	30
4.2.1. Esquema General del Modelo de Análisis Operacional .....	30
4.2.2. Interfaz inicial de la herramienta .....	30
4.2.3. Módulo 1. Pizarra o Tablero de Resultados .....	30
4.2.4. Módulo 2. Objetivos Operacionales .....	33
4.2.4.1. Programa de Producción .....	33
4.2.4.2. Plan de Calidad .....	35
4.2.5. Módulo 3. Análisis de Desempeño.....	36
4.2.5.1. Desempeño Operacional .....	36
4.2.5.1.1. Análisis y seguimiento de Cargas y Productos .....	37
4.2.5.1.2. Variables Operacionales .....	38
4.2.5.1.3. Análisis Energético .....	40
4.2.5.1.4. Gestión Ambiental .....	40
4.2.5.1.5. Balances de Masa .....	41

4.2.5.1.6. Gestión Económica .....	42
4.2.5.2. Confiabilidad e integridad .....	42
4.2.5.2.1. Guías de Control y Ventanas Operativa .....	43
4.2.5.2.2. Lazos de Corrosión .....	43
4.2.5.2.3. Equipos críticos.....	43
4.2.6. Módulo 4. Herramientas de Análisis .....	44
4.2.7. Módulo 5. Gestión Integral por Procesos .....	44
4.2.8. Módulo 6. Diagramas de Bloques .....	44
4.2.9. Módulo 7. Material de Consulta.....	45
4.3. Divulgación e Implementación. ....	45
4.3.1. Logros obtenidos con la implementación del modelo de Análisis Operacional .	
46	
5. CONCLUSIONES .....	48
6. RECOMENDACIONES.....	49
BIBLIOGRAFÍA.....	50
ANEXOS.....	53

## LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Metodología empleada .....	24
Figura 2. Ruta de acceso al Modelo de Análisis Operacional .....	29
Figura 3. Estructura del Modelo de Análisis Operacional .....	31
Figura 4. Módulo 1. Pizarra Visual .....	32
Figura 5. Menú Módulo 2. Objetivos Operacionales.....	33
Figura 6. Escenario de Visualización de Tendencias .....	35
Figura 7. . Menú Análisis de Desempeño .....	36
Figura 8. Seguimiento de Cargas y Productos.....	37
Figura 9. Análisis estadístico de la variable crítica seleccionada. ....	39
Figura 10. Análisis Energético. Producción de Vapor de 400 psi. ....	40
Figura 11. Quema en Teas en la GRB.....	41
Figura 12. Balance Económico. Margen Hidrocarburo.....	42

## LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Actividades a desarrollar en cada uno de los módulos.....	25
Tabla 2. Programa de Producción. ....	34
Tabla 3. Listado de las Variables Críticas en la URC de Cracking II. ....	39
Tabla 4 Actividades previas a las reuniones de Análisis Operacional y tiempo de inversión.....	47
Tabla 5 Resultados económicos generados al implementar el modelo .....	47

## LISTA DE ANEXOS

	Página
ANEXO A. Estructura Administrativa de la Gerencia Refinería Barrancabermeja.	53
ANEXO B. Sistema PI en la GRB .....	54
ANEXO C. Módulo 2. Plan de Calidades. ....	60
ANEXO D. Tendencias. Seguimiento de Cargas y Productos.....	61
ANEXO E. Cálculo de los índices de Capacidad de Proceso.....	62
ANEXO F. Menú Balances de Masa. ....	66
ANEXO G. Lazos de Corrosión .....	67
ANEXO H. Diagramas de Bloques.....	68
ANEXO I. Material de Consulta. ....	69

## GLOSARIO

**Sistema de Laboratorio (SILAB)** : registra la información que se obtienen de las pruebas y análisis en cada uno de los laboratorios mediante el registro sistemático de plan de muestras, la obtención de la información en una forma rápida y fácil, transferencia de datos, y el rastreo de las muestras desde que son generadas hasta su aprobación.

**Consulta de Datos de Laboratorio (CDLAB):** permite visualizar la información registrada en el Sistema de Laboratorio (SILAB).

**Sistema de información operacional (SIO):** es un sistema destinado al registro de los movimientos de productos crudos y refinados, hacia, desde y en el interior de la refinería. Adicionalmente permite la realización de reportes para conocer el estado del inventario de los diferentes almacenamientos.

**Información de plantas (PI):** soporta el Análisis Operacional en Tiempo Real y es la herramienta que permite a Operadores, Supervisores, Ingenieros y Jefes del negocio realizar en línea (en Tiempo Real) Análisis, Control y Gestión Operacional en busca de Maximizar las Utilidades de la Empresa mediante una eficaz toma de Decisiones.

**Sistema de Refinerías (RIS):** soporta la operación y administración de la refinería y tiene como propósito entregar al Centro Corporativo de VRP y la refinería información integrada, consistente y oportuna para la generación de los diferentes indicadores de gestión del ECG y TBG, Balances, Producciones y demás reportes en forma automatizada.

**Capacidad de proceso:** es la capacidad que tiene un proceso para producir dentro de las especificaciones. Los índices de capacidad de proceso utilizan tanto la variabilidad del proceso y las especificaciones del mismo para determinar si el proceso es capaz.

**Guías de Control:** describen al operador los parámetros de los puntos de control críticos que lo guiarán dentro de los valores admisibles y asistirán en una operación segura, confiable y eficiente.

**Ventanas Operativas:** conjunto de condiciones dentro de las cuales la operación debe tener lugar en forma sistemática. Establecen un ambiente controlado durante el ciclo de operación. Garantizan una operación segura y responsable desde el punto de vista ambiental, optimizada económicamente y sin interrupciones o paradas no planeadas.

**Slop:** hidrocarburo contaminado como residuo de las actividades de refinación.

**Gas ácido:** gas que puede formar soluciones ácidas cuando se mezcla con agua, producto principalmente de gases de combustión o de procesos industriales que se combinan con el vapor de agua del aire.

**Aguas Agrias:** son aquellos tipos de aguas residuales que contienen  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  y/o mercaptanos de bajo peso molecular, los cuales normalmente producen olores y pueden generar severos problemas en las plantas de tratamiento de aguas residuales. Se producen a partir de procesos de refinación.

**Tea:** es un sistema empleado para la quema de gas en estaciones petroleras y su utilización evita que el operador tenga riesgo alguno cuando se prende el sistema.

**Lazo de Corrosión:** línea de proceso en la que son dispuestos cupones de material definido con el fin de medir la velocidad de corrosión en ciertas estructuras dadas

las condiciones establecidas en dicho sector del proceso (fluido que transporta, temperatura, relación agua de condensado/carga).

**Troubleshooting:** Es la forma sistemática de buscar el origen de un problema para que éste pueda ser resuelto. Es un proceso que se puede basar en la aplicación de programas, búsqueda de documentos e históricos para solucionar problemas.

**Herramienta de Análisis Para la Gestión Operacional (HAGO):** base de datos en la que se recopila toda la información concerniente a los análisis de los eventos ocurridos sobre los equipos de la refinería

**Propileno Grado Refinería (PGR):** producto que se obtiene al segregar o extraer algunos componentes del Gas Licuado del Petróleo (GLP). El propileno se denomina "grado refinería" debido a que cuenta con un 65% de volumen de propileno y un 35% de GLP.

**American Petroleum Institute (API):** es una medida de densidad que, en comparación con el agua, precisa cuán pesado o liviano es el petróleo.

**Rondas Operativas:** actividad que se lleva a cabo por parte de los operadores, con el fin de verificar las condiciones del proceso en línea y de los equipos que se encuentran en operación. Detectar las fallas de forma anticipada para poder evitar incidentes operativos.

## RESUMEN

**TÍTULO:** ESTANDARIZACIÓN DEL MODELO DE ANÁLISIS OPERACIONAL DE LA GERENCIA REFINERÍA BARRANCABERMEJA, ECOPEPETROL S.A. USANDO LOS SOFTWARE PI DATALINK Y PI PROCESSBOOK\*

**AUTOR:**Genny Katherine Benavides Arias\*\*

**PALABRAS CLAVE:** Análisis Operacional, guías de control, ventanas operativas, sistema de información de plantas, desempeño, indicadores.

### **DESCRIPCIÓN:**

El presente documento consistió en el diseño, construcción e implementación de un modelo de análisis operacional que estandariza la práctica más importante para el control y soporte diario de todas las unidades de proceso de la Gerencia Refinería de Barrancabermeja. La herramienta permite, estimar riesgos, generar ajustes o cambios operacionales con el fin de garantizar el cumplimiento de ciertos compromisos de integridad operacional y compromisos de cargas y producciones.

El modelo está compuesto de 7 módulos (pizarra visual, objetivos operacionales, análisis de desempeño, material de análisis, gestión integral por procesos, diagramas de bloques y material de consulta) los cuales manejan información en tiempo real y detallados análisis estadísticos de las variables que deben analizarse diariamente para garantizar el óptimo desempeño de las unidades de proceso, entre ellas, puntos críticos de control, objetivos operacionales, guías de control y ventanas operativas, además, permite visualizar los balances de masa, energéticos y económicos de cada una de las unidades de proceso con el fin de lograr un mayor control y obtener los mejores beneficios económicos para la organización.

El desarrollo, construcción e implementación del modelo para la Refinería de Barrancabermeja se llevó a cabo teniendo en cuenta cada uno de los lineamientos de operación estructurada: disponibilidad, calidad, comunicación y cumplimiento, permitiendo una mayor confiabilidad en el uso de la información, transversalidad en la toma de decisiones y aprovechamiento de los software proveedores de la información de plantas.

---

\* Proyecto de grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Director: Ph.D. Maria Paola Maradei García.

## ABSTRACT

**TÍTULO:** STANDARDIZATION OF OPERATIONAL ANALYSIS  
MODELO DE BARRANCABERMEJA REFINERY MANAGEMENT,  
ECO PETROL SA USING PIDATA LINK AND PI PROCESS BOOK

**AUTHOR:** Genny Katherine Benavides Arias\*\*

**KEY WORDS:** Operational analysis, control guidelines, operative gates, plant information system, performance, indicators.

### DESCRIPTION:

This work consists of the design, construction and implementation of an operational analysis model that standardizes the control and daily support of all process units of Barrancabermeja Refinery Management. The model allows estimating risks, generating operational changes or adjustments in order to ensure compliance of different commitments of operational integrity, charges and productions.

The model consists of 7 modules (visual slate, operational objectives, performance analysis, material analysis, integrated process management, block diagrams and reference material) which manage information in real time and detailed statistical analysis of the variables that should be tested daily to ensure optimum performance of the process units, including critical control points, operational objectives, guidelines and operational control and operational windows. It also allows seeing the mass balances, energy and economic impacts of each process unit in order to achieve greater control and optimize economic benefits to the company.

The development, construction and implementation of the model for the Barrancabermeja Refinery Management was performed taking into account each of the guidelines in a structured operation: Availability, quality, communication and compliance, allowing greater reliability in the use of information, mainstreaming in decision making and use of software suppliers of plant information.

---

\* Research project

\*\* Faculty of physical-chemical engineering. Chemical Engineering Department. Advisor: Ph.D. Maria Paola Maradei García.

## INTRODUCCIÓN

Con el transcurso del tiempo, implementar nuevas metodologías, técnicas de gestión, herramientas tecnológicas en el contexto de ciertas actividades comúnmente desarrolladas en las empresas se ha convertido en un aspecto clave e indispensable para la sostenibilidad de las mismas, puesto que permiten obtener tanto mayor rentabilidad como mayor control y predicción en las operaciones.

El análisis operacional es una de las actividades o prácticas más importantes en el desempeño de una empresa, esto implica un esfuerzo constante por mantener la base de datos, el diseño y la filosofía de utilización; claros, actualizados y a la vanguardia tecnológica. En Ecopetrol S.A., la trascendencia que se le da a la práctica de análisis operacional es bastante alta y se ve reflejada en el tiempo que se dedica al análisis de cada parámetro y/o cada eventual desviación con respecto a valores fijos establecidos. Todo ello permite estimar riesgos, generar ajustes y cambios operacionales que garanticen el cumplimiento de los compromisos tanto de integridad operacional como de cargas y producciones estipulados por la empresa; es allí donde se toman las decisiones pertinentes con el fin de alcanzar y/o superar las metas planeadas.

En la actualidad, muchas empresas han venido desarrollado e implementando herramientas que les ha permitido hacer mucho más efectiva la práctica del análisis operacional; gran parte de ellas tienen que ver con hojas de cálculo que permiten visualizar y correlacionar datos con el fin de descubrir o corroborar la proporcionalidad de los mismos. Los DCS y el control avanzado de procesos son otros medios que permiten la visualización y soporte en tiempo real del estado de cada una de las plantas. A lo anterior se suman las herramientas encargadas de

manejar las bases de datos de las empresas; PI DataLink es una de ellas, la cual permite recuperar y vincular la información del sistema objetivo directamente en una hoja de cálculo. Combinado con las capacidades de computación, gráficos y formatos de Microsoft Excel, PI DataLink ofrece potentes herramientas para la recopilación, seguimiento, análisis y reporte de datos.

Vincular las herramientas mencionadas anteriormente y estructurarlas en un modelo estandarizado que contenga los ítems claves para analizar el desempeño de las plantas es una tarea que requiere de la participación y consenso de un representativo grupo de personas; uno de los protagonistas claves es el ingeniero de proceso. El impacto de sus decisiones trasciende a todos los niveles en aspectos tales como la flexibilidad operacional, la realización económica de la producción, la seguridad tanto de los equipos como del personal, la solución de las limitaciones o cuellos de botella, la optimización de las unidades (capacidad y calidad), la disminución del consumo de energía, proyectos de alta inversión, etc. (1). Considerando lo anterior, es claro que las decisiones del ingeniero de proceso conllevan un altísimo grado de responsabilidad, creando un gran compromiso con los resultados obtenidos de sus recomendaciones, y obteniendo un buen nivel de satisfacción profesional al ver realizadas las propuestas de sus análisis.

La herramienta que se describe a continuación, no es sólo una herramienta innovadora, ágil y sencilla, que sirve como soporte para el análisis de desempeño de los procesos productivos o el análisis cotidiano en cada cuarto de control, por parte de operadores, supervisores e ingenieros responsables de la óptima operación de cada proceso, sino que también es una herramienta que marca la historia de la empresa. Gracias a la implementación estratégica del modelo, se reestructuró la principal práctica que se lleva a cabo en la refinería, logrando que

toda una organización tuviera una visión más transversal, enfocada en los procesos, y en los aportes colectivos.

El desarrollo, construcción e implementación del modelo para la Refinería de Barrancabermeja se llevó a cabo teniendo en cuenta cada uno de los lineamientos de operación estructurada: disponibilidad, calidad, comunicación y cumplimiento. Por las razones mencionadas anteriormente e innumerables razones más, el modelo de análisis operacional expuesto en este documento es considerado por todos, el producto estrella desarrollado en el presente año.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La empresa colombiana de Petróleos (Ecopetrol), maneja dentro de sus actividades o prácticas operativas diarias una muy específica; el análisis operacional. En ella se reúne un personal selecto que discute e interioriza cada uno los aspectos claves para el desempeño de las plantas. Los métodos y las herramientas con las cuales se lograba este análisis, aparte de ser poco innovadoras, eran muy diferentes de un departamento a otro, por lo tanto, la información que se visualizaba en un sector, en muchos casos, no correspondía a la que se visualizaba en otro. Las dudas en el manejo de la información y la no transversalidad trajeron varios inconvenientes a la hora de generar informes, llegar a un acuerdo con respecto al mecanismo más adecuado para obtener la información, y lo más importante, inconvenientes relacionados con la filosofía de una práctica que sostiene el control diario de la refinería.

Hacer las cosas todos de la manera correcta y siempre, es uno de los lemas que ha adquirido Ecopetrol. Con dicho lema se busca la estandarización de prácticas para obtener los mejores resultados; cuando se trabaja por procesos y se logra unificar y direccionar un esfuerzo, se consiguen mejores resultados. Por lo anterior, surgió ante la empresa la necesidad de implementar un modelo enmarcado dentro de sus objetivos, que lograra establecer dicho orden y permita adecuar la práctica del análisis operacional; una práctica en la que todos hablemos el mismo idioma.

Las preguntas que se formularon en su momento con respecto a este gran problema y que posteriormente se construirían como la base de trabajo de esta práctica empresarial fueron:

- ¿Cuáles son los factores o ítems que deben ser tratados en las reuniones de análisis operacional?
- ¿Cuáles son las principales falencias u oportunidades que se encuentran al desarrollar la práctica de análisis operacional?
- ¿Cómo hacer más eficiente la entrega de turnos y la transferencia de conocimientos durante la práctica de análisis operacional?
- ¿Cuál debe ser el orden adecuado en el cual se lleve a cabo la práctica de análisis operacional?
- ¿Qué tipo de herramientas son necesarias para obtener un mejor análisis de datos e información en general?
- ¿Cómo optimizar el tiempo destinado para llevar a cabo las reuniones de análisis operacional?

Los problemas y cuestionamientos enunciados anteriormente pueden ser solucionados por medio de la estructuración de una herramienta ágil, innovadora y eficaz que sea diseñada bajo una única metodología de análisis operacional (alineada a mejores prácticas). El presente documento hace una síntesis de los resultados obtenidos durante el desarrollo de esta herramienta y su implementación en la empresa.

### **1.1. OBJETIVO GENERAL**

Diseñar, construir e implementar bajo los lineamientos de operación estructurada, un modelo que estandarice la práctica de análisis operacional, permita la transversalidad y sea construida bajo las principales metodologías y herramientas desarrolladas en cada una de las áreas operativas.

### **1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Vincular temáticas de alta transversalidad y gran importancia para la organización, con el fin de poder llevar a cabo un mayor control y seguimiento mediante la visualización diaria dentro del modelo de análisis operacional.
- Reconocer los beneficios de usar herramientas desarrolladas bajo los lineamientos de operación estructurada para su posterior aplicación dentro del rol que desempeña cada miembro en la práctica de análisis operacional.
- Asegurar un escenario en el que se presenten alternativas claras para mejorar el desempeño de la operación, que anticipe e informe sobre eventuales sucesos operacionales, con el fin de actuar en el menor tiempo posible, evitando riesgos, no conformidades y excedentes en los costos operativos
- Implementar los controles de cambios necesarios con el fin de depurar, crear o actualizar tag para la visualización de ítems claves como el seguimiento y análisis de cargas y producciones, control de lazos de corrosión, variables críticas y gestión económica.
- Implementar, divulgar y medir el impacto de la reestructuración de la práctica de análisis operacional mediante la aplicación del nuevo modelo de análisis operacional de la GRB.

## **2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA**

Ecopetrol S.A. es la empresa más grande del país y la principal compañía petrolera en Colombia. Por su tamaño, Ecopetrol S.A. pertenece al grupo de las 39 petroleras más grandes del mundo y es una de las cinco principales de Latinoamérica. Actualmente, Ecopetrol S.A. es una Sociedad de Economía Mixta, de carácter comercial, organizada bajo la forma de sociedad anónima, del orden nacional, vinculada al Ministerio de Minas y Energía, de conformidad con lo establecido con la Ley 1118 de 2006. Ecopetrol S.A. cuenta con una infraestructura que integra el proceso de transformación de hidrocarburos, para garantizar la demanda y el consumo nacional de combustibles y petroquímicos de manera rentable con estándares cada vez más altos.

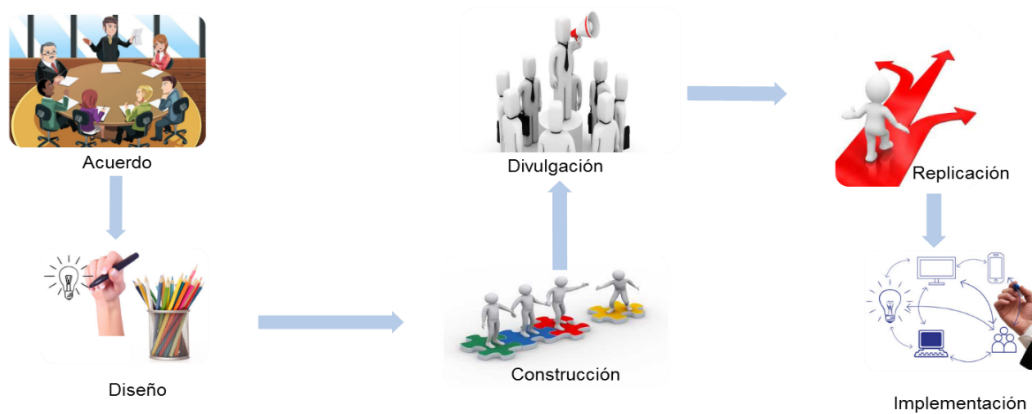
### **2.1. ORGANIZACIÓN DE LA GRB**

La Gerencia Refinería Barrancabermeja (GRB) está bajo la Dirección del Gerente General, quien cuenta con el apoyo de los Departamentos de Planeación y Programación de la Producción y el Departamento de Gestión Integral del Riesgo Operacional, quienes dan soporte a la Gerencia de Producción y la Gerencia Técnica (lugar en el que se desarrolló la práctica). Hacen parte de esta estructura varios departamentos, cuyas Coordinaciones cumplen funciones técnicas y administrativas básicas, en cada área de la refinería. La coordinación encargada de dirigir el proyecto fue la Coordinación de Ingeniería de Proceso, encargada de brindar soporte a todas las áreas o unidades de proceso en los aspectos de integridad operativa, optimización de procesos, análisis y acciones diarias, para permitir el cumplimiento de los planes y estándares de producción y calidad. En el Anexo A se muestra la estructura administrativa de la GRB.

### 3. METODOLOGÍA

En la Figura 1 se muestra la metodología empleada para el desarrollo del proyecto.

Figura 1. Metodología empleada



#### 3.1. ACUERDO

Se formó un equipo de trabajo liderado por la Coordinación de Ingeniería de Proceso, en el que participaron varios jefes de departamento (Cracking I, Cracking II, Servicios Industriales), ingenieros de varias especialidades y líderes interesados en el tema, con el fin de hablar sobre los temas concernientes al planteamiento y estructuración del nuevo modelo. Se desarrollaron varias sesiones en las que se trabajó en la definición de los pasos y la información que en esencia debe contener el análisis operacional.

### 3.2. DISEÑO DEL MODELO DE ANÁLISIS OPERACIONAL.

Con el apoyo de un diseñador gráfico, se llevó a cabo una serie de reuniones relacionadas con el diseño del nuevo modelo. En ellas, se dio a conocer los lineamientos corporativos que toda herramienta o producto audiovisual próximo a implementar debe manejar, entre ellas, color, gramática, logos y estructura estándar. Adicional a ello, se habló de los permisos sobre posibles alternativas de visualización, inclusión de nuevos iconos.

### 3.3. DESARROLLO DE LOS MÓDULOS CONTENIDOS EN LA HERRAMIENTA.

Los módulos contenidos en la herramienta y las actividades a desarrollar durante esta pasantía se encuentran recopilados en la Tabla 1.

Tabla 1. Actividades a desarrollar en cada uno de los módulos

MÓDULO		ACTIVIDADES A DESARROLLAR
MÓDULO 1. PIZARRA VISUAL		Entrenamiento en cada una de las unidades de proceso, reconocimiento en: Diagramas de Proceso, Función básica de cada sección, Función básica del proceso, Operaciones físicas y químicas, Materias Primas y Productos, Parámetros clave en la realización de Balances de Masa, energéticos y
		Identificar los indicadores claves de desempeño.
		Identificar cuales indicadores pertenecen al programa de producción y cuales manejan un rango de operación estándar (Plan de Calidad).
		Construir el pdi principal y llamar los tag identificados anteriormente (indicadores) por medio de las herramientas proporcionadas en PI ProcessBook.
		Programación de los tag que proporcionan los datos por turnos de cada variable clave de desempeño.
MÓDULO 2. OBJETIVOS OPERACIONALES		Programación de los semáforos o alarmas que miden el desempeño operacional de los indicadores con respecto al programa diario.
		Identificar las variables que son objetivos operacionales dentro de cada departamento.
		Seleccionar cuales variables corresponden al programa de producción y cuales al plan de calidad.
		Generación de tablas en las que se visualiza el valor real, programado y de diseño cada variable.
		Creación de tendencias dinámicas, las cuales muestran el desempeño de la variable con respecto a su programa. Vinculación de Cronograma en la hoja de cálculo.
MÓDULO 3. ANÁLISIS DE DESEMPEÑO	ANÁLISIS Y SEGUIMIENTO DE CARGAS Y PRODUCTOS	Creación de Macros que permiten el manejo interactivo de las hojas de cálculo.
		Identificación y creación de tags relacionados a la caracterización de las cargas que ingresan a las unidades de cada planta. Fuente CDLAB
		Esquematación de Cada Unidad de Proceso con el fin de proporcionar información general de las cargas y producciones.
		Creación de hojas de cálculo que vinculan tendencias y análisis de las variables de calidad.
		Vinculación de Cronogramas que permiten hacer estudios con rangos de tiempo deseados
	VARIABLES OPERACIONALES	Creación de Macros que permiten el manejo interactivo de las hojas de cálculo.
		Agrupar por sistemas las variables de mayor seguimiento operativo para facilitar la búsqueda de las mismas. Identificar las guías y ventanas operativas correspondientes a cada una de ellas
		Creación de semáforos o alertas que muestran las no conformidades.
		Creación de Hojas de cálculo para desarrollar los análisis estadísticos. Calcular los índices de Capacidad del proceso y la capacidad actual del proceso.
		Creación de tendencias dinámicas que permiten la visualización de la variable con respecto a sus guías de control y ventanas operativas.
	Vinculación de Cronogramas que permiten hacer estudios con rangos de tiempo deseados.	
	Creación de Macros que permiten el manejo interactivo de las hojas de cálculo.	

<b>MÓDULO3. ANÁLISIS DE DESEMPEÑO</b>	<b>GESTIÓN ENERGÉTICA</b>	Identificar las variables de producción y consumo de vapor, aportes y consumos de gas, consumo y producción de energía eléctrica para establecer el balance energético. Corroborar los datos de los índices de consumo y producción de vapor de las distintas unidades. Recopilar la información concerniente a las variables asociadas al desempeño de los hornos de cada una de las áreas operativas de la GRB.
	<b>GESTIÓN AMBIENTAL</b>	Recopilar y plasmar la información relacionada al aspecto ambiental, el aporte de cada departamento al cabezal de gas ácido, slop, aguas agrias, etc. Generar gráficos de flujo de gas a quema en teas y el peso molecular del gas transportado hacia la tea
	<b>BALANCES DE MASA</b>	Recopilación de hojas de cálculo con las que se realizan balances de masa de cada una de las unidades
	<b>GESTIÓN ECONÓMICA</b>	Creación de tag que proporcionen los precios de ciertos productos y materias primas. Identificar entradas y salidas del proceso y realizar los cálculos del Margen de Hidrocarburos
	<b>GUÍAS DE CONTROL Y VENTANAS OPERATIVAS</b>	Identificación todas las variables de la planta juntos con sus guías y ventanas.
	<b>LAZOS DE CORROSIÓN</b>	Crear los tags de Velocidad de Corrosión y esquematizar los lazos de corrosión más críticos en las diferentes unidades de proceso.
	<b>EQUIPOS CRÍTICOS</b>	Recopilar y plasmar el listado de los equipos críticos de cada unidad operativa. Identificar los tag que se llevan en las rondas para registrar el estado de operación de los equipos.
<b>MÓDULO 4. HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS</b>	Recopilar los documentos enfocados al análisis de solución de problemas. Troubleshooting Recopilar los diagramas de relación de parámetros. Generar vínculos con el Informe de análisis de desempeño. (Link) Generar vínculos con las rondas inteligentes. Generar vínculos con la herramienta HAGO	
<b>MÓDULO 5. GESTIÓN INTEGRAL POR PROCESOS</b>	Identificar cuales son las líneas de producción clave en las que intervienen unidades de proceso específicas	
<b>MÓDULO 6. DIAGRAMAS DE PROCESO</b>	Recopilar y actualizar(dado el caso) los diagramas de proceso de las unidades Esquematizar los diagramas de proceso e identificar las variables mas importantes para su visualización en los despliegues a desarrollar	
<b>MÓDULO 7. MATERIAL DE CONSULTA</b>	Recopilar el material que se considere de consulta, tal como: manuales de operación, listado de equipos, materiales e insumos de cada uno de los departamentos, etc.	

### 3.4. DIVULGACIÓN DE LA PROPUESTA

La propuesta desarrollada con cada uno de los lineamientos mencionados anteriormente se llevó a uno de los escenarios de mayor foco organizacional. En las reuniones de Operación Estructurada con los líderes de confiabilidad se generaron discusiones sobre la metodología de implementación del prototipo en las demás áreas operativas, se discutió de la generación de cronogramas de acuerdo a la disponibilidad del personal de operaciones con el que se trabajaría y

las actividades que se desarrollarían en cada uno de los departamentos. Una vez construido el modelo en los demás departamentos, se realizó un lanzamiento oficial, junto con un plan de acción que tuvo como objetivo entrenar a todos los miembros de la organización encargados de las reuniones de análisis operacional.

## 4. RESULTADOS.

### 4.1. ACUERDO

Como resultado de las sesiones de trabajo se construyeron algunas propuestas que contenían todos los aportes y sugerencias de varias especialidades. El nuevo modelo de análisis operacional debía tener las siguientes características:

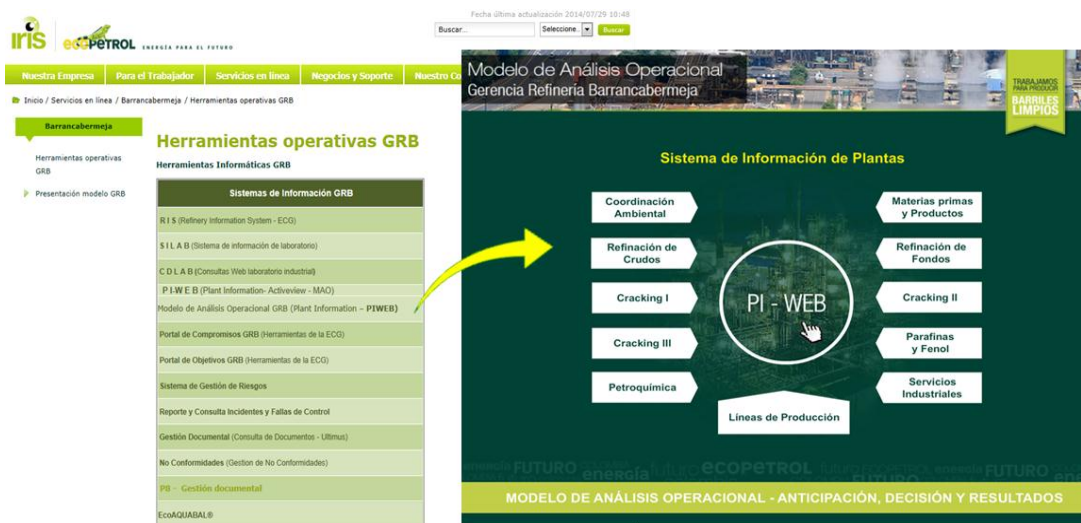
- ✓ Ser una herramienta predictiva y/o preventiva, que maneje detallados análisis estadísticos. Dentro de esas sesiones se hizo énfasis en la trazabilidad, análisis de datos con flexibilidad en el tiempo de análisis, siendo funciones indispensables para el control riguroso de las variables críticas.
- ✓ El modelo debía estar situado en un lugar de fácil acceso para cada uno de los miembros de la empresa, por lo tanto se definió que la plataforma en la que se ubicaría sería en la página web corporativa llamada IRIS. El modelo de análisis operacional entró a hacer parte del grupo de las herramientas de la GRB junto con RIS, CDLAB, Portal de Compromisos, entre otros. La ruta de acceso se muestra en la Figura 2.
- ✓ La construcción de la herramienta debía ser a partir del sistema PI, empleando los software PI DataLink y ProcessBook, que contienen toda la información en tiempo real de las unidades de proceso (flujos, temperaturas, niveles, entre otros) que son necesarias para visualizar el desempeño de las mismas (Ver Anexo B).
- ✓ El modelo debía ser de fácil manipulación, permitiendo acceder a los reportes y tendencias de la manera más rápida, con mejores rendimientos en la transferencia de datos.

✓ Debía contener o estar fundamentado en la confiabilidad.

La propuesta desarrollada con cada uno de los lineamientos mencionados anteriormente basada en el departamento de Craqueo Catalítico II, fue llevada a uno de los escenarios de mayor foco organizacional.

En las reuniones de Operación Estructurada con los líderes de confiabilidad se generaron los cronogramas, se acordó la disponibilidad del personal de operaciones con el que trabajaría y las actividades que se desarrollarían en cada uno de los departamentos. Se socializó a cada una de las áreas operativas, de forma tal que todos tuvieran el conocimiento, información y la metodología que se desarrollaría para poder replicar el modelo que tuvo como piloto el departamento de Cracking II. Aunque el informe presenta el desarrollo del modelo en un solo departamento, el trabajo fue realizado igualmente para las unidades de Refinación de Fondos, Petroquímica, Parafinas, Refinación de Crudos, HDT, Cracking I, Cracking III y Servicios Industriales Balance.

Figura 2. Ruta de acceso al Modelo de Análisis Operacional



## **4.2. DESCRIPCIÓN DE LA HERRAMIENTA DESARROLLADA.**

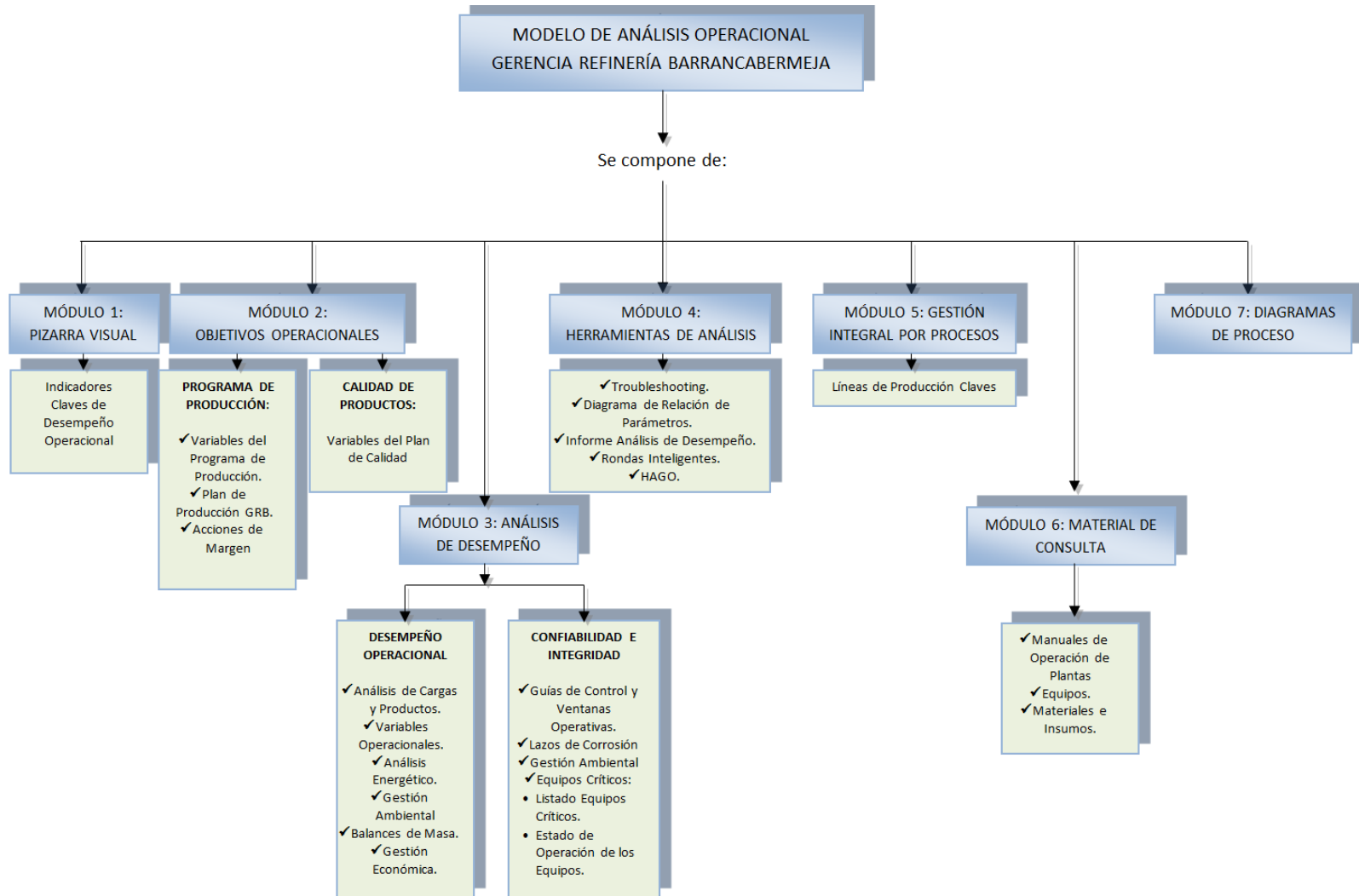
**4.2.1. Esquema General del Modelo de Análisis Operacional** Una visión del Modelo de Análisis Operacional diseñado durante esta pasantía y que fue propuesto a la Gerencia de la Refinería de Barrancabermeja es presentada en la Figura 3.

**4.2.2. Interfaz inicial de la herramienta** Al ingresar por medio del vínculo Modelo de Análisis Operacional presentado en la página web (Ver Figura 2), se despliega una pantalla (Entrada principal) en la que se encuentra el listado de los departamentos y un despliegue clave denominado: Líneas de Producción.

Posteriormente, al ingresar en cada departamento se observa una plantilla principal en la que se encuentran una pizarra visual y 6 botones: objetivos operacionales, análisis de desempeño, herramientas de análisis, material de consulta, gestión integral por procesos y diagramas de bloques. Cada botón está relacionado con un módulo; la descripción de los mismos se da a continuación.

**4.2.3. Módulo 1. Pizarra o Tablero de Resultados** Siempre que se desee mejorar o simplemente evaluar algo dentro de una empresa se requiere del uso de indicadores, por lo tanto, este módulo proporciona un informe de resultados en tiempo real de cada una de las variables claves de desempeño de las unidades de proceso. Las variables allí listadas permiten tener un conocimiento general del estado de la operación y la forma en la que transcurren los turnos. Se tiene un semáforo que muestra el cumplimiento de las variables con respecto al programa diario, gracias a ello se puede dar mayor énfasis a aquellos indicadores que se encuentran fuera de unos rangos o programas definidos.

Figura 3. Estructura del Modelo de Análisis Operacional



En la Figura 4, se puede observar la plataforma inicial para ingresar al modelo en las áreas operativas. Como se dijo anteriormente, los resultados obtenidos estarán enfocados en el departamento de Craqueo Catalítico II.

Figura 4. Módulo 1. Pizarra Visual



En la pizarra se encuentran listadas las variables de tipo volumétrico, encabezadas por carga a cracking (Carga al Riser), Rendimiento de etileno, Producción de PGR, entre otros. Las variables de tipo calidad, se muestran en la parte inferior de la pizarra, su programa se encuentra regido por unos límites o planes de calidad, entre ellas se encuentran: metano en etano etileno, corrosión de PGR, corrosión de butano. En la parte lateral de la pizarra se muestra en miniatura una tendencia que al darle doble clic sirve de vínculo para acceder de forma inmediata al desempeño de la variable en las últimas 8 horas, no obstante, es posible modificar el tiempo de visualización de la misma.

**4.2.4. Módulo 2. Objetivos Operacionales** Es el conjunto de metas que se busca alcanzar en el período analizado para lograr los máximos beneficios económicos posibles de cada proceso. Estos objetivos pueden ser entre otros; máxima conversión de nafta hacia aromáticos, máxima extracción de ceras y bases, mínimo consumo de energía, mínimo consumo de solvente, máximo rendimiento de PGR. Estos objetivos fueron ampliamente compartidos y validados por todos los responsables del proceso. La Figura 5 hace referencia al menú del módulo de los objetivos operacionales, en él se encuentran unas subdivisiones que tienen en cuenta las variables que son de tipo volumétrico y que se encuentran dentro del programa de producción y aquellas que son de tipo calidad y obedecen al plan de calidad de los productos.

Figura 5. Menú Módulo 2. Objetivos Operacionales



**4.2.4.1. Programa de Producción** El primer vínculo denominado “Programa de Producción Departamento de Cracking II” tiene en cuenta las variables que el departamento de Planeación de la Producción proyecta semanalmente para cada área operativa, dichos planes marcan los límites en el desempeño de los procesos y de la misma forma se evalúan los procedimientos que el equipo liderado por el

ingeniero de proceso adecua para poder cumplir o mantener en control las variables que afectan cada uno de los objetivos. Las proyecciones establecidas están sujetas a modificaciones, puesto que las plantas pueden presentar cambios operacionales o sucesos no previstos como paradas de planta no programada y fallas en los equipos críticos, de forma tal que limitan la producción y los rendimientos.

La Tabla 2 presenta el listado de los objetivos operacionales del departamento de cracking II junto con su respectivo plan y su dato de diseño. El segundo y tercer botón del grupo programa de producción, están relacionados con vínculos a archivos que maneja el plan de todas las áreas operativas de la GRB y las acciones de margen de la organización, respectivamente, con el fin de tener una visión integral de la refinería.

Tabla 2. Programa de Producción.

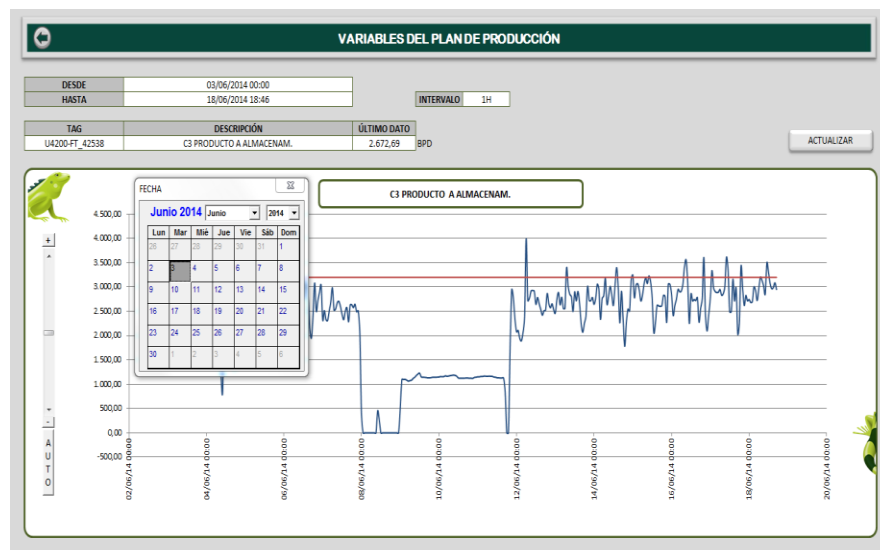
PROGRAMA DE PRODUCCIÓN DPTO. CRACKING II						ACTUALIZAR						
CARGAS A CRACKING II						PRODUCCIONES CRACKING II						
INDICADOR	TIPO	UOM	ACTUAL	ULTIMAS 8H	AYER	INDICADOR	TIPO	UOM	ACTUAL	ULTIMAS 8H	AYER	
CARGA TOTAL A REACCIÓN	REAL		30.247,01	30.246,90	30.231,52	H25 T-4282	REAL	SCFH	37.810,94	38.188,77	40.081,33	
	PROGRAMADO	B/D	30.000,00	30.000,00	30.000,00		PROGRAMADO			0,00	0,00	0,00
	DISEÑO			35.000,00								
GAO	REAL		22.211,37	22.399,40	22.212,37	GAS COMBUSTIBLE	REAL	KSCFH	742,54	768,94	734,06	
	PROGRAMADO	B/D	20.800,00	20.800,00	20.850,00		BPD	3.841,77	3.978,36	3.797,92		
	DISEÑO			22.000,00			%	11,69	13,15	11,54		
DMO/DMOH	REAL		7.466,87	7.494,51	7.669,74	PRODUCCIÓN ETANO ETILENO	REAL	%	0,00	0,00	1,99	
	PROGRAMADO	B/D	9.200,00	9.200,00	9.150,00		PROGRAMADO			6,40	6,40	6,40
	DISEÑO			13.000,00			DISEÑO				4,87	
CRC	REAL		7.458,28	6.974,41	7.322,04	REAL	Lb/h	0,00	0,00	601,33		
	PROGRAMADO	B/D	0,00	0,00	0,00	PROGRAMADO			9.000,00	9.000,00	9.000,00	
	DISEÑO					DISEÑO			180,26	412,42	472,01	
DMO	REAL		7.500,00	7.500,00	7.899,72	PRODUCCIÓN PGR	REAL	B/D	3.000,00	3.000,00	3.000,00	
	PROGRAMADO	B/D	9.200,00	9.200,00	9.150,00		PROGRAMADO					
	DISEÑO			5.000,00			DISEÑO				4.000,00	
DMOH	REAL		0,00	0,00	0,00	BUTANO ALQUILACIÓN	REAL	B/D	8,25	9,10	8,20	
	PROGRAMADO	B/D	0,00	0,00	0,00		REAL	%	0,00	0,00	0,00	
	DISEÑO			8.000,00			DISEÑO				0,00	0,00
C4 LÍQUIDOS	REAL		0,00	0,00	0,00	BUTANO GLP	REAL	B/D	4.236,97	4.522,14	4.654,77	
	PROGRAMADO	B/D	0,00	0,00	0,00		REAL	%	14,00	14,95	15,40	
	DISEÑO			1.934,19	2.910,76		2.553,09	DISEÑO			24,39	23,06
GASES D-313	REAL	B/D	0,00	0,00	12.576,87	RENDIMIENTO GLP	PROGRAMADO	%	30,00	30,00	30,00	
	PROGRAMADO	B/D	58.062,11	56.203,54	46.988,06		DISEÑO				32,00	
	DISEÑO						REAL	B/D	6.943,27	7.859,60	7.844,21	
GASES D-308	REAL	B/D	58.062,11	56.203,54	46.988,06	REAL	%	743,91	677,65	689,86		
	PROGRAMADO	B/D	5.105,91	3.664,21	15.228,25	REAL			55,57	68,38	57,20	
	DISEÑO			500.000,00		PROGRAMADO	%	56,00	56,00	56,00		
GASES C-245	REAL	B/D	0,00	0,00	0,00	RENDIMIENTO NAFTA (DEBUTANIZADA + PESADA)	DISEÑO			57,00		
	PROGRAMADO	B/D	0,00	0,00	0,00		REAL	B/D	13.741,34	14.803,41	14.373,04	
	DISEÑO						REAL	%	2.879,96	2.887,30	2.833,88	
RENDIMIENTO ALC	REAL		14,02	13,99	14,87	RENDIMIENTO SLURRY	REAL	B/D	3.669,63	3.613,11	3.383,71	
	PROGRAMADO	%	14,00	14,00	14,00		REAL	%	73,85	74,15	74,10	
	DISEÑO						PROGRAMADO			75,00	75,00	75,00
RENDIMIENTO SLURRY	REAL	B/D	4.228,35	4.245,13	4.457,17	DISEÑO						
	PROGRAMADO	%	11,00	11,00	11,00							
	DISEÑO											
CONVERSIÓN	REAL	B/D	73,85	74,15	74,10							
	PROGRAMADO	%	75,00	75,00	75,00							
	DISEÑO											

**4.2.4.2. Plan de Calidad** Cuando se avanza hacia el cumplimiento del plan de calidad se encuentra un listado muy similar al listado de Programa de Producción. Este listado hace referencia a las variables que se analizan del producto o los productos que se dan en cada departamento, para este caso, se tiene información relacionada a la calidad nafta, el PGR, Butano, Alquilato, entre otros (Ver Anexo C).

Los botones ubicados en la parte lateral de cada listado, permiten acceder a un escenario en el que se visualiza el comportamiento de las variables dentro de un período de tiempo (el cual se modifica por medio de un calendario, ver Figura 6) con respecto a la meta o al programa que rige para asegurar un mayor control y cumplimiento.

Como se puede observar, la gráfica maneja unas aplicaciones que permiten darle un mayor acercamiento a la tendencia o ajuste en las escalas y tiene un botón que tiene en cuenta las modificaciones y actualiza el esquema en general.

Figura 6. Escenario de Visualización de Tendencias



## 4.2.5. Módulo 3. Análisis de Desempeño

**4.2.5.1. Desempeño Operacional** El módulo 3 contiene una subdivisión que hace énfasis en el Desempeño Operacional de las unidades de proceso. Para determinar el nivel de desempeño de una organización se requiere hacer una evaluación del mismo, y para evaluarlo es necesario medir su estado actual y compararlo con el estado deseado. Para realizar cualquier medición hay que contar con indicadores que correspondan con la variable analizada. El módulo presente analiza cada uno de los parámetros que afectan directamente el cumplimiento de los compromisos de producción e integridad y los enmarca en unos lineamientos denominados guías de control y ventanas operativas que aseguran el adecuado desempeño de las unidades de proceso. Como se puede observar en la Figura 7 los temas tratados en el desempeño operacional son:

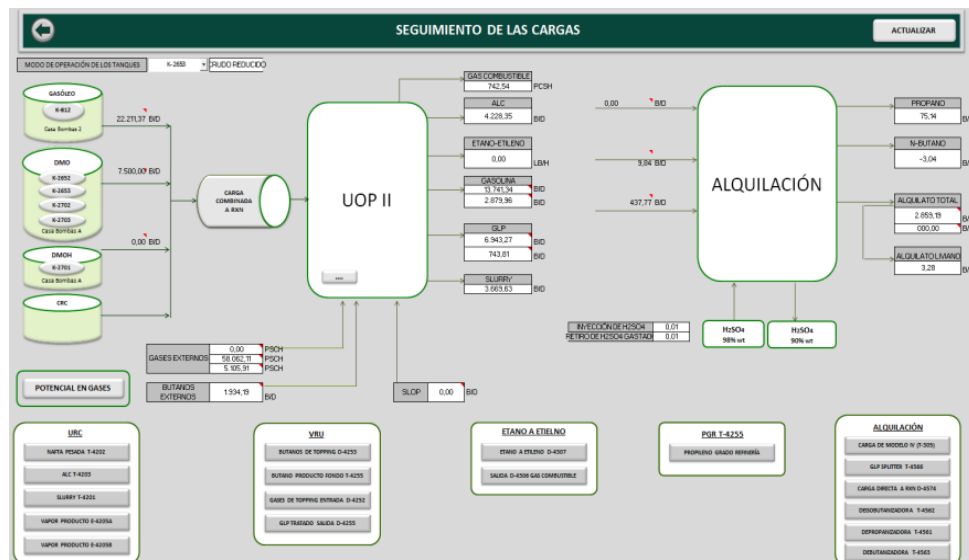
Figura 7. . Menú Análisis de Desempeño



**4.2.5.1.1. Análisis y seguimiento de Cargas y Productos** Para la empresa es de gran importancia mantener ciertas variables (API, contenido de metales, contenido de azufre, acidez de las cargas, entre otros) dentro de límites por motivos de integridad operativa y para cumplir con las especificaciones de los productos. En este ítem se busca visualizar cada una de las líneas de proceso de las unidades y llevar el seguimiento en tiempo real de las variables relacionadas con la caracterización de las cargas que ingresan a las unidades de cada planta. Ver Figura 8.

Cuando ingresamos a los tanques de carga, tenemos información relacionada al volumen y temperatura que maneja cada uno de ellos, además presenta los datos de su caracterización. La herramienta presenta alarmas o llamados de atención indicados con color rojo en la pantalla, para destacar aquellas variables que incumplen los planes de calidad. (Ver Anexo D).

Figura 8. Seguimiento de Cargas y Productos.



**4.2.5.1.2. Variables Operacionales** Las variables operacionales de mayor seguimiento o variables críticas son las principales variables del proceso y que en forma directa son las responsables que los objetivos operacionales se cumplan. Ejemplos de estas variables pueden ser: temperatura de convertidores, temperaturas y presiones de reacción, relación solvente carga, temperatura de filtración, temperatura de salida de hornos y exceso de oxígeno en la chimenea, gases a la tea, pérdidas de solvente, entre otras.

Si estas variables de control se mantienen dentro de rangos aceptables de operación (estándares) y su desviación estándar es cada vez menor, la probabilidad de que nos estemos acercando al óptimo del proceso es muy alta y por ende los objetivos operacionales se deberán estar cumpliendo en óptimo grado.

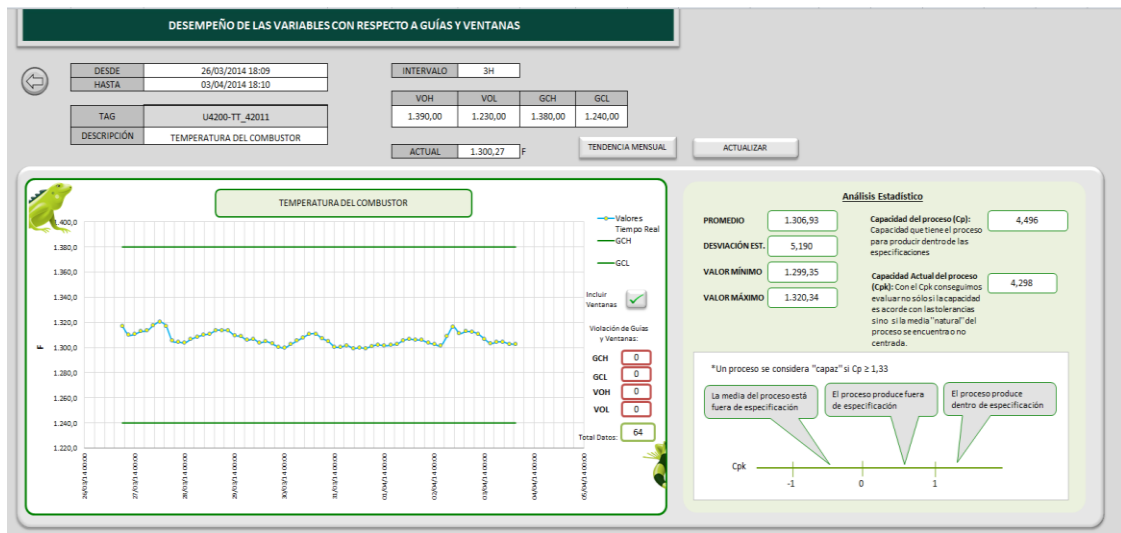
En control avanzado de procesos, estos puntos de control óptimo son los «Setpoints»; principal foco de la operación. Para facilitar la búsqueda de las variables, se clasificaron o se agruparon de acuerdo a sistemas o a los equipos en los que se encuentran asociadas, por ejemplo, la Tabla 3 muestra el listado de las variables críticas ubicadas en el sistema o unidad de ruptura catalítica. Se puede observar que la tabla tiene los datos en tiempo real de cada una de las variables, el promedio de las últimas 8 horas y el promedio del día anterior.

Por medio de los botones ubicados en la parte lateral de la Tabla 3 y con el objetivo de tener un mayor control de dichas variables, la herramienta hace un estudio estadístico del comportamiento de las mismas, teniendo indicadores que miden la capacidad del proceso (Ver Anexo E) y diversos contadores que permiten medir dentro de un periodo de tiempo las veces que han sido violadas las guías de control y las ventanas operativas (Ver Figura 9).

Tabla 3. Listado de las Variables Críticas en la URC de Cracking II.

DESEMPEÑO DE LAS VARIABLES CLAVES DE UOP II CON RESPECTO A GUÍAS Y VENTANAS						
						ACTUALIZAR
SISTEMAS	VARIABLES RELACIONADAS	ACTUAL	ÚLTIMAS 8H	AYER	TENDENCIA (GUÍAS Y VENTANAS)	
UNIDAD DE RUPTURA CATALÍTICA (URC)	CARGA	NIVEL DE TAMBOR DE CARGA	65,32	65,42	65,43	✓
		TEMPERATURA DE SUCCIÓN P4212A/B	181,68	181,46	181,91	✓
	REACTOR	FLUJO DE CARGA COMBINADA (BPD)	30.267,01	30.246,80	30.248,89	✓
		DESIDAD CATALIZADOR R-4201 (LB/FT3)	48,16	48,04	48,01	✓
		INDICADOR DE NIVEL DESPOJ. R-4201 (%)	74,02	74,04	76,78	✓
		CONTROL DE NIVEL DESPOJ. R-4201 (%)	74,87	74,99	76,07	✓
		VELOCIDAD EN EL RISER DE RX4201 (FT/S)	0,00	0,00	0,00	✓
		TEMPERATURA DE REACCIÓN (°F)	989,67	990,01	989,98	✓
		PRESIÓN EN EL REACTOR (PSIG)	23,47	23,59	23,84	✓
		TEMPERATURA DE PRECALIENTE (°F)	380,73	381,42	376,05	✓
		DIFERENCIAL DE PRESIÓN RX-RG	3,05	3,00	3,00	✓
	REGENERADOR	FLUJO DE AIRE AL REGENERADOR (SCFH)	5.474.829,00	5.441.284,14	5.450.998,04	✓
		TEMPERATURA COMBUSTOR (°F)	1.327,67	1.323,86	1.323,02	✓
		VELOCIDAD DE LOS CICLONES PRIMARIOS (FT/S)	67,60	67,69	67,24	✓
		VELOCIDAD DE LOS CICLONES SECUNDARIOS (FT/S)	78,16	78,26	77,75	✓
		DENSIDAD CATALIZADOR REGENERADO (LB/FT3)	42,96	42,32	41,84	✓
		T. FASE Densa (U4200-TL_42013)(ADM)	1.360,12	1.358,23	1.356,68	✓
		T. FASE DILUIDA (U4200-TL_42020)(°F)	1.378,39	1.376,45	1.374,97	✓
		PRESIÓN EN EL REGENERADOR (PSIG)	26,71	26,83	27,09	✓
		NIVEL DE REGENERADOR (%)	64,49	65,09	64,10	✓
		EXCESO DE O2 (%)	2,90	2,89	2,88	✓
	D-4206	GAS PROVENIENTE DEL D-313 (PCEH)	4.168,96	3.664,08	4.146,09	✓
		NIVEL HIDROCARBURO D-4206 (%)	46,47	49,23	49,00	✓
		SALIDA DE AGUAS AGRIAS D-4206 (BPD)	58.218,39	58.376,24	59.689,28	✓
		REFLUJO DE CIMA A T-4201 (BPD)	20.931,31	20.985,25	21.541,70	✓

Figura 9. Análisis estadístico de la variable crítica seleccionada.

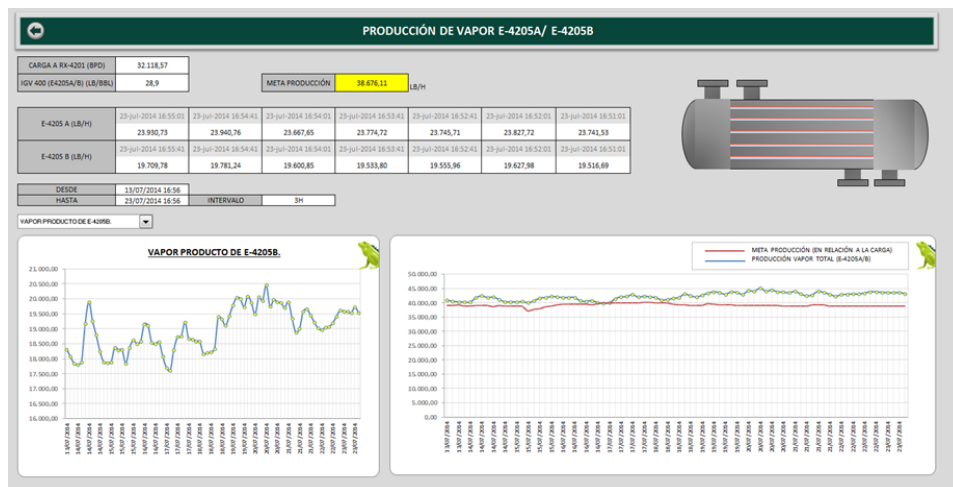


**4.2.5.1.3. Análisis Energético** En este ítem se realizó un estudio de las variables relacionadas con:

- Producción y consumo de vapor de 50, 250 y 400 psi, baja, media y alta presión respectivamente.
- Aportes y Consumo de Gas Combustible.
- Consumo y Generación de Energía Eléctrica.

Las variables energéticas mencionadas permitieron realizar un estudio energético en el departamento de Cracking II. El análisis energético permite observar donde se está desperdiciando la energía, donde se debe reparar o mantener un equipo o instalación para garantizar una mejor operación y poder optimizar los costos

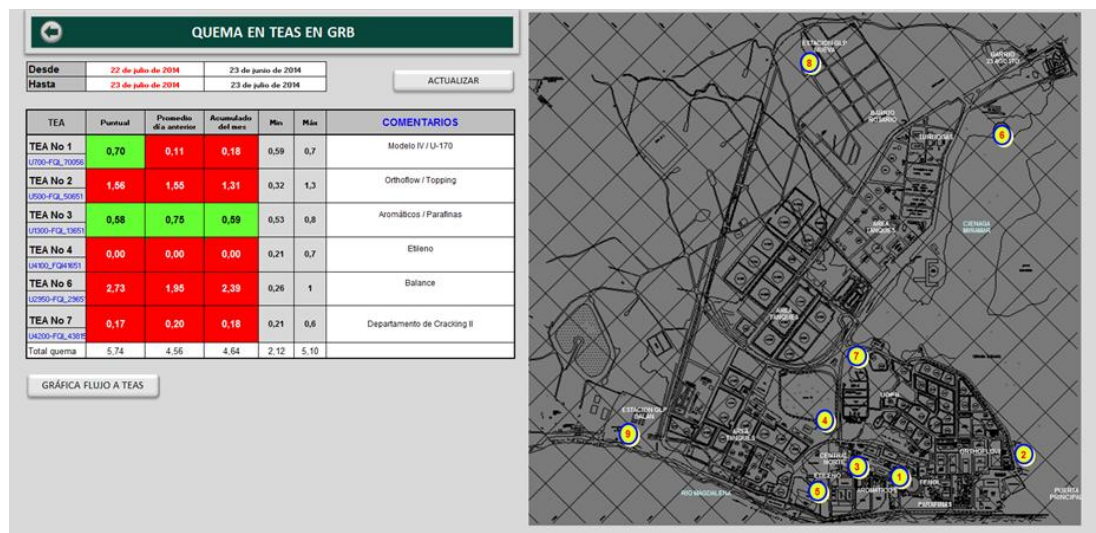
Figura 10. Análisis Energético. Producción de Vapor de 400 psi.



**4.2.5.1.4. Gestión Ambiental** Dentro de sus lineamientos, Ecopetrol S.A. maneja todo tipo de control relacionado con las emisiones, vertimientos, flujos de gases a las teas, slop, aguas agrías, permitiendo mantener dichos aspectos bajo ciertos niveles o rangos de acuerdo a las normas y estándares ambientales.

Por medio de la herramienta se logró llevar un balance de aguas agrias y flujos de gases a las teas de manera estandarizada. La herramienta permite analizar cuál ha sido el departamento que cumple o incumple dicha normatividad y para ello, presenta unas alarmas que hacen un llamado de atención para su correspondiente acción. En la Figura 11 se observa el despliegue de seguimiento de flujo hacia las teas

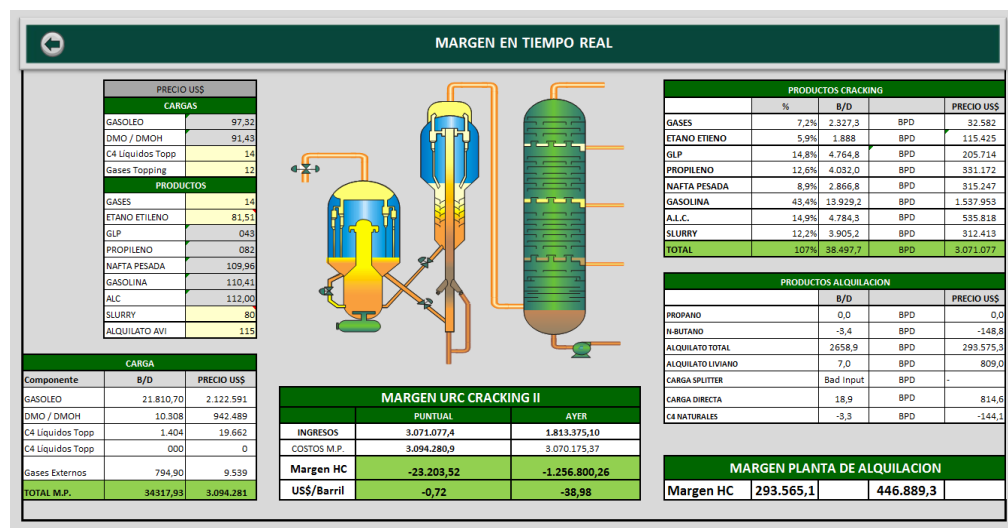
Figura 11. Quema en Teas en la GRB



**4.2.5.1.5. Balances de Masa** Uno de los procedimientos que se lleva a diario dentro de las plantas es el balance de masa, el cual es ejecutado por los ingenieros de proceso de cada área. El principal objetivo de incluir dichas hojas de cálculo dentro de la herramienta es el de presentar el estado real de la producción de cada una de las plantas a la Gerencia en una pantalla resumida. El segundo objetivo es el de capacitar a toda el área operativa en el desarrollo de dichos balances. En la herramienta se muestra cada uno procedimientos claves para llevar el balance de cada unidad (Menú Balances de Masa. Anexo F).

**4.2.5.1.6. Gestión Económica** El aspecto económico es uno de los más importantes, en este tema, la herramienta muestra un balance económico relacionado al margen hidrocarburo, por ende, podemos observar cómo la operación contribuye a ganancias o pérdidas para la organización. Se logró llevar en automático los precios de las materias primas y productos de cada unidad de proceso, por lo tanto, la herramienta muestra el resultado del margen económico día a día manteniendo actualizados los precios vigentes según el mes de operación (Ver Figura 12).

Figura 12. Balance Económico. Margen Hidrocarburo.



**4.2.5.2. Confiabilidad e integridad** La segunda parte del módulo 3 está relacionada con la confiabilidad e integridad de las unidades de proceso a tratar, por ello, el modelo hace un estudio de las guías de control y las ventas operativas, visualización del estado de los lazos de corrosión en los diferentes sectores críticos de la operación y se puede visualizar aspectos claves de los equipos críticos.

**4.2.5.2.1. Guías de Control y Ventanas Operativa** Por medio del modelo se puede visualizar el listado de todas las variables de la planta juntos con sus guías y ventanas. Todas las variables, críticas y no críticas se encuentran listadas, se observa si están dentro de dichos límites o por el contrario no lo están, para poder formular acciones de mejora y control de las mismas.

**4.2.5.2.2. Lazos de Corrosión** Unos de los temas de mayor foco en cuanto a confiabilidad e integridad de los equipos son los lazos de corrosión. En este ítem, la herramienta muestra cual es el estado de los lazos de corrosión observando la velocidad de los mismos junto con las variables asociadas a ella. Se puede observar, además, cómo ha sido la trazabilidad de dichos datos y se grafica conforme a la guía o límite que asegura la integridad del equipo en el sector o área crítica.

Los lazos de mayor importancia son graficados para tener una visión un poco más completa del mismo, por ejemplo: el lazo de cima de las torres fraccionadoras de las cracking tienen un mayor seguimiento dentro de la herramienta, permitiendo observar la ubicación de cada uno de los cupones de corrosión y el material en el que está hecho (Ver Anexo G).

**4.2.5.2.3. Equipos críticos** De todos los equipos que maneja cada departamento, un porcentaje pequeño (aproximadamente el 10%) son el corazón del proceso, por lo tanto, estos equipos deben ser mantenidos en perfecto estado, con alta confiabilidad y con la atención y cuidado permanente del operador, pues de dichos equipos depende que los objetivos operacionales se cumplan total o parcialmente. Por medio de la herramienta, es posible tener el listado de los equipos críticos de la planta, además, se tiene la información actualizada del modo de operación de cada uno de los equipos del departamento, se observa si están

en operación normal, falla, stand-by o por el contrario, están fuera de operación. Adicional a ello, se manejan datos para los sistemas de bombeo, para asegurar flujos superiores a los mínimos y evitar daños por cavitación, por ende se visualiza el flujo actual de la bomba y las guías en las que debe estar.

**4.2.6. Módulo 4. Herramientas de Análisis** En este ítem, la herramienta permite tener acceso a documentos y aplicaciones que permiten realizar un análisis dadas las condiciones o casos específicos que se quieran estudiar. Se tienen los documentos de análisis de solución de problemas o troubleshooting, diagramas de relación de parámetros, informe de análisis de desempeño, rondas inteligentes y HAGO (Herramienta de Gestión Operacional).

**4.2.7. Módulo 5. Gestión Integral por Procesos** Teniendo en cuenta cuales son las líneas de producción clave en cada una de las plantas, se muestra toda la información acerca de estos productos desde el punto de vista global, cómo los demás departamentos y/o unidades contribuyen a la producción y calidad de los mismos.

**4.2.8. Módulo 6. Diagramas de Bloques** Se muestran los esquemas o diagramas de proceso actualizados, además se visualizan los datos en tiempo real de las variables de mayor seguimiento operacional (Ver Anexo H).

#### **4.2.9. Módulo 7. Material de Consulta**

En esta sección se logró recopilar el material considerado de consulta, tal como: manuales de operación, listado de equipos, materiales e insumos de cada uno de los departamentos, entre otros (Ver Anexo I)

#### **4.3. Divulgación e Implementación.**

El modelo de Análisis Operacional tuvo un lanzamiento oficial el día 4 de Julio de 2014, fecha en la que se hizo visible el modelo para los departamentos Cracking II, Refinación de Fondos, Petroquímica y Parafinas. En esa misma fecha, estaba disponible el manual de usuario, el cual es didáctico y asegura el entendimiento de la herramienta haciendo una evaluación final sobre el uso y navegación por cada uno de los módulos. El 30 de Julio de 2014 se dio a conocer el modelo para los departamentos Refinación de Crudos, HDT, Servicios Industriales Balance, Cracking I y Cracking III.

El proceso de divulgación ha tenido varios escenarios claves, entre ellos:

- Publicidad en los medios de comunicación de la empresa. Notas en la página web corporativa, correos electrónicos que mostraban el link de acceso e incitaban la visualización de la herramienta.
- En las reuniones de análisis operacional, los ingenieros de proceso se encargan de asegurar el uso del modelo y además, brindan entrenamiento y comparte la guía de usuario.
- Todos los martes y miércoles, se llevan a cabo sesiones en las que se habla del plan estratégico de la GRB. En dichas sesiones, se tienen en cuenta las principales prácticas desarrolladas en la empresa con las que se obtiene una mejor gestión integral por procesos y por lo tanto, se da entrenamiento sobre la herramienta.

#### **4.3.1. Logros obtenidos con la implementación del modelo de Análisis Operacional:**

- Automatización de datos.
- Gracias al proyecto fue posible automatizar el 80% de los datos manuales que manejaba la refinería en diferentes áreas como Parafinas, Petroquímica, Materias Primas, entre otros. Desde el mes de Febrero de 2014 es posible visualizar la trazabilidad y hacer un adecuado seguimiento de los datos que se llevaban manualmente en dichas áreas operativas.
- Beneficios Económicos y Ventajas en la Optimización del Tiempo. Dentro de los resultados que se observan al implementar el modelo de análisis operacional, se tiene la optimización del tiempo de búsqueda de información clave para generar los informes respectivos. El tener en un solo sitio todos los datos, procedimientos y herramientas permite un mayor énfasis en el análisis de datos y menor tiempo en organizar la información. Lo anterior se traduce en mayor control operativo, impactos económicos (mejores rendimientos, disminución de incidentes operativos, aseguramiento de entregas perfectas) y organizacionales para la empresa.

La Tabla 4 muestra un comparativo de los tiempos en los que se desarrollaba el informe, teniendo en cuenta las fuentes que debía consultar el operador antes de ello, la metodología adoptaba de forma independiente por cada uno de ellos y la aplicación del nuevo modelo de análisis operacional (Ver Anexo J. Metodología de las reuniones de Análisis Operacional). Adicional a ello, se realizó un cálculo en el que se muestran las horas hombre que se optimizan y el costo respectivo de ellas, por lo tanto se da un informe en el que se muestra el ahorro o ganancia anual obtenida al implementar la herramienta solo teniendo en cuenta este aspecto.

Como se muestra en la tabla, la oportunidad que se presentaba para la generación de informes y reportes de análisis era bastante alta, la aplicabilidad del nuevo modelo reduce a 38 minutos la búsqueda y preparación de la información, el tiempo que se logra optimizar es de 150 minutos (2.5 horas) diarios, los cuales se traducen económicamente \$198'000.000 anuales (Ver Tabla 5).

Tabla 4. Actividades previas a las reuniones de Análisis Operacional y tiempo de inversión.

	Actividad	MÉTODOS ANTIGUOS		APLICANDO EL MODELO	
		Fuente	Tiempo Aproximado [min]	Fuente	Tiempo Aproximado2[min]
Balances de Masa de Masa	Generación de Balances de Masa y su respectivo reporte	Hojas de cálculo	40	Balances de Masa	10
Análisis de Indicadores del área	Revisión de programa de cargas.	Sharepoint	10	Pizarra Visual	2
	Revisión de programa de Producciones	RIS	10	Pizarra Visual	2
	Revisión Plan de Calidad	CDLAB	13	Pizarra Visual	2
Reporte de No conformidades	Revisión de Guías y Ventanas. Reporte de las no conformidades	RIS	15	Análisis de Desempeño	3
	Revisión de emisiones, quema en teas, cabezales de vapor	RIS	15	Gestión Ambiental	3
	Aditivos especiales (Adición de cataizador)	Reportes Anteriores	15	Objetivos Operacionales	3
	Revisión de estado de equipos	Rondas Operativas	30	Estado de Operación de Equipos	3
Elaboración de Plan de Acción	Revisión de los históricos de las variables causantes de no conformidades	Hojas de cálculo	20	Variables Operacionales Objetivos Operacionales	5
	Análisis de Relación de parámetros	Hojas de cálculo	20	Herramientas de Análisis	5
		<b>TOTAL</b>	<b>188</b>		<b>38</b>

Tabla 5. Resultados económicos generados al implementar el modelo

Horas Hombre Optimizadas al día	No. de Departamentos	Salario Horario Aproximado (Tableristas y Operadores) [\$]	Valor ajuste esperado mensualmente [\$]	Valor ajuste esperado anualmente [\$]
2.5	11	20.000	16.500.000	198.000.000

## 5. CONCLUSIONES

- Se desarrolló e implementó una herramienta innovadora, ágil y sencilla que sirve como soporte para el análisis de desempeño de los procesos productivos o análisis que se deben realizar diariamente en cada cuarto de control por parte de operadores, supervisores e ingenieros responsables.
- La herramienta mostrada contiene una estructura de 7 módulos claramente identificados en los que se encuentra toda la información relativa a seguimiento de variables críticas, indicadores claves de desempeño, balances económicos, balances energéticos, seguimiento de cargas, equipos críticos, entre otros, con el fin de mantener la operación en los límites establecidos, cumplir con los compromisos o programación diaria y asegurar la confiabilidad de los procesos e integridad de los equipos.
- Gracias al proyecto desarrollado, se logró aprovechar las ventajas del sistema de Información de Plantas permitiendo darle mejor tratamiento a los datos, proporcionando mejores análisis en tiempo real de cada una de variables a estudiar.

## 6. RECOMENDACIONES

- Automatizar el 20% de los datos manuales restantes en el área de Materias Primas y otras áreas relacionadas con el manejo del inventario con el fin de mantener confiable y disponible toda la información de la refinería.
- Hacer sesiones semanales sobre el uso del modelo de análisis operacional para asegurar el entendimiento y la dinámica del mismo.
- Vincular a todo el personal operativo en las bases de datos de PI con el fin de dar a conocer todas las aplicaciones que maneja el sistema, y aprovechar la creatividad y disposición de muchos para el perfeccionamiento de herramientas que permitan hacer mejores análisis de datos.
- Mantener actualizada la base de datos e información de plantas de la refinería, realizando monitoreo trimestral de los *tag* que no se usan, y de los *tag* que necesitan ser vinculados al sistema.
- Incluir dentro del modelo un seguimiento más detallado de las variables relacionadas a equipos de generación de vapor como las calderas, pues en los últimos años, Ecopetrol ha evidenciado graves sucesos por falta de seguimiento operacional a dichos equipos, por lo tanto, realizar tendencias y mantener en constante foco variables específicas como el *dewpoint*, flujos, presiones, temperaturas y velocidad de corrosión contribuiría enormemente en la prevención, evitando riesgos operativos y pérdidas económicas.

## BIBLIOGRAFÍA

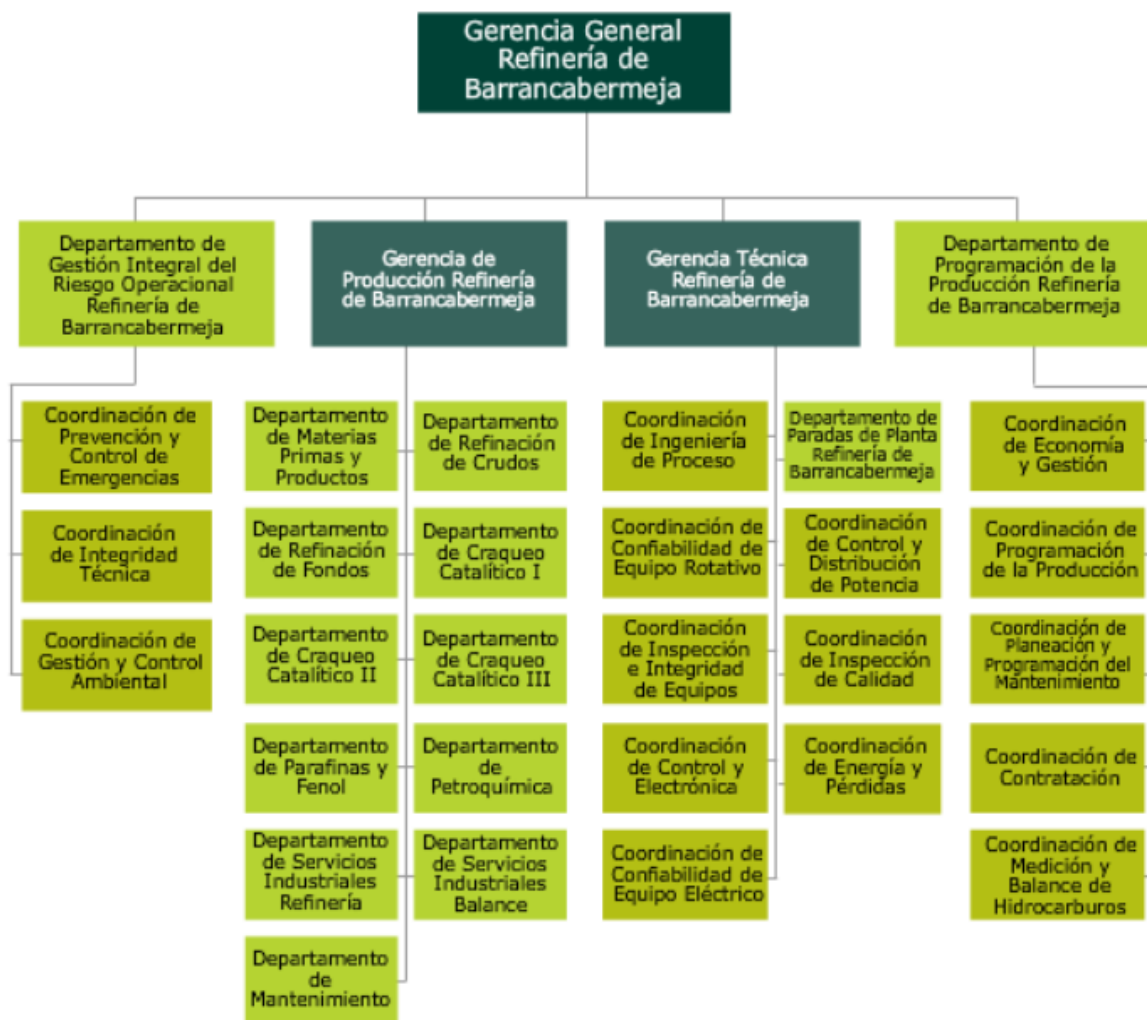
- ARVELO L., Angel F. La Capacidad de Los Procesos Industriales. Universidad Católica Andrés Bello, Caracas 1998. 1-22p, 87-132p
- KRAJEWSKI, Lee J. Administración de Operaciones: estrategia y Análisis. Pearson Educación., México, 2000. 267-270p
- VERDOY, Juan, MATEU Jorge, SAGASTA, Santiago. Manual de Control Estadístico de Calidad: teoría y Aplicaciones. Universidad de Castellón de la Plana, España. 2006 179-185p
- VICEPRESIDENCIA DE REFINACIÓN Y PETROQUÍMICA, DEPARTAMENTO DE CRAQUEO CATALÍTICO I. Herramientas de Análisis Operacional para cumplimiento de las Acciones HSE y Margen Económico en el turno a turno. Versión 1. Barrancabermeja, 2010.
- VICEPRESIDENCIA DE REFINACIÓN Y PETROQUÍMICA, GERENCIA REFINERÍA BARRANCABERMEJA. Análisis Operacional en Unidades de Proceso de Refinación de Hidrocarburos. Versión 1. Barrancabermeja 2005.
- VICEPRESIDENCIA DE REFINACIÓN Y PETROQUÍMICA, GERENCIA REFINERÍA BARRANCABERMEJA. Manual de Descripción de Procesos de las Unidades de Cracking 1. Barrancabermeja 2007.

- VICEPRESIDENCIA DE REFINACIÓN Y PETROQUÍMICA, GERENCIA REFINERÍA BARRANCABERMEJA. Manual de Descripción de Procesos de las Unidades de Cracking 2. Barrancabermeja 2007.
- VICEPRESIDENCIA DE REFINACIÓN Y PETROQUÍMICA, GERENCIA REFINERÍA BARRANCABERMEJA. Manual de Descripción de Procesos de las Unidades de Cracking 3. Barrancabermeja 2007.
- VICEPRESIDENCIA DE REFINACIÓN Y PETROQUÍMICA, GERENCIA REFINERÍA BARRANCABERMEJA. Manual de Descripción de Procesos de las Unidades de Parafinas. Barrancabermeja 2007.
- VICEPRESIDENCIA DE REFINACIÓN Y PETROQUÍMICA, GERENCIA REFINERÍA BARRANCABERMEJA. Manual de Descripción de Procesos de las Unidades de Petroquímica. Barrancabermeja 2007.
- VICEPRESIDENCIA DE REFINACIÓN Y PETROQUÍMICA, GERENCIA REFINERÍA BARRANCABERMEJA. Manual de Descripción de Procesos de las Unidades de Refinación de Crudos y HDT. Barrancabermeja 2007.
- VICEPRESIDENCIA DE REFINACIÓN Y PETROQUÍMICA, GERENCIA REFINERÍA BARRANCABERMEJA. Manual de Descripción de Procesos de las Unidades de Refinación de Fondos. Barrancabermeja 2007.

- VICEPRESIDENCIA DE REFINACIÓN Y PETROQUÍMICA, GERENCIA REFINERÍA BARRANCABERMEJA. Manual de Descripción de Procesos de las Unidades de Servicios Industriales. Barrancabermeja 2007.

## ANEXOS

### ANEXO A. Estructura Administrativa de la Gerencia Refinería Barrancabermeja.



Fuente: Ecopetrol S.A., Base de Datos de Intranet IRIS.

## **ANEXO B. Sistema PI en la GRB**

### **Descripción Funcional del Sistema PI**

El PI Server es el motor de recolección, archivo y distribución en tiempo real que propulsa al PI System. El PI Server reúne todos los datos procedentes de fuentes dispares, como sistemas empresariales, bases de datos y datos de funcionamiento, en un único sistema, los asegura de forma que se proporcione el acceso adecuado a los individuos conforme su puesto, y los entrega a los usuarios de todos los niveles de la compañía de manera uniforme y coherente. El PI Server optimiza el almacenamiento de los datos para utilizar el menor espacio en disco posible, a la vez que proporciona la fidelidad necesaria y permite la recuperación de cualesquiera datos, no importa lo antiguos que sean, de forma rápida y precisa. Como resultado, los usuarios obtienen una completa visión en tiempo real de las actividades operacionales, la infraestructura de TI y las actividades del negocio, posibilitando la toma de decisiones rentables en el momento adecuado. El Sistema PI está diseñado para acomodar grandes cantidades de datos históricos y de tiempo real. Las aplicaciones de visualización del PI le permiten al personal analizar, fácilmente, todo lo relativo al proceso como por ejemplo desempeño y potenciales mejoras, análisis y genealogía de la calidad, mantenimiento predictivo, etc. Con el sistema PI los datos de planta se unifican en un único universo común, donde cualquier individuo en la empresa puede ver y analizar la misma información, lo cual conduce a mayor facilidad en la resolución de problemas al poder contar, finalmente, con “una única versión de la verdad”. Las aplicaciones como Sistemas Administrativos (ERP, MRP II, etc), Programación y Planificación de la producción, Gerencia de Mantenimiento, Sistemas Expertos, LIMS, y Programas de Optimización pueden ser fácilmente integradas al Sistema PI. El PI permite el establecimiento de un puente sobre la tradicional brecha entre los ambientes administrativos y de producción en tiempo real.

## **Descripción General Del Sistema**

El Sistema PI es un conjunto de programas de computador basados en una arquitectura Cliente-Servidor diseñados para automatizar completamente la recolección, almacenamiento, análisis y presentación de los datos de planta.

Los Sistemas PI están diseñados para acomodar bases de datos históricas y de tiempos reales muy grandes, típicamente configurados de manera que cada punto del proceso es almacenado en línea por años, a una resolución muy cercana a la de adquisición original.

Con esta disponibilidad de datos de tan alta resolución, los usuarios pueden observar las condiciones actuales de una planta mientras disponen de una vista bastante clara y precisa de operaciones pasadas. El sistema PI es el símil del “Registrador de Vuelos” o “caja negra” en una planta de procesos.

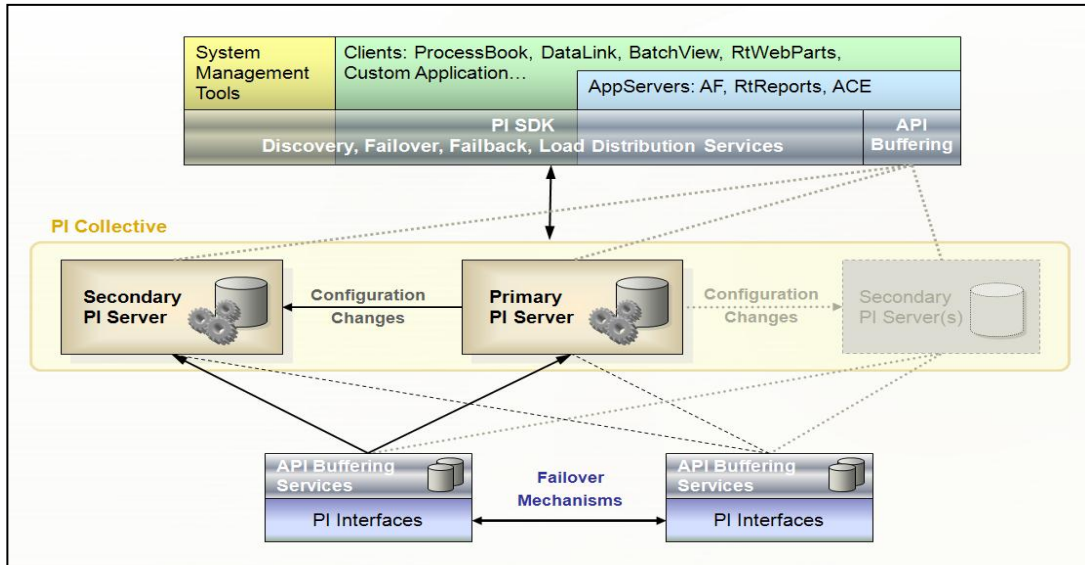
Los Sistemas PI sirven la información de planta a los usuarios finales y a las aplicaciones de software de manera rápida y eficiente. Las aplicaciones cliente del PI le permiten al personal implementar fácilmente iniciativas de planta o corporativas como lo son mejoras del proceso, KPI, Índices de desempeño, y mantenimiento predictivo mediante la unificación de los datos de planta en un único servidor donde cualquier individuo en la empresa puede ver y analizar la misma información.

Las aplicaciones como planificación de la producción, gerencia de mantenimiento, sistemas expertos, LIMS, y programas de modelaje / optimización pueden ser integrados con el Sistema PI para cubrir la brecha entre los ambientes administrativos y de producción en tiempo real.

La arquitectura del sistema PI implementado en la refinería de Barrancabermeja está conformada por las siguientes componentes:

- Un (1) **Servidores PI 3.4.375.80** de 150.000 *tagen* alta disponibilidad (ver Figura A). El cual provee la recolección y almacenamiento de todos los datos relacionados a los procesos de toda la refinería (27 plantas), integración de los sistemas existentes tales como RIS, LABORATORIO, SILAB, SIO, como además, la distribución de los datos históricos y tiempo real a los diferentes usuarios web bajo el ambiente PI Activeview de Microsoft y usuarios locales con herramientas clientes de PI (Processbook y Datalink). Incluye:
  1. **PI Performance Equation (PE):** Módulo de Cálculo.
  2. **PI Totalizer:** Módulo de cálculo de alta precisión, maneja datos del Snapshot.
  3. **PI SteamTables:** Funciones predefinidas para el cálculo de las propiedades termodinámicas del vapor y agua (ASME).
  4. **PI Recalculator:** Permite recalcular ecuaciones del Performance Equation.
  5. **PI Alarm:** Seguimiento a condiciones de alarma (tags tipo alarm)
  6. **PI Module Database:** Estructura modular reusable para almacenamiento de data estática.
  7. **PI Auto Point Sync:** Herramienta para sincronización de las bases de datos de tags PI y la base de datos de los puntos de la fuente.
  8. **PI MCN Health Monitor:** Se compone de varias interfaces para el monitoreo de equipos y redes.
  9. **PI Annotation:** Permite a los usuarios añadir notas, comentarios, información adicional, etc. a los valores de cualquier tag

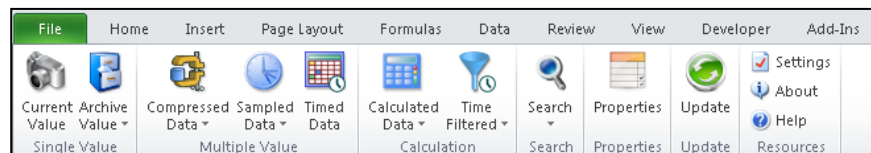
Figura A. Esquema de Alta Disponibilidad y FailOver de Interfaces



## APLICACIONES CLIENTES IMPLEMENTADAS:

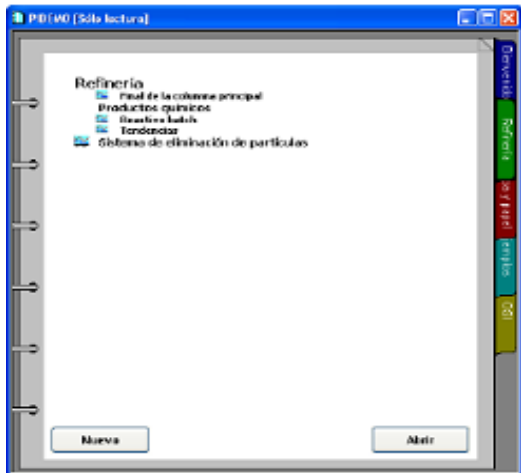
### PI DATALINK:

Es un conjunto de herramientas que suministran un enlace activo entre el Sistema PI/AF y las aplicaciones de hojas de cálculo más populares, a través el uso de funciones insertadas (macros automáticas) en la barra de menús y cajas de diálogos. (Ver figura B) Los usuarios podrán rápidamente llenar la hoja de cálculo con datos tanto históricos como de tiempo real proveniente del Sistema PI en una hoja de cálculos en Excel, sin necesidad de usar complejas funciones de importación

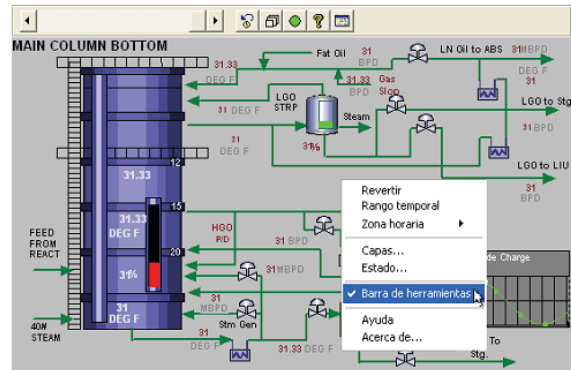


## PI PROCESSBOOK:

Es una interfaz de visualización gráfica fácil de usar de PI System de OSIsoft, PI ProcessBook hace posible visualizar de forma eficaz datos históricos y en tiempo real residentes en el PI System y en otras fuentes. Los propietarios de procesos utilizan PI ProcessBook para crear pantallas de visualización gráfica interactivas que pueden ser guardadas y compartidas con otros. Los usuarios pueden cambiar rápidamente entre los módulos de ejecución y creación para crear pantallas dinámicas e interactivas que pueden rellenar con datos en directo. También pueden escribir scripts que automaticen las pantallas y trends utilizando Microsoft Visual Basic for Applications, que está completamente integrado en PI ProcessBook. OSIsoft también produce complementos que realizan Batch y otros tipos de análisis.



PI Processbook



## PI ACTIVE VIEW:

PI ActiveView es una herramienta para ver datos históricos y en tiempo real de diversas fuentes de datos. Presenta pantallas de datos en tiempo real desde el servidor PI, así como información de las fuentes ODBC (vía ADO o VBA). Utilizando Microsoft Internet Explorer puede ver estos despliegues con PI ActiveView en Internet o dentro de una intranet corporativa. Se pueden insertar las

pantallas de PI ActiveView como controles ActiveX en las hojas de cálculo existentes de Microsoft Excel o en otras herramientas de informe que utilice en su entorno. Las pantallas de datos en tiempo real, denominados Documentos de pantalla PI, se preparan desde las pantallas creadas en PI ProcessBook.

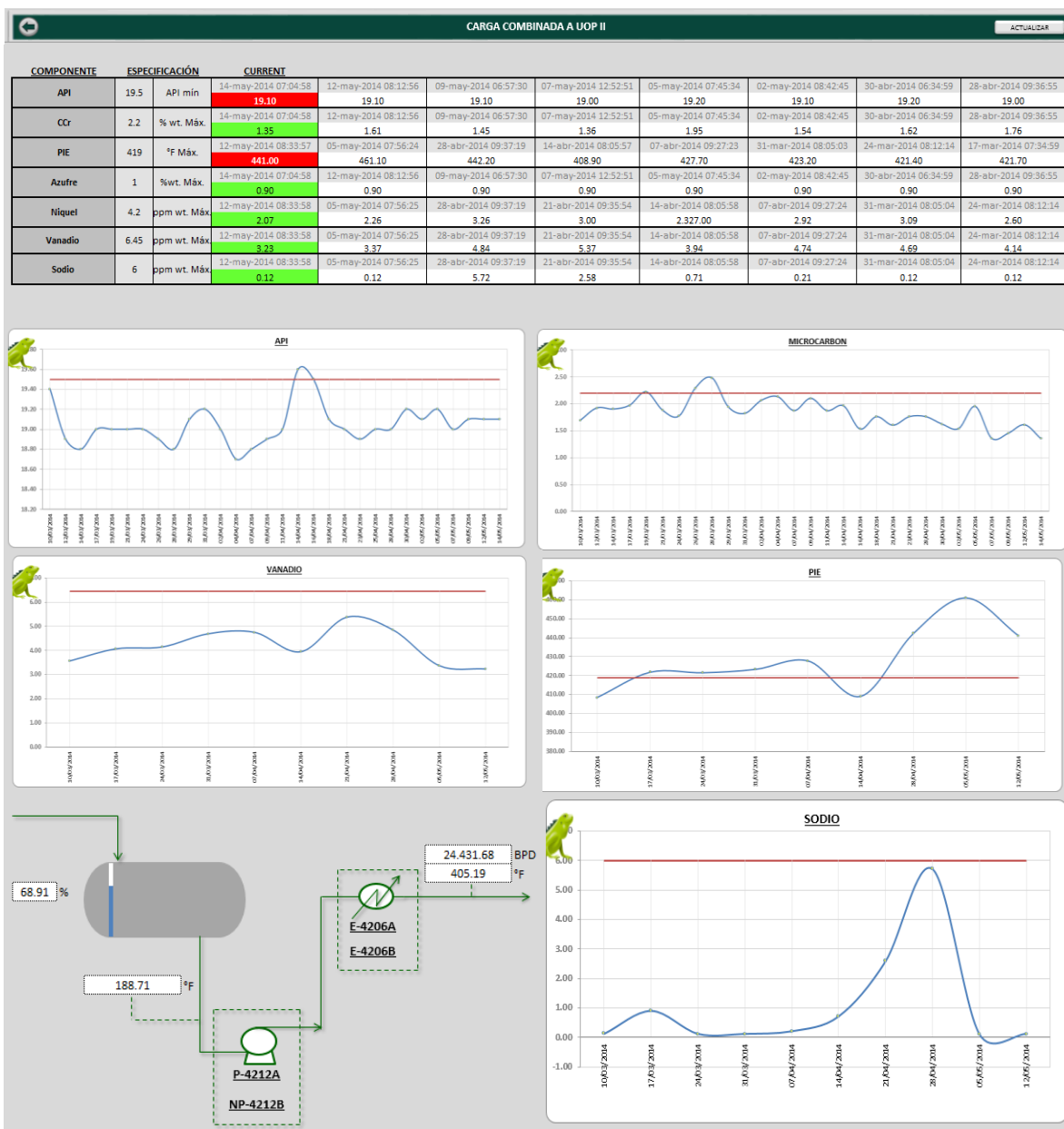
Al abrir un Documento de pantalla PI en Internet Explorer, la pantalla se actualiza automáticamente con los datos nuevos del servidor PI. Los símbolos dinámicos, como las tendencias, las barras o los valores, se actualizan de la misma manera que en PI ProcessBook. Algunas de las secuencias de comandos VBA que aparecen en una pantalla también están disponibles en PI ActiveView

## ANEXO C. Módulo 2. Plan de Calidades.

CALIDAD						ACTUALIZAR
INDICADOR	TIPO	UOM	ACTUAL	ULTIMAS 8H	AYER	
METANO EN ETANO ETILENO	REAL	%V	0,01	0,05	0,65	✓
	DISEÑO		1			
CORROSIÓN PGR	REAL		1A	000	1A	✓
	DISEÑO		1A-1B			
CORROSIÓN BUTANO	REAL		1A	000	1A	✓
	DISEÑO		1A-1B			
ICS+BUTANO	REAL	%V	1,34	1,34	1,34	✓
	DISEÑO		2			
RVP GASOLINA	REAL	PSIA	7,66	7,66	7,54	✓
	DISEÑO		8,5			
CORROSIÓN GASOLINA	REAL		1A	1A	1B	✓
	DISEÑO		1A-1B			
PFE NAFTA	REAL	°F	430,30	435,26	436,84	✓
	DISEÑO		465			
CONCENTRACIÓN H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	REAL	%WT	91,29	91,29	91,29	✓
	DISEÑO		[89,999-93,011]			
CONCENTRACIÓN ÁCIDO U4570-6	REAL	%WT	91,76	91,45	91,77	✓
	DISEÑO		[89,999-93,011]			
CONCENTRACIÓN ÁCIDO U4570-7	REAL	%WT	90,02	90,02	90,02	✓
	DISEÑO		[89,999-93,011]			
CONCENTRACIÓN ÁCIDO 4570-8	REAL	%WT	90,02	90,02	90,02	✓
	DISEÑO		[89,999-93,011]			
RVP	REAL	PSIA	6,93	6,93	6,93	✓
	DISEÑO		[5,5-7,1]			
RVP ALQUILATO LIVIANO	REAL	PSIA	9,12	9,12	9,12	✓
	DISEÑO		[5,5-8,5]			
RVP ALQUILATO PESADO	REAL	PSIA	9,12	9,12	9,12	✓
	DISEÑO		[5,5-8,5]			
10% ALQUILATO	REAL	°F	155,30	155,30	155,30	✓
	DISEÑO		[130-163]			
10% ALQUILATO PESADO	REAL	°F	105,40	105,40	105,40	✓
	DISEÑO		[130-163]			

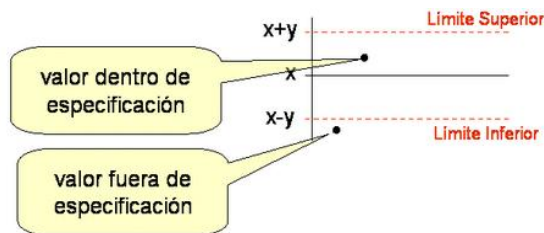


## ANEXO D. Tendencias. Seguimiento de Cargas y Productos.



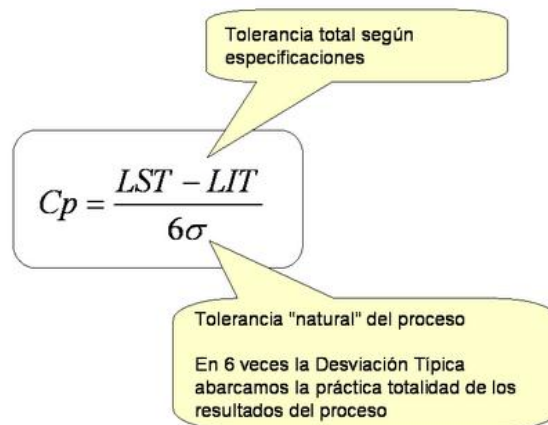
## ANEXO E. Cálculo de los índices de Capacidad de Proceso.

Cp quiere decir “Capacidad del Proceso” (Process Capability). La “capacidad” a la que nos referimos es la que tiene el proceso para producir productos de acuerdo con las especificaciones, es decir, dentro de los límites de tolerancia establecidos. Para evaluar la capacidad de un proceso es necesario contar con suficientes muestras, por lo que el cálculo del Cp se encuadra dentro de un estudio estadístico.

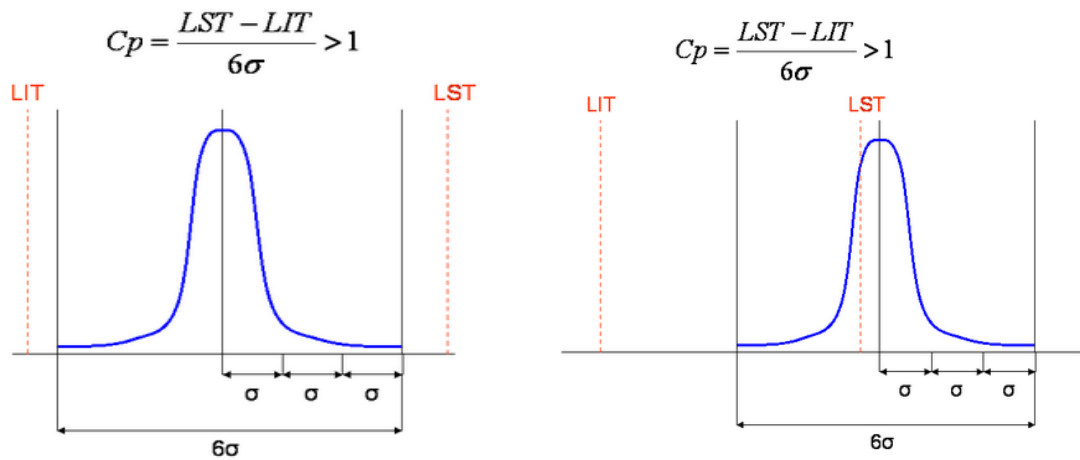


Terminología:

<b>Cp</b>		Capacidad	del	proceso
<b>LST</b>	límite	superior	de	la
<b>LIT</b>	límite	inferior	de	la
<b><math>\sigma</math></b>	desviación típica (sigma)			



Un proceso se considera “capaz” si  $Cp \geq 1,33$



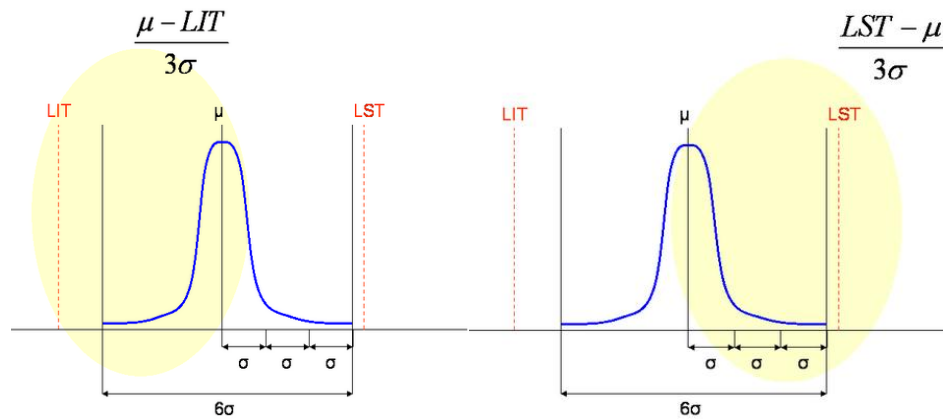
Ahora bien, la media ( $\mu$ ), no entra en juego en el  $C_p$ . Por lo que lo que podríamos tener un  $C_p$  muy alto gracias a valores muy centrados (pequeña desviación típica) pero muy desplazados de lo que se requiere según especificación:

Para evitar este problema debemos incluir en el cálculo de la capacidad el valor medio de los resultados del proceso:  $\mu$  (media)

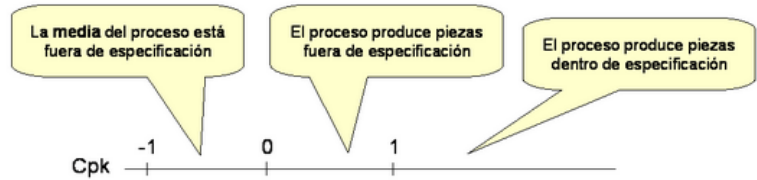
Para ello consideramos el indicador  $C_{pk}$ .

### **C<sub>pk</sub>**

Con el  $C_{pk}$  conseguimos evaluar no sólo si la capacidad es acorde con las tolerancias sino si la media “natural” del proceso se encuentra o no centrada.



$$Cpk = \min \left[ \frac{LST - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LIT}{3\sigma} \right]$$



### Cpm

Consideremos ahora que nuestra media objetivo no es la media de las especificaciones, es decir, no es  $(LST-LIT)/2$ . En tal caso necesitamos un nuevo indicador que nos de la capacidad del proceso con respecto al objetivo "T", que nos marquemos:

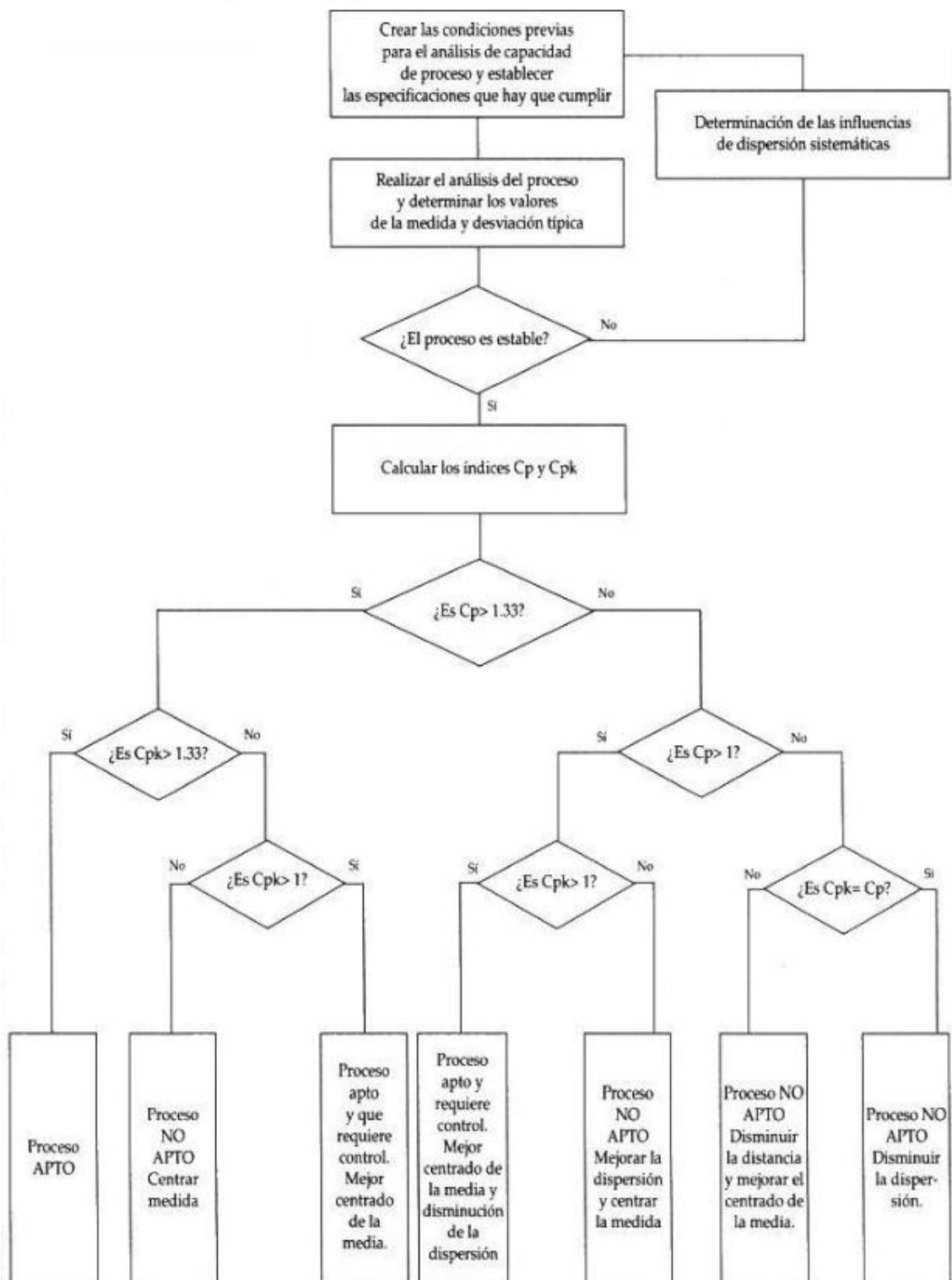
$$Cpm = \frac{Cp}{\sqrt{1 + \left(\frac{\mu - T}{\sigma}\right)^2}}$$

### Cpkm

Del mismo modo, con respecto al Cpk tendríamos:

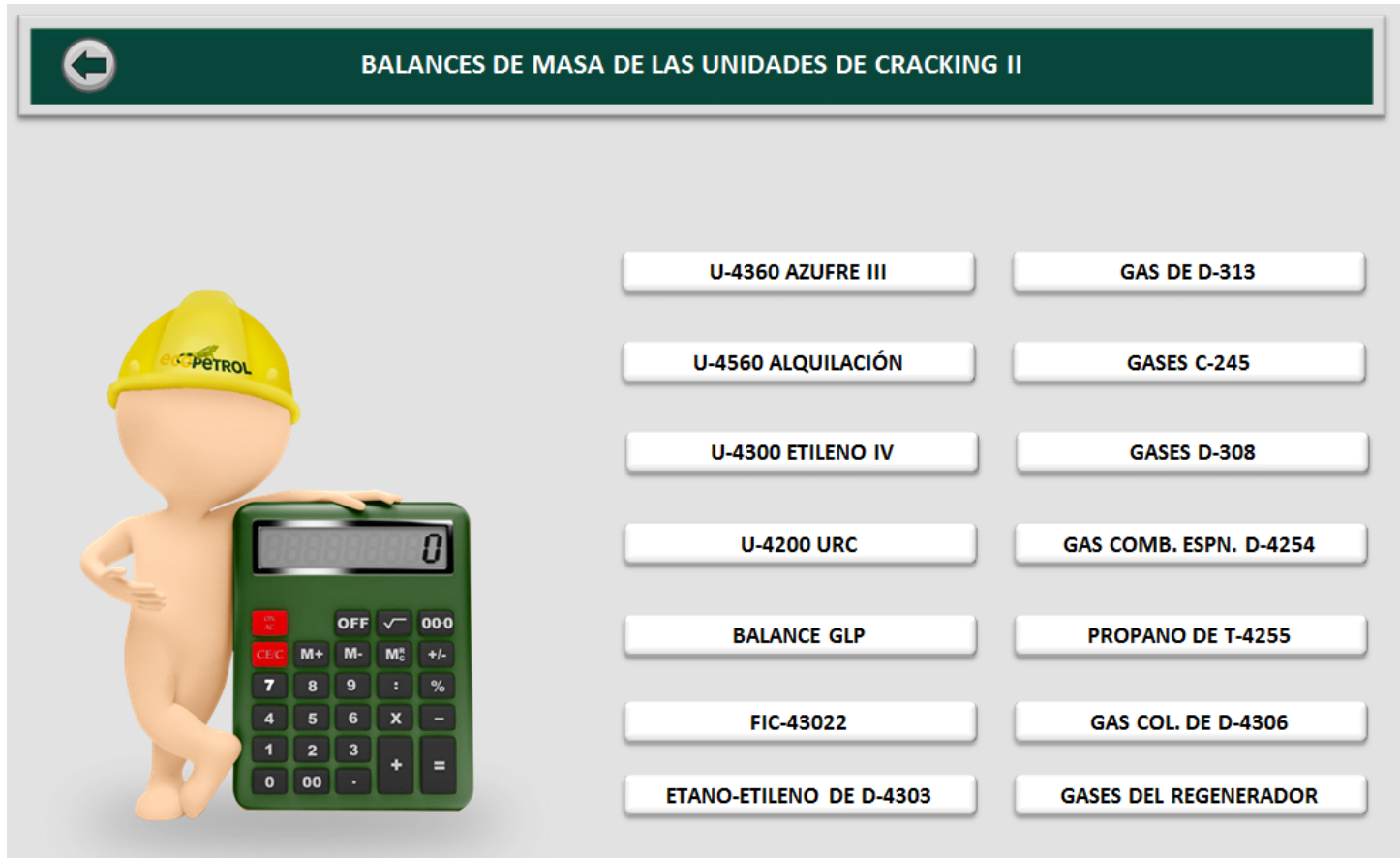
$$Cpkm = \frac{Cpk}{\sqrt{1 + \left(\frac{\mu - T}{\sigma}\right)^2}}$$

A continuación se muestra un organigrama que permite obtener un análisis de capacidad del proceso para determinar las características de calidad cuantitativas (medibles).



Organigrama de análisis de procesos por medio de los valores de los índices de Capacidad.

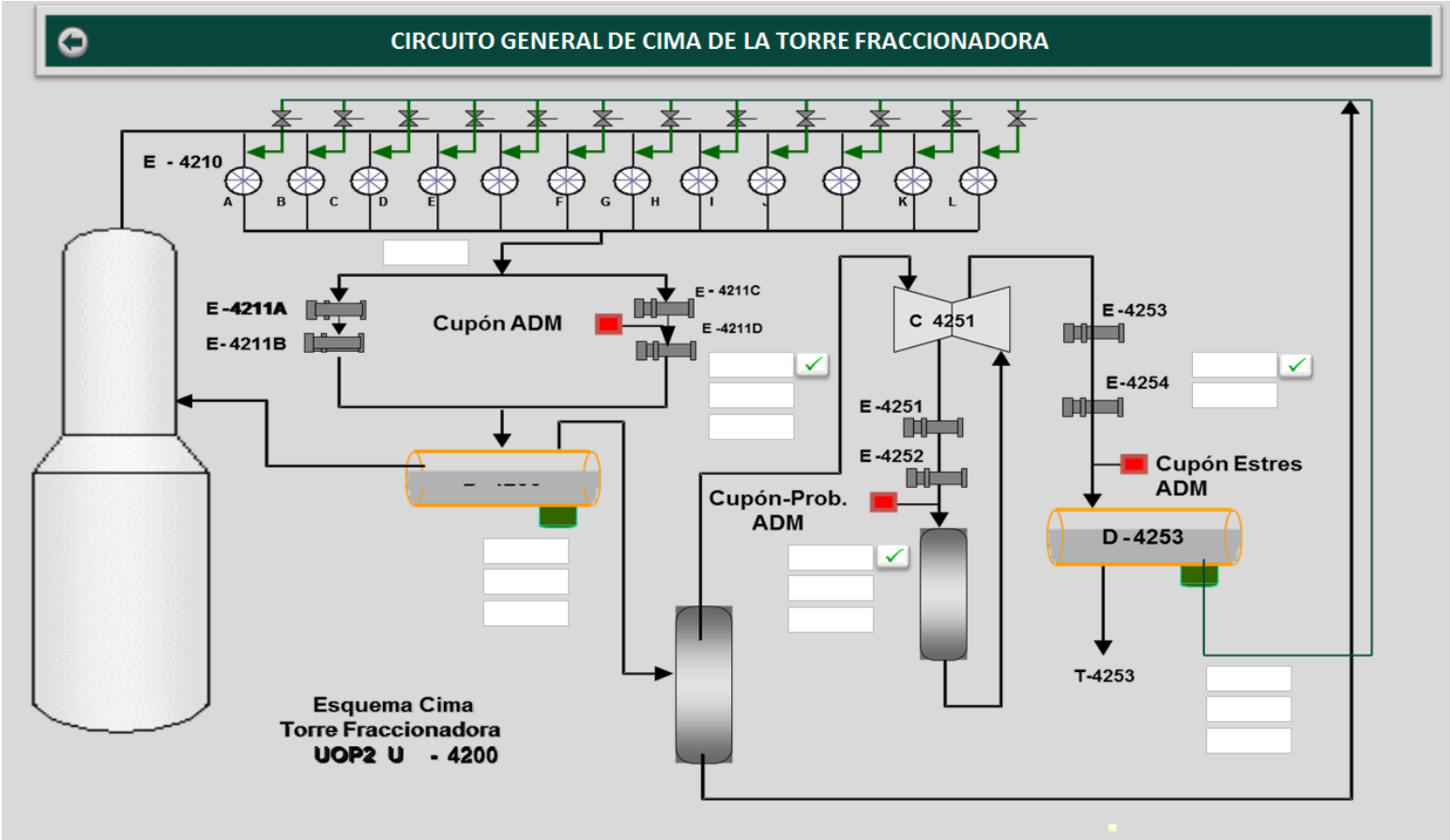
## ANEXO F. Menú Balances de Masa.



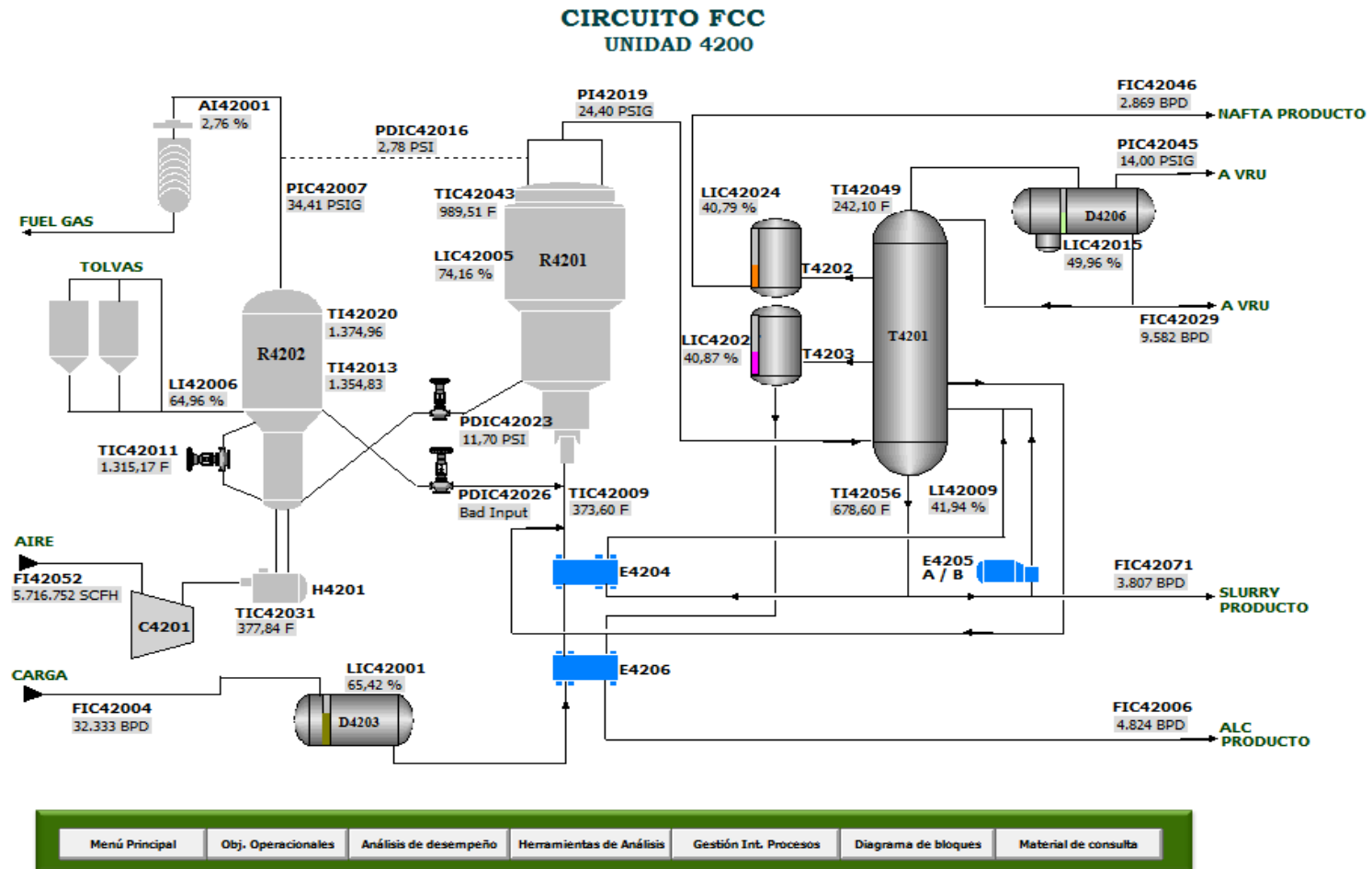
**BALANCES DE MASA DE LAS UNIDADES DE CRACKING II**

U-4360 AZUFRE III	GAS DE D-313
U-4560 ALQUILACIÓN	GASES C-245
U-4300 ETILENO IV	GASES D-308
U-4200 URC	GAS COMB. ESPN. D-4254
BALANCE GLP	PROPANO DE T-4255
FIC-43022	GAS COL. DE D-4306
ETANO-ETILENO DE D-4303	GASES DEL REGENERADOR

ANEXO G. Lazos de Corrosión



## ANEXO H. Diagramas de Bloques.



## ANEXO I. Material de Consulta.

# MATERIAL DE CONSULTA



Manual de procesos Alquiler

Manual de procesos de cracking II

Manual de procesos de tratamientos

Equipos

Materiales e insumos

Menú Principal

Obj. Operacionales

Análisis de desempeño

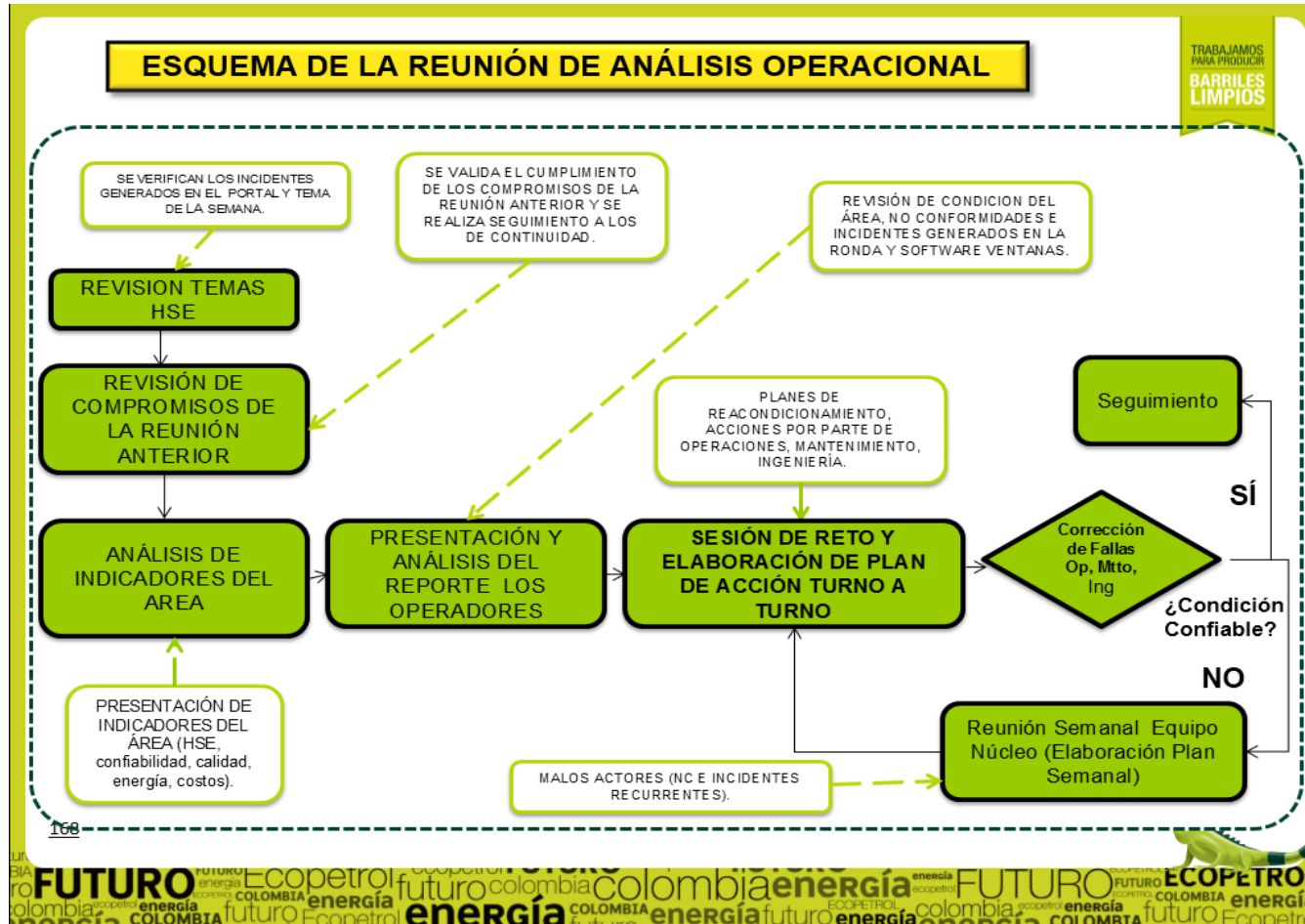
Herramientas de Análisis

Gestión Int. Procesos

Diagrama de bloques

Material de Consulta

## ANEXO J. Metodología de las Reuniones de Análisis Operacional.



Fuente: Ecopetrol S.A