

# Enfoque de análisis POA (Process Oriented Analysis) en el desarrollo de proyectos

Andrés Holguín Restrepo  
*Ingeniería Mecatrónica*  
*Universidad Nacional de Colombia*  
Bogotá, Colombia  
aholguinr@unal.edu.co

## I. RESUMEN

El presente artículo tiene como objetivo resaltar la importancia de la metodología POA (Análisis Orientado a Procesos) en el análisis de procesos. El primer resumen se centra en la importancia de la coherencia lógica entre una descripción orientada a procesos y su contraparte orientada al estado en sistemas de fabricación automatizados. Además, se destaca la necesidad de una metodología que pueda describir gráficamente sistemas complejos y POA se presenta como una metodología que enriquece los diagramas estáticos y dinámicos de análisis estructurado con flujos de valor y recursos, lo que permite una optimización de costos o energía en la programación de simulaciones y controles de máquinas. El segundo resumen se enfoca en la necesidad de comprender los procesos de formación de nubes de hielo y la importancia de un modelo de columna de cirro de alta resolución para investigar cómo las emisiones de partículas de hollín de los aviones afectan la formación de nubes de cirro. En general, POA es una herramienta valiosa en el análisis de procesos y permite una comprensión más profunda de los sistemas complejos.

## II. INTRODUCCIÓN

El análisis orientado a procesos (POA) es una metodología utilizada para el análisis detallado de los procesos empresariales con el fin de comprender cómo se realizan las tareas, cómo se relacionan entre sí y cómo pueden mejorarse. POA ha evolucionado a lo largo del tiempo, y en 1996, Andrea Weber Marin, Simone Creux y Urs Meyer publicaron un paper titulado "PROCESS-ORIENTED ANALYSIS", donde describen la metodología POA y sus ventajas en el análisis de sistemas complejos.

Desde entonces, la metodología POA se ha aplicado en diversas áreas, desde la fabricación automatizada hasta la gestión de recursos humanos. En los últimos años, POA también ha sido utilizada en el campo de la climatología para entender mejor los procesos que afectan al clima, como el impacto de las emisiones de los aviones en la formación de cirros.

En este sentido, el paper "Process-oriented analysis of aircraft soot-cirrus interactions constrains the climate impact of aviation", se enfoca en la teoría de los cirros y el hollín emitido

por los aviones y cómo estos afectan el clima. Los autores utilizan un modelo de columna de cirro de alta resolución para investigar cómo las emisiones de partículas de hollín de los aviones afectan la formación de nubes de cirro y los resultados encontrados son relevantes para entender la contribución de la aviación al cambio climático.

De este modo, el uso de la metodología POA ha permitido avances significativos en la comprensión de sistemas complejos en diferentes áreas y su aplicación en la climatología ha sido especialmente valiosa para entender mejor los procesos que afectan el clima. El paper "Process-oriented analysis of aircraft soot-cirrus interactions constrains the climate impact of aviation."<sup>es</sup> un ejemplo de cómo la metodología POA puede utilizarse en diferentes campos para mejorar nuestra comprensión de los sistemas complejos y sus efectos en el medio ambiente.

## III. ANÁLISIS ORIENTADO A PROCESOS

El Análisis Orientado a Procesos es un método para la configuración y ejecución de proyectos en plantas de fabricación complejas. Estos proyectos pueden ser tanto la planificación y concepción de nuevas plantas de producción, la reingeniería de líneas de procesos y sistemas de producción existentes, o la ingeniería inversa de procesos y sistemas. POA es útil tanto en la educación para guiar a los estudiantes a través de un proyecto o análisis de sistemas, como para los profesionales o consultores para analizar los puntos débiles en una producción o una empresa. Las ventajas y objetivos del Toolkit Orientado a Procesos son los siguientes:

- Proporcionar un completo Toolkit de Análisis de Procesos que destaque la importancia de las interfaces de producción, análisis económicos y energéticos, así como la generación de código;
- Presentar el sistema en un formato visualmente atractivo, en color y de fácil lectura que invite a los estudiantes a aprender;
- Aplicar el análisis y diseño de sistemas en el contexto de optimizar y planificar plantas de producción del mundo real.

POA utiliza solo dos tipos de diagramas, dinámicos y estáticos, lo que permite dos puntos de vista fundamentales de un sistema. UML ofrece una mayor variedad de diagramas y perspectivas, pero la posición de los diagramas no está

claramente definida. La vista de requisitos, representada por su propio tipo de diagrama en UML, se incorpora al diagrama estático de POA. Usando POA, las especificaciones del proceso definen los requisitos para el sistema en general y para casos específicos. Los diagramas individuales corresponden parcialmente entre sí. El Diagrama de Estado de UML corresponde principalmente a la vista basada en estados del State Chart de POA. No hay un tipo de diagrama equivalente al diagrama de flujo de POA dentro de UML. Por lo tanto, el método POA se llama orientado a procesos en lugar de orientado a objetos. UML no admite una vista topológica de un sistema. Además, la experiencia con el método ha demostrado que, con restricciones de tiempo establecidas, el conjunto de herramientas de POA es lo suficientemente preciso para analizar los sistemas de producción.

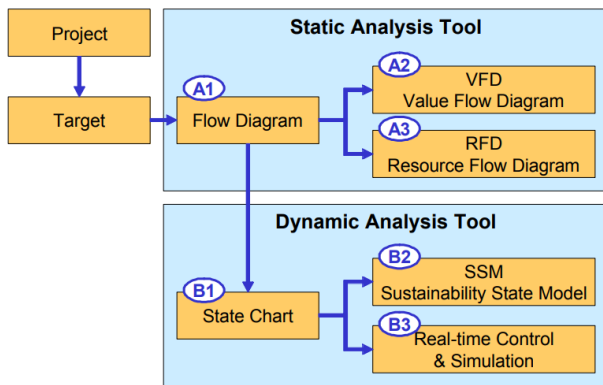


Figura 1.

### III-A. Análisis estático

El primer paso en el análisis es la especificación del sistema, que se lleva a cabo utilizando un modelo estático llamado Diagrama de Flujo que muestra los procesos y flujos de los sistemas de producción. Esto proporciona una comprensión inicial de las interfaces entre los procesos. El análisis topológico es el primer paso para todo tipo de análisis de procesos. En la Figura 1, el cuadro A1 representa el Diagrama de Flujo, que es el punto de partida para los otros caminos de análisis.

El análisis económico de una cadena de procesos se introduce dibujando un Diagrama de Flujo compuesto de procesos y flujos. Cada flujo tiene un valor que se utiliza para calcular el valor del producto y se lee del diagrama. Esto convierte al Diagrama de Flujo de Valor en una herramienta gráfica de análisis de valor. En la Figura 1, el cuadro A2 representa el Diagrama de Flujo de Valor. Los flujos de valor dentro de una empresa se emparejan gráficamente con el flujo de productos. De esta manera, el valor añadido se sigue paso a paso a lo largo del proceso de producción, y el origen de los costos se visualiza inmediatamente. Luego se agregan los valores a los flujos y se realizan cálculos para lograr el análisis económico.

El análisis ecológico se basa en el Diagrama de Flujo estático. Se complementa con valores de recursos para los flujos de recursos. El Diagrama de Flujo de Recursos se representa

como el cuadro A3 en la Figura 1. El análisis incluye el cálculo y equilibrio de los recursos naturales, técnicos y humanos. El balance y la eficiencia energética y exergética se introducen y visualizan como una herramienta para la valoración ecológica. La exergía se enfoca porque es el parámetro técnicamente relevante en cuanto a la reutilización de energía. Se utiliza una tabla de clasificación para un análisis ambiental cuantitativo dentro de las cadenas de procesos industriales. Los recursos humanos se incluyen en este diagrama para resaltar la relación entre el trabajo de la maquinaria y la fuerza laboral humana. En el contexto de líneas de producción parcialmente automatizadas, esta relación difiere. Un paso de cálculo y optimización basado en los valores de flujo resulta en recomendaciones para mejorar el sistema de producción.

### III-B. Análisis dinámico

El análisis del comportamiento del sistema se basa en una vista dinámica del sistema representada por un Diagrama de Estados. El Diagrama de Estados se hace para un proceso del Diagrama de Flujo y se representa en el cuadro B1 de la Figura 1. Los procesos se modelan y optimizan sobre una base temporal. El Diagrama de Estados especifica el comportamiento basado en estados del sistema definiendo estados y transiciones para un proceso. Para cambiar un estado, la transición debe ser activada al cumplir una condición. La sostenibilidad y eficiencia de una línea de producción industrial se mide y calcula en comparación con otros sistemas de producción. Esto se hace utilizando la comparación en el Modelo de Estado de sostenibilidad. El cuadro B2 de la herramienta POA en la Figura 1 representa el Diagrama de Estados de sostenibilidad. El proceso de interés se analiza por medio de un Diagrama de Estados de sostenibilidad. Se establecen puntos de referencia para el sistema con el fin de transitar hacia un estado de sostenibilidad más beneficioso. El Diagrama de Estados de sostenibilidad es un diagrama de dos niveles. El nivel estratégico superior impone los nuevos puntos de referencia. En el nivel operativo, se modela el comportamiento de los procesos de producción hacia los nuevos puntos de referencia. Dentro del diseño y la programación, POA intenta controlar una máquina y modelar su comportamiento, o modelar la interacción de una producción. Un programa de computadora basado en un Diagrama de Estados de un proceso realiza esto. El cuadro B3 de la Figura 1 representa la simulación parcial y la codificación. Los estados del modelo dinámico son la base para los módulos del programa y resultan en un control en tiempo real para una máquina o una simulación de un sistema. Se programa una simulación para investigar una línea de producción y escenarios para procesamiento alternativo; también se utiliza para verificar el rendimiento de las máquinas. Los sistemas de control se programan para permitir la configuración y operación de las máquinas de producción.

### III-C. Caso de estudio

Con todo y lo anterior, se pone a prueba esta teoría al implementar el POA en un caso de estudio real. El objetivo de este

estudio es simular la interacción del personal necesaria con una nueva máquina de tejido eficiente. Se ha implementado un nuevo principio de inserción de trama eficiente en la máquina de tejido M8300 el cual se puede evidenciar en la Figura 2.



Figura 2.

Al mismo tiempo, se introducen cuatro hilos de trama paralelos, lo que aumenta enormemente la velocidad de producción en comparación con una máquina de tejido común que solo tiene una inserción de trama a la vez. Este análisis es un nuevo concepto del proceso de tejido basado en la nueva tecnología. Se lleva a cabo programando una simulación que tiene como objetivo prever escenarios de producción adicionales con la M8300. El primer paso es representar un diagrama de flujo para el proceso de tejido. Luego, los procesos se analizan en su comportamiento mediante un diagrama de estados. El diagrama de estados para el proceso de tejido se representa en la Figura 3.

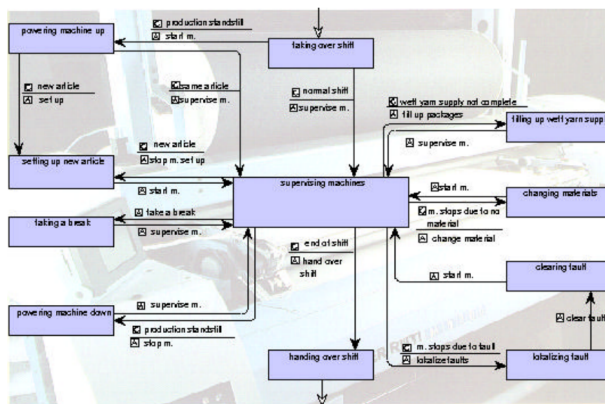


Figura 3.

Los estados representados por el State Chart se especifican hasta que representen una actividad ininterrumpida tanto en la realidad como en el modelo de computadora. Estos estados se recopilan en la lista de estados. Los números de los estados son una identificación única y solo se pueden usar una vez. El programa se elabora en función de esta lista de estados. En la parte del programa llamada "entrada de parámetros", el usuario establece todas las variables necesarias en diferentes máscaras.

El núcleo del programa de simulación está compuesto por nueve módulos. Antes de iniciar el ciclo de simulación, se pasa una vez por el módulo "iniciar". En esa etapa, se establecen varias configuraciones de inicio de la máquina con respecto a la cantidad de hilos de urdimbre ya tejidos y la cantidad de bobinas de trama utilizadas. El objetivo de la simulación es investigar el uso óptimo de la nueva máquina de tejido M8300 en la planta. La pregunta evaluada por la simulación es el número óptimo de operadores necesarios para la nueva máquina.

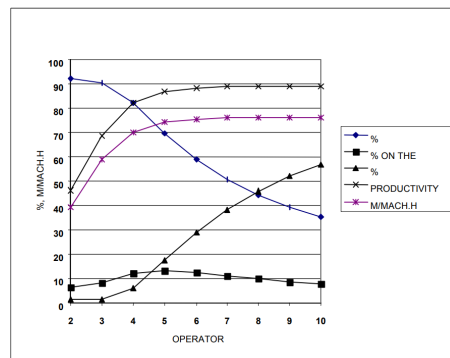


Figura 4.

#### IV. POA EN LAS INTERACCIONES DEL HOLLÍN Y LOS CIRROS DE LOS AVIONES

Para este caso se va a hablar acerca del artículo: "Process-oriented analysis of aircraft soot-cirrus interactions constrains the climate impact of aviation". Este artículo describe una metodología de análisis de procesos para comprender mejor los efectos de las emisiones de hollín de los aviones en la formación de nubes de cirro y su impacto en el clima. Los autores utilizaron un modelo de columna de cirro de alta resolución para investigar cómo las emisiones de partículas de hollín de los aviones afectan la formación de nubes de cirro. Los resultados indican que solo una pequeña fracción de las partículas de hollín logran formar hielo junto con la congelación homogénea de gotas de aerosol líquido, lo que sugiere que las estimaciones del forzamiento radiativo global de los modelos climáticos debido a las interacciones entre el hollín de los aviones y los cirros a gran escala pueden ser exageradas. Esta metodología de análisis de procesos proporciona una base científica sólida para mejorar la parametrización del modelo climático y las observaciones de campo.

Entrando a fondo con el artículo, este se refiere a cómo la aviación contribuye al forzamiento radiativo antropogénico al cambiar la nubosidad de cirros, lo que afecta el presupuesto energético y el clima de la Tierra. Las nubes inducidas por aviones (AIC) que se originan a partir de partículas de hollín emitidas incluyen contrails jóvenes en forma de línea y contrail cirrus de forma irregular, que se originan de ellos. Las AIC generan el mayor forzamiento radiativo inducido por la aviación, seguido de las emisiones de dióxido de carbono de la aviación. A pesar de que se ha hecho un progreso significativo

en la cuantificación del forzamiento radiativo de AIC a partir de representaciones basadas en procesos de estas nubes de hielo artificiales en modelos climáticos globales, se espera que esta estimación aumente considerablemente en las próximas décadas. Se discute el papel de las partículas de hollín de los aviones en la formación de nuevos cirros y cómo estos afectan la percepción del papel de la aviación en el sistema climático. Además, se menciona que las partículas de hollín son malos núcleos de hielo a temperaturas de nubes mixtas, pero algunos estudios han mostrado que pueden aumentar la actividad de nucleación de hielo a temperaturas de cirros. El estudio emplea un modelo de columna de cirros de alta resolución y una nueva parametrización basada en la condensación y congelación de poros (PCF) para describir la actividad de nucleación de hielo de las partículas de hollín procesadas por contrails. Los autores intencionalmente sobrestiman los factores que controlan la interacción de hollín y cirros para establecer un impacto máximo que pueda servir para limitar la magnitud de las estimaciones de forzamiento radiativo asociadas.

En la figura 5 se puede evidenciar en diagrama de procesos que realizan los autores para entender a plenitud las interacciones entre los diferentes factores que alteran estos modelos climáticos que van a trabajar. A partir de este diagrama, se puede entender que los cristales de hielo de las estelas de condensación se forman en los gases de escape de los motores de los aviones a altitudes de crucero, cerca de los motores. La dilución de los gases disminuye la concentración de partículas de hollín y cristales de hielo con el tiempo. La estela se disipa por completo después de un tiempo  $t_{dz}$  la sublimación completa de todos los cristales de hielo libera todas las partículas de hollín procesadas por la estela. Después de un período de tiempo  $(t_p - t_d)$  o  $(t_b - t_d)$ , el aire se eleva (flechas rojas), generando una sobresaturación de hielo. Los cristales de hielo se forman a través del proceso de formación de hielo con partículas de hollín (PCF) (flechas verdes y recuadro superior) además de la congelación homogénea de las gotas de solución líquida (recuadro inferior), lo que modula la formación de hielo en una nueva nube en forma de línea similar a una estela (escenario Plume) o una nube de cirro irregular similar a una estela de cirro (Background). Los escenarios consideran las concentraciones de partículas de hollín de los aviones activas para la formación de hielo que abarcan el rango de valores de INP observados en la troposfera superior de fondo. En el escenario no perturbado (Base), se forma nuevo cirro únicamente por congelación homogénea. Todas las nubes se forman en las mismas condiciones meteorológicas y con la misma velocidad constante de ascenso mejorada por ondas gravitacionales mesoescalares ubicuas (flechas onduladas).

A partir de la figura 6 Se identifica que *a*, *e*, *i* muestran el camino del agua de hielo, *b*, *f*, *j* la concentración total promedio de cristales de hielo en la columna, *c*, *g*, *k* el diámetro promedio de los cristales de hielo ponderados por número y *d*, *h*, *l* la profundidad óptica de cirro de onda corta versus el tiempo desde que se alcanzó la saturación de hielo inicialmente a 10 km de altitud. El panel superior muestra el escenario de referencia de solo congelación homogénea Base y

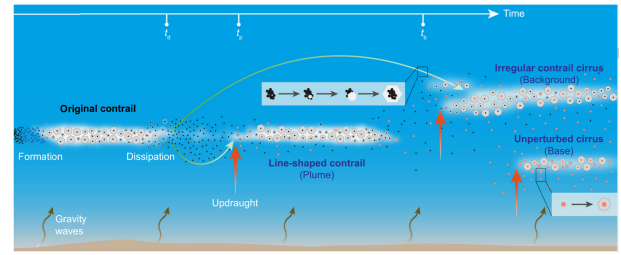


Figura 5.

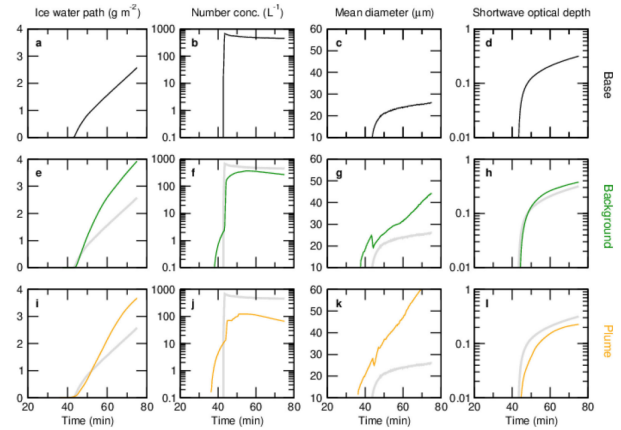


Figura 6.

los resultados correspondientes para los escenarios perturbados por hollín Background y Plume se presentan en el panel medio e inferior, respectivamente. Las curvas grises claras repiten los resultados de Base para facilitar la comparación

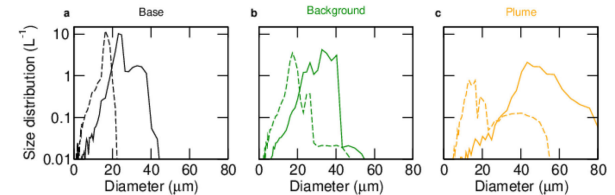


Figura 7.

A partir de la figura 7 se dan resultados promediados por columna tomados a (línea punteada) 45 minutos y (línea sólida) 75 minutos para a) el escenario de referencia y b, c) los escenarios de perturbación de cirro. La distribución de tamaño se refiere a las concentraciones de número de cristales de hielo con diámetros  $D_i$  en el rango  $[D_i - \Delta D_i, D_i + \Delta D_i]$  dividido por la resolución del tamaño de la cuadrícula  $\Delta D_i/D_i = 0,0235$ .

## REFERENCIAS

[1]