

DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA GLOBAL DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN PROCESOS SIDERÚRGICOS

Rocío Llera Traviesa

Francisco Ortega Fernández

Sara Andrés Vizán

Área de Proyectos de Ingeniería- Universidad de Oviedo

Carlos Alba

ArcelorMittal

Abstract

When launching great investment projects it is necessary to determine the requirements and efficiencies that such a process implies, in order to dimension the inputs and costs and evaluating the interest of introducing new equipments. Anyway the possible combinations are huge so the decision is not simple, especially considering that every case has its own limitations: scarcity of water, deficient energy supply, etc.

This paper presents a tool that, incorporating data from real processes as well as information for the BREF and Bat reports, is capable to do What-If simulations of the global efficiency of any steel making installation according to the means and techniques used. In this way, several scenarios can be evaluated as the convenience to introduce heat regenerators, reactors, exchangers or other measures of efficiency improvement, considering the costs of acquisition, installation, usage, maintenance and amortization of the selected process. The tool has converted in an essential element for the investment evaluator.

Paper explains the example of its application to the Sintering plant.

Keywords: *Environmental modeling, energy, software development frameworks*

Resumen

A la hora de emprender grandes proyectos de inversión es preciso conocer los requisitos y rendimientos que dicho proceso implica, con el fin de dimensionar tanto los insumos como el coste, evaluando el interés de introducir nuevos equipamientos en función de su rendimiento. No obstante, ante las muchas posibilidades planteadas, este trabajo no es sencillo, más aún contando con que las limitaciones en cada una de las ubicaciones es generalmente distinta: escasez de agua, deficiente suministro energético, etc.

En esta comunicación se presenta una herramienta que, incorporando tanto información de procesos reales como de los BREF, BAT y MTD, es capaz de realizar simulaciones whatif de los requisitos energéticos de cualquier instalación siderúrgica futura en función de los medios y técnicas empleados. Así, permite la evaluación de escenarios como la conveniencia de introducir recuperadores, reactores, intercambiadores u otras medidas de

mejora de eficiencia, considerando los costes de adquisición, instalación, uso, mantenimiento y amortización del proceso elegido. La herramienta se ha convertido en un elemento esencial para el evaluador.

En la comunicación se muestra como ejemplo su aplicación al caso del Sínter.

Palabras clave: *modelización ambiental, energía, entornos de desarrollo*

1. Introducción

En los últimos años la gestión medioambiental ha sufrido un proceso de cambio que ha permitido aunar la componente científica con la gestión. Cada vez en mayor medida se ha integrado el uso de modelos dentro de los sistemas de gestión con el fin de cuantificar los impactos. Este concepto crucial de integración relacionado con el conocimiento de las acciones ha generado un considerable esfuerzo en investigación y modelado.

Al mismo tiempo, dicha gestión está cambiando sus necesidades, estas son cada vez mayores para la correcta evaluación a nivel multi-escala y multi-objetivo. La toma de decisiones considera los sistemas sociales y económicos, así como el ecosistema. Las diferentes fuentes potenciales deben ser consideradas en conjunto, debido a la alta dependencia que hay entre ellos. Cuando se piensa en una técnica de reducción, ésta no sólo debe basarse en la eficacia deseada sino también en las relaciones indirectas que se han de tener en cuenta: cantidad y calidad de la energía demandada, nueva generación y gestión de By-products, plantas de tratamiento de aguas etc. En definitiva la problemática ambiental podría aumentar si este tipo de sinergias no se tienen en cuenta, y únicamente se transfieren los contaminantes a otro medio. Esta visión global comienza a ser esencial a la hora de producir de forma sostenible.

En la actualidad, la integración se considera un concepto común en todos los temas relacionados con gestión medioambiental. Así, políticas y filosofías basadas en dicha gestión como pueden considerarse la gestión de recursos integrados y la gestión medioambiental integrada son muy abundantes. El soporte de este enfoque de integración es necesario para poder lograr desarrollar herramientas mejores de modelado que representen una ayuda, comprensión y exploración de distintos sistemas naturales. Asociado con el desarrollo de nuevas herramientas de modelado que se relacionan con un requisito indispensable para su viabilidad es el conocimiento adquirido en el desarrollo de una solución concreta que pueda ser trasladado a otro lugar sin ningún inconveniente. Los modelos deben integrar sistemas lo que conlleva la representación de realimentaciones, bucles, respuestas, umbrales y otras características correspondientes del sistema.

Para poder alcanzar este objetivo se pretende desarrollar una herramienta de software que permita ayudar en la toma de decisiones. Esto implica el control del medio ambiente (emisiones a la atmósfera y el tratamiento de aguas residuales), el agua, el uso de energía y detectar las oportunidades de valorización de los By-products en el proceso del acero. Con esta herramienta se pueden simular diferentes escenarios, calcular la eficiencia, efectos a medio plazo y los costes asociados a diferentes alternativas.

El uso de esta herramienta permitirá un diagnóstico de la situación en una determinada instalación, ayudando a identificar y priorizar los problemas ambientales y sus soluciones. Como se trata de una herramienta de simulación, será posible considerar distintos escenarios y llevar a cabo análisis de costo-beneficio de las diferentes medidas de control que se tomen.

El sistema tendrá en cuenta la sinergia entre los cuatro vectores (aire, agua, energía y by-product) en un marco único y por lo tanto no sólo se tendrán en cuenta los indicadores

directos (tasa de eficiencia energética y el consumo de agua...), sino también los efectos secundarios (necesidad de de mayor capacidad de tratamiento de agua, la caída de presión...).

2. Técnicas de modelización

Muchos enfoques diferentes han sido adoptados para la clasificación de los modelos de los procesos ambientales. Una distinción puede ser entre modelos determinísticos y modelos estocásticos, y entre modelos dinámicos y modelos estáticos.

1. Modelos Determinísticos

Los modelos en que todos los parámetros tienen definidos los valores se llaman determinísticos. En estos, no se tienen en cuenta fluctuaciones ambientales aleatorias y asignan valores constantes a los parámetros de modelo tal como velocidades de crecimiento, velocidades de corrientes, volúmenes, concentraciones y temperaturas. En muchos procesos esta es una suposición razonable y frecuentemente, los modelos determinísticos pueden dar buenas predicciones, pero la introducción de una complejidad extra por la asignación de variables estadísticas a los valores de los parámetros es a menudo no útil. Esto se aplica especialmente a las aplicaciones del modelizado de los procesos de tratamiento de aguas residuales donde los parámetros de operación comúnmente se mantienen constantes.

2. Modelos Estocásticos

Los modelos estocásticos pueden usarse para representar fluctuaciones ambientales aleatorias en parámetros tales como temperatura, aguas de lluvia, velocidad de flujo del los afluentes y su concentración.

Frecuentemente un significado, o valor esperado se asigna al parámetro (esto puede ser dependiente-tiempo) y una variación dependiente-tiempo superpone a este valor. Algunos parámetros no tienen un valor fijo pero muestran una distribución de valores que puede entonces ser representada por un modelo estocástico. Ejemplos de tales parámetros incluyen las distribuciones en la edad de una población, la velocidad y tamaño de una burbuja en un reactor ventilado, y distribuciones en el tamaño de partícula de suelo. Las distribuciones estadísticas, tal como Gaussianas, Poisson, binomiales, logarítmicas etc. pueden usarse para describir los datos experimentales. Bajo tales condiciones, el modelo puede ser recorrido repetidamente por valores de los parámetros escogidos al azar desde estas distribuciones para generar una distribución de posibles resultados en la llamada simulación MonteCarlo.(Snape 1995)

La ventaja de modelos estocásticos es que mediante ellos se pueden predecir sucesos de baja frecuencia que puede tener implicaciones críticas para el proceso y que no son predichas por un modelo determinísticos.

3. Modelos Estáticos

Los modelos también pueden clasificarse en estado dinámico o estático, dependiendo si sus condiciones cambian con el tiempo. Los modelos estáticos tienen la ventaja que son matemáticamente más simples que los modelos dinámicos equivalentes y los conjuntos de ecuaciones algebraicas resultantes que representan el modelo pueden frecuentemente se resolverse analíticamente para derivar relativamente en un diseño y relaciones operacionales más simple. Por ejemplo, muchos de los procesos de tratamiento de aguas

residuales, frecuentemente recurren a modelos estáticos que se usan usualmente para su diseño, operación y gestión.

4. Modelización de Sistemas Dinámicos

Un sistema dinámico puede ser definido como una ecuación matemática que describe la evolución del estado de un sistema en el tiempo.

Hasta el día de hoy se han desarrollado diversas metodologías para la representación y resolución de los sistemas complejos, todas ellas basadas en la modelización, construcción de modelos más o menos complejos y con más o menos acierto, que corren en ordenadores, aprovechando la alta capacidad de manejo de información y rapidez de cálculo que permiten estas tecnologías.

La dinámica de sistemas, es una técnica de representación gráfica de los sistemas complejos, en donde se identifican los elementos, las denominadas variables de nivel, y sus relaciones con el resto de elementos del sistema, tanto materiales como de información.

Un **Diagrama Causal** es un tipo de diagrama que muestra de gráficamente las entradas o *inputs*, el proceso, y las salidas o *outputs* de un sistema (causa-efecto), con su respectiva retroalimentación (*feedback*) para el subsistema de control. Los diagramas de ciclos causales son llamados así porque cada conexión muestra una relación causal. Una flecha que va desde A hacia B indica que A causa un efecto sobre B. Estos diagramas son de mucha ayuda en la conceptualización y comunicación de estructuras. Los diagramas causales no muestran acumulaciones (niveles o stocks) en el sistema.

El **Diagrama de Flujo** es una forma de representar la estructura de un sistema con información más detallada de la que se emplea en un Diagrama Causal.

El estado de los Niveles es fundamental para comprender la conducta de un sistema; los Flujos son las causas que los hacen cambiar. La definición de los Niveles y los Flujos es el primer paso para la construcción de un modelo de simulación porque ayudan a definir los tipos de las otras variables que son importantes causas de la conducta observada.

Los **niveles** reciben también el nombre de acumulaciones o variables del estado. Los niveles cambian sus valores acumulando o integrando los flujos. Esto significa que los valores de los niveles cambian continuamente con el tiempo aún cuando los flujos cambien discontinuamente.

Los flujos modifican el valor de los niveles. El valor de un flujo no depende de sus valores anteriores; a diferencia de los niveles en un sistema, que junto con las influencias externas determinan los valores de los flujos.

Los conceptos o las variables intermedias son denominados como variables auxiliares y, como los flujos, pueden cambiar instantáneamente en respuesta a cambios en los niveles o influencias eternas.

3. Modelización ambiental de procesos

El desarrollo de las actividades humanas ocasiona cambios en el ambiente que deben ser minimizados, Frente a la tradicional valoración cualitativa, cada vez en mayor medida se utilizan modelos ambientales que permiten determinar con mayor precisión los efluentes, tanto sólidos como líquidos y gases producidos por cualquier actividad.

En algunas ocasiones es posible la modelización exacta del proceso considerando las reacciones físico-químicas. Por ejemplo, se utilizan modelos fotoquímicos en áreas urbanas para evaluar la contaminación fotoquímica del aire, resultado de complejas reacciones entre la luz solar, la meteorología y las emisiones básicas de óxidos de nitrógeno e hidrocarburos reactivos.

No obstante, mayoritariamente es necesario acudir a aproximaciones estadísticas o basadas en datos o conocimiento. Entre los modelos más habituales, utilizados por ejemplo para la estimación de las consecuencias de las emisiones accidentales a la atmósfera de contaminantes procedentes de actividades industriales, destacan los modelos gaussianos. También son habituales los modelos de aproximación euleriana, que predicen, por ejemplo, la calidad del aire y permiten el estudio de fuentes de diversos tipos (puntuales, lineales, de áreas) desde una perspectiva real y la inclusión de fenómenos químicos, vapor de agua, precipitación, etc. Estos modelos se basan en la resolución numérica de la ecuación de transporte que esencialmente consta de términos de difusión, deposición y producción/pérdida por transformaciones físico-químicas. Otros modelos están basados en técnicas de tratamiento de datos o Data Mining como los modelos predictivos de redes neuronales, que basados en la información existente en casos pasados es capaz de encontrar la dinámica del proceso sin conocimiento previo. Por último están los denominados sistemas expertos, generalmente aplicados en forma de reglas o árboles,

Todos estos modelos han venido desarrollándose con éxito por multitud de organizaciones, tanto para su propio uso como para uso colectiva, comercial o libre, pero su propio éxito, el mayor control gubernamental, los condicionantes sociales y la propia concienciación han generado un gran número de modelos, distintos, cerrados e independientes entre sí cuya aplicación conjunta resulta costosa y su modificación es poco menos que imposible.

Por ello, desde hace algún tiempo se han venido desarrollando la idea de los entornos de modelización (Muhanna, 1994; Guariso, 1996; Bennett, 1997; Reed, 1999), con un rango variable de características en función de los requisitos del problema y el soporte necesario para la conceptualización del modelo. Para utilizar esta aproximación los modelos ambientales a desarrollar, basados en componentes, deben incluir una serie de características.

- Un entorno de desarrollo, en el que los nuevos componentes se pueden construir, posiblemente basándose en componentes ya existentes o a partir de plantillas;
- Un conjunto o biblioteca de componentes que representen conocimiento (componentes principales)
- Un conjunto de componentes que den apoyo a tareas comunes, tales como cotejo de datos y relleno de espacios, tareas básicas de análisis, y salida y visualización de opciones.
- Un interfaz de aplicación completo (Framework) dentro del cual operará el modelo.
- Un sistema de ejecución que de apoyo a modelos múltiples, posiblemente a través de procesado en paralelo, optimización, análisis de sensibilidad y de escenarios.

En los últimos años se han desarrollado diferentes entornos en esta misma línea. Un ejemplo es el Sistema de modelado de interacción de componentes (ICMS), desarrollado a partir de la estructura subyacente del ICMS a principios de los 90 como Open Modelling Engine (OME) (Rizzoli et al., 1998; Reed et al., 1999). El OME es un enfoque orientado a objetos basado en los siguientes elementos básicos:

- Plantillas de clase

- Objetos de dominio
- Plantillas de datos
- Instancias de datos
- Modelos
- Modelos (enlaces a objetos de dominio)
- Enlaces entre objetos de dominio

Un ejemplo de este enfoque es la correspondencia entre componentes definidos en un interface junto con los componentes definidos en el entorno, con lo cual se podrían enlazar componentes de un entorno gráfico, como por ejemplo un GIS, con modelos que procesen datos del propio marco.

El sistema de arquitectura de la información (*DIAS*) es otro entorno de modelado orientado a objetos. Tuvo sus raíces en los problemas de integración de modelos comunes creados mediante links y en los problemas de compatibilidad entre modelos. En *DIAS*, todos los modelos y herramientas son tratados como objetos, incluyendo los modelos heredados, los cuales son registrados y gestionados como clases individuales. Además permite múltiples escenarios.

Igualmente orientado a objetos y con conceptos similares a *ICMS* y *DIAS*, incluido el interface del usuario objeto desarrollado por *MMS* y llamado *MMS-OUI*, los sistemas *RAISON* (ROS), *Tarsier* y *Spatial* constituyen otras aproximaciones a este tipo de estructura (Argent 2004).

Un paso adelante es el Interfaz medioambiental abierto Europeo (OpenMI), desarrollado bajo el proyecto HarmonIT del V Programa Marco, por ser el intento más ambicioso hasta el momento de buscar una normalización de la modelización medioambiental. Esta norma incluye aspectos sobre la entrada de datos, generación de flujos y representación de los bucles de retroalimentación y de interacción entre procesos (Muetzelfeldt 2004).

El último avance en este tipo de trabajos es el desarrollo de lenguajes semánticos más ricos en la construcción de modelos medioambientales integrados. Utilizando ontologías u otras herramientas de tratamiento de la información más cercana al lenguaje natural, intentan el desarrollo de marcos de modelización más intercambiables y reaprovechables.

4. Modelo S3

Las herramientas de construcción de modelos, los entornos de desarrollo y las mejoras en la accesibilidad y usabilidad software han sido las direcciones fundamentales de avance de las aplicaciones de modelización, para conseguir hacer más sencillo y rápido el desarrollo de modelos y la ejecución y afino de los mismos.

No obstante, todos estos antecedentes plantean un problema: si bien se trata de estructuras para integrar modelos, estos se ejecutan de forma paralela o consecutiva pero no integrada. Frente a ello, aprovechando las definiciones del modelo europeo y los modelos ontológicos, se concibe en este trabajo una aproximación distinta en la que se definen toda una serie de procesos base, muchos de ellos comunes a procesos más complejos que en su interior incorporan los modelos de TODOS los aspectos relacionados con los 4 vectores básicos anteriormente citados, si bien cada uno de ellos puede ser ejecutado o no en cada iteración en función de lo requerido. Además estos modelos no son únicos sino que para cada vector,

por ejemplo emisiones a la atmósfera, existen diversos modelos que, gobernados por un Sistema de Ayuda a la decisión y utilizando criterios de especialización decide, en función de los datos disponibles cual es el modelo, dentro de los aplicables, más adecuado para utilizar. Es el denominado modelo S3.

Este concepto se puede clarificar si se acude a un ejemplo. Cada vez que se introduce un nuevo proceso se intenta que este se atomice al máximo para que pueda así ser reutilizado. Así, una caja de proceso podría ser Transporte en cinta. El interfaz solicita información acerca de esta tal como potencia, accionamiento, diferencia de cota, material transportado (densidad, cantidad, humedad y granulometría), datos meteorológicos, protección (capota) y longitud. Esta información puede ser introducida totalmente si se conoce o parcialmente. El proceso se desarrolla con modelos para contaminación aérea, al agua, por sólidos y energía. A su vez para cada uno de estos vectores existen diversos modelos. Si sólo se introduce el valor de la potencia eléctrica, las pérdidas de sólidos se obtendrán a partir de los valores medios proporcionados por documentos como los BREF. Al introducir más datos se ejecutarán modelos más complejos que incluyen la dispersión de focos lineales, etc.

No todos los modelos tienen que ser necesariamente ejecutados, sólo aquellos cuya salida ha sido seleccionada y de la que existen datos de entrada lo serán, si bien todos residen dentro del elemento proceso.

A medida que más modelos se desarrollan, cada vez será más fácil configurar procesos más complejos con la ventaja añadida de que no es preciso desarrollarlos ex profeso si no que se pueden vincular modelos externos sin necesidad de su código fuente.

4. Implementación

El entorno de modelado se desarrolla en la plataforma *Microsoft .NET* en su versión 3.5. Esta tecnología permite desarrollar una aplicación compatible con sistemas operativos *Microsoft Windows*.

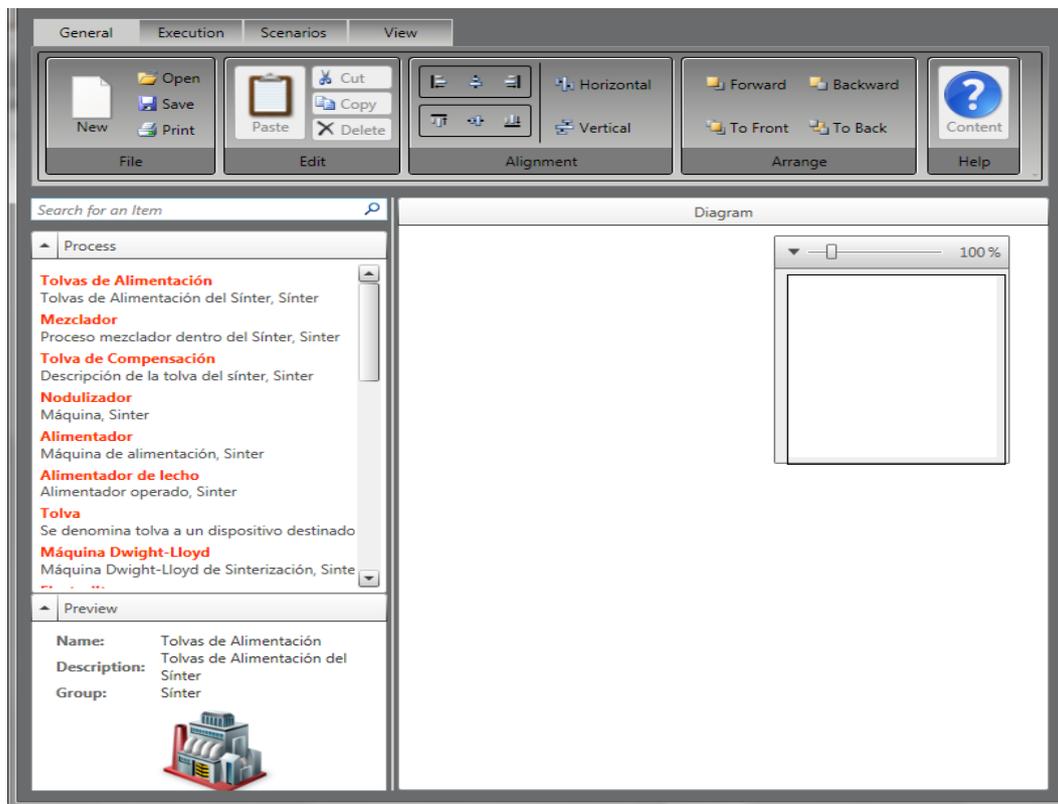
La decisión de emplear específicamente la versión 3.5 de este Framework de desarrollo de aplicaciones se debe a la intención de explotar las capacidades gráficas de *Windows Presentation Foundation (WPF)*, un componente añadido en *.NET* para potenciar la experiencia del usuario durante el manejo de aplicaciones desarrolladas sobre esta plataforma.

Emplear *WPF* facilita la integración de elementos multimedia, documentos, gráficos vectoriales, visualización de datos interactiva, así como la mejora de la legibilidad de textos en pantalla.

La herramienta se compone de tres elementos principales:

- Área de trabajo o *Workspace*: representa el diagrama sobre el que se está trabajando. En esta área se colocarán todas las entidades que lo forman así como los flujos que las unen.
- Área de Procesos: los diferentes elementos de los diagramas se presentan de forma agrupada de acuerdo a su función. De forma general, en el prototipo se presentan estructuras de control, procesos y conexiones del flujo del diagrama.
- Acciones: finalmente, la herramienta proporciona un panel de acciones comunes que el usuario podrá aplicar al flujo diseñado.

Figura 1. Interfaz del usuario



El diseño de los diferentes procesos siderúrgicos puede alcanzar un alto grado de complejidad, tanto en el número de elementos que lo forman como de flujos implicados. Por ello, la herramienta desarrollada proporciona al usuario toda la información necesaria para interpretar y comprender los elementos que se están visualizando en el espacio de trabajo.

Para proporcionar esta información al operador de la aplicación, se ha decidido emplear *tags* sobre los elementos del diagrama. Estos tags pueden ser figuras o textos que muestran el estado de una estructura del diagrama de forma sencilla y directa, permitiendo al usuario conocer errores, advertencias o eventos significativos sobre el trabajo que está realizando en cada momento.

La tarea principal durante el diseño de los diagramas es la colocación de procesos y la creación de los flujos que los unen. Esta operación debe ser lo suficientemente clara para el usuario, permitiéndole anticipar fácilmente el comportamiento de la aplicación. Para garantizar este punto, se ha tomado un enfoque estándar en las herramientas de diseño de diagramas: los puntos de anclaje. En la siguiente imagen se ilustra este concepto:

Figura 2. Uniendo dos elementos



En la Figura 2 se muestran los puntos de anclaje donde los flujos pueden llegar al proceso: los flujos se asocian a los puntos de anclaje, y será dentro de las propiedades de cada flujo individual donde se establezcan las entradas y salidas que se están comunicando. Los flujos en sí mismos no requieren configuración, si no que son fruto de las operaciones realizadas con ellos.

La ejecución del proceso para realizar la simulación requerirá que los procesos interconectados estén actualizados, es decir, que se ejecuten en forma secuencial. Si un proceso se realiza sin que los procesos anteriores estén actualizados podría aportar información errónea, lo que debe ser comunicado.

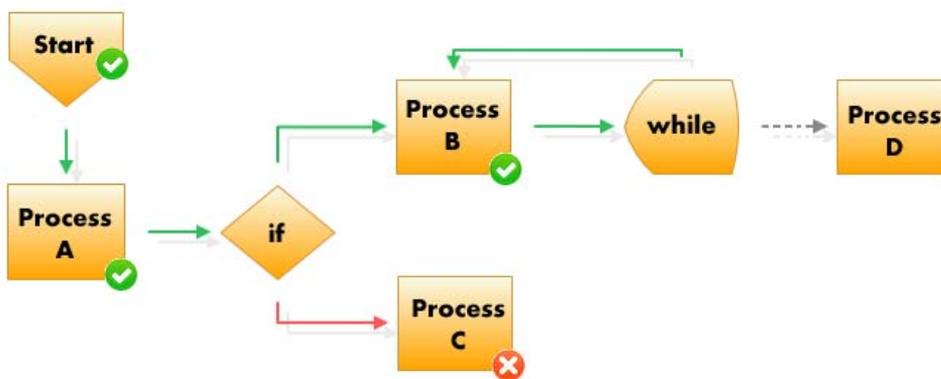
Figura 3. Señales describiendo estado de un proceso



En la figura anterior podemos ver un prototipo de los posibles estados que un proceso del diagrama diseñado podría tomar durante su ejecución: correcto, erróneo, con advertencias.

En el siguiente ejemplo se muestran las principales entidades que pueden participar en un diagrama, así como posibles estados en los que se podrían encontrar durante un instante de la ejecución.

Figura 4. Estado de ejecución de un diagrama con estructuras básicas y de control



En la Figura 4 se pueden observar tres conjuntos de entidades que conforman la base de todos los diagramas que serán manejados por la aplicación. A continuación se detallan brevemente algunas de las características de cada uno de ellos.

4.1 Estructuras de control

Uno de los componentes básicos durante el diseño son las estructuras de control, estas guían el flujo del proceso de acuerdo a diferentes situaciones. En el ejemplo anterior se presentan las siguientes entidades de control de flujo:

- *If*: estructura de decisión, guía la ejecución del diagrama por un flujo u otro de acuerdo a una condición configurada.
- *While*: permite realizar un bucle de ejecución sobre una etapa del diagrama bajo un conjunto de condiciones configurables por el usuario.

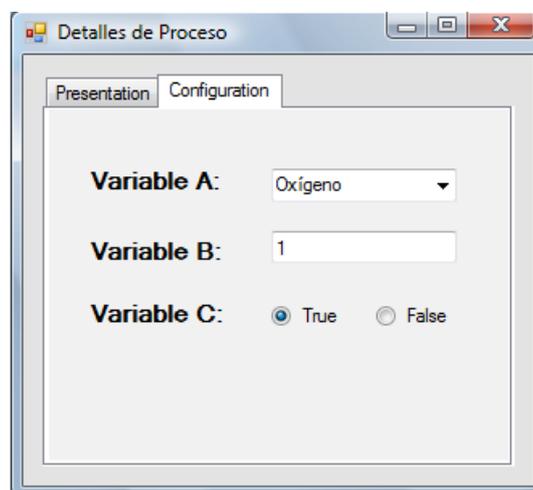
Además de ellas existirán otras herramientas de flujo que permitan la extracción de variables de unos datos, la unión de columnas, etc.

4.2 Procesos

Los procesos son los elementos principales de los diagramas. Poseen un conjunto de entradas y salidas que servirán de punto de unión con otros procesos o estructuras de control. Cada uno de esos procesos llevará un modelo de base que en ocasiones será muy complejo (por ejemplo procedente del análisis de datos de una instalación concreta) y otras veces muy simple (derivado por ejemplo de los BREF).

Dependiendo del tipo de proceso, el usuario podrá configurar determinados parámetros del proceso. En la siguiente ilustración se muestra unas ventanas de configuración obtenidas como configuración del proceso:

Figura 5. Ejemplo de configuración de un Proceso



Además, dependiendo de cómo ha ido el proceso de ejecución del proceso, la aplicación mostrará al usuario diferentes elementos gráficos para informar el resultado, tal y como se ha mostrado en la **Figura 5**. No obstante es importante reseñar que los procesos no producirán salidas directamente. Todas las salidas, gráficas o alfanuméricas, escalares o vectoriales, serán obtenidas uniando mediante flujos las "cajas" a procesos de salida estándar.

4.3 Flujo

El flujo del diagrama se representa mediante un conjunto de líneas orientadas desde las salidas a las entradas de las entidades que comunica.

La aplicación permitirá en este punto realizar las asociaciones necesarias, aplicando las restricciones oportunas para los enlaces creados.

4.4 Codificación

Uno de las principales características de este entorno es que toda la estructura gráfica está desarrollada en XML lo que lo hace totalmente portable e interpretable por cualquier otra aplicación.

La información se almacena en dos estructuras XML. La primera de ellas contiene todos los posibles módulos del sistema y se utiliza como entrada al sistema, en la cual se definen los módulos denominados <entity> con sus propiedades correspondientes como <name> o <description>. También las entradas <input> y las salidas <output>.

El segundo de los documentos XML contiene los esquemas generados y su estructura consta de dos grandes módulos. En el primero <DesignerItems> se definen las instancias de los módulos anteriormente definidos y en la segunda <Connections> se registran las conexiones entre ellos, es decir, las flechas del diagrama.

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<root>
  <entities>
    <entity>
      <guid>CC882748-3AA7-4de2-AEA6-44DB65A723D9</guid>
      <name>Tolvas de Alimentacin</name>
      <description>Tolvas de Alimentacion del Sinter</description>
      <category>Sinter</category>
      <width>170</width>
      <height>170</height>
      <image>iVBORw0KGgoAAAANSUhEUgAAIAAAACACAYAA</image>
      <parameters>

      <InputGroup>
        <name>Water</name>
        <shortname>Water</shortname>
        <description>Amount of water</description>
        <guid>a3726574-61a8-4176-a30a-da179988bdee</guid>
        <input>
          <name>Process Water</name>
          <description>Water used by the process</description>
          <units>m3</units>
          <value> 6 </value>
        </input>
        <input>
          <name>Humidity</name>
          <description>Humidity</description>
          <units>m3</units>
          <value> 6 </value>
        </input>
      </InputGroup>

      <OutputGroup>
        <name>Products</name>
        <shortname>Products</shortname>
        <description>Products</description>
        <guid>a3726574-61a8-4176-a30a-da179988bdee</guid>
```

```

<output>
  <name>Cok</name>
  <description>Amount of Cok</description>
  <units>Kg</units>
  <value> 1000 </value>
</output>
<output>
  <name>Limestone</name>
  <description>Amount of Limestone</description>
  <units>Kg</units>
  <value> 1000 </value>
</output>
<output>
  <name>Slab</name>
  <description>Amount of Slab</description>
  <units>Kg</units>
  <value> 1000 </value>
</output>
</OutputGroup>
</parameters>
</entity>
</entities>
</root>

```

5. Caso de aplicación: Sinter

Con el objeto de comprobar la viabilidad del sistema, se ha procedido a modelizar un proceso siderúrgico complejo: el sinterizado. Este proceso consiste en una reducción parcial de las menas de mineral de hierro a partir de la adición y posterior calentamiento de CaO y cok, mejorando el comportamiento de la adición al horno alto.

- Desde un punto de vista funcional, el sinterizado se puede dividir en 3 grandes procesos: Selección, acopio y mezcla de materias primas.
- La fase reductora, realizada mediante un horno de ignición en una parrilla móvil y
- El enfriamiento y preparación del material resultante.

A todo esto se le deba añadir una etapa de limpieza de gases y eliminación de partículas en suspensión diversos transportes tanto internos como externos.

Todas estas etapas tienen, en mayor o menor medida, influencia sobre el comportamiento medioambiental de la instalación, por lo que cada una de ellas deberá ser evaluada a través del modelo más adecuado para cada caso, es decir, existirán como se comentó previamente, diversos modelos de los cuales se elige el más adecuado en cada caso.

Por ejemplo para una instalación de sinterizado los impactos más significativos en cada una de las etapas se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 1: Impactos en la planta del Sinter

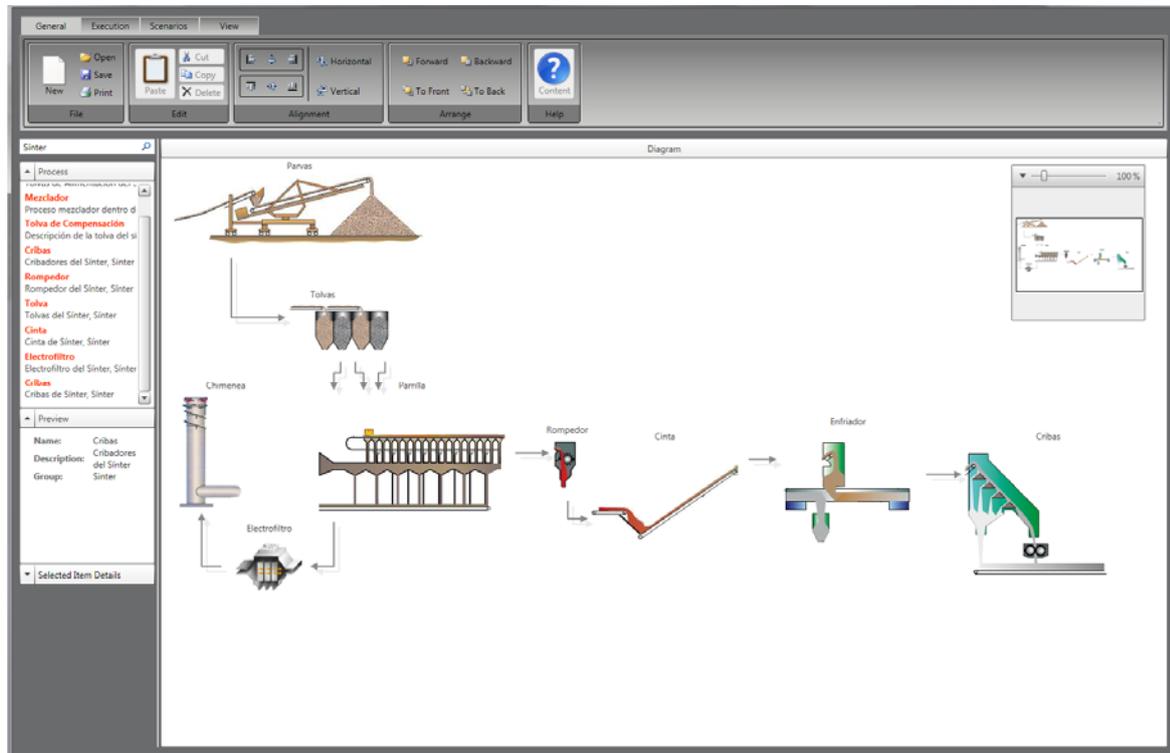
Proceso	Agua	Aire	Sólidos	Energía
Parvas	Riego	Emisiones difusas	Barridos	Riego
	Pluviales		Lodos de balsa	
Transporte en cinta y camión	Aguas de balsa	Gases MCI	Barreduras	Accionamiento eléctrico
	Despreciable	Emisiones difusas	Pérdidas	Combustible
Parrilla	Refrigeración Agua proceso	Polvo en suspensión	Residuos	Horno de ignición
		GEI	Berreduras	Cok
Limpieza	Agua de limpieza	Polvo en suspensión	Residuos de filtro	Electricidad de accionamientos
	Agua de refrigeración		Rechazos	Refrigeración

De acuerdo con las características anteriores, el sistema es capaz de incorporar modelos para cada uno de los vectores en cada una de las instalaciones, de modo que es posible repercutir el resultado contaminante de cada una de ellas sobre el proceso general a través de variables globales.

Así, en el caso más sencillo, las emisiones difusas en las pilas o parvas, el sistema aplica un modelo tradicional de energía cinética.

La caja correspondiente a transporte se configura tal como se muestra en la Figura 6 la cual se muestra la configuración del modelo. Dado que se trata de un transporte por cinta, se solicita información acerca de sus dimensiones, tipo, diferencia de cota, cobertura y velocidad. No es preciso solicitar datos del granel transportado puesto que estos se incorporan directamente a partir de las flechas de entrada que conectan a la caja, es decir, en este caso, de la granulometría del material.

Figura 6. Modelo Sinter



Una vez realizada la configuración, es preciso realizar las conexiones que permitan enlazar los flujos de modo que el modelo identifique aquellos que le son relevantes, En este caso la granulometría, grado de humedad y flujo.

La ejecución del flujograma permite obtener, de forma gráfica y/o alfanumérica, los resultados, tanto del modelo total como de cada uno de los modelos parciales, simplemente conectando módulos de salida a las variables deseadas.

El proceso global puede ser guardado y recuperado posteriormente o utilizado como un “superproceso”.

6. Conclusiones

El presente trabajo presenta un entorno que permite la creación de modelos energéticos y ambientales complejos a partir de módulos más simples. El sistema es capaz de incorporar tanto modelos previamente desarrollados en cualquier entorno como modelos desarrollados al efecto, con lo que su modularidad es total.

Mediante la incorporación de modelos de elementos más pequeños, es posible realizar simulaciones de líneas de proceso muy complejas para realizar estudios de tipo What-If, análisis de escenarios o de sensibilidad.

Internamente cada uno de esos procesos contiene a su vez varios modelos, tanto en amplitud (es decir, modelos referidos a diferentes variables: aire, agua, etc.) como en intensidad (modelos más sencillos o más complejos en función de la disponibilidad). Un sistema basado en conocimiento (KBS) decide, en función de las características conocidas de cada instalación, cual es el modelo más detallado aplicable a cada caso. La estructura, totalmente modular, permite la inserción de otros modelos asociados como los modelos de

proceso (calidad de producto) o de costes, sin cambios apreciables lo que constituiría el sistema global.

Al estar totalmente desarrollado en XML, el entorno es sencillo y compatible con sistemas de base semántica o basados en ontologías.

En la actualidad se pretende configurar la ontología asociada, así como desarrollar nuevas utilidades para la creación de procesos.

7 Referencias

- J.B. Snape, I. J. Dunn, J. Ingham, J.E. Prenosil 1995. "Dynamics of Environmental Bioprocess"
- R. Argent, 2004. An overview of model integration for environmental applications—components, frameworks and semantics, *Environ. Model.Software* 19 (3) 219–234.
- G. Guariso, H. Werthner, 1989. Environmental decision support systems. In *Computers and Their Applications*. Ellis Horwood Limited, Chichester.
- D.A. Bennett, 1997. A framework for the integration of geographical information systems and modelbase management. *International Journal of Geographical Information Science* 11 (4), 337–357.
- S. Kralisch, P. Krause, Jams, 2006. A framework for natural resource model development and application, in: A. Voinov, A. Jakeman, A. Rizzoli, (Eds.), *Proceedings of the iEMSs Third Biennial Meeting of "Summit on Environmental Modelling and Software"*, iEMSs, iEMSs, Manno, Switzerland.
- R. Muetzelfeldt, 2004. Declarative modelling in ecological and environmental research, Position Paper EUR 20918, European Commission Directorate-General for Research, European Commission, Brussels, Belgium.
- W.A. Muhanna, 1994. SYMMS: a model management system that supports model reuse, sharing and integration. *European Journal of Operational Research* 72, 214–243
- M. Reed, S.M. Cuddy, A.E. Rizzoli, 1999. A framework for modeling multiple resource management issues—an open modeling approach. *Environmental Modelling & Software* 14 (6), 503–509.
- A. E. Rizzoli, M. Donatelli, I. N. Athanasiadis, F. Villa c, D. Huber, 2008. Semantic links in integrated modelling frameworks. *Mathematics and Computers in Simulation* 78 412–423
- A.E. Rizzoli, J.R. Davis, D.J. Abel, 1998. Model and data integration and re-use in environmental decision support systems. *Decision Support Systems* 24, 127–144

Correspondencia

Gestión del Área de Proyectos de ingeniería de la Universidad de Oviedo.

Phone: +34985104272

Fax: + 34985104256

E-mail : gestion@api.uniovi.es

URL : <http://www.api.uniovi.es>