

LA MEJOR FORMA DE HACER SOFTWARE ES NO TENER QUE HACERLO

1. INTRODUCCIÓN

OPTeX MATHEMATICAL MODELING SYSTEM es la tecnología de optimización que comercializa **DO ANALYTICS LLC.** (<http://www.doanalytics.net/Documents/OPTeX-Presentation.pdf>).

OPTeX disminuye los costos de desarrollo de modelos matemáticos al mínimo; la solución se basa en replantear la forma de implementación del software que tradicionalmente implica la programación de un "ejecutable" por cada modelo que se desarrolla. Desde su nacimiento, en 1991, **OPTeX** se concibe como una meta-herramienta que permite en un solo ambiente de trabajo desarrollar "todos" los modelos matemáticos que se requieran, integrándolos automáticamente al sistema de información de apoyo, generando una interfaz de usuario genérica que permite navegar las tablas del sistema de información y, lo fundamental, que es capaz de generar modelos matemáticos basados en programas de bajo nivel, como **C**, o en programas de alto nivel, basados en lenguajes algebraicos como **GAMS**, **AIMMS**, **IBM ILOG OPL**, ...; de forma tal de garantizar tiempos mínimos de implementación, tiempos de computo competitivos y portabilidad de los modelos matemáticos.

Bajo la concepción de **OPTeX**, las estructuras correspondientes a la formulación algebraica de los modelos matemáticos se almacenan en un sistema de información relacional denominado **SIMM** (Sistema de Información de Modelos Matemáticos) y por lo tanto las tablas que integran el **SIMM** puede cargarse por cualquier mecanismo válido para manipular tablas, con las ventajas que la organización de la información alrededor las bases de datos relacionales, este enfoque permite utilizar **EXCEL** para procesar tablas. Por dicha razón **DO ANALYTICS** ha desarrollado el producto **OPTeX-EXCEL-MMS** que permite a modeladores no expertos en las diferentes

tecnologías de optimización, ni con conocimientos de **SQL (Structured Query Language)**, resolver complejos problemas matemáticos que normalmente solo están disponibles a expertos en modelaje y simultáneamente expertos en las labores de programación de computadores.



Como parte del **SIMM** se desarrolla el modelo de datos de las tablas que debe llenar el usuario final, este sistema se denomina **SIDI (Sistema de Información de Datos Industriales)** el cual puede residir en libros **EXCEL**, archivos **CSV** o cualquier servidor de datos tipo **SQL (ORACLE, DB2, SQL SERVER, MySQL, ...)**

Una de las ventajas de separar la formulación de los modelos matemáticos de la tecnología de optimización utilizada resolver los problemas matemáticos radica en que el modelador no requiere conocer la sintaxis de la tecnologías de optimización disponibles para implementar el modelo matemático, concentrando su esfuerzo en la formulación algebraica y en llenar los registros de las tablas de acuerdo con las instrucciones dadas, o sea lo que comúnmente se conoce como llenar formularios/plantillas (filling the blanks). El código generado por **OPTeX** está libre de errores ya que el mismo es el resultado de múltiples experiencias que garantizan su calidad y su correcto funcionamiento. EL modelador puede aprender del código generado por **OPTeX**.

Posteriormente a formular el modelo matemático el usuario tiene dos alternativas: i) cargar las tablas en la base de datos **SIMM** o mantener la formulación en **EXCEL** y controlar la ejecución desde la interfaz **OPTeX-EXCEL-GUI** o desde la interfaz web de **OPTeX**. En cualquier caso, **OPTeX** se encarga de generar el código asociado al lenguaje de programación que desea utilizar el usuario.

Una de las mayores ventajas de este enfoque es que reduce al mínimo el tiempo de desarrollo de los modelos matemáticos que pueden implementarse rápidamente, por expertos modeladores matemáticos que no requieren profundizar en: i) los lenguajes de programación a utilizar, ii) las sentencias **SQL** para conectar bases de datos y iii) el conocimiento de visualizadores de datos, convirtiendo el tiempo ahorrado en costo evitado.

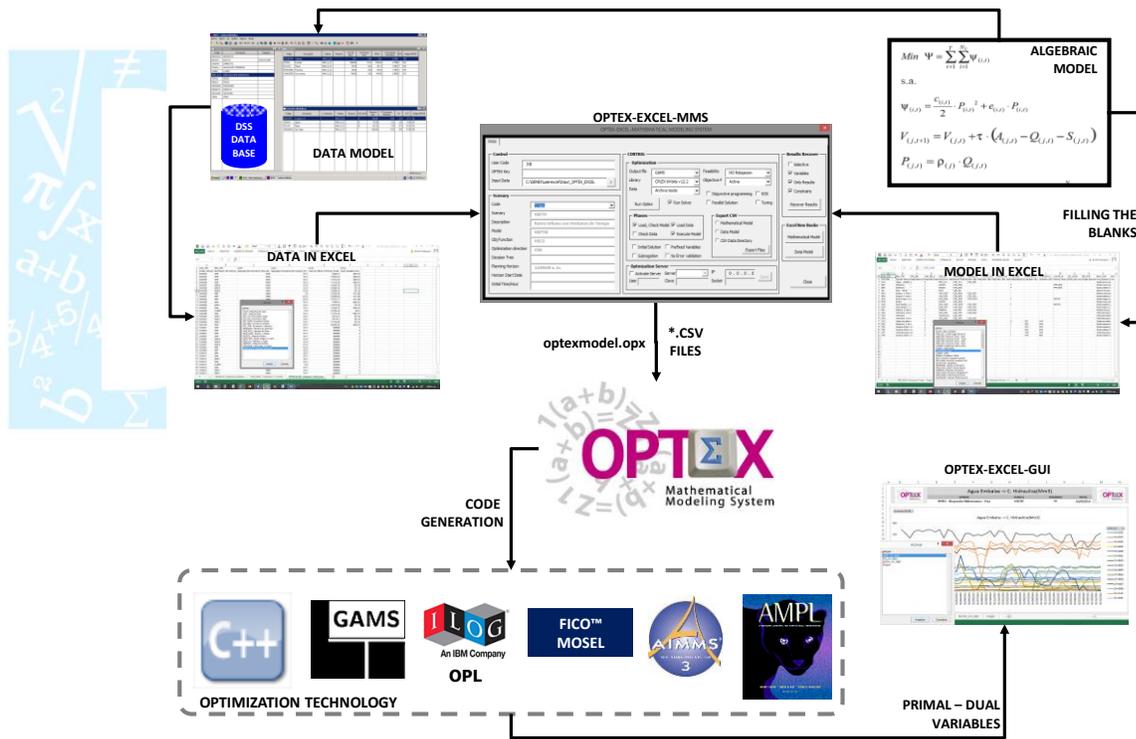
Lo anterior convierte a **OPTeX** en una meta-plataforma computacional rápida, un sistema experto, un robot, orientado al diseño, la implantación, la puesta en marcha y el mantenimiento de **SSDs** basándose en una filosofía de desarrollo concurrente, en tiempo real, **OPTeX** permite reducir las labores de desarrollo de programas de computador al mínimo; ya que a partir de la formulación de los modelos matemáticos y de su vinculación con el modelo de datos, **OPTeX** genera en línea el "front-end" para el usuario final, sin realizar generación de código o labores complicadas de encadenamiento de ejecutables. Lo anterior se traduce en la disponibilidad inmediata de las adiciones y/o de los cambios realizados, y por ende en ahorro de tiempo, el cual puede ser utilizado más

eficazmente en el modelaje matemático de los procesos y en el diseño de la interfaz del **SSDs** con otras herramientas informáticas de la organización usuaria, como pueden ser los **ERPs**.

OPTEX soporta todas las actividades requeridas para implementar soluciones “reales” basadas en múltiples modelos matemáticos integrados en un **SSD**. El proceso a seguir para cada modelo matemático se puede resumir en los siguientes pasos:

- Modelamiento matemático, cuyo producto es un modelo algebraico conceptual;
- Modelamiento de los datos, cuyo producto es el modelo de datos de un sistema de información;
- Implementación automática del sistema de información;
- Generación de programas que son capaces de generar el modelo numérico de un escenario, el cual es el resultado de la interpretación de los datos del sistema de información utilizando el modelo algebraico;
- Solución del problema numérico por medio de algoritmos especializados de acuerdo con el formato del problema;
- Almacenamiento de la solución en el sistema de información; y
- Consulta y direccionamiento de los resultados del modelo.

El siguiente diagrama presenta el proceso cuando se trabaja con base en **EXCEL**.



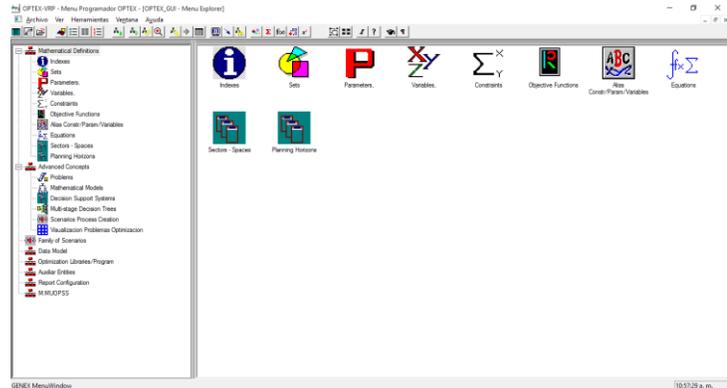
2. MODELAMIENTO MATEMÁTICO ESTRUCTURADO

Ordenar los elementos (objetos, entidades) que hacen parte de un modelo matemático alrededor de los conceptos de los sistemas de información conlleva la necesidad de estructurar el proceso de modelamiento de forma tal de almacenar dichos elementos en las tablas que integran el **SIMM**. Ello conlleva independizar la formulación de los modelos matemáticos de una tecnología informática específica y vincularlos a un punto de vista “universal” como es el caso de los sistemas de información.

2.1. SIMM: SISTEMA DE INFORMACIÓN DE MODELOS MATEMÁTICOS

Como sistema de información el modelo de datos del **SIMM** maneja un conjunto de entidades y sus relaciones. Las entidades básicas del **SIMM** son:

- Tablas
- Campos de la Tablas
- Índices
- Conjuntos
- Variables
- Parámetros
- Restricciones
- Ecuaciones
- Funciones Objetivo
- Problemas
- Modelos
- Sistemas de Soporte de Decisiones
- Aplicación

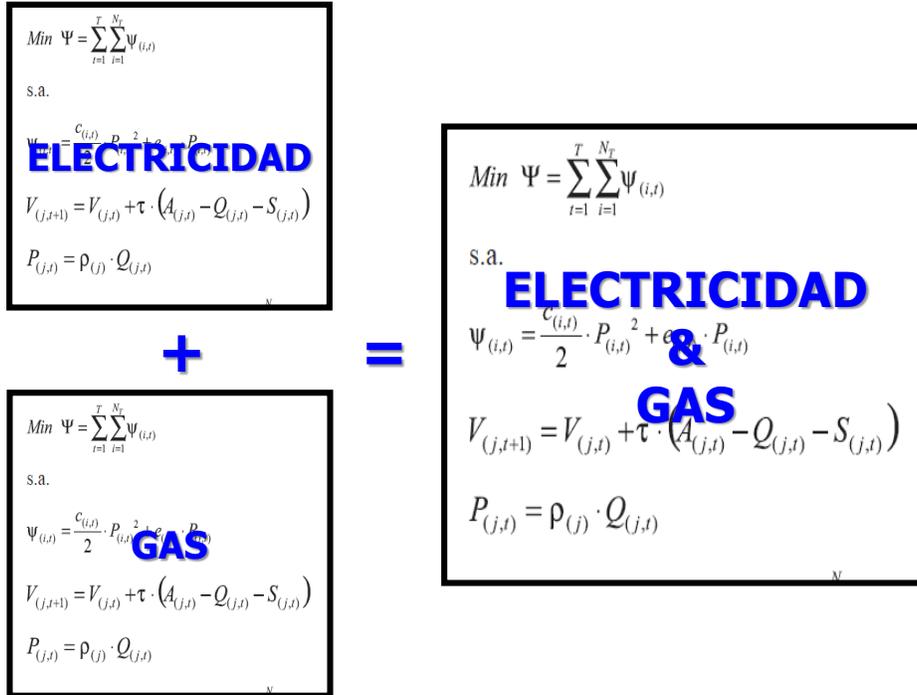


De los anteriores objetos, existen tres que no tienen una definición universal y que por lo tanto se deben:

- **Problema:** conjunto de restricciones;
- **Modelo:** conjunto de problemas; y
- **SSD:** conjunto de modelos.

En el **SIMM** se estandariza el manejo de las entidades y de las relaciones que lo definen. Esta estandarización se centra alrededor de un lenguaje algebraico que permite el manejo de ecuaciones lineales y de ecuaciones no-lineales.

Los anteriores objetos son fundamentales para enfrentar problemas de gran escala por medio de la coordinación de modelos multi-problema; para ello **OPTeX** se basa en que la programación matemática es un estándar, que al estar normalizado puede ser comprendido por cualquier experto en el tema, esta estandarización es tan sólida que garantiza que la unión de problemas de programación matemática es un nuevo problema de programación matemática. Esta ventaja la capitaliza **OPTeX** ya que la unión de dos problemas corresponderá a la unión las restricciones de los dos problemas, lo que se realiza con base en la parametrización de los problemas y no con base en la unión de dos programas de computador, lo que es más difícil de estandarizar.



El **SIMM** maneja todos los aspectos relativos a la formulación, la solución y la utilización de los modelos matemáticos. Conceptualmente, agrupa la información de acuerdo con las etapas que se deben enfrentar en el proceso de desarrollo de una aplicación:

- Formulación de definiciones matemáticas;
- Formulación y solución de problemas y modelos;
- Conectividad con librerías de optimización;
- Uso de los modelos

2.2. SOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE OPTIMIZACIÓN

Los formatos de problemas que es posible resolver con **OPTeX** dependen de las librerías de optimización a las que tenga acceso el usuario final, siendo posible formular modelos lineales o no-lineales (**LP, MIP, QP, QPQC, MECP, NLP, ...**).

Además de la solución de los problemas básicos de optimización, **OPTeX** incluye varios servicios avanzados, propios de los problemas del mundo real, orientados a facilitar la implementación de problemas de gran tamaño. Dentro de los servicios ofrecidos se pueden mencionar la generación de modelos orientados a la generación de:

- Variables para análisis de factibilidad.
- Valor inicial pre-fijado para cualquier variable del modelo
- Ecuaciones para re-optimización incluyendo variables prefijadas
- Generación de Envoltentes convexas (convex hull)
- Curvas Pareto de eficiencia multicriterio
- Optimización paralela/distribuida para solución de modelos multi-problemas
- Modelo basados en Programación disyuntiva

2.3. INTEGRACIÓN DE MÚLTIPLES MODELOS Y PROBLEMAS

Debido a la complejidad de los sistemas reales, los **SSDs** están compuestos por múltiples modelos matemáticos que se integran por intermedio del flujo de datos, generando de esta manera la información que requiere el

decisor para enfrentar todos los niveles jerárquicos: estrategia, táctica y operación. La conexión de modelos y de datos define la cadena de toma de decisiones, la cual soporta la productividad gerencial de las organizaciones.

Los diferentes modelos deben compartir información almacenada en un sistema de información común, coherente y normalizado, que permita la integración de datos a lo largo de la cadena de toma de decisiones, en la que los resultados (output) de un modelo se convierten en parámetros de entrada (input) de modelos de eslabones posteriores, de tal forma que su funcionamiento coordinado garantiza la "optimización" del sistema completo, lo que es imposible de obtener en un solo modelo. Esta visión es compartida por investigadores y por los productores de soluciones tecnológicas.

La concepción de objetos de **OPTeX** permite que un problema sea parte de varios modelos y que una restricción sea parte de varios problemas y así sucesivamente. Lo anterior facilita el manejo de tecnologías de optimización de gran escala; ya que bajo el esquema de partición y de descomposición, un modelo está compuesto por varios problemas cuya solución coordinada se realiza de acuerdo con una teoría preestablecida y donde cada problema se resuelve con un algoritmo apropiado de acuerdo con su formato.

2.4. OPTIMIZACIÓN ESTOCÁSTICA

El concepto de modelos multi-problema facilita la implementación de metodologías de gran escala basadas en estructuras multi-nivel de partición y de descomposición, basados en la Teoría de Benders o en la Relajación Lagrangeana. Los desarrollos algorítmicos de **DOA** se concentran en las metodologías de gran escala y no en la solución de los problemas básicos. Focalizando su esfuerzo de investigación en la generación de códigos computacionales eficaces para resolver este tipo de problemas, haciendo uso de las ventajas que hoy ofrecen los computadores con múltiples CPUs y las redes de computadores. De esta forma el modelador no experto en este tipo de tecnologías puede tener acceso a ellas en múltiples tecnologías de informáticas.

OPTeX incluye como parte de sus servicios el manejo de problemas de programación estocástica multi-etapa (Multi-Stage Stochastic Programming, **MS-SP**). Los servicios introducidos en **OPTeX** permiten manejar árboles aleatorios de procesos de decisión y resolver de manera genérica problemas con diferentes tipos de función objetivo, por ejemplo: i) valor esperado; ii) MiniMax o MaxiMin; iii) máximo arrepentimiento ("maximum regret"); y iv) valor esperado con restricciones de riesgo.

La conversión de modelos determinísticos a estocásticos es directa, en el sentido que el usuario solo debe parametrizar el proceso de conversión y **OPTeX** genera el modelo estocástico a partir de la formulación determinística. Los problemas se generan utilizando el esquema de "split" de variables coordinadas con restricciones de no-anticipatividad. La solución de estos problemas se puede realizar por medio de la solución directa del equivalente determinístico del problema estocástico, o utilizando métodos de gran.

2.5. GENERACIÓN DE PROGRAMAS

OPTeX genera automáticamente programas de modelos matemáticos en lenguajes algebraicos de alto nivel, como **GAMS**, **IBM ILOG OPL**, **MOSEL**, **AIMMS**, **AMPL**, ... , y en lenguajes de propósito general como **C** y **PYTHON** (en desarrollo), lo que lo convierte en una meta-plataforma genérica que sirve de interfaz para múltiples productos de programación matemática que no soportan algunos de los servicios ofrecidos por **OPTeX**. Por ejemplo, en el caso de **GAMS**, **OPTeX** facilita al usuario la conectividad entre los modelos matemáticos y los sistemas de información, aspecto que no es considerado explícitamente en **GAMS**; de esta forma el usuario puede generar programas **GAMS** que incluyan la conectividad **SQL** con el sistema de información del usuario final.

```

gamside: C:\Documents and Settings\jvb.DW-SERVER-HP01\Mis documentos\xxxxx.gpr - [C:\GENEX\CTQ\CTQES-0\VRP\A\OPTeX_VRP.gms]
File Edit Search Windows Utilities Help
optex_vrp.gms | optex_vrp.lst

*OPTeX-> Restricciones
Equations
RENSA(v,c) Balance Nodo Entrada - Salida
RNOCL(c,k,v) Ciclos No Permitidos
RSANO(v,c) Salida Nodo Origen
RUTVE(v) Utilizacion Vehiculo
RVCLI(c) Atencion Demanda Clientes
FO_MCOP Funcion Objetivo
;

RENSA(v,c){ CVEH(v) and CCLD(c) }..
+ SUM((CKCD(c,k) ),1 * VVCL(v,k,c){ CVEH(v) and CKLD(k) and CCKL(k,c) })
- SUM((CKCD(c,k) ),1 * VVCL(v,c,k){ CVEH(v) and CCLD(c) and CKCD(c,k) }) =e= 0 ;

RNOCL(c,k,v){ CCLI(c) and CKLC(c,k) and CVEH(v) }..
+ 1 * VVCL(v,k,c){ CVEH(v) and CKLD(k) and CCKL(k,c) }
+ 1 * VVCL(v,c,k){ CVEH(v) and CCLD(c) and CKCD(c,k) }=1= 1 ;

RSANO(v,c){ CVEH(v) and CNOR(c) }..
+ SUM((CCKL(c,k) ),1 * VVCL(v,c,k){ CVEH(v) and CCLD(c) and CKCD(c,k) })
- 1 * VAVL(v){ CVEH(v) }=e= 0 ;

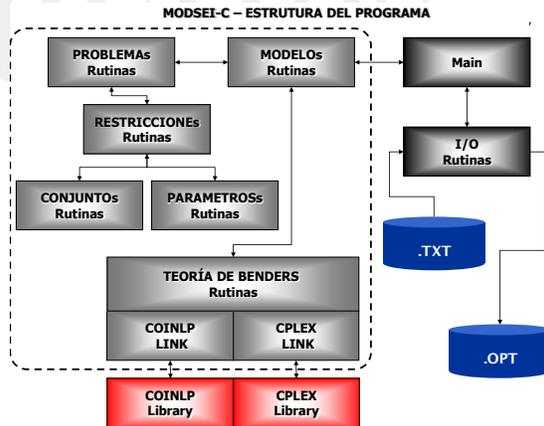
RUTVE(v){ CVEH(v) }..
+ SUM((CCLD(c) ,CKCD(c,k) ),1 * VVCL(v,c,k){ CVEH(v) and CCLD(c) and CKCD(c,k) })
- 1000 * VAVL(v){ CVEH(v) }=1= 0 ;

RVCLI(c){ CCLI(c) }..
+ SUM((CVCL(c,v) ,CKCD(c,k) ),1 * VVCL(v,c,k){ CVEH(v) and CCLD(c) and CKCD(c,k) }) =g= 1 ;

FO_MCOP.. FO =e=
+ SUM( / ( CVEH(v) , CCLD(c) , CKCD(c,k) ) , DVVCL(v,c,k) * VVCL(v,c,k) )

```

La generación de programas **C ANSI**, permite desarrollar aplicaciones con base en complejos procesos de interconexión de modelos, los cuales pueden personalizarse de acuerdo con las características específicas del usuario final, requisito indispensable cuando se trata de soluciones operativas para procesos industriales y de distribución de productos y/o personas. El siguiente diagrama presenta la estructura de los programas **C**.



2.6. LENGUAJE ALGEBRAICO

OPTeX dispone de un lenguaje algebraico de programación similar a los existentes en **GAMS** o **AMPL** u otro lenguaje algebraico similar. El proceso de compilación trabaja en doble pasada: en la primera analiza la sintaxis del programa y en la segunda la lógica del contenido del programa; si todo está correcto se encadena con **OPTeX-MG**. Para la edición de los programas se utiliza el software libre **NOTEPAD++**.

A partir de un programa **OPTeX** es posible llenar las tablas del sistema de información de **OPTeX**.

```

// mathematical elements definition
index c ; description = cliente origen ; data-table = CLD ; field = LRU,CLD ; end index
index k ; description = cliente destino ; data-table = KCD ; field = COO,CLD ; end index
index v ; description = vehiculo ;
field = COO,VEH ;
end index
set KCD ; description = cliente c -> cliente k ; index-element = c ; data-table = CLD ; end set
set COO ; description = cliente c -> cliente k ; index-element = k ; data-table = COO ; end set
set VEH ; description = vehiculo ; index-element = v ; table = VEH,COO ; field-element = COO,VEH ; end set
set KCD ; description = cliente c -> cliente k ; index-element = c ; data-table = CLD ; end set
set COO ; description = cliente c -> cliente k ; index-element = k ; data-table = COO ; end set
set VEH ; description = cliente -> vehiculo ; index-element = k ; operation = 2 ; set = KCD ; set = KCD ; end set
set VEH ; description = cliente -> vehiculo ; index-element = k ; data-table = KCD ; end set
parameter DIST(C) ; description = distancia viaje ; units = km ; data-table = DIST ; end parameter
parameter COSTO(C,K) ; description = costo tiempo viaje ; units = $/hora ; formula = DIST * DIST ; end parameter
parameter COSTO(V) ; description = costo uso vehiculo ; units = $ ; table = VEH,COO ; field=COO ; end parameter

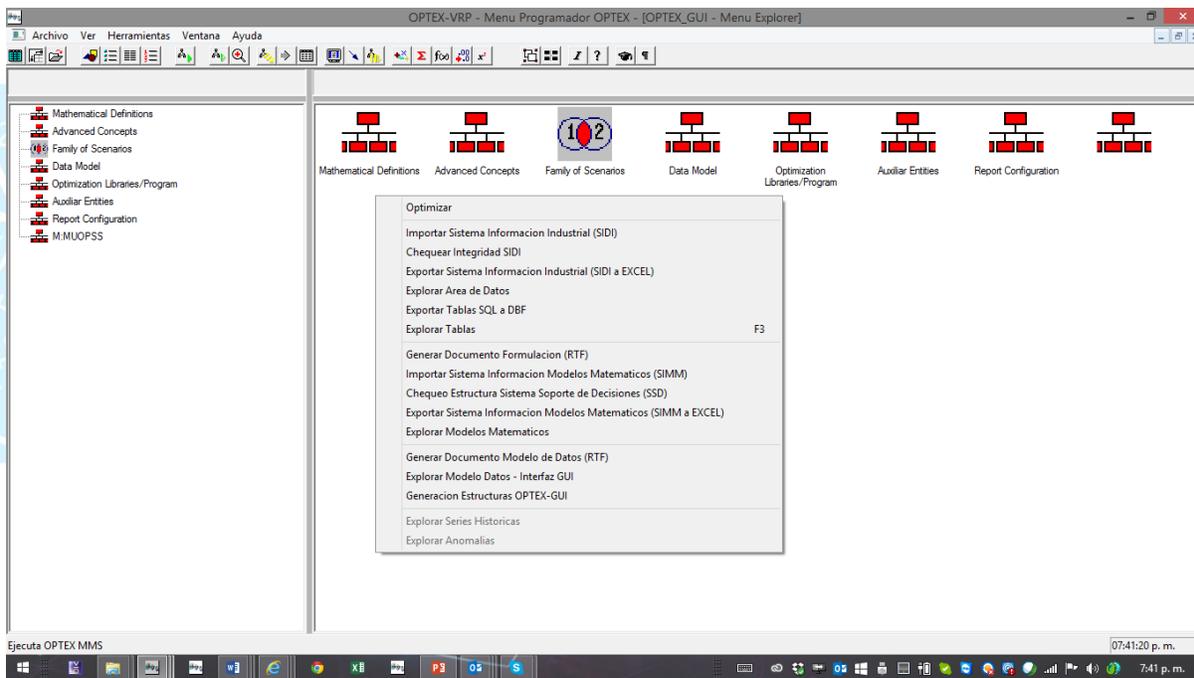
```

3. PROCESADORES OPTeX

OPTeX funciona como un sistema integral que ofrece al usuario una gama de posibilidades que garantizan eficacia y flexibilidad al enfrentar el proceso de implementación de un sistema de soporte de decisiones orientado a ser puesto en marcha en un usuario final. Los módulos que integran **OPTeX** se presentan a continuación.

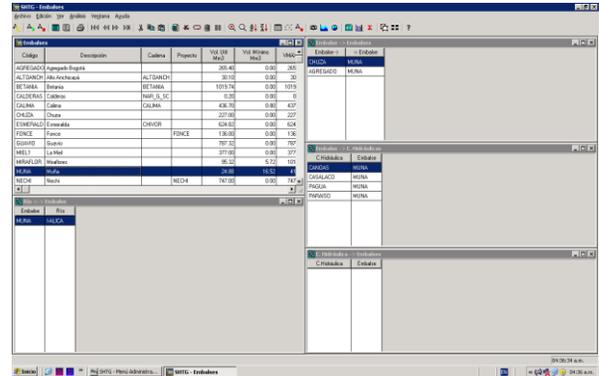
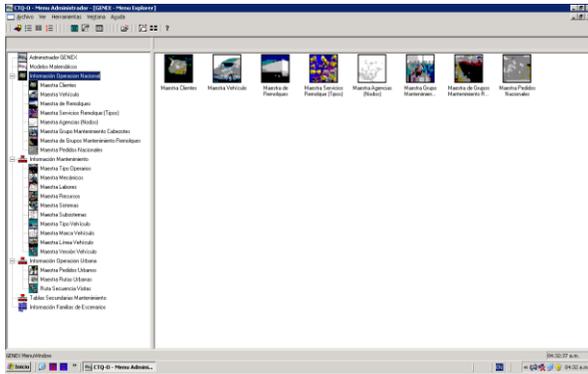
3.1. OPTeX-GUI: INTEGRATED DEVELOPMENT ENVIRONMENT

OPTeX-GUI corresponde a la interfaz **IDE** (Integrated Development Environment) que normalmente utiliza el modelador y su fin es facilitar el acceso a todas las tablas que están relacionados con el sistema de soporte de decisiones, o sea al **SIMM** y al **SIDI**. La formulación algebraica de modelos matemáticos, almacenados en bases de datos, permite al modelador matemático el ambiente de trabajo concurrente de múltiples usuarios en **LANs** y/o en **WANs**. Esta característica es una de las peculiaridades más importantes de **OPTeX**, que no es común en la mayoría de las herramientas desarrolladas para implementar modelos de programación matemática. **OPTeX-GUI** es una aplicación cliente que opera en **MS-WINDOWS** disponible para quienes tengan instalado **OPTeX** en su computador.



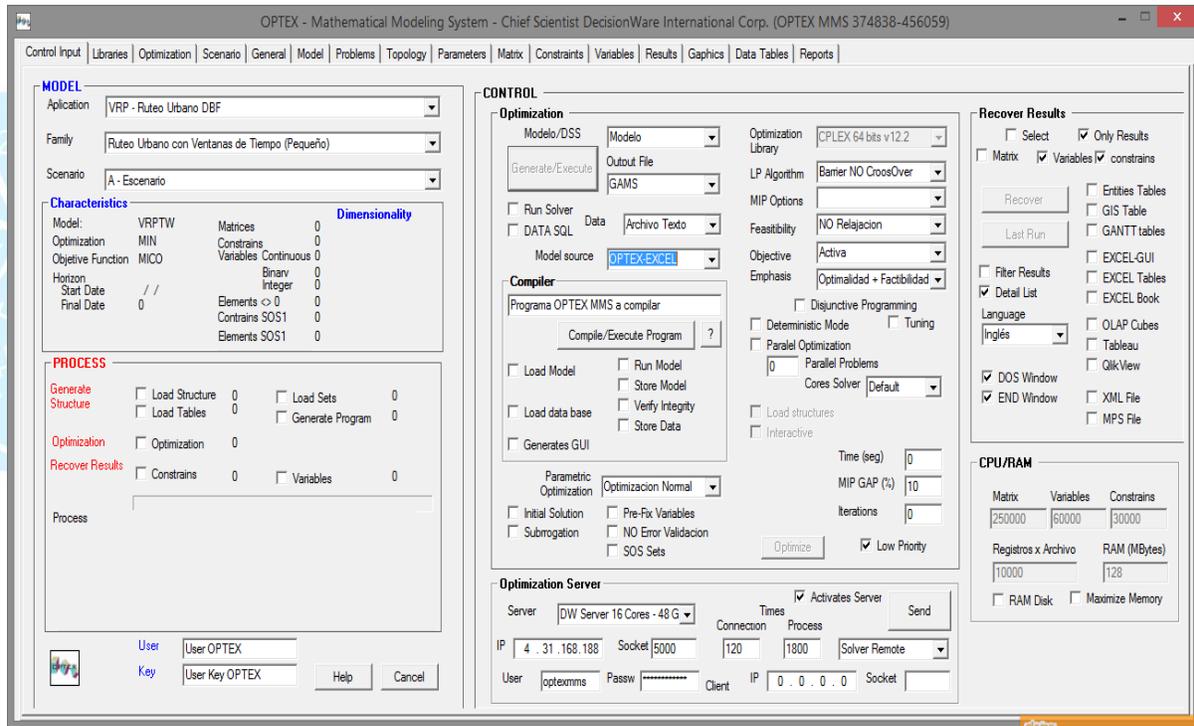
OPTeX-GUI se basa en un navegador tipo explorador que le permite al usuario acceder a todas las tablas que hacen parte del **SIMM** y del **SIDI**; unido a lo anterior se tiene servicios de procesamiento a los cuales se accede por medio de los menús de la aplicación; la elaboración de los menús y su conexión a las tablas se realizan sin requerir labores de programación, de esta forma el modelador organiza la forma en que el usuario final puede acceder a las tablas del **SIDI**.

OPTeX-GUI permite al modelador interactuar con el **SIMM** de forma tal que pueda actualizar las ecuaciones de los modelos en la medida que se requieran los cambios. **OPTeX-GUI** incluye un sistema de ayuda en línea que provee al modelador con las herramientas necesarias para documentar al usuario con respecto a los diferentes aspectos de la aplicación que está desarrollando.



3.2. OPTMEX-EXE: INTERACTIVE SOLVER

OPTMEX-EXE procesador responsable de realizar todas las tareas asociadas a los servicios ofrecidos por **OPTMEX**.



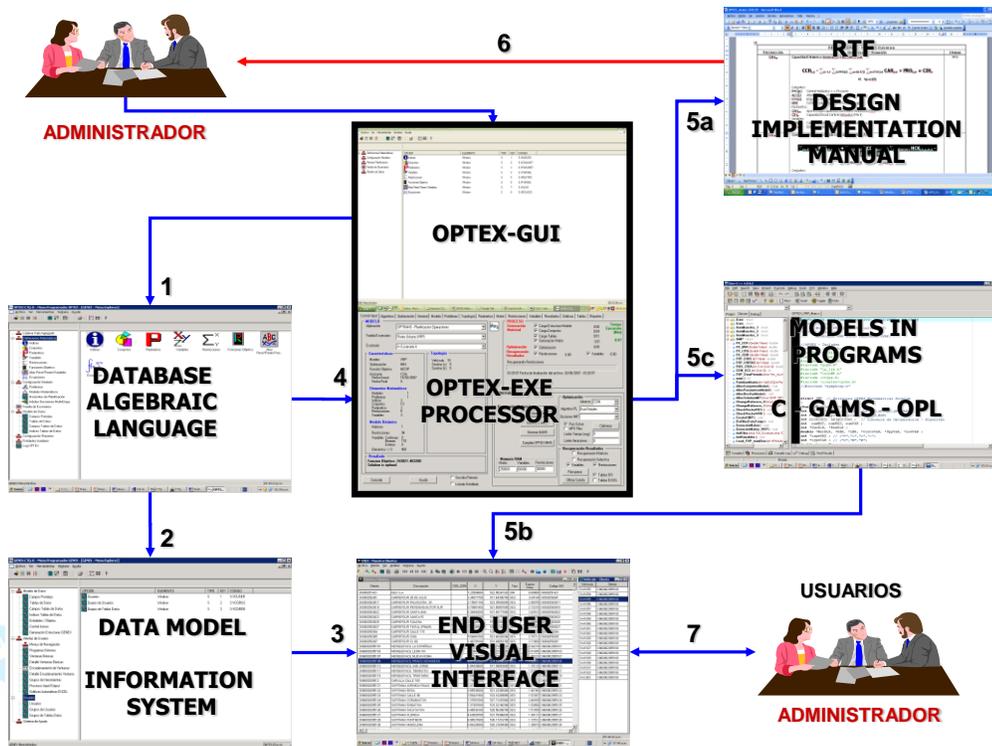
OPTMEX-EXE dispone de una interfaz de control interactiva que permite al modelador comandar los procesos; también puede ejecutarse como una tarea en el back-end para procesamiento automático comandado por un archivo de configuración. Solo está disponible para usuarios que tengan instalado **OPTMEX** en su computador. Esta interfaz puede activarse desde **OPTMEX-GUI** y funciona en ambientes **MS-WINDOWS**.

OPTMEX-EXE está diseñado para actuar como cliente y como servidor de optimización, de esta forma la implementación de un ambiente de solución de modelos con base en un servidor remoto, se concentra en la implementación de **OPTMEX-EXE** en los dos computadores con la correspondiente parametrización.

El siguiente cuadro describe los pasos previstos para trabajar con **OPTMEX-GUI** y **OPTMEX-EXE**.

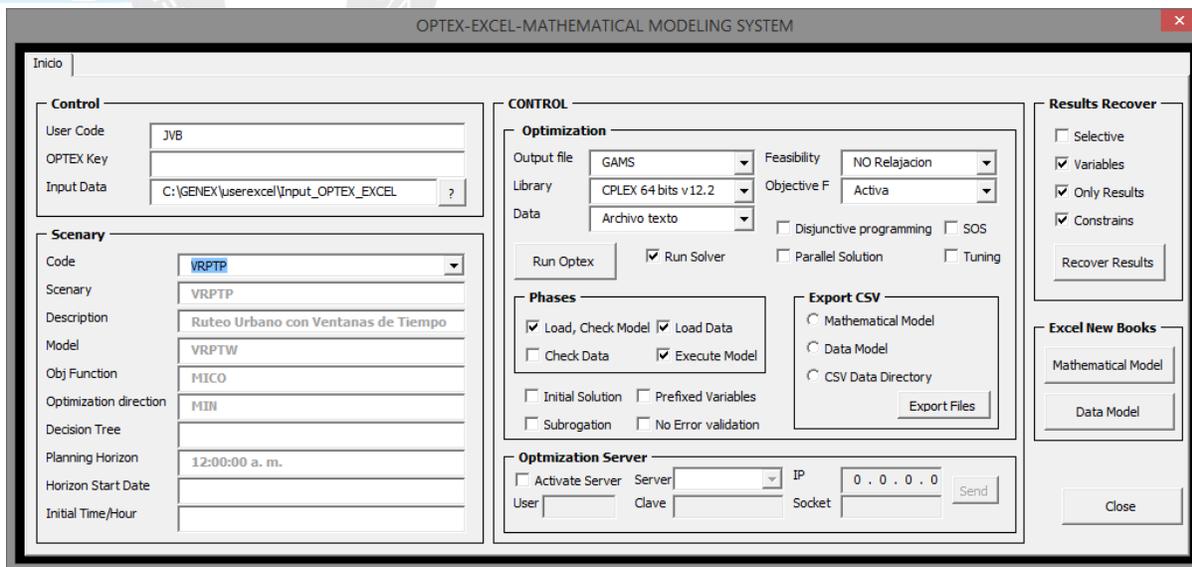
PASOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE APLICACIONES OPTeX	
PASO	DESCRIPCIÓN
1	Carga del modelo algebraico El proceso comienza con la carga del modelo algebraico por parte del administrador/modelador responsable del modelo que se debe implementar. Este proceso implica llenar la base de datos correspondiente al SIMM , este proceso debe seguir lineamientos generales que se describen posteriormente. Este proceso se realiza por medio del acceso a OPTeX-GUI .
2	Carga del modelo de datos El proceso de definición del modelo de datos del SIDI (Sistema de Información de Datos Industriales) es un proceso que se genera de manera simultánea a la carga de los modelos matemáticos, ya que las relaciones entre los dos modelos son fuertes de forma tal que las estructuras de las tablas están determinadas por la estructura de del modelo matemático, principalmente por la relación de los índices de conjuntos, parámetros, variables y restricciones. Este proceso se realiza por medio del acceso a OPTeX-GUI .
3	Generación de la interfaz visual del usuario OPTeX GUI provee los servicios para generar una interfaz de usuario sin necesidad de labores de programación, ello implica organizar ventanas de conchas (shell) para consultar de manera organizada tablas asociadas a la tabla principal de la ventana shell. Esta consulta se realiza por medio de menús que el administrador debe construir para facilitar el acceso a los usuarios finales. Este proceso se realiza por medio del acceso a OPTeX-GUI .
4	Uso de OPTeX-EXE Una vez está cargada la base de datos de modelos matemáticos, el siguiente paso es interactuar con OPTeX-EXE con la finalidad de comenzar el proceso de ajuste de la formulación de los modelos algebraicos.
5	Análisis del modelo algebraico El análisis del modelo algebraico implica la interacción la coordinación de dos actividades simultáneas: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Revisión de la formulación algebraica que está cargada en la base de datos; y ▪ Revisión de los resultados que se obtienen con los modelos.
5a	Revisión de la formulación del modelo algebraico Esta actividad se realiza principalmente con el documento RTF que genera OPTeX , en el que se puede visualizar exactamente la formulación que está cargada SIMM , y encontrar en ella errores y/o la necesidad de realizar ajustes debidos a imperfecciones en el modelaje.
5b	Almacenamiento de resultados del modelo algebraico Esta actividad es realizada de manera automática por OPTeX-EXE .
5c	Revisión de los resultados del modelo algebraico Esta actividad se realiza principalmente observando los resultados que produce el modelo algebraico que está en proceso de implementación, como consecuencia de ello se puede encontrar errores en la formulación cargada en SIMM y/o la necesidad de realizar ajustes debidos a imperfecciones en el modelaje. Este proceso se realiza por medio del acceso a OPTeX-GUI y OPTeX-EXE .
6	Ajuste del modelo algebraico Como consecuencia del análisis de la formulación y de los resultados, en las primeras fases de la implementación, es necesario realizar cambios en la base de datos SIMM y en el modelo de datos del SIDI . Este proceso ciclico terminara cuando el administrador/modelador considere que el modelo implementado produce los resultados correctos y está listo para ser entregado al usuario. Este proceso se realiza por medio del acceso a OPTeX-GUI .
7	Acceso de los datos por el usuario final Finalmente, el usuario final puede acceder a utilizar el modelo, lo que realiza con base en los datos almacenados en el SIDI y en los resultados generados por los modelos.

EL siguiente diagrama resume lo dicho



3.3. OPTeX-EXCEL-MMS: OPTeX-EXCEL MATHEMATICAL MODELING SYSTEM

Como ya se indicó, los datos correspondientes a la formulación de los modelos matemáticos se almacenan en el **SIMM** y por lo tanto dicho sistema de información puede cargarse por cualquier mecanismo válido para cargar base de datos, siendo **EXCEL** una de las herramientas más populares para procesar tablas.

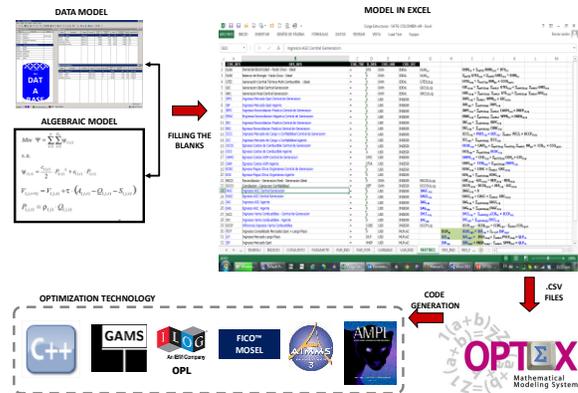


La ventaja de cargar los modelos matemáticos por medio de de tablas radica en que el modelador no requiere conocer de lenguajes de programación para implementar el modelo limitándose a conocer el contenido de los campos de las tablas. Posteriormente a cargar el modelo matemático en **EXCEL**, las tablas pueden cargarse en

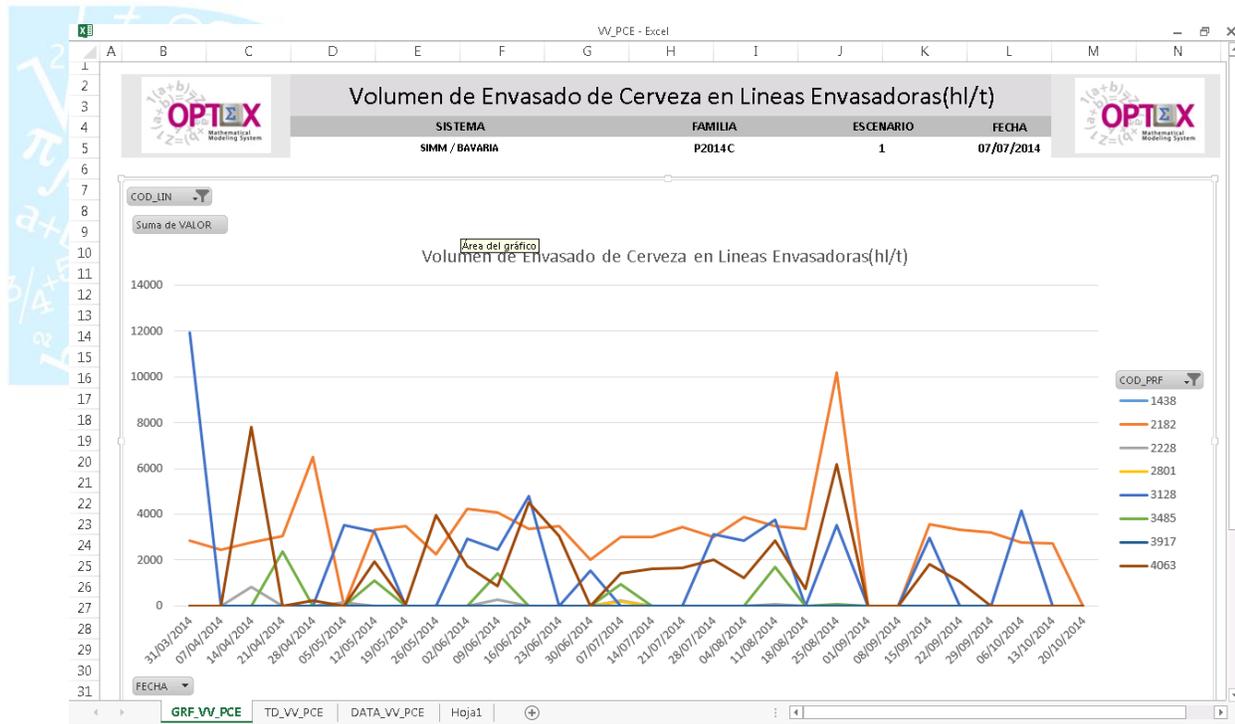
las bases de datos de **OPTeX** o se pueden mantener en **EXCEL** y a partir de allí **OPTeX** se encarga de generar el código asociado al lenguaje de programación que se desea utilizar para resolver los problemas matemáticos.

OPTeX-EXCEL-MMS, controla los procesos a realizar con **OPTeX** desde **EXCEL** y está disponible independientemente de que el usuario tenga instalado **OPTeX** en su computador, ya que incluye acceso remoto a un servidor **OPTeX**. Los procesos que se pueden realizar son:

1. Carga del modelo almacenado en **EXCEL**.
2. Revisión de la estructura del **SIMM**
3. Generación de la interfaz del usuario para **OPTeX-GUI**.
4. Carga de los datos del modelo almacenado **EXCEL**.
5. Verificación del contenido de la base de datos cargada.
6. Generación del programa del modelo matemático en la tecnología de optimización seleccionada.
7. Ejecución del programa del modelo matemático
8. Generación del libro EXCEL con los resultados

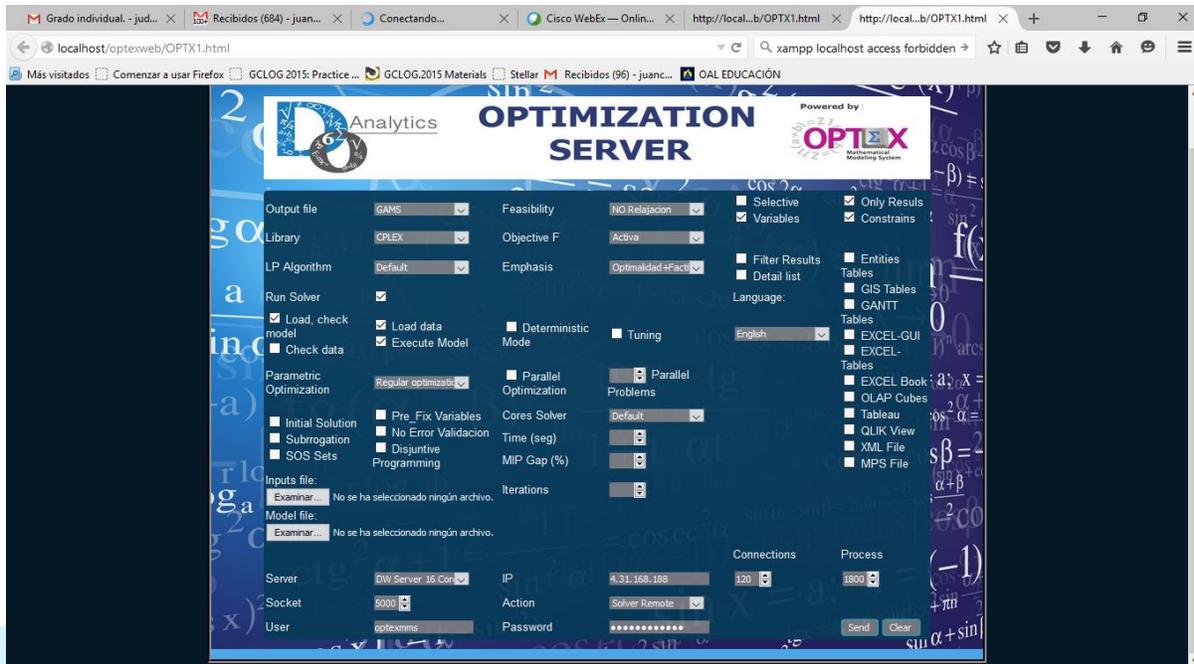


La siguiente imagen presenta los resultados en la interfaz **OPTeX-EXCEL-GUI**, parte **OPTeX-EXECL-MMS**.



3.4. OPTeX-WEB: OPTeX WEB ACCESS SERVICE

OPTeX-WEB: Interfaz orientada al modelador que utiliza **EXCEL** como medio para desarrollar modelos. Disponible en una página web controlada por **DO ANALYTICS** o por un usuario de **OPTeX**.



4. SIDI: SISTEMA DE INFORMACIÓN DE DATOS INDUSTRIALES

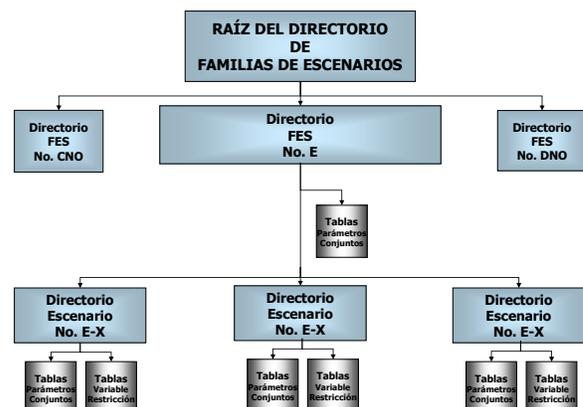
Los datos correspondientes a la información técnico-socio-económica del sistema industrial se almacenan en el **SIDI** y se clasifican en dos tipos:

- **SII: Sistema de Información Industrial** permanente, correspondientes a información del sistema que es independiente de cualquier caso de estudio (escenario); y
- **SIE: Sistema de Información de Escenarios** asociados a la existencia o no de un escenario y que representan su variabilidad.

El modelo de datos del **SIDI** depende de los modelos matemáticos, el contenido almacenado en las tablas depende del sistema físico que se modela y de los escenarios que se desean analizar. Para ello **OPTeX-GUI** ofrece servicios para configurar el modelo de datos del **SIDI** y de su interfaz de usuario; tanto **SII** como **SIE** son sistemas de información relacionales cuyos modelos de datos dependen de los modelos matemáticos.

El **SIE** corresponde a la unión de sistemas de información propios de cada escenario (caso) que se desea analizar. Los escenarios están agrupados bajo el concepto de Familias de Escenarios, de forma tal que el usuario puede realizar análisis transversales de todos los escenarios que pertenecen a una familia.

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE FAMILIAS DE ESCENARIOS



OPTeX presta servicios para el desarrollo y la implementación del modelo de datos y de la correspondiente interfaz de usuario, el cual está orientado a facilitar estas labores a usuarios no expertos en el diseño de bases

de datos, ni en la programación de interfaces de usuarios. Así el desarrollo de los modelos matemáticos, de su correspondiente sistema de información y de la interfaz visual se limita a un proceso de llenar tablas.

4.1. SERVICIOS PARA CONECTIVIDAD SQL

Para soportar el sistema de información **SIDI**, **OPTEX** presta servicios de conectividad con tablas almacenadas en **EXCEL**, **CSV**, **DBF** y servidores del tipo **SQL** (**Strutreded Query Lenguaje**) como **ORACLE**, **DB2**, **SQL Server**, **MySQL**, **ACCESS**, ... , a los que se conecta por medio de **ODBCs** (**Open DataBase Conectividad**). La siguiente imagen presenta la conexión **SQL** generada para la carga de datos en un programa **GAMS**.

```

* OPTEX -> Conjuntos Leídos
Q12="SELECT COD_VEH FROM VEHICULO WHERE COD_VEH IN (SELECT COD_VEH FROM ESC_VEH)
s12=C_VEH
Q13="SELECT COD_CVE FROM CICLOS WHERE COD_CVE IN (SELECT COD_CVE FROM ESC_CVE)
s13=C_CIC
Q14="SELECT COD_CVE,COD_CVE1 FROM CICLOS3 WHERE COD_CVE IN (SELECT COD_CVE FROM ESC_CVE) AND COD_CVE1 IN (SELECT COD_CVE1 FROM ESC_CVE)
s14=C_CFP
Q15="SELECT COD_VEH,COD_MUE FROM MUE_VEH WHERE COD_VEH IN (SELECT COD_VEH FROM ESC_VEH) AND COD_MUE IN (SELECT COD_MUE FROM ESC_MUE)
s15=C_MUV
Q16="SELECT COD_EVE FROM EVENTOS WHERE COD_EVE IN (SELECT COD_EVE FROM ESC_EVE)
s16=C_EVE
Q17="SELECT COD_MUE FROM MUELLES WHERE COD_MUE IN (SELECT COD_MUE FROM ESC_MUE)
s17=C_MUE
Q18="SELECT COD_EVE,COD_EVE1 FROM EVENTOS3 WHERE COD_EVE IN (SELECT COD_EVE FROM ESC_EVE) AND COD_EVE1 IN (SELECT COD_EVE1 FROM ESC_EVE)
s18=C_EFP
Q19="SELECT COD_MUE,COD_VEH FROM MUE_VEH WHERE COD_MUE IN (SELECT COD_MUE FROM ESC_MUE) AND COD_VEH IN (SELECT COD_VEH FROM ESC_VEH)
s19=C_VMM
Q20="SELECT COD_NOD FROM NODOS WHERE COD_NOD IN (SELECT COD_NOD FROM ESC_NOD)
s20=C_CLI
Q21="SELECT COD_NOD,COD_PED FROM PEDIDOS WHERE COD_NOD IN (SELECT COD_NOD FROM ESC_NOD) AND COD_PED IN (SELECT COD_PED FROM ESC_PED)
s21=C_PDE
Q22="SELECT COD_CVE1 FROM ESC_CVE WHERE COD_CVE1 IN (SELECT COD_CVE1 FROM ESC_CVE)
s22=C_C1A
Q23="SELECT COD_MUE FROM MUE_VEH WHERE COD_MUE IN (SELECT COD_MUE FROM ESC_MUE)
s23=C_MVE
Q24="SELECT COD_EVE1 FROM EVENTOS WHERE COD_EVE1 IN (SELECT COD_EVE1 FROM ESC_EVE)
s24=C_EVA
Q25="SELECT COD_PED,COD_PRO FROM PED_PRO WHERE COD_PED IN (SELECT COD_PED FROM ESC_PED) AND COD_PRO IN (SELECT COD_PRO FROM ESC_PRO)
s25=C_PFP
Q26="SELECT COD_PRO FROM ESC_PRO WHERE COD_PRO IN (SELECT COD_PRO FROM ESC_PRO)
s26=C_PRO

* OPTEX -> Parametros Leídos
Q27="SELECT COD_NOD,TVIN FROM NODOS WHERE COD_NOD IN (SELECT COD_NOD FROM ESC_NOD)"
s27=P_TVIS

```

Con respecto al **SIDI OPTEX** presta los siguientes servicios:

- Estructuración del Modelo de Datos
- Generación de la interfaz de usuario para acceso a las tablas del **SIDI**
- Chequeo de la integridad de la base de datos
- Generación de tablas derivadas para integración entre los modelos de **OPTEX** y otros sistemas informáticos
- Generación de los statements **SQL** para conexión con las tecnologías de optimización
- Mapeo automático con otros sistemas de información (**ERP**, **WMS**, **TMS**, **GIS**, ...)
- Importación/Exportación de datos
- Consulta estructurada de las tablas del **SIDI**.

4.2. VISUALIZACIÓN DE RESULTADOS

En **OPTEX-GUI** se tiene acceso a las tablas de restricciones y de variables recuperadas para cada escenario específico.

Parte fundamental en la implementación de un sistema de soporte de decisiones es su capacidad para visualizar los resultados asociados a modelos matemáticos que producen millones de datos (big data). El enfoque de **OPTEX** es facilitar el encadenamiento de los resultados con herramientas de tecnología informática orientadas a la exploración y a la visualización de grandes volúmenes de datos. Todos los resultados de los modelos matemáticos, variables primales y variables duales, independiente de la plataforma de optimización. Almacenan los datos en tablas relacionales que pueden ser consultadas por el usuario a través de **OPTEX-GUI**.

VRP - Menú Control Nueva Aplicación - [Optimization Data Explorer: c:\genex\vrp\vrpes\VRPTWA]

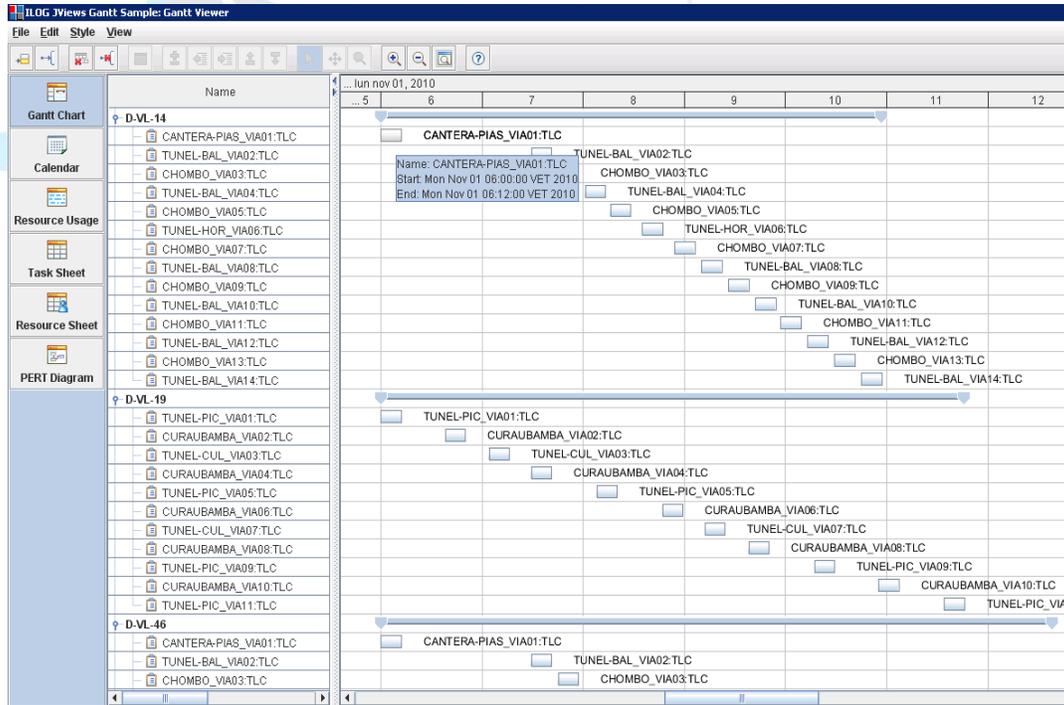
Archivo Ver Herramientas Ventana Ayuda

Resultados Escenario: c:\genex\vrp\vrpes\VRPTWA

	COD_VEH	COD_NOD	VA_TCL	CO_TCL	LO_TCL	UP_TCL	CR_TCL	VA_VSA	CO_VSA	LO_VS
W_VAVL Determina el Uso de un Vehículo	SWK060	8300251421-0	0.00000000	0.00000000	0	1000000000	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
W_VTCL Tiempo en que llegada el vehículo v al destino c	SWK060	830025638-17	0.00000000	0.00000000	0	1000000000	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
W_VVCI Asignación del Vehículo v al Destino c	SWK060	830025638-18	0.00000000	0.00000000	0	1000000000	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
W_VVCL Determina si un Vehículo va de un Destino a Otro	SWK060	830025638-22	0.50000000	0.00000000	0	1000000000	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
W_VVLE Tiempo de Llegada Temprana	SWK060	830025638-4	0.00000000	0.00000000	0	1000000000	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
W_VVSA Tiempo de Llegada Tardía	SWK060	830025638-5	13.97576600	0.00000000	0	1000000000	0.00000000	2.47875600	100.00000000	0
RR_CAPP Capacidad de los Vehículos en Peso	SWK060	860002095-136	0.00000000	0.00000000	0	1000000000	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
RR_CAPV Capacidad volumétrica de los Vehículos	SWK061	830025638-1	10.50000000	0.00000000	0	1000000000	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
RR_ENSA Entrada y Salida del Nodo	SWK061	830025638-17	0.50000000	0.00000000	0	1000000000	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
RR_NOCL Ciclos no Permitidos	SWK061	830025638-18	7.00000000	0.00000000	0	1000000000	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
RR_PLTA Penalización por Llegada Tardía	SWK061	830025638-22	0.00000000	0.00000000	0	1000000000	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
RR_PLTE Penalización por Llegada Temprana	SWK061	830025638-4	0.00000000	0.00000000	0	1000000000	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
RR_SANO Salida del Nodo Origen	SWK061	830025638-5	0.00000000	0.00000000	0	1000000000	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
RR_STIL Secuencia de los Tiempos de Llegada	SWK061	860002095-136	3.00000000	0.00000000	0	1000000000	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
RR_TISE Tiempo Límite de Servicio	SWK062	8300251421-0	0.00000000	0.00000000	0	1000000000	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
RR_TIVE Utilización de Vehículos	SWK062	830025638-22	0.00000000	0.00000000	0	1000000000	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
RR_VCLI Visita de Destino	SWK062	830025638-4	5.00000000	0.00000000	0	1000000000	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
RR_VCLI Visita Destinos por Vehículo	SWK062	830025638-5	0.00000000	0.00000000	0	1000000000	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
EE_NOD Nodo -	SWK062	860002095-136	0.00000000	0.00000000	0	1000000000	0.00000000	0.00000000	100.00000000	0
EE_VEH Vehículo -										
EE_VEH_NOD Vehículo - Nodo -										
EE_VEH_NOD_DIA Vehículo - Nodo - Día -										
EE_VEH_NOD_NOD1 Vehículo - Nodo - Nodo (Alias) -										

GENEX MenuWindow 11:05:20 a.m.

Con base en este enfoque se ha generado interfaces con: EXCEL, MS-Project, IBM-JViews, TABLEAU, QLIKVIEW y Mondrian OLAP Server. La siguiente imagen presenta un ejemplo de la visualización de un programa de ruteo en IBM-JViews.



5. DOCUMENTACIÓN

OPTeX genera automáticamente documentos **RTF (Rich Text Format)**, visibles y modificables en programas editores de texto, que contienen toda la formulación matemática incluida en un modelo matemático. De esta forma se garantiza la apropiada documentación de los modelos que se implementan. A continuación se presenta un ejemplo de la documentación generada por **OPTeX**.

RESTRICCIONES – MODULO:		
RESTRICCIÓN	DESCRIPCIÓN – ECUACIÓN	VARIABLE DISYUNTIVA
BIEV_{t,j,hh} DECx1000	<p>Existencias Máximas de Producto Final más Envase en Centros de Distribución</p> $\sum_{p \in PT(j)} \sum_{v \in PVJ(p,j)} ICE_{t,j,p,v,hh} + \sum_{v \in JV(j)} EVJ_{t,j,v,hh} \leq ACE_j$ $\forall t \quad \forall j \in PUN \quad \forall hh \in_DIM_hh(*)$ <p>Índices: t Período j Centro Distribución hh Escenario Demanda p Producto v Envase</p> <p>Conjuntos: p ∈ PT(j) Productos Cerveceros x Centro de Distribución j v ∈ PVJ(p,j) Envases x Producto x Centro de Distribución j v ∈ JV(j) Envases x Centro de Distribución j j ∈ PUN Centros de Distribución (j) hh ∈ DIM_hh(*) Dimensión hh <- Escenario Aleatorio</p> <p>Parámetros: ACE_j Capacidad Almacenamiento del Centro de Distribución (UNDx100)</p> <p>Variables: ICE_{t,j,p,v,hh} Existencias de Producto Finalizado en Centros de Distribución (DECx10) EVJ_{t,j,v,hh} Existencias Envase Vacío en Centros de Distribución (DECx10)</p>	
...
WHE_{t,l,hh} Hrs	<p>Tiempo Trabajado en Línea de Empacado. NO incluye tiempo preparación Línea</p> $HOE_{t,l,hh} + HEE_{t,l,hh} - \sum_{p \in LP(l)} \sum_{v \in LTV(l,p)} KWE_{l,v} \times PCE_{t,l,p,v,hh} = 0$ $\forall t \quad \forall l \in LN \quad \forall hh \in_DIM_hh(*)$ <p>Índices: t Período l Línea Envasadora hh Escenario Demanda p Producto v Envase</p> <p>Conjuntos: p ∈ LP(l) Productos x Línea de Envase v ∈ LTV(l,p) Envases x Línea de Envase x Producto l ∈ LN Línea de Envase hh ∈ DIM_hh(*) Dimensión hh <- Escenario Aleatorio</p> <p>Parámetros: KWE_{l,v} Velocidad de Producción de Línea Envasadora (Hrs/UNDx100)</p> <p>Variables: HOE_{t,l,hh} Horas Ordinarias de Producción en Líneas de Envasado (Hrs) HEE_{t,l,hh} Horas Extras de Producción en Líneas de Envasado (Hrs) PCE_{t,l,p,v,hh} Volumen de Envasado de Cerveza en Líneas Envasadoras (DECx10)</p>	

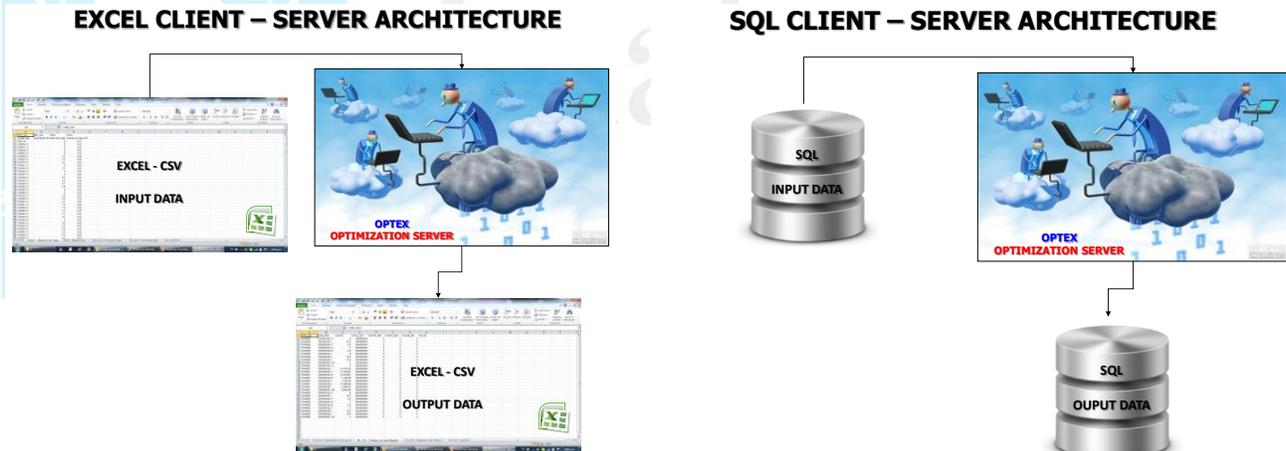
Los reportes incluyen la descripción del modelo de datos y su vinculación de cada campo de una tabla con los conjuntos y los parámetros leídos como datos de entrada a los modelos matemático.

6. OPTeX OPTIMIZATION SERVER

Siguiendo la tendencia de las aplicaciones **OPTeX** permite desarrollar aplicaciones orientados a resolver problemas de optimización teniendo como referencia los servicios prestados en la actualidad en internet (cloud services). Para ello se ha organizado **OPTeX** con base en cuatro roles que interactúan entre si y permiten configurar múltiples arquitecturas de acuerdo con las necesidades del usuario:

- **OPTeX-GUI:** Interfaz gráfica que permite al administrados y a los usuarios consultar los sistema de información de **OPTeX**
- **OPTeX-CLIENT:** Procesador orientado a prestar los servicios de **OPTeX** en un computador cliente que permite resolver utilizar un modelo de manera local o estableciendo conexión con un servidor **OPTeX** remoto que presta los servicios para resolver los problemas de optimización asociados al modelo o con cualquier servidor que preste dichos servicios. Este rol puede ser asumido por **OPTeX-EXE**, **OPTeX-EXCEL-MMS** y **OPTeX-WEB**.
- **OPTeX-CONTROL-SERVER:** Tarea dedicada a administrar las conexiones de un servidor remoto con múltiples clientes que solicitan servicios de optimización
- **OPTeX-SERVER:** Procesador remoto orientado a resolver los problemas matemáticos asociados a un modelo de optimización que ha establecido una conexión para solicitar la solución de un problema. **OPTeX-EXE** asume este rol.

La transferencia de archivos entre puede realizarse bajo cualquiera de las siguientes alternativas: libros **EXCEL**; archivos **CSV** o datos almacenados en un servidor tipo **SQL** al cual accede **OPTeX-SERVER**.



Si está interesado en **OPTeX** favor contactarnos en optex@doanalytics.net

