

# SEBREI: Sistema Experto basado en reglas para la recomendación de equipos de impesión \*

Erica Vidal

Fac. de Cs. Exactas, Ingeniería y Agrimensura  
Departamento de Ciencias de la computación  
Pellegreni 250, Rosario Santa Fe  
ericavidal@gmail.com

## 1. SISTEMAS EXPERTOS

Los términos sistema experto, sistema basado en conocimiento o sistema experto basado en conocimiento a menudo se usan como sinónimos.

Los sistemas expertos son una rama de la Inteligencia Artificial que hace un amplio uso del conocimiento especializado para resolver problemas como un especialista humano.[7]

Se los puede definir como una clase de programas que son capaces de: aconsejar, categorizar, analizar, consultar, diseñar, diagnosticar, explicar, explorar, interpretar, justificar, planificar, son en suma, programas capaces de manejar problemas que normalmente requieren para su resolución la intervención humana especializada.[6]

Un experto es una persona que tiene experiencia en cierta área, tiene ciertas que la mayoría no y/o puede resolver problemas que la mayoría de las personas no pueden o lo pueden hacer de una manera más eficiente.

El conocimiento en un sistema experto puede ser experiencia o conocimiento que está disponible de libros, revistas y personas.

### Estructura básica de un Sistema Experto

La estructura básica de un sistema experto consta de una base de conocimiento que es el conjunto de conocimiento almacenados (factual y heurístico) y un motor de inferencias que es el programa que gestiona y controla la base de conocimiento. Una característica relevante es que la base de conocimiento y el motor de inferencias se encuentran separados. En la figura 1 se ilustra la estructura básica de un sistema experto.

Otros componentes importantes son la base de hechos, la interfaz con el usuario y el módulo de explicación. La base de hechos o memoria de trabajo es el conjunto de datos de

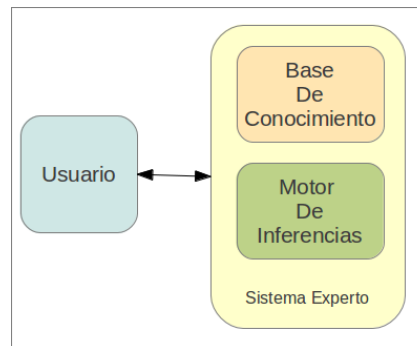


Figure 1: Estructura básica de un sistema experto.

un determinado problema y se almacena en forma separada de la base de conocimiento. El módulo de explicación o justificación explica el razonamiento utilizado por el sistema para llegar a una conclusión.

### Representación del conocimiento

“En IA, la representación del conocimiento es una combinación de estructura de datos y procedimientos de interpretación, que si se usan de una forma adecuada en un programa se tendrá un comportamiento experto.”[5] Existen varios sistemas para la representación del conocimiento. Entre los principales sistemas se tienen:

- Formalismos lógicos (lógica proposicional, lógica de primer orden, lógicas multivaluadas)
- Sistemas de producción
- Formalismos estructurados (Redes semánticas, Frames, Objetos y Ontologías )

En este trabajo la representación del conocimiento se hará mediante reglas de producción. Una regla de producción es una sentencia que tiene la siguiente forma:

SI <antecedente> ENTONCES <consecuente>

donde el antecedente y el consecuente son frases en lenguaje coloquial. El nombre de producción se debe al hecho de que

el consecuente describe el estado de cosas que viene producto de que el antecedente sea satisfecho.

Un sistema basado en reglas se define como una colección consistente de reglas del tipo antecedente-consecuente, una base de hechos y un motor de inferencias. [8]

## Motor de inferencia

El motor de inferencia de un sistema experto usa los datos (hechos o evidencia) y el conocimiento (el conjunto de reglas almacenado en la base de conocimiento) para obtener nuevas conclusiones o hechos mediante el uso de reglas de inferencia.

Una regla de inferencia es un esquema para construir inferencias válidas. Estos esquemas establecen relaciones sintácticas entre un conjunto de fórmulas llamados premisas y una aserción llamada conclusión. Ejemplos de reglas de inferencias clásicas son las conocidas Modus Ponens y Modus Tollens.

Un grupo de múltiples inferencias que conecta un problema con una solución se llama cadena.

Una cadena que va desde los hechos a un objetivo se llama forward chain, mientras que una cadena que va de una hipótesis a un objetivo hacia los hechos que soportan dicha hipótesis se llama backward chain.

Debido a que los datos determinan que reglas se usarán el Forward Chaining es llamada inferencia data-driven en contraste con inferencia goal-driven referido al backward chaining.

### Agregar ejemplos

Ayuda visualizar los forward y backward chaining en términos de la búsqueda de un path a través de un espacio de búsqueda.

Forward Chaining es llamado bottom-up reasoning porque razona desde el nivel de evidencia, hechos al nivel de conclusiones que están basadas en los hechos.

El razonamiento desde el nivel más alto, la hipótesis, al nivel más bajo, los hechos que la soportan se llama top-down reasoning o backward chaining.

Buenas aplicaciones para Forward Chaining son aquellas en las que el árbol de búsqueda es ancho y no muy profundo, porque el Forward Chaining produce una búsqueda a lo ancho.

En cambio el backward chaining produce una búsqueda en profundidad. Un buen árbol para una búsqueda en profundidad es uno angosto y profundo.[7]

## El algoritmo de Rete

Los lenguajes basados en reglas usan un algoritmo para matchear hechos con patrones en reglas para determinar que reglas tienen sus condiciones satisfechas. Este algoritmo es el algoritmo de Rete.

Los lenguajes basados en reglas tienen lo que se llama redundancia temporal, que significa que en cada ciclo de ejecución sólo pocos hechos se agregan a la lista de hechos y los mismos afectan a pocas reglas; por lo que el sistema cambia muy lentamente. El algoritmo de Rete toma ventaja de esto, salvando el estado del matching ciclo a ciclo y reconstruyendo los cambios en el estado solo para los cambios que ocurrieron en la fact list.

## Incertidumbre

Se han desarrollado varias técnicas para utilizarlas ante casos de incertidumbre, y que forman un componente estándar de los sistemas expertos, así por ejemplo, una técnica es asociar factores de certeza con hechos y reglas, y propagar la incertidumbre junto con la inferencia.

## Metodología para el desarrollo de sistemas expertos

“Desde los primeros Sistemas Expertos operativos desarrollados en la Universidad de Standford en la década de los ’60 hasta los que hoy se desarrollan comercialmente, su proceso de construcción ha evolucionado desde lo artesanal en aquellos días hasta un sólido enfoque metodológico en la actualidad.”[6]

A través de la bibliografía consultada sobre la construcción de sistemas expertos, se ha observado que al igual que los modelos tradicionales de desarrollo de software (que se han propuesto para controlar el ciclo de vida del software como el modelo de cascada, el modelo incremental, el modelo de espiral, etc) se han desarrollado varias metodologías para la producción de sistemas expertos.[7],[3]

El ciclo de vida del software o “los modelos de procesos son en realidad metametodologías porque determinan el orden y la duración en el cual los métodos de software comunes son aplicados. Los métodos tradicionales de desarrollo de software muestran procedimientos específicos para llevar a cabo una las siguientes etapas”[7]<sup>1</sup>.

- Ingeniería de requerimientos
- Diseño
- Implementación
- Evaluación (verificación + validación)
- Documentación
- Mantenimiento

Además el desarrollo de un sistema experto debe incluir las etapas de

- Adquisición y representación del conocimiento
- Selección de las herramientas de desarrollo

---

<sup>1</sup>pag. 318-319

## Herramientas

Las herramientas informáticas utilizadas para la realización de sistemas expertos pueden ser lenguajes de alto nivel (C, JAVA) o ambientes especializados para aplicaciones de inteligencia artificial (Common LISP, PROLOG) o ambientes especializados para la creaciones de sistemas expertos que en la literatura se suelen denominar shells.[2]

Un shell es un programa preparado para la generación de sistemas expertos, incorporan un motor de inferencia y el ingeniero del conocimiento se limita a crear la base de conocimiento. CLIPS es un ejemplo de shell o entorno de desarrollo para la producción de sistemas expertos. En [1] hay una extensa referencia a los distintas herramientas y shell disponibles hacia la década de los '90.

**LISP:** (LISt Procesing) Inicialmente instrumentado de 1958 a 1960 por Mc Crathy, basandose en la lógica matemática. Hacia mediados de la década del 80 el 95% de los programas en IA estaban escritos en LIPS. [4]<sup>2</sup>

**Common LISP** :Durante los años 1980 y 1990, fue hecho un gran esfuerzo para unificar los numerosos dialectos del Lisp en un solo lenguaje (más notablemente, InterLisp, Maclisp, ZetaLisp, MetaLisp, y Franz Lisp). El nuevo lenguaje, Common Lisp, fue esencialmente un subconjunto compatible de los dialectos que reemplazó. En 1994, la ANSI publicó el estándar del Common Lisp, "ANSI X3.226-1994 Information Technology Programming Language Common Lisp Common Lisp es un lenguaje multi paradigma de propósitos generales. Soporta una combinación de paradigmas de programación como procedimental (imperativo), funcional, y orientada al objeto.

**PROLOG** (PROgrammation en LOGique) es un lenguaje de programación lógico e interpretado.

**CLIPS** (C Language Integrated Production System) es una herramienta para el desarrollo de sistemas expertos (SE) creada por la Software Technology Branch (STB), NASA / Lyndon B. Johnson Space Center. Los orígenes de CLIPS se remontan a 1984.

SOAR

## References

- [1] Bourbakis, N.G. *Knowledge Engineering Shells: Systems and Techniques*. Advanced Series on Artificial Intelligence. World Scientific, 1993.
- [2] Cammarata, Silvio. *Sistemi Esperti: teorie, metodi, strumenti tecnici*. Milano, ETAS Libri, 1987.
- [3] Carrillo Verdún, José Domingo. *Metodología para el desarrollo de sistemas expertos*. PhD thesis, 1987.
- [4] Charniak, Eugene; McDermott, Drew. *Introduction to Artificial Intelligence*. Addison-Wesley, 1985.
- [5] Feigenbaum,Edward A. ; Barr, Avron. *The Handbook of Artificial Intelligence*. Standford, California, HeurisTech Press; Los Altos, California, W. Kaufmann Inc., 1982.

- [6] Garcia Martinez, Ramon; Britos, Paola Veronica. *Ingeniería de Sistemas Expertos*. Nueva Librería, 2004.
- [7] Giarratano, Joseph; Riley, Gary. *Sistemas Expertos, Principios y Programacion*. PWS Publishing Company, third edition, 1998.
- [8] Waterman, D. A. *User-Oriented System for capturing Expertise: A rule based Aproach*. Edingburg University Press, 1984.

## 2. DESARROLLO DEL SISTEMA EXPERTO

### Presentación del problema

La elección de una determinada tecnología de impresión a la hora de comprar está sujeta a numerosas cuestiones relacionadas con el uso que se le va a dar al equipo, la velocidad de respuesta deseada, la calidad esperada, factores económicos, etc. Requiere tiempo y esfuerzo investigar las tecnologías disponibles en el mercado y decidir en base a las características que posee cada equipo, aquel que resulte más conveniente según las necesidades.

Los sitios web de las diferentes marcas de impresión a menudo preclasifican sus productos para ayudar al cliente a encontrar el equipo que se necesita, otros simplemente listan los productos disponibles. En todos los casos, el cliente debe saber que está buscando. Para facilitar la tarea de elección, lo más común es consultar con un vendedor competente en la materia.

Emular un vendedor o recomendador de impresoras es un problema bastante complejo si se lo quisiera desarrollar como una aplicación convencional, además cada experto tiene su opinión sobre cuál es la mejor opción en cada caso para satisfacer al cliente.

### 1.1 Objetivos

El principal objetivo del presente trabajo es diseñar y desarrollar un Sistema Experto online que emule un vendedor de sistemas de impresión, que aconseja a un cliente sobre las características necesarias en impresora o multifunción de acuerdo a las necesidades que el cliente exprese tener, y en base a las características recomendadas ofrezca de un conjunto de productos disponibles aquellos que más se ajusten.

Un segundo objetivo es la confección de un paquete de software open source con la implementación del sistema para ponerlo a disposición de la comunidad.

### 1.2 Requerimientos generales

#### 1.2.1 Uso

El sistema debe recomendar los equipos de impresión que más se ajusten a la necesidades del cliente. Para determinar las necesidades del cliente el sistema se vale de preguntas en español. El sistema debe explicar las razones de sus recomendaciones.

#### 1.2.2 Actualización y Mantenimiento

El sistema debe permitir a un usuario autenticado agregar nuevos equipos o modificar los ya existentes. También se debe permitir agregar o modificar las características técnicas posibles de los equipos de impresión.

#### 1.2.3 Cambios futuros

Se debe prever la posibilidad de extender la base de conocimiento (reglas) sin afectar la estructura del sistema.

### Adquisición del conocimiento

#### 2.1 Fuentes de conocimiento

La adquisición del conocimiento se llevó a cabo consultando las especificaciones técnicas publicadas por los fabricantes de

equipos de impresión y a través de, las interacciones con un experto en el rubro de venta de equipos de impresión para oficina y el hogar, la página web de la empresa del experto<sup>3</sup> y la web de varias marcas de impresoras y multifunción<sup>4, 5, 6, 7</sup>. También se consultaron foros, noticias de tecnología y recomendaciones online publicadas por expertos en medios digitales[1],[2],[3], [4].

### 2.2 Definiciones y conceptos claves del dominio

#### 2.2.1 Impresora - Multifunción

Una impresora es un periférico de ordenador que permite producir una gama permanente de textos o gráficos de documentos almacenados en formato electrónico, imprimiéndolos en medios físicos, normalmente en papel o transparencias, utilizando cartuchos de tinta o tecnología láser. Si además de imprimir el equipo cuenta con un escáner y/o fax incorporados, el equipo se denomina multifunción.

#### 2.2.2 Funciones:

Una impresora posee la función de imprimir, pero si el equipo es una multifunción significa que además posee una o más de las siguientes funciones: escanear, copiar, envío de fax, envío digital.

#### 2.2.3 Tecnologías de impresión:

**Matriz de punto** Las impresoras de matriz de puntos usan un conjunto de agujas de cabeza redonda que presionan una cinta entintada contra una página. Las agujas (por lo general 9 o 24) están dispuestas en una cuadrícula rectangular llamada matriz; diferentes combinaciones de agujas forman los distintos caracteres e imágenes. Siguen siendo las únicas capaces a imprimir en formulario continuo. No procesan los documentos una página a la vez. En su lugar, trabajan principalmente con un flujo de caracteres ASCII hasta una línea a la vez y, por lo tanto, requieren de búferes de memoria muy reducidos. Como resultado, su velocidad se mide en caracteres por segundo (cps) en vez de en páginas por minuto.

**Inyección de tinta** Las impresoras de inyección de tinta tienen boquillas diminutas situadas en lo que se llama cabezal de impresión, que esparcen tinta especialmente formulada sobre una página. Existen dos métodos de impresión con inyección de tinta, uno es térmico como la que usa la línea Bubblejet de Canon y HP, en los que diminutos elementos calentadores son usados para expulsar gotitas de tinta desde las boquillas del cabezal. El otro método utiliza la tecnología piezoeléctrica desarrollada por Epson.

**Láser.** Las impresoras láser funcionan creando una imagen electrostática de una página completa sobre un tambor fotosensible con un haz de luz láser. Cuando se aplica al tambor el polvo ultrafino de color denominado tóner, éste se adhiere sólo a las áreas sensibilizadas correspondientes a las letras o imágenes sobre la página. El tambor gira y se presiona contra una hoja de papel, transfiriendo el tóner a la página

<sup>3</sup><http://www.jeanmco.com.ar>

<sup>4</sup><http://www8.hp.com>

<sup>5</sup><http://global.latin.epson.com/>

<sup>6</sup><http://www.xerox.com>

<sup>7</sup><http://www.brother.es/>

y creando la imagen. Esta tecnología es similar a la que utilizan las fotocopiadoras. Muchas de las llamadas impresoras laser son actualmente del tipo LED. Estas impresoras reemplazan el haz de luz láser con una disposición fija de diodos emisores de luz (LEDs) para crear la imagen; por lo demás, son similares en desempeño aunque más económicas.

**Tinta Sólida** las impresoras de tinta sólida son impresoras de página completa que usan varillas de tinta encerrada sólida en un proceso "phase-change" (cambio de fase). Trabajan licuando las varillas en depósitos, y luego volcando la tinta dentro de un tambor de transferencia, desde donde es fusionada en frío en el papel en una sola pasada. Es una tecnología exclusiva de Xerox.

**Sublimación de tinta** Las impresoras de sublimación de tinta son dispositivos especializados ampliamente usados en aplicaciones fotográficas y de artes gráficas. Estas impresoras trabajan calentando la tinta hasta convertirla en gas. El elemento térmico puede generar diferentes temperaturas, lo que permite controlar la cantidad de tinta que es ubicada en una mancha. En la práctica, esto significa que el color es aplicado como un tono continuo más que como puntos. Un color por vez es depositado en toda la hoja, comenzando con el amarillo y terminando con el negro. La tinta forma largos rollos de película, las cuales contienen hojas de cada color, así que la impresión de una hoja A4 tendrá una hoja del tamaño A4 de amarillo, seguida de una hoja de cian, una de magenta y una de negro. La sublimación de tinte requiere de un papel especial particularmente caro, y los tintes están diseñados para difuminarse en la superficie del papel, mezclándose para crear sombras de colores precisas.

#### 2.2.4 Velocidad de impresión:

La velocidad de una impresora suele medirse con el parámetro *ppm* (páginas por minuto), es decir, la cantidad de páginas que puede imprimir en un minuto en determinadas condiciones. Otro parámetro que se utiliza es el de *cps* (caracteres por segundo) adecuado para las impresoras matriciales que aún se fabrican. La velocidad exacta varía según la configuración del sistema, la aplicación de software, el driver y la complejidad del documento. Para poder comparar impresoras de distintos fabricantes basándose en las *ppm* se definió el estándar ISO/IEC 24734:2009 [5] aplicables tanto a impresoras como multifunciones que pueden imprimir en formato A4.

#### 2.2.5 Calidad de impresión:

Uno de los determinantes de la calidad de la impresión realizada, es la resolución que se usa para describir la agudeza y claridad de la salida impresa. La resolución de impresión se mide en *dpi* (dots per inch) o en español, *ppp* (puntos por pulgada). Una resolución de "300 *dpi*" se refiere a que en cada pulgada (2.54 cm) cuadrada, la impresora puede situar 300 puntos horizontales y 300 verticales. Una expresión del tipo "600 x 300 *dpi*", significa que el primer valor se asume a la línea horizontal y el segundo a la vertical. Otro determinante de la calidad de impresión es el del número de niveles o graduaciones que pueden ser impresos por punto, una técnica de capas de color que hace que la oscilación en los gráficos y fotografías sea más difícil de ver. Las impresoras sin niveles de impresión por punto, imprimen cada punto de color en una de sólo dos intensidades (encendido o apagado),

con tinta cian, magenta, amarilla o negra. Pueden combinarlas para crear tintas roja, verde y morada, y pueden crear la ilusión de otros colores al distribuir puntos de distintos colores en el papel (cada color se logra siguiendo un patrón determinado). La impresión de multinivel hace posibles más intensidades para cada punto que se imprime, así permite que la impresora utilice menos puntos para crear colores esfumados y hace que sea más difícil ver los patrones.

En máquinas con la misma resolución pueden ofrecer resultados dispares, porque hay que tener en cuenta el tamaño de las gotas que generarán esos puntos por pulgada y ésta varía según la tecnología empleada para llevar a cabo la impresión. Las gotas de tinta se miden en picolitros (1 picolitro es la billonésima parte de un litro).

#### 2.2.6 Memoria:

La mayoría de las impresoras contienen una cantidad de memoria para almacenar parte de la información que se les va enviando, de forma que la computadora no tiene que estar esperando a la impresora.

#### 2.2.7 Conectividad / Interfaces:

La conectividad o conexión refiere a la forma en que la impresora se comunica con el medio, mientras que las interfaces son los conectores que permiten la existencia de una conexión. La forma más antigua de conexión era mediante puerto serie en donde la transferencia se hacía bit a bit, permitía distancias largas con velocidades lentas que no superaban los 19.200 bytes/segundo. Actualmente una de las formas de conexión puede establecerse mediante puerto paralelo en la que las transferencias eran byte a byte permitiendo 8 conexiones paralelas consiguiendo una velocidad más rápida entre los 0.5 MB/segundo hasta los 4MB/segundo. La longitud del cable que une la impresora con el computador o print server no puede ser mayor a 2 metros.

Otra método de conexión más actual es por medio de puertos USB (Universal Serial Bus).

Otra forma de conexión es poniendo la impresora en red Ethernet mediante conexiones RJ 45 basadas en el estándar IEEE 802.3. o vía wifi, mediante el protocolo IEEE 802.11. Otra forma de conexión sin cables es a través de Bluetooth

Los equipos que pueden enviar fax cuentan con una interfaz RJ 11 para poder ser conectados a la línea telefónica.

Existen otro tipo de conexión que se denomina directa y esta relacionado con las interfaces para conectar pendrives, tarjetas de memoria o cámaras de fotográficas sin la intervención de la computadora.

#### 2.2.8 Lenguajes de descripción de páginas:

Hace unos años el texto a imprimir en una impresora era enviado en código ASCII con un carácter indicando bold, itálica, tamaño, etc; y los gráficos eran producidos línea por línea. El problema es que este proceso era muy dependiente del dispositivo y los caracteres raramente estaban en la misma posición con que aparecían en pantalla. Actualmente se usa un lenguaje de descripción de página (PDL), el cual describe el formato de las páginas, la colocación del

texto y los elementos gráficos como mapas de bits o como objetos vectoriales.

Existen muy variados PDLs<sup>8</sup>, los más conocidos son PCL<sup>9</sup> de Hewlett Packard y Postscript de Adobe.

Postscript fue uno de los primeros PDL estandar y multi-plataforma; describe las páginas en forma vectorial en outline, las cuales son enviadas a la impresora para ser rasterizadas<sup>10</sup> en el mismo dispositivo.

PCL es un lenguaje de descripción de página desarrollado por Hewlett-Packard, a principios de los ochenta, para sus impresoras. El PCL se ha convertido en un estándar emulado por muchos otros fabricantes de impresoras. Además del texto real que se imprime, el PCL consta en gran medida de comandos diseñados para accionar diversas características y capacidades de la impresora.

"Lenguajes GDI: Algunas impresoras de inyección de tinta o de matriz de puntos no usan ninguno de los PDL "clásicos" (PostScript o HP-PCL), sino que recurren a la computadora para producir la página a imprimir. A estas impresoras se les llama impresoras basadas en el host o servidor de impresora. Algunas variantes de este tipo de impresión incluyen impresoras que usan el motor de la interfaz de dispositivo gráfico (GDI) de Windows para generar la imagen de la página (impresoras GDI) y la línea de impresoras PPA (Arquitectura para Rendimiento de Impresión) de Hewlett-Packard." [3] Esta característica es importante porque dependiendo de cómo esté diseñada la impresora basada en el host, podría no ser posible imprimir desde sistemas operativos distintos a Windows.

### 2.2.9 Ciclo mensual de trabajo - Volumen de impresiones mensuales recomendados:

Los fabricantes de equipos de impresión, normalmente indican el ciclo de trabajo mensual, que es la cantidad máxima de páginas en un determinado formato que el equipo puede imprimir en un mes sin deteriorarse. Paralelamente también indican un volumen de páginas mensuales recomendado.

### 2.2.10 Insumos - Consumibles

### 2.2.11 Color

### 2.2.12 Rendimiento - Consumibles

El rendimiento por página indica la cantidad total de páginas que pueden imprimirse con un cartucho. En diciembre de 2006, la Organización Internacional de Estandarización (ISO, por sus siglas en inglés) aprobó nuevos estándares para la medición del rendimiento por página de cartuchos de tinta (ISO/IEC 24711) y tóner de color (ISO/IEC 19798) para impresoras. Estos estándares complementan la norma de rendimiento ISO/IEC 19752 para cartuchos de tóner monocromático publicada en junio de 2004.<sup>11</sup>

<sup>8</sup>[http://www.undocprint.org/formats/page\\_description\\_languages](http://www.undocprint.org/formats/page_description_languages)

<sup>9</sup>Printer Command Language.

<sup>10</sup>Convertidas en puntos.

<sup>11</sup>[http://www1.lexmark.com/es\\_MX/cartridges-ink-supplies/iso-page-yields/](http://www1.lexmark.com/es_MX/cartridges-ink-supplies/iso-page-yields/),  
<http://isotc.iso.org/livelink/livelink/open/jtc1sc28>

Estos estándares permiten comparar el rendimiento de cartuchos de distintas marcas.

### 2.2.13 Grandes formatos

Un plotter es un periférico de salida que efectúa con gran precisión, impresiones gráficas que una impresora no podría obtener. Permite imprimir mapas de gran formato, dibujos técnicos, pósters, fotografías en materiales como vinilo adhesivo, lona, papel, etc. Podemos considerar gran formato a todo aquello que vaya más allá de un hoja A3.

## 2.3 Datos de la web: Volúmen mensual

HP Argentina, en su página web<sup>12</sup> clasifica sus productos en 5 categorías y guía al cliente que visita su página en busca de impresoras o multifunciones en esta clasificación de acuerdo al uso que tiene intenciones de darle el cliente.

## 2.4 Datos de la web: Tamaño del grupo de trabajo

En la página de Xerox<sup>13</sup> dentro de los equipos ofrecidos para la pequeña y mediana empresa hay una clasificación de acuerdo al tamaño del grupo de trabajo. Dicha clasificación se compone de las categorías de *personal*, *grupo pequeño* (de 1 a 3 usuarios), *grupo mediano* (de 4 a 10), y *grupo grande de trabajo* (más de 10). Al revisar las especificaciones de los productos de las distintas categorías se observa una relación entre dichas categorías y el ciclo mensual de trabajo.

## 2.5 Datos de la web: Especificaciones técnicas

A continuación se listan las características técnicas de los equipos de impresión que pueden ser encontrados en los folletos de especificaciones provista por los distintos fabricantes. Dichas características son fundamentales para seleccionar que modelo de equipo se necesita. Dependiendo del uso que se le va a dar al equipo las distintas características van adquiriendo más o menos relevancia.

- Tipo (impresora / multifunción)
- Tecnología de impresión (laser / inyección de tinta / matriz de punto)
- Color
- Funciones (imprimir / escanear / copiar / envío de fax / envío digital)
- Volumen de impresión recomendado
- Conectividad (usb / puerto paralelo / red ethernet / wifi)
- Lenguajes de Impresión Soportados (GDI / PCL / PostScript / ESC/Page)
- Tipo de papel (normal, fotográfico)
- Tamaño de papel (A4, A5, etc)
- Velocidad de impresión
- Calidad de Impresión

<sup>12</sup><http://www8.hp.com>

<sup>13</sup><http://www.office.xerox.com/small-business/esuy.html>

**Table 1: Volumen mensual según uso pretendido.**

Volumen mensual	Uso pretendido
Hasta 500 páginas mensuales	Fotos y Documentos
Entre 500 y 1000 páginas mensuales	Impresión de documentos profesional
Entre 1000 y 5000 páginas mensuales	Empresa en crecimiento
Entre 5000 y 10000 páginas mensuales	Impresión de volumen para medianas empresas
Más de 10000 páginas mensuales	Soluciones para organizaciones Empresariales

**Table 2: Correspondencia entre volumen mensual y tamaño del grupo de trabajo**

Categoría	Tamaño del grupo	Ciclo mensual de trabajo	Volumen mensual
personal	1 persona	10000 páginas/mes	hasta 1000 páginas
grupo pequeño	1 a 3 usuarios	hasta 50000 páginas/mes	hasta 4000 páginas
grupo mediano	4 a 10 usuarios	hasta 60000 páginas/mes	hasta 5000 páginas
grupo grande	más de 10 usuarios	hasta 85000 páginas/mes	hasta 8000 páginas

- Cantidad de Memoria
- Duplex automático
- Pantalla táctil
- Impresión en A3
- Cantidad de hojas soportadas en la/las bandejas
- Adicionales (bandejas adicionales)

Otras características a tener en cuenta son:

- Período de garantía
- Precio de los insumos
- Servicio técnico local

## 2.6 Acotación del dominio

Artes gráficas, grandes formatos

## 2.7 Qué tener en cuenta a la hora de elegir el equipo adecuado

Quedo claro que cuáles de todas las características que posee un equipo hay que tener en cuenta depende principalmente del uso que se le dará al equipo y en qué ámbito se le dará ese uso (hogar, empresa, etc). Porque el uso determina varios del resto de las características. El tipo de cliente también influye en que característica tendrá más peso a la hora de elegir.

## 2.8 Entrevista con el experto

En el *Apéndice A* se encuentra el contenido de los intercambios de mails con el experto (vendedor), que han sido dispuestos en forma de entrevista. Usando como guía lo manifestado por el experto hay cuatro características mínimas que considerar para un usuario común y son

uso ( en qué ámbito será usada: oficina / hogar)  
funciones (copiar, imprimir, etc)  
color  
volumen mensual  
conectividad requerida

## 2.9 Heurísticas

Directamente de la “entrevista” con el experto extraemos la siguiente lista de reglas

Si es para poco uso  $\wedge$  una sola persona  $\Rightarrow$  necesita impresora chica

Si es para imprimir  $\wedge$  escanear  $\Rightarrow$  necesita multifunción

Si es para uso corporativo  $\Rightarrow$  necesita impresora de Red

Si no quiere cables  $\Rightarrow$  necesita conexión wireless

Si es fanático de la tecnología  $\Rightarrow$  puede querer imprimir desde el iPod

Si es para altos volúmenes  $\Rightarrow$  el costo del toner es importante

Si el volumen mensual del equipo es menor a 2000 páginas  $\Rightarrow$  la impresora es chica

Si es para una oficina  $\Rightarrow$  necesita laser monocromo

Si es un estudio de arquitectura  $\Rightarrow$  necesita chorro de tinta para A4 o A3 o un plotter

Si es para el hogar  $\Rightarrow$  puede necesitar multifunción barata

*Uso.* Hay ciertos conceptos impresos como *impresora chica*, *alto volumen*, *poco uso*. En el contexto utilizado todos los términos se están refiriendo a la cantidad de páginas mensuales. Algo más con respecto a la palabra *uso* se la puede emplear para manifestar frecuencia de impresión, como para referirse a tipo de documentos a imprimir (fotos, textos, etc).

Otras posibles reglas extraídas de noticias y recomendaciones online.

Si se imprimen menos de 30 pag a color  $\Rightarrow$  cartucho único.

Si se imprimen más de 30 pag a color  $\Rightarrow$  cartuchos separados.

Si el uso es doméstico u ocasional  $\Rightarrow$  la velocidad no es relevante.

Si el uso es doméstico u ocasional  $\Rightarrow$  el tamaño de la bandeja no es relevante.

Si se deben imprimir muchas copias  $\Rightarrow$  la velocidad es relevante.

Si se quieren imprimir fotografías  $\Rightarrow$  no se recomienda una impresora domestica.

Si no se quieren imprimir fotografías  $\Rightarrow$  una resolución de 600 dpi alcanza.

Si el volumen de impresión es alto  $\Rightarrow$  se recomienda impresora laser y velocidad de impresión superior a 30 ppm

Si es una empresa de publicidad  $\Rightarrow$  se recomienda laser color u otras tecnologías

Si es para formularios continuos  $\Rightarrow$  se recomienda matriz de punto

Si es para el hogar o pequeña oficina  $\Rightarrow$  inyeccion de tinta

Si es para el hogar o pequeña oficina y se necesita calidad fotográfica  $\Rightarrow$  inyeccion de tinta con 4 cartuchos.

Si el grupo de trabajo promedio es de 10 computadores  $\Rightarrow$  el tamaño de la bandeja de entrada es importante, y se prefiere de más de 200 hojas.

Si se requiere escanear en un estudio contable o de abogados  $\Rightarrow$  conviene chequear la superficie del escaner admite tamaño legal.

## Representación del conocimiento

La principal tarea del sistema experto es determinar cuáles del conjunto de características que describen a un equipo son relevantes y que valores deben tener para satisfacer las necesidades del cliente. Una vez determinadas cuales son las características deseadas en un equipo se procede a ofrecer los modelos que cumplen los requerimientos.

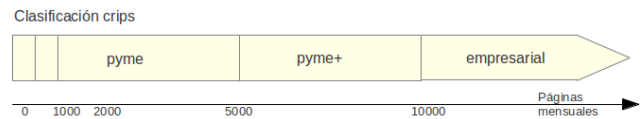
Para determinar las características deseadas se usaran las reglas de inferencia. Mientras que los distintos modelos serán hechos factuales en la base de conocimiento.

### 3.1 Determinación de las reglas

Para el volumen mensual la clasificación de HP, define 5 conjuntos crips para el volumen mensual de impresión, se usaran dichos conjuntos para los valores del literal *uso*, los valores de la variable *uso* podrán ser *hogareño*, *profesional*, *pyme*, *pyme+* y *empresarial*.

El uso vendrá determinado a través de consultar con el cliente cuantas páginas cree que en promedio imprimirá en un mes.

Si el cliente no lo sabe o no está seguro, se puede utilizar la aproximación que usa Xerox y preguntando por el tamaño



**Figure 2: Clasificación según volumen de impresiones mensuales**

**Table 3:**

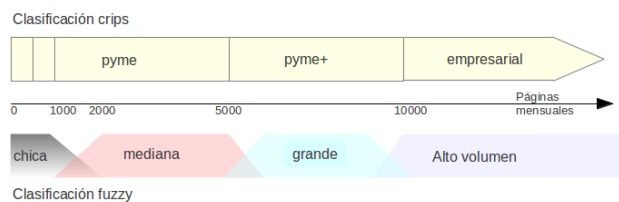
Tamaño	Tamaño del grupo	volumen mensual
chica	personal	hasta 2000 p.
mediana	hasta 4 personas/pc	hasta 6000 p.
grande	hasta 12 personas/pc	hasta 10000 p.
alto volumen	más de 12 personas	mas de 10000 p.

del grupo de trabajo. En la tabla 3 se encuentra la relación tamaño del grupo - tamaño impresora.

De esta forma, preguntándole el número de usuarios/pc simultáneos del grupo de trabajo al futuro cliente se calcula un volumen mensual máximo de impresiones de acuerdo a la tabla.

Los valores de los rangos del volumen de impresiones mensuales para la variable tamaño y uso no coinciden. Se han definido conjuntos fuzzy<sup>14</sup> para representar los valores de la variable lingüística *tamaño* que también está relacionada con el volumen de páginas mensuales, estos valores son: *chica*, *mediana*, *grande*, *de alto volumen*

En la figura 4 se puede apreciar la correspondencia entre ambos conjuntos.



**Figure 3: Clasificación según volumen de impresiones mensuales**

Ahora al preguntar por el tamaño del grupo, al recibir la respuesta se seteará el valor de la variable tamaño en *chica*, *mediana*, etc.

Las respectivas funciones de pertenencia para cada conjunto son las siguientes:

<sup>14</sup>Ver apendice B: Fuzzy Set



$$chica(x) = \begin{cases} 1 & si\ x \leq 1000 \\ 1 - \frac{x - 1000}{1000} & si\ 1000 < x \leq 2000 \\ 0 & si\ x \geq 2000 \end{cases}$$

$$mediana(x) = \begin{cases} 0 & si\ x \leq 1000 \\ \frac{x - 1000}{1000} & si\ 1000 < x \leq 2000 \\ 1 & si\ 2000 < x \leq 5000 \\ 1 - \frac{x - 1000}{1000} & si\ 5000 < x \leq 6000 \\ 0 & si\ x \geq 6000 \end{cases}$$

$$grande(x) = \begin{cases} 0 & si\ x \leq 5000 \\ \frac{x - 1000}{1000} & si\ 5000 < x \leq 6000 \\ 1 & si\ 6000 < x \leq 9000 \\ 1 - \frac{x - 1000}{1000} & si\ 9000 < x \leq 10000 \\ 0 & si\ x \geq 10000 \end{cases}$$

$$alto\_volumen(x) = \begin{cases} 0 & si\ x \leq 9000 \\ \frac{x - 1000}{1000} & si\ 9000 < x \leq 10000 \\ 1 & si\ x \geq 10000 \end{cases}$$

Los conjuntos fuzzy servirán para ayudar a definir factores de certeza<sup>15</sup> sobre el *uso* de los equipos de la siguiente manera.

```

For T in tamaño
  i := 0
  For U in uso
    p(U) := calcular la probabilidad
            a priori de ocurrir dado
            que el tamaño es T
    a(U) := calcular el porcentaje
            del área U alcanzado
            por el tamaño T.
    s(U) := p(U)*100 + a(U)
    sum := sum + s(U)
  For U in uso
    CF(U) := (s(U) / sum) * 100

```

Por ejemplo si se ha determinado que el tamaño es chico, entonces hay un 1/3 de probabilidad de que el uso sea 100% hogareño, 100% profesional y 20% pyme.

$$CF(\text{hogareño}) := (33 + 100/319) * 100\% = 42\%$$

$$CF(\text{profesional}) := (33 + 100/319) * 100\% = 42\%$$

$$CF(\text{pyme}) := (33 + 20/319) * 100\% = 17\%$$

Se tendrá entonces reglas como las que siguen

<sup>15</sup>Sobre los factores de Certeza

- Lista de reglas

- Si *chica*  $\Rightarrow$  uso hogareño con 42% de certeza  $\wedge$  uso profesional con 42% de certeza  $\wedge$  uso pyme con 17% de certeza
- Si es *mediana*  $\Rightarrow$  uso pyme con 85% de certeza  $\wedge$  uso pyme+ con 15% de certeza
- Si es *grande*  $\Rightarrow$  uso pyme+ con 90% de certeza
- Si es de alto volumen  $\Rightarrow$  uso empresarial con 85% de certeza  $\wedge$  uso pyme+ con 15% de certeza

## 4. DISEÑO

La figura se presenta la una arquitectura de tres niveles<sup>16</sup> del sistema.

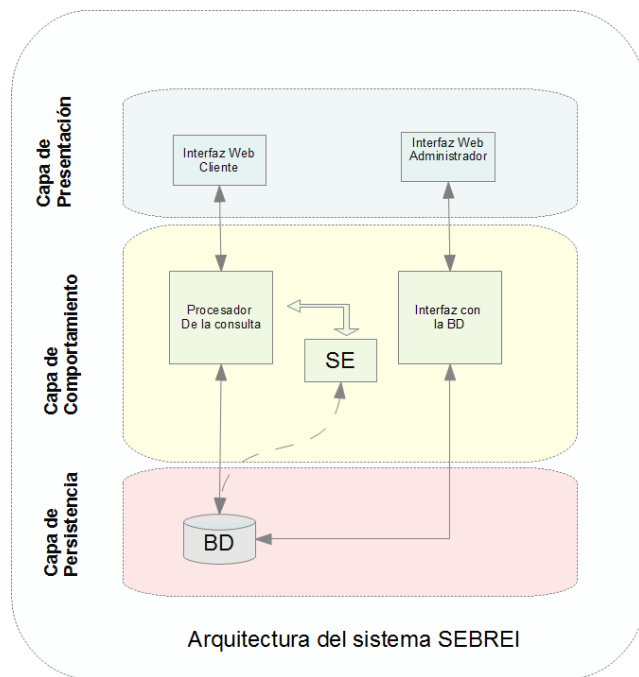


Figure 4:

### 4.0.1 Base de datos

Para permitir flexibilidad en la incorporación de nuevos equipos o modificación de los existentes, utilizamos un base de datos relacional para mantener las características de los equipos de impresión.

## 5. DESARROLLO DE LAS INTERFACES WEB

### 5.1 Interfaz administrativa

#### 5.1.1 Requerimientos

La interfaz web debe permitir al administrador del sistema agregar elementos a la base de datos y ajustar ciertos parámetros del SE. Permite:

- Logueo y autenticación
- Agregar/Modificar :
  - Impresoras
  - conectividades

- vendors
- velocidades
- tecnologías
- tipo de equipos
- sistemas operativos
- sheet
- tipos de papel
- calidades de impresión
- funciones del equipo
- consumibles
- Cambiar límites a los tags\* (de cant de impresiones y de precios)

Los tags de precios se actualizarán mediante una función fuzzy cuyos parámetros pueden ser alterados por el administrador del sistema. Eso permitirá que los valores de la variable precio económica, moderado varíen sus límites de acuerdo a la realidad económica del medio en donde se use el sistema.

### 5.2 Interfaz cliente

### 5.3 Testing

Agregar diseños de las interfaces web en WEBML

## 6. NOTAS SOBRE LA IMPLEMENTACIÓN

## 7. TESTING

Pruebas de las distintas componentes

## 8. HERRAMIENTAS UTILIZADAS??

### Clips

Clipseg: Editor para clips

clips: + Exceptional documentation + Clean, commented code + Designed for embedding + Scalable + Portable + Mature

### Base de datos

Workbench:

phpmyadmin

phppgadmin

### Interfaces web

Webratio: WebML

Eclipse

phlips

### Otras herramientas

clientes svn: tortoise (cliente svn para Windows), svn para linux

LibreOffice: Calc, Draw

Gimp: Editor de imágenes

<sup>16</sup>Una arquitectura de tres niveles es una especialización de la arquitectura cliente-servidor donde la carga se divide en tres partes (o capas) con un reparto claro de funciones: una capa para la presentación (interfaz de usuario), otra para el cálculo y otra para el almacenamiento (persistencia). Una capa solamente tiene relación con la siguiente.

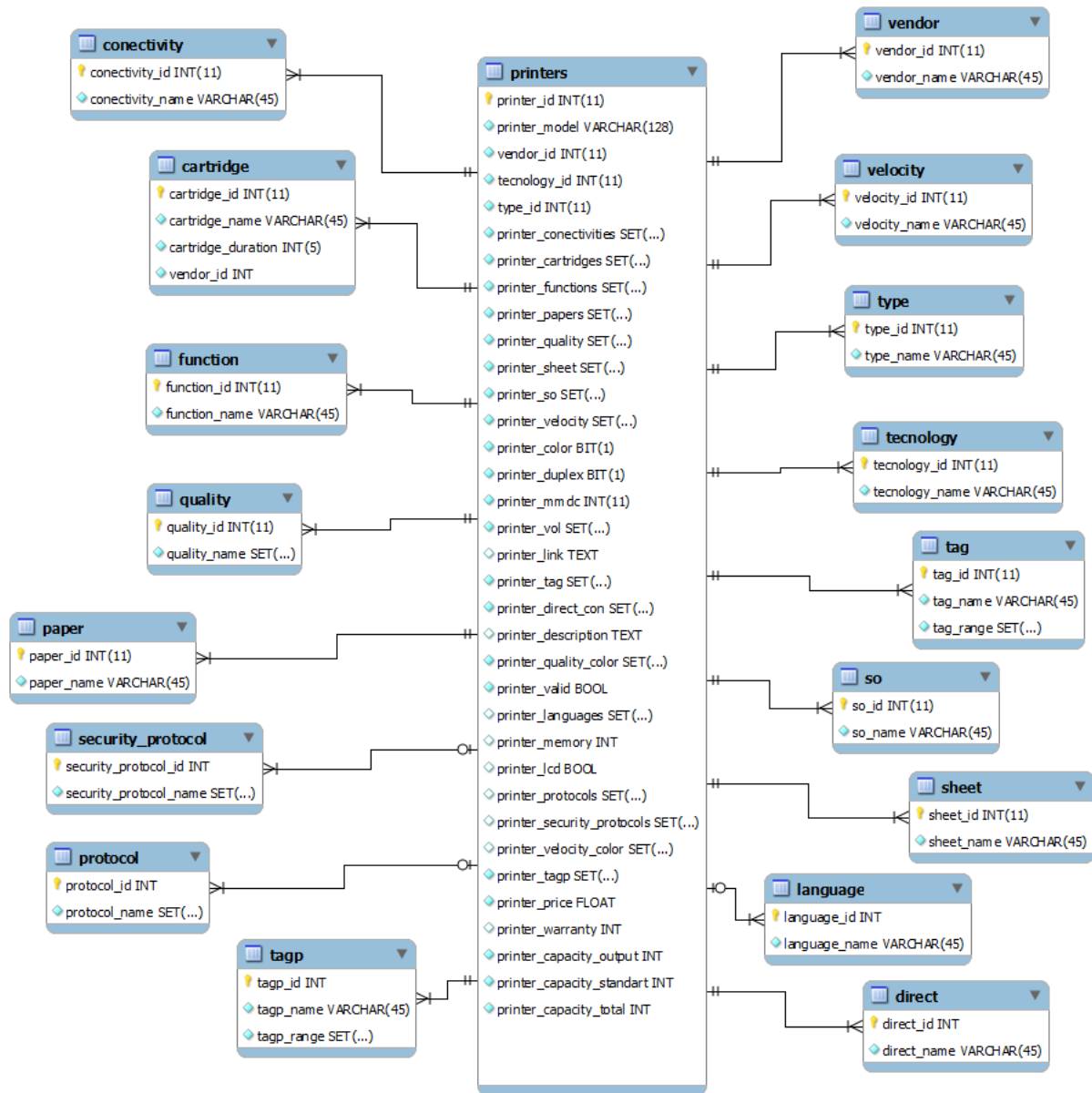


Figure 5: Modelo EER de la base de datos

Inkscape: editor de imágenes vectorial

Editor de Latex

## 9. CONCLUSIÓN Y NOTAS FINALES

## References

- [1] Otero Spagnuolo, M. .
- [2] Fiorotto, A. .
- [3] Montoya, M. A. *Impresoras, Curso online.*
- [4] Huergo, C. .
- [5] 24734:2009, I. (2009).

## APPENDIX

### A. ENTREVISTA CON EL EXPERTO

**IC-** *¿Qué tipo de información se le pide a un cliente cuando se acerca con intenciones de comprar un equipo de impresión?*

**Experto-** *Hay varias consideraciones cuando un interesado con consulta por impresoras, las relevantes son:*

1. *Qué tipo de uso le va a dar a la impresora, también el trabajo o profesión del cliente es un dato orientativo.*
2. *Producción de trabajo diario o mensual.*
3. *Si es para grupos de trabajo o para usar solo junto a una PC.*
4. *Si también escanean documentos, sacan fotocopias y/o usan fax*

*Con estos primeros datos ya tenemos para prepararle un abanico de soluciones de impresión. Es decir, si es para poco uso y una sola persona puede sugerirse una impresora chica, si también escanea se amplía a una multifunción. Si ya es corporativa conviene una impresora en RED, con print server interno. A veces el cliente para su hogar ya está pidiendo impresoras WIRELESS ya que no quiere cables dando vuelta por su casa, también hoy hay estos equipos. Además para los fanáticos de la tecnología tenemos las nuevas máquinas que imprimen desde un iPod, etc. También hoy el asesoramiento va por el costo de los toner que al momento de la elección puede ser importante sobre todo para altos volúmenes.*

**IC-** *¿Cuál debe ser aproximadamente el volumen de impresiones diario o mensual para que se concidere que se necesita una impresora chica?, o sino ¿cuándo considero que una impresora es chica?*

**Experto-** *Normalmente el fabricante especifica en la folletería el volumen de trabajo, normalmente si el volumen mensual es de hasta 1.500 a 2.000 páginas por mes, en Argentina se estila comprar una máquina chica.*

**IC-** *Mencionaste que la profesión de un cliente es un dato orientativo para la recomendación de un equipo, en ese sentido necesitaríamos un poco más de detalle. ¿Qué tipos de profesiones indican qué tipos de equipos?*

**Experto-** *Por ejemplo, para una oficina lo más común es usar impresoras láser monocromo. Si es un estudio de arquitectura es probable que usen chorro de tinta ya sea formato pequeño o bien A3 (297 x 432 mm.) o bien plotter. Un diseñador gráfico o fotógrafo pude elegir una impresora HP Photosmart con 6 tintas de colores diferentes. Para el hogar una ultifunción ink jet línea barata. Si entrás a la página de HP vas a encontrar que las impresoras las categorizan para:*

- *mercado hogareño*
- *mercado de diseño*

- *mercado corporativo*