Los Sistemas de Recuperación de Información por indexación de triadas, una experiencia*

Gerardo Vega Hernández

Investigador Dirección General de Servicios de

Cómputo Académico, UNAM

Circuito Exterior, Ciudad Universitaria

Tel. 56-22--85-09

E-Mail: gerardov@servidor.unam.mx

RESUMEN

Es frecuente que los Sistemas de Recuperación de Información que realizan indexación automática, utilicen las palabras de un documento para diferenciar este del resto de la colección de documentos. Esto trae como consecuencia la necesidad de idear, en muchos casos, complejos algoritmos que sean capaces de “comprender” la morfología del idioma en que está escrita la colección de documentos. En el presente artículo se describen los procedimientos y vivencias que se han tenido en la investigación y desarrollo de un sistema de Recuperación de Información que realiza la indexación automática por triadas de letras en lugar de palabras.

ABSTRACT

Automatic Indexation Information Retrieval Systems often use words from a document to differentiate the latter from the remaining document collection, thus leading in many cases to the need of contriving complex algorithms capable of “understanding” the morphology of the language in which the document collection has been written. This article describes details and experiences in the research and development of a Retrieval Information System that carries out automatic indexation by means of letter-triads, as opposed to words.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad se generan todos los días grandes cantidades de información escrita. Simplemente en la UNAM existe una gran variedad de bancos de información que se actualizan prácticamente todos los días. Por estas razones innegable la necesidad de contar con sistemas automatizados de consulta de información que permitan la búsqueda en texto completo. Existen a este respecto, Sistemas de Recuperación de Información en texto completo (los que serán abreviados en lo subsecuente simplemente como SRI), capaces de representar, almacenar, organizar y acceder la información disponible a través de una computadora. En otras palabras, estos sistemas son el medio por el cual un usuario en busca de información, accesa eficientemente a las colecciones de documentos de su interés que de alguna forma se encuentran almacenados en una computadora.

Los SRI pueden ser divididos en dos categorías: los que emplean índices para la búsqueda de la información y los que no los utilizan. Los últimos realizan las búsquedas sobre el texto original y generalmente están basados en algoritmos rápidos de búsqueda de cadenas de caracteres.⁽¹⁻³⁾ Este tipo de algoritmos se emplea comúnmente para el desarrollo de rutinas de búsqueda para los editores de texto y manuales en línea. Por otro lado, los sistemas que utilizan índices en las búsquedas, se caracterizan por no utilizar directamente los textos de los documentos de una colección para decidir qué documentos dentro de esta colección están más relacionados con una petición de búsqueda dada. En su lugar, se construye por cada documento una representación la cual es la que realmente se emplea al momento de la búsqueda. A la tarea de construir las representaciones de los documentos se les denomina *proceso de indexación*. Dicho pro-

ceso se realiza una sola vez y con anterioridad a cualquier consulta.

El interés del presente trabajo sobre los SRI que emplean índices para la búsqueda de la información y, en particular, sobre aquellos que emplean grafismos de palabras para la creación de los índices.^(4 y 5)

La organización de este artículo es como sigue: Las dos primeras secciones están dedicadas a presentar algunos de los conceptos, definiciones y técnicas que se emplean en los SRI por indexación y que, como se verá, serán extraídos para el caso de los SRI por indexación de triadas. En las siguientes tres secciones se exponen las ideas, que aquí se presentan como originales, para una posible opción en el desarrollo de un SRI por indexación de triadas. En las secciones 6 y 7 se presentan los algoritmos de indexación y de búsqueda para el caso de un SRI por indexación

* El autor agradece a la Biol. Artemisa Torreblanca y al Mtro. Rodolfo Mata, las observaciones y contribuciones hechas en la redacción de este artículo

de triadas. La Sección 8 muestra una prueba de evaluación de un SRI por indexación de triadas, basado en los algoritmos de las secciones 6 y 7. En la sección 9 se resume al gu nos trabajos de interés a futuro. Finalmente, en la sección 10 se presentan algunas conclusiones sobre el tema.

1. INDEXACIÓN MANUAL Y AUTOMÁTICA

Una de las maneras más comunes para obtener la representación de un documento es mediante una lista de términos o palabras clave, extraídas a partir del documento, que describan lo mejor posible el contenido de dicho documento y que además contribuya a diferenciar éste del resto de la colección. (figura 1).

Figura 1.

La indexación de un documento como una lista de términos.

Resulta evidente que los términos que habrán de ser empleados para construir las representaciones, deben ser establecidos con anterioridad a la construcción de cualquier representación. Al conjunto de términos que serán empleados para construir las representaciones de los documentos se les denomina *lenguaje de indexación*. Es importante puntualizar que la elección del lenguaje de indexación es crucial para lograr el buen desempeño de un SRI.

El proceso de indexación puede ser realizado de manera manual o automática. Ambas tienen como fin extraer del texto del documento fuente un documento representativo formado por términos del lenguaje de indexación. La principal diferencia que puede hacerse entre estos dos tipos de indexación es que la *indexación manual* se realiza como su nombre lo indica, en forma manual, teniendo por esto que requerir personal capacitado. Por otro lado, cuando la asignación de identificadores de contenido se realiza con ayuda de equipo de cómputo, la operación se llama *indexación automática*.

En la indexación manual existe una serie de herramientas que permiten al indexador controlar el proceso de indexación, como son listas de terminología, manuales de instrucción y principalmente hojas de trabajo estructura-

das para registrar los productos de indexación. También suelen utilizarse notas que permitan definir el significado y la interpretación de cada uno de los términos indexados permitidos en un documento dado.

Para realizar la indexación automática existen varios algoritmos, los cuales tienen como finalidad determinar qué términos del lenguaje de indexación se encuentran presentes en un documento dado. Existen algoritmos de indexación muy simples, los cuales se limitan a indexar un documento con un término dado si este término (o un fragmento de las primeras letras de éste) aparece tal cual en el documento. Existen por otro lado, algoritmos de indexación muy sofisticados, los cuales son capaces de "comprender" la morfología del idioma en que están escritos los documentos; por tal razón, estos algoritmos son capaces de optimizar la lista de términos de la representación de un documento.

2. LA RECUPERACIÓN DE LOS DOCUMENTOS

Como ya se mencionó, los SRI no utilizan, generalmente, de manera directa los documentos para efectuar las búsquedas, en su lugar emplean las representaciones de los documentos para decidir qué documentos en la colección son más afines a una petición de búsqueda dada. Así pues, es necesario que un SRI cuente con una forma de determinar la afinidad de las representaciones de los documentos con los términos presentes en la petición de búsqueda. La manera más común de realizar esta determinación, es simplemente con si de rar como más afines a aquellas representaciones que contengan el mayor número de términos presentes en la petición. Existen sin embargo, técnicas para cuantificar la semejanza entre una representación y los términos de la petición de búsqueda. En estas técnicas no solo se toma en cuenta que un término esté o no esté presente en una representación, sino que además se le asigna a cada término un determinado peso por medio del cual se pondera la importancia de cada término en la indexación del documento. El criterio que comúnmente se emplea para ponderar un término es a través de su frecuencia de ocurrencia a lo largo de la colección de documentos y dentro de cada documento en particular; donde se considera que un término tiene mayor peso para la representación del documento cuanto más frecuente sea éste dentro del mismo documento y menos lo sea dentro de la colección.⁽⁷⁾ Usando un esquema de ponderación de términos, la representación de un documento pudiera estar dada por un vector de ponderaciones de términos, como se muestra en la siguiente figura:

Figura 2.

Construcción de la representación del i -ésimo documento de una colección, donde m es la cardinalidad del lenguaje de indexación y f_{ij} es la ponderación del término T_j dentro del i -ésimo documento Doc_i .

Bajo un esquema de ponderación de términos, la cuantificación de la semejanza de la representación de un documento y los términos presentes en la petición de búsqueda, se realiza a través de una **medida de similitud**, la cual no es otra cosa que una expresión algebraica en donde, de alguna manera, se hacen intervenir las ponderaciones de los términos de la representación y los términos de la petición para evaluar numéricamente su semejanza (figura 3). De esta manera, mediante esta medida de similitud de SRI son más "cercaños" a una petición de búsqueda. Aún más, usando este criterio de cercanía se puede construir una lista de documentos que se encuentre ordenada en forma decreciente con respecto a sus valores de semejanza.

	T_1	T_2	T_3	...	T_m	Valores de Similitud
Doc_1	f_{11}	f_{12}	f_{13}	...	f_{1m}	VS_1
Doc_2	f_{21}	f_{22}	f_{23}	...	f_{2m}	VS_2
...	...	...	...	...	...	...
Doc_n	f_{n1}	f_{n2}	f_{n3}	...	f_{nm}	VS_n
Pet	p_1	p_2	p_3	...	p	

Figura 3.

Cálculo de los valores de similitud, donde p_j es la ponderación del término T_j dentro de la petición Pet y VS_i es el valor de similitud entre el documento Doc_i y la petición Pet .

Existen diferentes maneras de definir una medida de similitud.⁽⁷⁾ Una de uso muy frecuente es la medida coseno, en donde el valor de similitud VS_i , para cada representación de documento Doc_i y la representación de la petición Pet , se calcula como el coseno del ángulo que forman ambas representaciones:

$$VS_i = \frac{\sum_{j=1}^m p_j f_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^m p_j^2} \sqrt{\sum_{j=1}^m f_{ij}^2}}$$

Usando una medida de similitud como la de finida anteriormente, se puede establecer un límite para el conjunto de documentos recuperados. Por ejemplo, se podría establecer que el conjunto de documentos recuperados sean aquellos cuyas representaciones mostraron una valor de similitud mayor a 0.7, con respecto a la representación de la petición. Otra alternativa, podría ser presentarse solamente los N primeros documentos cuyas representaciones mostraron mayor valor de similitud con respecto a la representación de la petición.

Los documentos recuperados pueden ser convenientemente presentados al usuario en orden de crecientemente con respecto a los valores de similitud que mostraron sus representaciones con la petición de búsqueda. Esto es de importancia especial en una situación de recuperación interactiva, pues nuevas y mejores formulaciones de peticiones de búsqueda pueden ser construidas a partir de la información obtenida de los documentos previamente recuperados (retroalimentación).

3. INDEXACIÓN POR TRIADAS

La indexación por triadas es una técnica de indexación automática, la cual consiste en descomponer cada una de las palabras no nulas (es decir palabras diferentes a los artículos, preposiciones, conjunciones, etc., de un idioma) de un documento en triadas de letras y utilizar a la frecuencia de ocurrencia de éstas para construir un patrón de triadas (histograma) que conformará la indexación del documento. Para entender con mayor precisión lo anterior se convendrá que una triada válida para una palabra dada es cualquier gramo continuo de tres letras que esté contenido en esta palabra. Por ejemplo el conjunto de triadas que puede ser construido en base a las palabras **sofia unam** (sin acento) es:

sof, ofi, fia, una y nam

Esta técnica cuenta con dos características que la hacen muy atractiva. La primera es la facilidad de su implementación y la segunda y más importante es que el proceso de indexación deja de depender casi en su totalidad de la lengua alfabética en que estén escritos los documentos. La razón por la que el proceso de indexación por triadas sigue dependiendo del idioma es debido a que no todas las posibles combinaciones de tres letras (triadas) son igualmente válidas en todas las lenguas alfabéticas.

Naturalmente se podría salvar esta dependencia si se permitiera dar validez a cualquier combinación de tres letras en cualquier idioma. sin embargo, el número de triadas válidas sería demasiado grande y esto implicaría que los archivos que se generaran como resultado del proceso de indexación

“ La indexación por triadas es una técnica automática, la cual consiste en descomponer cada una de las palabras no nulas de un documento en triadas de letras y utilizar la frecuencia de ocurrencia de éstas para construir un patrón de triadas que conformará la indexación del documento ”

se rían también grandes. Por tal razón, es recomendable realizar un análisis estadístico de las triadas válidas del idioma alfabético en que está escrita la colección de documentos. Este análisis no sólo permitirá determinar las triadas válidas sino también conocer con qué frecuencia se usa una triada en el idioma. Esto último es de gran utilidad, pues en este trabajo se ha supuesto que el conjunto de triadas válidas (lenguaje de indexación por triadas) con que habrán de ser indexados los documentos, no deben incluir triadas muy poco frecuentes ni las muy frecuentes. Tres son las razones por las que se cree que deben ser eliminadas estas triadas del lenguaje de indexación. La primera razón es porque se piensa que las triadas son muy poco frecuentes, por su misma rareza, pueden ser eliminadas sin mayor perjuicio al rendimiento de un SRI por indexación de triadas. La segunda razón es por que se piensa también, que las triadas muy frecuentes aparecerán con toda seguridad en todos los documentos de la colección, lo cual hace a estas triadas malos candidatos para caracterizar y diferenciar los documentos de la colección. La tercera razón es una consecuencia de las dos anteriores, pues al eliminar aquellas triadas poco frecuentes así como las muy frecuentes, el conjunto de triadas válidas (filtradas), que conformarán el lenguaje de indexación, puede reducirse considerablemente.

El análisis estadístico de las triadas en el caso del idioma español, fue realizado con ayuda de un conjunto de artículos de periódicos cuyo volumen fue de aproximadamente 8 Mbytes (un mes de artículos). Este archivo muestra se preprocesó antes de su análisis de tal manera que se eliminó todo acento y sus tildas toda ñ por n, pues se considera que los acentos así como las ñ's dentro de los documentos escritos contribuyen muy poco a la interpretación del mismo. como resultado del análisis estadístico se encontró que empleando este archivo muestra existían 6262 triadas válidas en este español sin acentos, cuyas frecuencias de aparición oscilaban de 1 hasta 41226. Para reducir el conjunto de triadas válidas se decidió introducir un filtro para las 6262 triadas, de tal manera que fueran consideradas como válidas sólo aquellas triadas cuyas frecuencias se encontraran entre 7 y 3000. Es importante aclarar, que las características de este filtro han sido el resultado de estimaciones al observar el reporte estadístico de las triadas y de evaluaciones de rendimiento de un SRI por indexación de triadas. Bajo la condición de este filtro, se estableció finalmente un lenguaje de indexación por triadas con 3797 triadas válidas las cuales han sido la base para la construcción de las representaciones de los documentos.

4. CONSTRUCCIÓN DE LAS REPRESENTACIONES DE LOS DOCUMENTOS

Una vez que ha sido establecido el conjunto de triadas que conformarán el lenguaje de indexación es posible construir representaciones o indexaciones de los documentos basados en este lenguaje de indexación. Ahora bien, de bido a que en este caso el lenguaje de indexación no está conformado por términos o palabras, entonces la construcción de las representaciones no deberá ser una extrapolación directa de la técnica descrita en la figura 2. Así pues, habrán de efectuarse algunos cambios y ajustes. El primer cambio es que ahora, cada representación estará conformada por uno o más vectores (vectores de ponderación de triadas), en donde el número de vectores dependerá de la longitud promedio de los documentos en la colección. Lo anterior se debe a que no es conveniente usar un solo vector para la representación de documentos muy extensos, pues, en este caso, se corre el riesgo de que la representación reporte la presencia de la mayoría de las triadas válidas. Consecuentemente se estaría considerando casi a cualquier palabra o término como presente dentro del documento. Una manera de solucionar este problema es segmentar los documentos muy extensos y construir para cada uno de estos segmentos un vector de ponderación de triadas. Una forma de realizar la segmentación podría ser por ejemplo utilizar primero solamente las primeras N palabras no nulas del documento para la construcción del primer vector de ponderación de triadas. Después se continuaría con las siguientes N palabras no nulas para construir el segundo vector. Esto se repetiría sucesivamente hasta la construcción del r -ésimo vector, donde r sería el número de segmentos que se emplearían por documento. Lo anterior se esquematiza en la siguiente figura:

figura 4

Construcción de la representación del i -ésimo documento de una colección usando indexación por triadas, donde m es la cardinalidad del lenguaje de indexación por triadas y f_{ij}^k es la ponderación de la triada T_j dentro del k -ésimo segmento del i -ésimo documento doc_i .

Ahora bien, la pregunta que surge es ¿cuál es el número ideal N de palabras no nulas que se deberán considerar para cada segmento? Dar una respuesta a esta pregunta probablemente no sea algo sencillo. Sin embargo, una estimación fue hecha como sigue: Se leyeron, en orden de aparición, las palabras no nulas de un texto cualquiera. Cada vez que se leyó una de estas palabras, se extrajeron sus triadas válidas, de las cuales se llevó registro conjuntamente con las triadas válidas de las palabras leídas con anterioridad. La lectura de palabras se continuó hasta que se encontró una palabra en la cual al menos dos de sus triadas válidas, ya habían sido registradas por otra u otras palabras anteriores. Este experimento se repitió para diferentes textos en español y se encontró que aproximadamente 170 era el número promedio de palabras no nulas que eran leídas antes de terminar. Si consideramos que aproximadamente ocurren 5 palabras no nulas en un renglón de texto normal, entonces 170 palabras no nulas equivalen aproximadamente a 3/4 de una cuartilla de texto normal.

Otro cambio en cuanto a la construcción de las representaciones de los documentos, se refiere a los que ma de ponderación para las triadas. En este caso se decidió usar simplemente como ponderación a la frecuencia de cada triada dentro de cada segmento. Sin embargo, debido a que son relativamente pocas las triadas que se rñ con tabilidad por segmento, se decidió acotar los valores f_{ij}^k como sigue:

- 0 Si la triada T_j no aparece dentro del k -ésimo segmento de i -ésimo documento.
- 1 Si la triada T_j aparece una vez dentro del k -ésimo segmento de i -ésimo documento.
- 2 Si la triada T_j aparece más de una vez dentro del k -ésimo segmento de i -ésimo documento.

Debe observarse que al ser limitados así los valores de f_{ij}^k , entonces serán suficientes dos bits para codificar cualquiera de sus valores. Esto último es de gran importancia si se desea optimizar el tamaño de las representaciones de los documentos.

Una vez resuelto el problema de la construcción de las representaciones de los documentos, es posible conceptualizar el conjunto de documentos indexados como una matriz, la cual llamaremos *matriz de indexación*. Esta matriz será construida simplemente como la concatenación sucesiva de las representaciones de los documentos en la colección, esto se esquematiza en la siguiente figura:

T_1	T_2	T_3	...	T_m
f_{11}^1	f_{12}^1	f_{13}^1	...	f_{1m}^1
f_{21}^1	f_{22}^1	f_{23}^1	...	f_{2m}^1
...	...	...	...	...
$f_{(n-p)r+1}^r$	$f_{(n-p)r+2}^r$	$f_{(n-p)r+3}^r$	...	$f_{(n-p)r+m}^r$

figura 5

Construcción de la matriz de indexación como la concatenación sucesiva de todas las representaciones de los documentos de una colección de n documentos, donde $f_{ij}^k = f_{(i-1)r+k}^k$ para $s = (i-1)r+k$ con $1 \leq i \leq n$, $1 \leq j \leq m$, $1 \leq k \leq r$ y $1 \leq s \leq n \cdot r$.

Debido a que generalmente una petición de búsqueda estará conformada por tan sólo algunas palabras no nulas, entonces la construcción de la representación de una petición se hará de manera análoga a la construcción de la representación de un documento, sólo que ahora se empleará un sólo segmento para contabilizar las triadas que se forman a partir de las palabras de la petición (figura 6).

figura 6

Construcción de la representación de la petición de búsqueda, donde las ponderaciones p_j se obtienen de manera análoga a las ponderaciones f_{ij}^k .

Una consideración final acerca de la matriz de indexación es acerca de su porosidad, ya que en general la probabilidad de no presencia de una determinada triada en un determinado segmento de un documento será mayor que la probabilidad de presencia. Así pues, es recomendable para evitar que la matriz de indexación sea muy grande, utilizar códigos de compresión tales como los códigos de Hoffman⁽⁸⁾ para la codificación de esta matriz de indexación. Es claro que al comprimir la matriz de indexación se afectarán antes de identificar a los documentos cuyas representaciones muestren los valores más grandes de similitud con respecto a la representación de la búsqueda. Una manera de lograr que los tiempos de búsqueda no se vean tan afectados con esta medida es no comprimir a la matriz de indexación como un todo y, en su lugar, realizar la compresión de la matriz por columnas independientes. De esta forma, cada vez que sea iniciada una búsqueda será necesario sólo descomprimir, de la matriz de indexación, aquellas columnas cuyas triadas correspondientes se encuentran presentes en la petición de búsqueda. Esto último será expuesto con mayor de talle en las secciones 6 y 7.

5. ESPECIFICACIÓN DE LA MEDIDA DE SIMILITUD

Dadas las explicaciones y definiciones dadas en la sección anterior, la pregunta que surge naturalmente es ¿de qué manera se decidirá cuándo un determinado documento en la colección es más similar a una petición de búsqueda dada? Tal pregunta que dará respuesta al definir una medida de similitud que cuantifique la similitud entre la representación de un documento y la representación de la petición. Una opción para la medida de similitud, podría ser la medida coseno descrita anteriormente. Sin embargo, esta medida empleada en nuestro caso, tomaría en cuenta las triadas no presentes en la petición para cuantificar la similitud.⁽⁹⁾ Así pues, sería deseable contar con una medida de similitud que, sin dejar de considerar a la frecuencia de las triadas, le diera más importancia a los segmentos del documento que contengan el mayor número de triadas diferentes que estén presentes en la petición. Ahora bien, como los valores de las ponderaciones de las triadas f_{ij} quedaron limitados a 0, 1 ó 2, entonces una opción para cuantificar la similitud entre un segmento de documento y una petición de búsqueda (VS_s^*) podría ser a través de la siguiente expresión:

$$VS_s^* = \sum_{j=1}^m p_j \cdot f_{sj}^* + 5 \sum_{j=1}^m p_j \cdot F_{sj}^*$$

Donde p_j es igual a cero si $p_j=0$, e igual a uno si p_j es diferente de cero. De manera análoga se define F_{sj}^* . A través de la expresión anterior es posible determinar qué segmentos de la matriz de indexación son más semejantes a una petición de búsqueda dada. Sin embargo, lo que realmente interesa es poder cuantificar la similitud de un documento con una petición dada (VS_d). Una manera de establecer tal cuantificación podría ser simplemente a través del máximo de los valores de similitud de los segmentos de un documento (VS_s^*), lo cual se realiza con la siguiente expresión:

$$VS_d = \text{Max} \left(\sum_{j=1}^m p_j \cdot f_{sj}^k + 5 \sum_{j=1}^m p_j \cdot F_{sj}^k \right)_{k=1}^N$$

Donde nuevamente F_{ij}^k se define análogamente a p_j .

6. ALGORITMO DE INDEXACIÓN

El proceso para generar la matriz de indexación es sumamente complejo y su complejidad radica principalmente en la necesidad, como ya se hizo mención, de comprimir por separado las columnas de la matriz. Para lle-

var un control preciso del proceso de indexación se empleó una estructura de datos cuya función es semejante a la que realiza la *Process Status Word* (PSW) en el caso del funcionamiento global, a nivel de hardware, de una computadora digital. Esta estructura de datos, la cual fue denominada con el nombre de *estado*, tiene concretamente como función la de registrar el estado final de la matriz de indexación después de la última indexación. Así pues la información que esta estructura *estado* maneja es la siguiente:

- Un contador global, con el cual se lleva cuenta del número total de segmentos de documento que han sido indexados hasta el momento.
- -Un apuntador por cada columna de la matriz de indexación. A través de estos apuntadores se especifica el inicio de cada columna dentro de la matriz de indexación. Se debe recordar que las columnas de la matriz de indexación se hayan comprimidas y por tal razón no existe una regularidad en cuanto al tamaño y ubicación de cada columna dentro del archivo que contendrá a la matriz.
- Un contador por cada columna de la matriz de indexación, este contador registra el tamaño en bytes de la columna comprimida que le corresponda. La función que estos contadores realizan es muy importante pues a través de éstos puede saberse con precisión el número de bytes que deben ser leídos de la matriz de indexación cuando se desee manipular una de sus columnas.

El proceso de indexación de la colección de documentos es en esencia un proceso secuencial en el sentido de que la indexación de la colección se realiza al indexar uno por uno todos los segmentos de todos los documentos de la colección. De esta manera la indexación de la colección es el resultado de una sucesión de indexaciones, en cada una de estas indexaciones se indexa uno y sólo uno de los segmentos de un documento dado de la colección y el resultado de esta indexación se agrega como un nuevo renglón al final de la matriz de indexación. Los pasos que se realizan para indexar y agregar un nuevo segmento al conjunto de segmentos ya indexados, son los siguientes:

- Se eliminan del texto del segmento a indexar las palabras nulas.
- partir del texto resultante del paso anterior, se construye un vector de frecuencias de triadas, el cual es equivalente a cualquier renglón de la matriz de indexación de la figura 5.
- Con la ayuda de la estructura *estado* se realizan para cada j -ésima columna de la matriz de indexación de los siguientes 4 pasos:

- Se lee la j -ésima columna de la matriz de indexación la cual es de comprimi da a continuación.
- A la columna descomprimida se le agrega al final de la j -ésima entrada del vector de frecuencias.
- Esta columna agrandada es comprimida a continuación para obtener de esta forma una nueva columna comprimida que incluya la j -ésima entrada del vector de frecuencias.
- La nueva columna comprimida es ahora escrita como parte de una nueva matriz de indexación.
- Una vez que han sido leídas todas las columnas de la matriz de indexación y que también hayan sido escritas todas las columnas de la nueva matriz de indexación, se borra la matriz de indexación anterior y declarada a la nueva matriz como la actual.
- La estructura *estado* es modificada de tal manera que refleje las condiciones de la nueva matriz de indexación.

7. ALGORITMO DE BÚSQUEDA

Una vez que ha sido indexada toda la colección de documentos, es posible la búsqueda de documentos. Esta búsqueda será realizada sobre la matriz de indexación y bajo el siguiente algoritmo:

- Se eliminan del texto de la petición todas las palabras nulas y con el texto restante se construye el vector de frecuencias de triadas de la petición el cual se denotará por $Pet=(p_1, p_2, ..., p_m)$ (donde m es igual a la cardinalidad del lenguaje de indexación).
- Es inicializado con ceros un vector el cual deberá tener tantas entradas como renglones en la matriz. En las entradas de este vector habrán de depositarse los resultados de las medidas de similitud de cada segmento de documento con respecto a la petición. Por esta razón, este vector será denominado como

$$VS_1^*, VS_2^*, ..., VS_{r;n}^*.$$

Donde n es igual al número de documentos en la colección y r es el número de segmentos por documento.

- Con la ayuda de la estructura *estado* se realiza para cada j -ésima entrada del vector de frecuencias que sea **diferente de cero**, los siguientes 2 pasos:
 - Se lee la j -ésima columna de la matriz de indexación y se descomprime inmediatamente. Esta columna será denotada por

$$T_j = (f_{1j}, f_{2j}, ..., f_{(r;n)j}).$$

“La indización por tríadas cuenta con dos características que la hacen muy atractiva. La primera es la facilidad de su aplicación y la segunda, y más importante, es que el proceso de indización deja de depender casi en su totalidad de la lengua alfabética en que están escritos los documentos”

- El vector de similitudes VS^* es actualizado como sigue:
En donde como antes
 $F^*_{sj}=0$ si $f^*_{sj}=0$ y $F^*_{sj}=1$ si $f^*_{sj}=1$.

Se obtienen los valores de similitud por documento (VS_i), es decir se obtiene el segmento de valor máximo por cada documento.

$$VS_i = \text{Max} (VS_{(i-1)+1}^*, VS_{(i-1)+2}^*, \dots, VS_{i,r}^*)$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

Se ordenan de mayor a menor los valores anteriores y se imprimen finalmente los nombres de los primeros N documentos que correspondan a estos valores ordenados.

8. EVALUACIÓN DEL SRI POR INDEXACIÓN DE TRIADAS

Para la evaluación de un SRI basado en triadas, se empleó un banco de información de más de medio millón de fichas bibliográficas del catálogo de la biblioteca de la DGB de la UNAM. Estas fichas registraron una longitud promedio de 237 bytes, es decir, aproximadamente 40 palabras o no palabras por ficha. Este banco de información se indexó utilizando la técnica de indexación por triadas descrita anteriormente y de modo que en este caso, la longitud promedio por documento fue menor de 170 palabras, se empleó en la indexación de cada ficha un solo segmento (es decir $r=1$). Como resultado se obtuvo una matriz de indexación cuyo tamaño fue de aproximadamente 45 Mbytes. Dado que el tamaño del banco de información es de aproximadamente 122 Mbytes esto significa que la matriz de indexación ocupa aproximadamente el equivalente al 38% de este espacio. La supercomputadora Cray Y-MP/432 y el tiempo de CPU que requirió para indexar todo el banco fue de aproximadamente 7 horas. Podría parecer que es demasiado el tiempo de indexación y sobre todo para un equipo de cómputo como lo es una Cray, sin embargo, a este respecto se deben mencionar tres puntos. Primero, la indexación del banco de información se realiza sólo una vez. Segundo, la razón por la que se empleó la Cray obedece más a una necesidad de contar con una buena cantidad de discos y no a una necesidad de velocidad de proceso. Debido a la naturaleza del algoritmo de indexación se estima que el tiempo de indexación en otros equipos de cómputo no será extremadamente diferentes al reportado para la Cray. Tercero, por la manera en que se ha hecho la implementación del algoritmo de indexación, los resultados que con este algoritmo se obtienen son independientes de la plataforma de cómputo que se emplee para generarlos y por esta razón, es

los resultados pueden, sin ningún problema, ser usados para la búsqueda de documentos bajo otra plataforma de cómputo incluyendo computadoras personales.

Por otro lado, es importante mencionar que dentro de este banco de información existen fichas bibliográficas escritas en otros idiomas diferentes al español como son el inglés, francés e italiano. A pesar de tener como objetivo de lo anterior, se empleó para la indexación del banco de información el lenguaje de indexación construido especialmente para el idioma español. Dos son las razones por las que se decidió indexar al banco de información con este lenguaje de indexación, la primera razón es simplemente porque la gran mayoría de las fichas bibliográficas están escritas en español, la segunda razón es porque se pensó que sería interesante evaluar el comportamiento del SRI cuando algunos de los documentos de la colección no estuvieran escritos en español.

Para llevar a cabo la evaluación fue necesario primero conformar un padrón heterogéneo de peticiones de búsqueda y emplear este padrón en las pruebas de evaluación. Este padrón de peticiones fue conformado con ayuda de un programa de computadora que “analizó” la colección de documentos (más de medio millón de fichas) y en base a este análisis se estableció este padrón. La manera en que operó este programa sobre la colección de documentos fue como sigue:

1. Se eligieron aleatoriamente 1245 documentos de la colección.
2. Para cada uno de los 1245 documentos seleccionados en el paso anterior, se construyó una petición de búsqueda la cual fue construida como una cadena de entre una y cuatro palabras que fueron extraídas al azar de cada documento.

A continuación se muestra un fragmento del padrón de peticiones que fue construido con ayuda de este programa de computadora (el número al principio de cada petición indica cuántas palabras conforman la petición).

```

3 mexico ignacio nacional
3 investimenti giuffre della
4 latin gramatica veneria giovanni
4 metalife mechanic and york
4 press new interviews review
1 manual
3 cristianismo nikander modern
2 shivers ingenieria
4 york philip notes chinese
3 and hoffman john
3 manico exteriores solacines
2 gardenino macmillan
3 manuales documentation mariano
2 guillermo neme
3 deliberacione delle leyes
2 ricordo imprese
3 geral aires ignada
4 obras tomas polemicas doctrinales
2 directa barcelona
3 indicacion graficas garcia

```

Debido a la imposibilidad de realizar manualmente 1245 peticiones de búsqueda y evaluar los resultados, se desarrolló otro programa de cómputo que realizara este trabajo de evaluación. Este nuevo programa analiza, para cada petición de búsqueda en el padrón, entregada por el SRI. Este análisis consistió en determinar el número que ocupaba aquel primer documento, dentro de la lista entregada por el SRI, que contuviera todas las palabras incluidas en la petición de búsqueda. Se decidió por simplicidad que el programa sólo analizara los diez primeros documentos de la lista ordenada, de tal manera que de no encontrar se un documento que contuviera todas las palabras de la petición se reportaría como una búsqueda fallida.

A continuación se muestra un fragmento del reporte generado por este programa evaluador.

```

ref = 2 3 mexico ignacio nacional
ref = 1 3 investimenti gioffre della
ref = 1 4 latin gramatica venezia
      giovanni
ref = 3 4 metcalfe mechanic and york
ref = 1 4 press new interviews review
ref = 1 1 manual
ref = 1 3 cristianismo nikander modern
ref = 1 2 shivers ingenieria
ref = 1 4 york philip notes chinese
ref = 9 3 and hoffman john
ref = 1 3 mexico exteriores relaciones
ref = 1 2 gardening macmillan
ref = 7 3 manuales documentacion
      mariano
ref = - 3 guillermo nasa
ref = 7 3 deliberazione della leyes
ref = 4 2 riccardo imprese
ref = - 3 geral aires louada
ref = 1 4 obras tomas polemicas
      doctrinales
ref = 1 2 directa barcelona
ref = 1 3 ineficacia graficas garcia

```

Como puede observarse este fragmento es casi igual al fragmento del padrón de peticiones salvo por la primera columna numérica. En esta columna se indica, para cada petición, el número que ocupa el primer documento, dentro de la lista ordenada entregada por el SRI, que contiene todas las palabras usadas en la búsqueda. Cuando un guión aparece en lugar de un número, en esta columna, significa que no se encontró tal documento dentro de la lista de los diez primeros documentos.

Una manera de resumir los resultados contenidos en el reporte de evaluación es a través de las siguientes tablas:

304 pruebas de 1 palabra			
1	1	185	60.86 %
1	2	34	11.18 %
1	3	11	3.62 %
1	4	7	2.30 %
1	5	4	1.32 %
1	6	2	0.66 %
1	7	3	0.99 %
1	8	6	1.97 %
1	9	1	0.33 %
1	10	5	1.64 %
1	-	46	15.13 %

326 pruebas de 3 palabras			
3	1	249	76.02 %
3	2	27	8.31 %
3	3	11	3.38 %
3	4	3	0.92 %
3	5	7	2.15 %
3	6	3	0.92 %
3	7	4	1.23 %
3	8	3	0.92 %
3	9	6	1.85 %
3	10	3	0.92 %
3	-	9	2.77 %

304 pruebas de 2 palabras			
2	1	176	57.89 %
2	2	41	13.49 %
2	3	16	5.26 %
2	4	9	2.96 %
2	5	5	1.64 %
2	6	4	1.32 %
2	7	8	2.63 %
2	8	4	1.32 %
2	9	4	1.32 %
2	10	2	0.66 %
2	-	35	11.51 %

312 pruebas de 4 palabras			
4	1	261	83.65 %
4	2	21	6.73 %
4	3	9	2.88 %
4	4	5	1.60 %
4	5	4	1.28 %
4	6	1	0.32 %
4	7	0	0.00 %
4	8	1	0.32 %
4	9	0	0.00 %
4	10	1	0.32 %
4	-	9	2.88 %

Los resultados, como puede observarse, se han separado en cuatro tablas. La primera tabla resume los resultados de todas aquellas peticiones de búsqueda de una sola palabra, la segunda tabla las peticiones con dos palabras, la tercera con tres palabras y la cuarta con cuatro palabras. Cada una de estas cuatro tablas de resultados está conformada a su vez por once renglones. En el primer renglón de cada tabla se muestra el número (con su porcentaje correspondiente al total de pruebas por tabla) de documentos que fueron encontrados en el primer lugar de la lista ordenada. En el segundo renglón se muestra el número de documentos que fueron encontrados en la segunda posición dentro de la lista. El *n*-ésimo renglón (1 = 10) muestra el número de documentos que fueron encontrados en la *n*-ésima posición dentro de la lista ordenada. El último renglón muestra el número de peticiones de búsqueda fallidas.

Debe observarse que los resultados presentados en las tablas anteriores no representan una evaluación de un SRI tal como se sufre.^(6 y 7) Sin embargo, se conside ra que estas tablas reflejan de manera muy aproximada la precisión –no el recall^(6 y 7)– real del SRI basado en triadas. Más aún, se tiene la certeza de que si un

grupo de personas construye un padrón de peticiones más cercano a la realidad y si además se emplean personas que analicen los documentos recuperados en cada búsqueda del padrón, los reportes de precisión serán mejores.

Finalmente se comenta que estas pruebas de evaluación fueron realizadas en un equipo SUN 630/MP con el cual se encontró que el tiempo de respuesta promedio de una búsqueda sobre toda la colección (más de medio millón de fichas) es de alrededor de tres segundos.

9. FUTURO TRABAJO DE INTERÉS SOBRE UN TEMA

Algunos puntos de los que sería interesante seguir investigando son:

- Realizar otro tipo de pruebas de evaluación.^(6 y 7)
- Experimentar con otras formas de organizar las representaciones de los documentos, que probablemente darán mayor rapidez a la consulta de los documentos. Entre las técnicas más comunes a este respecto, se en-

cuenta la formación de agrupamientos de representaciones. (6 y 7)

- c) Proponer y experimentar con otras medidas de similitud.
- d) Experimentar con otro tipo de indexación, por ejemplo indexación por cuartetas de letras.
- e) Desarrollar una metodología más simple que las pruebas de evaluación, para definir el lenguaje de indexación.

10. CONCLUSIONES

Se han utilizado, hasta el momento, a los SRI por indexación de triadas en el desarrollo de sistemas automatizados de consulta de información, los cuales manejan diversos tipos de colecciones como son: artículos de periódico y revistas, fichas bibliográficas y bancos de información sobre personal y proyectos en la UNAM (ARIES). Cabe mencionar que varios

de estos sistemas (incluyendo al sistema de consulta de fichas bibliográficas que se evaluó en la sección 8 de este trabajo) pueden ser accedidos públicamente a través de *gopher* a la dirección electrónica:

info@condor.dgsca.unam.mx.

La experiencia en el desarrollo de estos sistemas, nos permite hacer las siguientes observaciones acerca de los SRI por indexación de triadas.

- a) Rapidez en las búsquedas.
- b) Los archivos de indexación no son demasiado grandes comparados con otros sistemas de consulta.
- c) Este tipo de sistemas de consulta resultan simples y naturales en su empleo para un usuario final, ya que no es necesario emplear operadores *booleanos* para formular las búsquedas.

- d) Independencia de la plataforma de cómputo en que operen.
- e) Cuando se sabe que lo que se busca está en alguna parte de un banco de información y se cuenta con algunas pistas para encontrarlo (por ejemplo, algunas palabras del documento buscado), este tipo de sistemas permiten obtener excelentes resultados (tienen buena precisión). Por otro lado, estos sistemas también pueden ser usados, aunque no son tan buenos, en búsquedas de tipo estadístico, en donde normalmente lo que se desea recuperar son todos los documentos de un tema en particular, sin importar cuáles documentos son más afines a la petición de búsqueda (no tienen tan buen *recall*).

BIBLIOGRAFÍA.

- 1) R.S. Boyer and J.S. Moore, A fast string search algorithm, Comm. ACM, 20, 762- 772 (1977).
- 2) D.M. Sunday, A very fast substring search algorithm, Comm. ACM, 33, 132- 142 (1990).
- 3) P.D. Smith, Experiments with a very fast substring search algorithm, Software-Practice and Experience, 21(10), 1065- 1074, Oct. 1991.
- 4) U. Manber and S. Wu, An Algorithm for approximate string matching with non uniform costs, Technical Report TR- 89- 19, Department of Computer Science, University of Arizona, Tucson, Arizona, Sept. 1989.
- 5) S. Wu and U. Manber, Agrep - a fast approximate pattern matching tool, In Proceedings of USENIX Winter 1992 Technical Conference, 153- 162, San Francisco, CA, Jan 1992.
- 6) C.J. van Rijsbergen, Information Retrieval, Butterworth & Co. Ltd., Second Edition, 1979.
- 7) Gerald Salton, Michael J. McGill, Introduction to modern information retrieval, McGraw-Hill.
- 8) R.W. Hamming & Englewood Cliffs, Coding and information theory, Prentice - Hall, 1980.
- 9) Gerardo Vega H., Sofía un sistema de recuperación de Información por indexación de triadas, Tesis de maestría, UACPyP del CCH UNAM, 1994.