

## Aprendizaje y evaluación automatizada de consultas de bases de datos

GUTIRREZ-Luis†\*, MORALES-David, MARTINEZ-Fernando y ARROYO-Marisol

*Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato*

Recibido Julio 11, 2015; Aceptado Septiembre 19, 2015

---

### Resumen

El presente trabajo muestra el desarrollo de un sistema de información cuyo objetivo principal es evaluar de forma automatizada e inmediata diversos problemas de consultas de selección del lenguaje estructurado SQL. El trabajo se realizó en el siguiente orden: análisis y definición de los criterios de evaluación de las consultas, desarrollo del módulo de evaluación de consultas, pruebas de caja negra al módulo de evaluación de consultas, desarrollo de la base de datos de pruebas, modelado y creación de la base de datos del sistema evaluador, implementación dentro del aula de clase. Este software funciona actualmente en una aplicación de escritorio dentro de una intranet pero se está construyendo para que en un futuro permita la evaluación de consultas en línea. Hasta ahora no hay un juez automático público que funcione de manera similar. Este trabajo pretende contribuir al aprendizaje de consultas complejas del lenguaje SQL que es utilizado en los sistemas manejadores de bases de datos desde hace más de cuarenta años.

**SQL, Juez Automático, Bases de Datos, Aprendizaje Basado en problemas.**

### Abstract

This paper shows the development of an information system whose main objective is the automated and immediate evaluation of several selection query problems in the SQL structured language. This paper was developed in the following order: analysis and definition of the query evaluation criteria; black box testing of the query evaluation; development of the test database; modeling and creation of the evaluating system database; implementation in classrooms. This software currently works on a desktop application inside a local network, but currently it is being developed so that eventually online queries are available. Presently there is no automatic judge working in a similar way. This paper pretends to contribute to learning complex queries of the SQL language, which is being used in database management systems since more than forty years.

**SQL, Automatic Judge, Data Bases, Problem Base Learning.**

---

**Citación:** GUTIRREZ-Luis, MORALES-David, MARTINEZ-Fernando y ARROYO-Marisol. Aprendizaje y evaluación automatizada de consultas de bases de datos. Revista de Aplicación Científica y Técnica 2015, 1-2: 165-172

---

---

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: mmavila48@yahoo.com.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

El lenguaje Estructurado de Consultas (SQL por sus siglas en inglés) es desde hace más de 30 años el lenguaje más utilizado en los sistemas manejadores de bases de datos (SGBD). SQL incluye comandos para definir bases de datos, para controlar el acceso y para realizar consultas donde se obtiene información mediante el procesamiento de los datos. Los cursos de bases de datos en nivel superior y en carreras técnicas de nivel medio superior es muy importante aprender a realizar consultas de selección SQL ya que estas son la base para posteriormente desarrollar sistemas de información.

En la carrera de Ingeniería en Sistemas, tres materias tienen una relación directa con las instrucciones SQL: fundamentos de bases de datos, taller de bases de datos y administración de bases de datos. De la misma forma, la carrera de Ingeniería en informática incluye tres materias tienen una relación directa con las consultas SQL fundamentos de bases de datos, taller de bases de datos y Tópicos de bases de datos. Otras asignaturas, en ambas carreras, requieren que el alumno domine el lenguaje SQL.

En la actualidad no existe un sistema público similar a los jueces automáticos de algoritmos en línea que realice evaluaciones automatizadas de consultas SQL. Estudiantes de carreras como Ingeniería en Sistemas Computacionales, Informática, Ingeniería de Software e incluso de nivel medio superior pueden resultar beneficiados de un juez automático de consultas SQL.

Existen diversas investigaciones que demuestran la efectividad de los jueces automáticos en el aprendizaje de programación.

Por estos motivos se plantea la siguiente pregunta de investigación.

¿Es posible desarrollar un sistema que realice evaluaciones automáticas de consultas de selección en el Lenguaje Estructurado de Consultas y además retroalimente a los usuarios del sistema respecto al resultado obtenido?

La hipótesis central del trabajo es la siguiente. “Es posible desarrollar una herramienta de software que evalúe de forma automatizada consultas de selección del Lenguaje Estructurado de Consultas”, por tanto, el objetivo principal del proyecto es desarrollar un sistema de información en línea que permita evaluar de forma automatizada diversos problemas de consultas de selección del lenguaje SQL además de retroalimentar los resultados.

### Los jueces automáticos.

Las aplicaciones denominadas juez automático proporcionan al usuario una diversidad de problemas de programación de computadoras y permiten la evaluación inmediata de una solución enviada. Algunos de los jueces ofrecen retroalimentación cuando la solución enviada es incorrecta mostrando mensajes sobre el tipo de error que se presenta, por ejemplo, respuesta incorrecta, error de compilación, error en tiempo de ejecución y tiempo límite excedido. Esta información es valiosa para que el programador analice su solución y la corrija.

Los jueces automáticos se fundamentan en el Aprendizaje Basado en Problemas. Actualmente existen muchos jueces automáticos en la web, que también son llamados jueces automáticos en línea.

Entre los más conocidos y utilizados se encuentran Uva online Judge de la Universidad de Valladolid en España, Sphere Online Judge (SPOJ) desarrollado en Polonia, Codechef de la India, USA Computing Olympiad (USACO) que es utilizado para entrenar alumnos de la Olimpiada de Informática de Estados Unidos, COCi de Croacia, URI Online Judge elaborado en Brasil, AIZU Online Judge de Japón, Zhenjiang University Online Judge de China entre otros, además, también existen sitios web que organizan concursos de programación abiertos periódicamente como Topcoder y Codeforces.

Los jueces automáticos en línea han tomado una gran importancia en el ámbito de los concursos de programación de algoritmos. Dos parámetros útiles para medir el impacto de un juez automático son el número de usuarios registrados y la cantidad de problemas que ofrecen para resolver, por ejemplo, SPOJ tiene 312,000 usuarios registrados y más de 20,000 problemas para resolver con más de 4,000 instituciones afiliadas. Codeforces tiene 54,235 usuarios rankeados, CODECHEF supera los 30,000 usuarios. Empresas de tecnologías de la Información organizan sus propios concursos con el objetivo de reclutar a los mejores programadores del mundo, tal es el caso de Google que organiza el evento denominado CodeJam o Facebook que organiza el Facebook Hacker Cup.

### Sistemas que evalúan consultas SQL.

Analizando el estado del arte de los entornos que ayudan en el aprendizaje de consultas de selección SQL se encontraron las siguientes herramientas:

WinRBDI (Windows Relational DataBase Interpreter) es una herramienta propuesta por Dietrich y otros (1997). En este sistema el alumno ingresa una consulta SQL y el software muestra el resultado de la consulta. No es precisamente un evaluador automatizado sino una herramienta educativa para ingresar consultas y ver el resultado de su ejecución. Puede descargarse del siguiente enlace: <https://winrdbi.asu.edu/index.html>.

Kearns y otros (1997) presentan eSQL, una herramienta similar a un SGBD en la que el alumno dispone de un subconjunto de sentencias SQL para trabajar. No es un SGBD sino una herramienta educativa. Similar a WinRBDI permite al alumno ver las tablas de la consulta con sus valores, escribir sentencias SQL y ver el resultado obtenido. No puede usarse para la evaluación de alumnos.

Mitrovic (2003) propone SQLTutor, un sistema que permite la tutorización inteligente y virtual. Está diseñado como un entorno de prácticas pensadas en alumnos que conocen el lenguaje SQL. Es una aplicación de escritorio que permite trabajar solo con sentencias SELECT. En el sistema se encuentran un conjunto de problemas para distintas bases de datos y la solución ideal en cada uno de los casos. Permite la evaluación de las consultas que realiza el alumno a través de la comparación con una solución ideal. No muestra resultados de la consulta, solo se recibe retroalimentación sobre los errores que se generan en las consultas. Un inconveniente importante de esta herramienta es que cada persona trabaja de manera local en su equipo y los docentes no tienen registro del avance de sus alumnos ni pueden agregar problemas para realizar evaluaciones a un grupo de alumnos.

Allen (2000) propone WebSQL, un ambiente interactivo desarrollado en la Universidad de Minnesota que sirve para la ejecución de sentencias SQL vía Internet. No evalúa de forma automática, el alumno debe comparar los resultados de forma manual.

WebSQL recibe instrucciones SQL a través de un navegador, envía las instrucciones al servidor y éste la manda a un SGBD. Se pueden utilizar tres diferentes bases de datos.

SQL-trainer es una herramienta web que fue presentada por Laine (2001). Ofrece una sola base de datos. Los comandos se evalúan en ORACLE. SQL-trainer fue desarrollado en la Universidad de Helsinki. Actualmente, el servidor ya no se encuentra en funcionamiento.

Bhagat et al (2002) desarrollaron Acharya, un sistema para el aprendizaje de SQL que soporta cualquier comando SQL y va determinando el siguiente problema a realizar en función de las consultas resueltas correctamente. Lo llaman sistema de tutorización inteligente (ITS).

Coleman (2003) propone AsseSQL, un sistema para aplicar evaluaciones a los alumnos. Presenta un sistema en el cual el alumno debe contestar un conjunto de problemas en un determinado tiempo. El software evalúa las consultas del alumno y compara los resultados con los esperados mostrando los mensajes de retroalimentación correspondientes. Permite solamente la ejecución de sentencias SQL.

Sadiq et al. (2004) y Dekeyser et al. (2007) proponen respectivamente SQLator y SQLify, sistemas similares a AsseSQL que permiten la evaluación de consultas SQL.

Kenny et al (2005) proponen un sistema automatizado de tutorización con bases de datos. Organiza los problemas de sentencias SQL en varios niveles de acuerdo a un determinado grado de dificultad. El sistema permite la retroalimentación de tres formas: mensajes de error, pistas o soluciones parciales.

Por su parte, Soler (2010) en su tesis doctoral propone un Entorno Virtual para el Aprendizaje y la Evaluación Automática en Bases de Datos. Un sistema bastante completo en donde se evalúan desde diagramas de modelado de bases de datos, consultas de álgebra relacional llegando a evaluar también todo tipo de consultas SQL, no solo consultas de selección.

En resumen, se puede mencionar que existen diversas herramientas que permiten la evaluación de sentencias SQL pero cada una de ellas se utiliza dentro del entorno de cada una de las universidades que la creó y por lo tanto, alumnos de otras universidades no las pueden utilizar, lo que motiva a relizar este proyecto en el cual se pueda desarrollar un evaluador que posteriormente sea público en Internet, similar a los evaluadores automáticos de problemas de algoritmos como son OmegaUp, Caribbean Online Judge y SPOJ entre muchos otros.

### **Metodología a desarrollar**

1. Análisis y definición de los criterios de evaluación de las consultas. El primer paso de la metodología consiste en identificar y documentar los criterios mediante los cuales se llevará a cabo la evaluación de las consultas.
2. Desarrollo del módulo de evaluación de consultas SQL. Este es el núcleo del sistema, la parte más importante y contiene los métodos necesarios para verificar que las consultas SQL enviadas corresponden exactamente con la solución oficial.
3. Pruebas de caja negra al módulo de evaluación de consultas SQL. Este proceso consiste en el desarrollo y aplicación de diversos casos de prueba para verificar el correcto funcionamiento del evaluador.
4. Desarrollo de la base de datos de pruebas para el sistema evaluador.

5. Modelado de la base de datos del sistema evaluador automatizado. En este paso se modela la base de datos del sistema utilizando un diagrama relacional.

6. Diseño y creación de la base de datos del sistema evaluador. Se genera el script de la base de datos que permitirá almacenar los problemas y sus correspondientes soluciones. El sistema gestor de bases de datos (SGBD) es MySQL debido a su popularidad, por la licencia de uso que maneja y por sus buenas características.

### SQL Judge

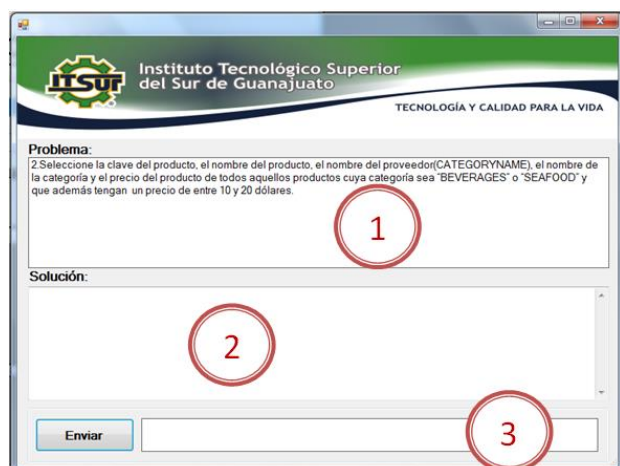
El lenguaje estructurado de consultas (SQL) es bastante amplio, incluye tres lenguajes dentro de él: lenguaje de manipulación de datos (DML), lenguaje de control de datos (DDL) y el lenguaje de definición de datos (DDL). DDL se engarga de las instrucciones relacionadas a la creación de bases de datos y tablas, incluye instrucciones como CREATE TABLE. DCL es el lenguaje responsable de las instrucciones de seguridad, entre ellas se encuentra CREATE USER, GRANT, DENY. DML contiene los comandos relacionados con la manipulación de datos, SELECT, INSERT, UPDATE y DELETE entre otros. El sistema desarrollado en este proyecto tiene la capacidad de evaluar específicamente consultas de selección SQL, las cuales forman parte del lenguaje DML. Un ejemplo sencillo de consultas de selección es el siguiente "Select clave, nombre, precio from productos where precio <=150". Las consultas son parte fundamental del lenguaje SQL y además son muy importantes en el desarrollo de un sistema de información ya que permiten obtener información que se encuentra almacenada dentro de una base de datos.



Figura 1 Listado de problemas.

En la Figura 1. Listado de problemas, se encuentran dos secciones principales, la señalada con el número 1 muestra un listado de los problemas que tiene el sistema. En ella el usuario puede elegir el problema a resolver. En la sección 2 de la ventana se muestran todos los envíos que el usuario ha realizado indicando el problema, el resultado obtenido (aceptado, error en tiempo de ejecución y otros) y en la última columna se puede ver la solución enviada. Además, en la parte superior se encuentra la calificación obtenida, la cual se va actualizando con cada uno de los problemas resueltos.

Una vez elegido un problema, el usuario puede leer su descripción. La Figura 2. Módulo principal del sistema, se resaltan las tres secciones de la ventana, en la primera sección aparece la descripción del problema, en la segunda hay un espacio para que el usuario escriba su solución o bien elabore su respuesta en el editor de consultas de su preferencia y una vez resuelto y probado el sistema, puede pegar su solución. En la tercera sección aparece un botón para enviar la respuesta y un espacio donde el sistema informa el resultado al usuario.



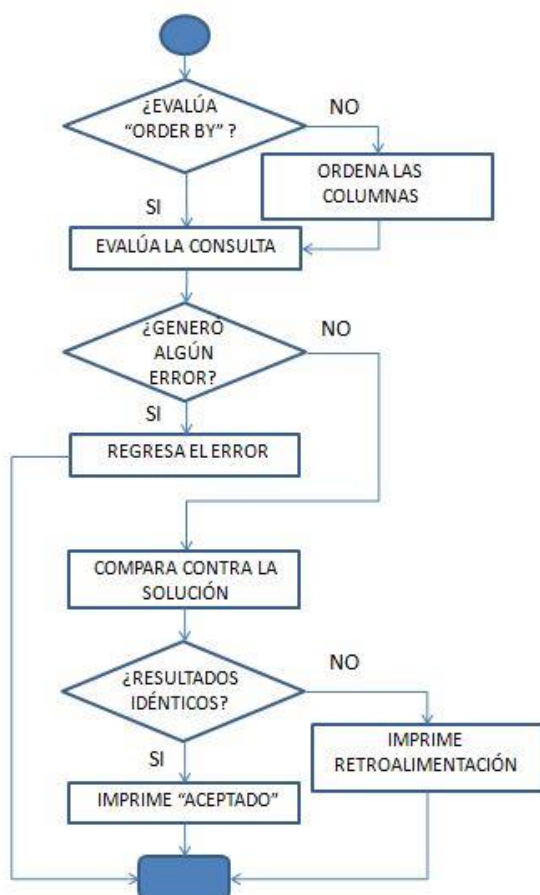
**Figura 2** Módulo principal del sistema. Fuente: elaboración propia.

El sistema SQL Judge muestra alguno de los siguientes mensajes como respuesta a la evaluación de una consulta:

- **ACEPTADO.** Este mensaje aparece cuando el resultado de la consulta enviada por el usuario es idéntico al resultado de la respuesta oficial aparece. El mensaje indica que la respuesta es correcta.
- **RESPUESTA INCORRECTA.** Se muestra si la tupla que resulta de la consulta del usuario tiene el mismo número de renglones y el mismo número de columnas que la solución oficial pero los datos resultantes no coinciden.
- **NÚMERO DE RENGLONES INCORRECTO.** Cuando el número de renglones no coincide con la solución oficial.
- **NÚMERO DE COLUMNAS INCORRECTO.** Este mensaje se muestra cuando el número de renglones si coincide pero el número de columnas no coincide con la solución oficial.

- **ERROR EN LA EJECUCIÓN.** Este mensaje de error lo presenta en el caso de que la consulta enviada no pueda ser evaluada debido a que genera un error en tiempo de ejecución. El problema puede deberse a un error de sintaxis, a un error en el nombre de los objetos o cualquier otro error que no permita la ejecución de la consulta.
- **NO SE PERMITEN NOMBRES DE COLUMNAS DUPLICADOS.** Debido a la forma de evaluación de las consultas, el sistema no permite que dos columnas tengan el mismo nombre. El lenguaje SQL permite que dos columnas del resultado tengan el mismo nombre pero por cuestiones técnicas esto se limita en el evaluador.

La evaluación de las consultas SQL se realiza comparando la sentencia SQL enviada por el usuario contra la solución que se almacena también como una sentencia SQL dentro del sistema. La Figura 3. Proceso de evaluación de consultas SQL, muestra paso a paso el algoritmo utilizado para este fin. El usuario buscará obtener el mensaje “ACEPTADO” pero también puede obtener mensajes de retroalimentación que le ayuden a comprender que está fallando en la solución que envió al sistema.



**Figura 3** Proceso de evaluación de consultas SQL

### Software utilizado

El Sistema Gestor de Bases de Datos MySQL es uno de los más utilizados, un gran porcentaje de sitios web alrededor del mundo lo manejan, por este motivo se decidió usar desarrollar el evaluador para este manejador de base de datos, aunque el procedimiento utilizado para la evaluación de las consultas permite que en un futuro se realicen evaluaciones con diferentes gestores.

Para el desarrollo de la aplicación de escritorio se utilizó Microsoft Visual Studio Community Edition con el lenguaje de programación Visual Basic.net y una arquitectura en capas que permite el desacoplamiento de interfaz gráfica y el código de acceso a base de datos, además permite con facilidad la integración posterior con un sistema web.

El uso de estas herramientas permite una gran velocidad en las evaluaciones. Los resultados de la evaluación son entregados al usuario final de forma inmediata. En la gran mayoría de las pruebas, el resultado se mostró en menos de un segundo, en ningún caso excedió los dos segundos.

### Resultados

El primer resultado del proyecto es el sistema SQLJudge, el cual fue puesto a prueba en un examen de segunda oportunidad en la materia Fundamentos de Bases de Datos en el Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato (ITSUR), además se utilizó en la evaluación de la tercera unidad de la materia Taller de Bases de Datos en la misma institución. El software respondió a las expectativas evaluando 1034 envíos de 25 alumnos en la primera evaluación y 215 envíos de 15 alumnos en la segunda evaluación.

En la Tabla 1. Problemas resueltos se muestran los resultados de los alumnos en la evaluación de la materia Taller de Bases de Datos. En la evaluación se incluyeron cinco problemas a resolver.

La retroalimentación que brinda el sistema fue de utilidad para que los alumnos resolvieran los problemas. Ocho alumnos (53.33%) resolvieron todos los problemas mientras que el 73.33% aprobaron la evaluación.

Uno de los resultados más importantes es el tiempo que requirió el docente para la evaluación, el cual se redujo de aproximadamente tres horas a cero. El sistema permitió que tanto el docente como los alumnos conocieran de forma inmediata los resultados sin emplear un solo minuto en la revisión de las evaluaciones.



Usuario	Problemas Resueltos
2	5
5	5
7	5
8	5
10	5
11	5
13	5
16	5
3	4
9	4
12	4
14	2
15	2
4	1
6	1

**Tabla 1** Problemas resueltos.

## Conclusiones

La pregunta principal del presente trabajo de investigación es la siguiente: *¿Es posible desarrollar un sistema que realice evaluaciones automáticas de consultas de selección en el Lenguaje Estructurado de Consultas y además retroalimente a los usuarios del sistema respecto al resultado obtenido?* El prototipo desarrollado y su uso en las evaluaciones a alumnos de la carrera de Ingeniería en Sistemas demuestran si es posible que un sistema evalúe automáticamente las consultas de selección de SQL y además permita a los usuarios del sistema obtener retroalimentación sobre cada uno de los problemas evaluados.

Actualmente, el prototipo funciona en una plataforma de escritorio pero el futuro de este proyecto está dirigido a su implementación en plataformas web donde pueda tener una disponibilidad total para cualquier usuario en el mundo que tenga interés en aprender y practicar el lenguaje SQL.

Podrían desarrollarse diversos módulos para complementar el módulo central, entre ellos, el registro de alumnos e instituciones de educación tanto superior como media superior, la administración del rating de los usuarios, la posibilidad de que otros docentes generen problemas y casos de prueba que apliquen con sus alumnos y además compartan con otros usuarios, la creación de concursos en el lenguaje SQL para fomentar competencias académicas entre estudiantes de tecnologías de la información, la categorización de problemas de acuerdo diversos tipos con objetivos didácticos.

## Referencias

- Allen, G. N. (2000). WebSQL: An interactive Web Tool for teaching Structured Query Language. *2000 Americas Conf. on Information System*, 2066-2071.
- Bhagat, S., Bhagat, L., & Sasikumar, S. (2002). Achayra: An intelligent tutoring environment for learning SQL. *Vidyakash 2002 International Conference on online Learning*.
- Coleman, J. (2003). Online Assesment of SQL Query Formulations Skills. *fifth Australian Computer Science Education Conference*, 247-256.
- Dekeyser, S., de Raadt, M., & Lee, T. (2006). Do students SQLify? Improving learning outcomes with Peer review and enhanced computer assisted assessment of Querying Skills. *6th Baltic Sea Conference on computing Education Research*.
- Dietrich, S. W., Eckert, E., & Piscator, K. (1997). WinRDBI: a Windows-based Relational Database Educational Tool. *28th ACM SIGCSE Technichal Symposium on Computer Science Education*, 126-130.



Kearns, R., Shead, S., & Fekete, A. (1997). A Teaching System for SQL. *Second Australasian Computing Education Conference (ACE)*, 224-231.

Kenny, C., & Pahl, C. (2005). Automated tutoring for a Database Skills Training Environment. *ACM SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education 2005*, 58-62.

Laine, H. (2001). SQL-Trainer. *First Annual Finnish/Baltic Sea Conference On Computer Science Education*, 13-17.

Mitrovic, A. (2003). An intelligent SQL tutor on the web. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 13, 173-197.

Sadiq, S., Orłowska, M., Sadiq, W., & Lin, J. (2004). SQLator An Online SQL Learning Workbench. *Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education (ITiCSE)*, 223-227.

Soler Masó, J. (2010). Entorno virtual para el aprendizaje y la evaluación automática en bases de datos (tesis doctoral). Universidad de Girona, Girona, España.