

# Fundamentos Matemáticos de las Consultas Relacionales Aplicados a un Sistema de Gestión de Bolsa Laboral

## Mathematical Foundations of Relational Queries Applied to a Job Board Management System

  Chilon Mendoza Andrea Cristina<sup>1</sup>   Galvez Mendoza Julio Roberto<sup>1</sup>

  Vargas Vilca Rosmeri Marianela<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Escuela de Ingeniería Informática, Universidad Nacional de Trujillo, La Libertad, Perú

\*Autor correspondiente: [acchilonme@unitru.edu.pe](mailto:acchilonme@unitru.edu.pe) (A-ChilonMendoza)

### RESUMEN

Este artículo presenta la aplicación de los fundamentos matemáticos de las consultas relacionales en un Sistema de Gestión de Bolsa Laboral, con el objetivo de demostrar la importancia del Modelo Relacional, el Álgebra Relacional y el Cálculo Relacional en la representación y recuperación de información. La metodología empleada comprendió el diseño del modelo relacional, la implementación de la base de datos en **MySQL Workbench** y la validación de consultas mediante la herramienta **RelaX**, utilizando operaciones de **selección**, **proyección** y **join** sobre la información almacenada. Los resultados obtenidos evidenciaron que las consultas desarrolladas permitieron recuperar datos de manera correcta y consistente, verificando la equivalencia entre las expresiones del Álgebra Relacional y el Cálculo Relacional de Tuplas. Asimismo, el uso de las herramientas empleadas facilitó la validación de las consultas y la implementación del modelo propuesto. Finalmente, se concluye que los fundamentos matemáticos de las consultas relacionales constituyen una base esencial para el diseño y desarrollo de bases de datos, permitiendo una gestión eficiente y organizada de la información en sistemas de información.

**Palabras clave:** Modelo Relacional, Álgebra Relacional, Cálculo Relacional, Bases de Datos, Bolsa Laboral.

### ABSTRACT

This article presents the application of the mathematical foundations of relational queries in a Job Placement Management System, aiming to demonstrate the importance of the Relational Model, Relational Algebra, and Relational Calculus in data representation and retrieval. The methodology included the design of the relational model, the implementation of the database using **MySQL Workbench**, and the validation of queries through the **RelaX** tool by applying the operations of **selection**, **projection**, and **join**. The results showed that the developed queries retrieved information correctly and consistently, confirming the correspondence between Relational Algebra expressions and Tuple Relational Calculus. In addition, the tools used facilitated the validation of the proposed model and the verification of the obtained results. Finally, it is concluded that the

mathematical foundations of relational queries provide an essential basis for the design and development of relational databases, contributing to efficient and well-organized information management in information systems.

**Keywords:** Relational Model, Relational Algebra, Relational Calculus, Database, Job Placement System.

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las bases de datos relacionales son utilizadas en diversos sistemas de información para almacenar, organizar y recuperar datos de manera eficiente. La ejecución de consultas es una actividad esencial dentro de estos sistemas, ya que permite obtener información útil para apoyar la gestión y la toma de decisiones. Sin embargo, en muchos casos se emplean consultas sin comprender los fundamentos matemáticos que respaldan su funcionamiento, lo que limita su correcta interpretación y aplicación.

Ante esta situación, resulta importante estudiar el Álgebra Relacional y el Cálculo Relacional, ya que constituyen la base teórica del modelo relacional y permiten representar consultas mediante operaciones matemáticas y lógica de predicados. Asimismo, existen herramientas especializadas que facilitan el diseño, análisis y validación de estas consultas, contribuyendo a fortalecer el aprendizaje y su aplicación en sistemas de bases de datos. Por ello, la presente investigación analiza los fundamentos matemáticos de las consultas en bases de datos relacionales e investiga las principales herramientas disponibles para su implementación. Como caso de estudio, se emplea un Sistema de Gestión de Bolsa Laboral para demostrar la aplicación práctica del Álgebra Relacional y el Cálculo Relacional en la resolución de consultas sobre una base de datos.

### 1.1. Justificación

La presente investigación se justifica por la importancia de comprender los fundamentos matemáticos que sustentan las consultas en bases de datos relacionales, ya que constituyen la base para la recuperación y manipulación eficiente de la información en los sistemas modernos. El modelo relacional se fundamenta en principios matemáticos que garantizan la consistencia y formalidad en el tratamiento de los datos, convirtiéndose en uno de los pilares de los Sistemas de Gestión de Bases de Datos (SGBD)[1].

Desde una perspectiva académica, Elmasri y Navathe sostienen que el Álgebra Relacional y el Cálculo Relacional permiten expresar consultas de forma precisa y constituyen el fundamento teórico del lenguaje SQL empleado por la mayoría de los SGBD actuales [2]. Asimismo, Connolly y Begg destacan que el dominio de estos conceptos facilita el diseño, optimización y mantenimiento de bases de datos confiables, reduciendo inconsistencias y mejorando el procesamiento de la información[3].

El objetivo principal de esta investigación es analizar los fundamentos matemáticos de las consultas en bases de datos relacionales e investigar las principales herramientas utilizadas para su representación y validación, tales como RelX, RA (radb) y Rel [11]. Como aplicación práctica, se emplea un Sistema de Gestión de Bolsa Laboral desarrollado con MySQL[12] y Excel VBA, permitiendo demostrar la utilización del Álgebra Relacional y el Cálculo Relacional en la resolución de consultas sobre una base de datos relacional, fortaleciendo así la comprensión de estos conceptos en un entorno real.

### 1.2. Fundamento Teórico

Las consultas en bases de datos relacionales se sustentan en fundamentos matemáticos y modelos teóricos que permiten representar y manipular la información de forma eficiente. Entre ellos destacan el modelo relacional, el Álgebra Relacional y el Cálculo Relacional, considerados la base de los sistemas modernos de gestión de bases de datos.

## A. Modelo Relacional

El modelo relacional fue propuesto por Edgar Codd en 1970 como una forma de organizar la información mediante relaciones representadas en tablas. Según Codd, este modelo permite estructurar los datos de manera lógica, garantizando la integridad de la información y facilitando su recuperación

mediante consultas[8]. En esta investigación, el modelo relacional sirve como base para el desarrollo del Sistema de Gestión de Bolsa Laboral y para la aplicación del Álgebra Relacional y el Cálculo Relacional.

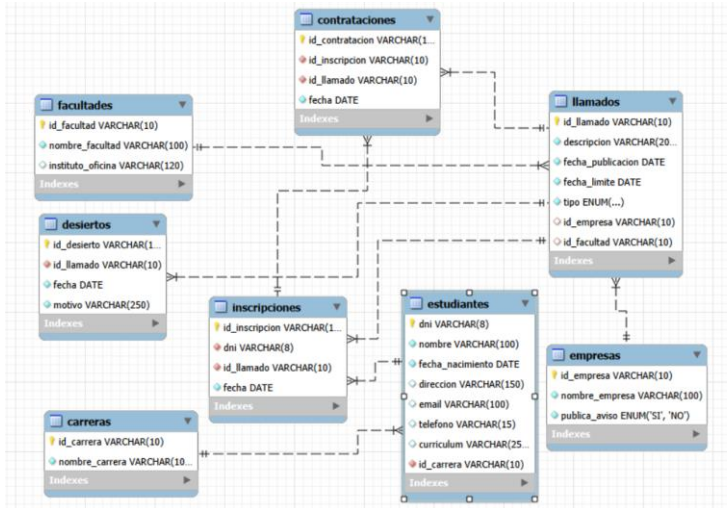


Figura 1. Modelo relacional del Sistema de Gestión de Bolsa Laboral.

## B. Fundamentos Matemáticos

Los fundamentos matemáticos del modelo relacional se basan en la teoría de conjuntos y la lógica de predicados. Según Elmasri y Navathe, estos principios permiten definir relaciones, establecer condiciones sobre los datos y garantizar la consistencia de las consultas en una base de datos relacional[9], como se muestra en la Figura 2.

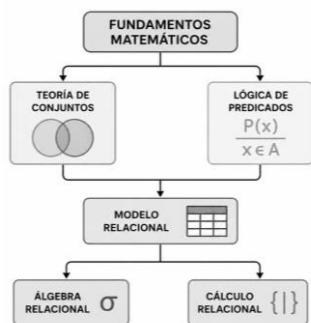


Figura 2. Fundamentos matemáticos del modelo relacional.

## C. Álgebra Relacional

El Álgebra Relacional es un lenguaje de consulta procedimental propuesto por Edgar

Codd, basado en la teoría de conjuntos, que permite manipular relaciones mediante un conjunto de operaciones matemáticas. Según Elmasri y Navathe, estas operaciones permiten obtener nuevas relaciones a partir de una o más tablas, constituyendo la base para la ejecución y optimización de consultas en bases de datos relacionales[9]. En la Tabla 1 se presentan las principales operaciones del Álgebra Relacional y su descripción.

Tabla 1. Operaciones fundamentales del Álgebra Relacional.

| Operación           | Símbolo   | Función                      |
|---------------------|-----------|------------------------------|
| Selección           | $\sigma$  | Filtrar registros            |
| Proyección          | $\pi$     | Seleccionar atributos        |
| Unión               | $\cup$    | Unir relaciones              |
| Diferencia          | $-$       | Obtener diferencias          |
| Producto cartesiano | $\times$  | Combinar relaciones          |
| Intersección        | $\cap$    | Obtener elementos comunes    |
| Join                | $\bowtie$ | Relacionar tablas            |
| División            | $\div$    | Realizar consultas avanzadas |

## D. Cálculo Relacional

El Cálculo Relacional es un lenguaje de consulta no procedimental basado en la lógica de predicados, el cual describe las condiciones que deben cumplir los datos para formar parte del resultado de una consulta. Según Connolly y Begg, el Cálculo Relacional se divide en Cálculo Relacional de Tuplas (TRC) y Cálculo Relacional de Dominios (DRC), considerados fundamentos teóricos del lenguaje SQL[10]. La Figura 3 presenta la forma general del Cálculo Relacional de Tuplas, mientras que la Figura 4 muestra la forma general del Cálculo Relacional de Dominios.

### Cálculo Relacional de Tuplas

$\{t | P(t)\}$

DONDE:

- t: variable de tupla.
- P(t): predicado o condición que debe cumplir la tupla.

Figura 3. Forma general del Cálculo Relacional de Tuplas (TRC).

**Cálculo Relacional de Dominios**  
 $\{(x_1, x_2, \dots, x_n) | P(x_1, x_2, \dots, x_n)\}$   
DONDE:  
•  $x_1, x_2, \dots, x_n$ : variables de dominio (atributos).  
•  $P(x_1, x_2, \dots, x_n)$ : condición o predicado sobre los valores.

Figura 4. Forma general del Cálculo Relacional de Dominios (DRC).

E. Calculadora Relacional RelaX

**RelaX** es una herramienta web orientada al aprendizaje y validación de consultas en bases de datos relacionales. Permite construir y ejecutar expresiones de **Álgebra Relacional** y **Cálculo Relacional de Tuplas (TRC)** mediante una interfaz interactiva, facilitando la comprensión de los fundamentos matemáticos que sustentan las consultas. Según Lechtenböcker [11], RelaX proporciona un entorno académico que permite representar consultas de manera formal y verificar sus resultados de forma inmediata.

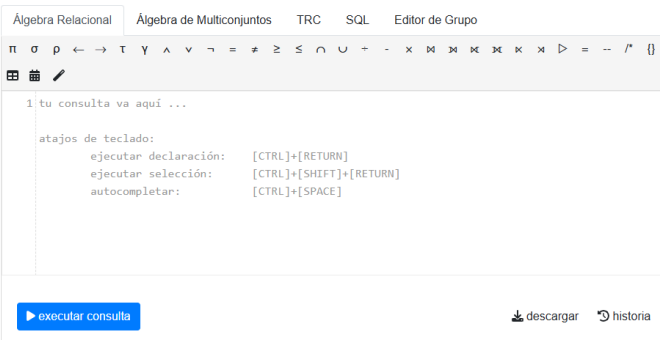


Figura 5. Interfaz principal de la Calculadora Relacional RelaX.

RelaX integra módulos para Álgebra Relacional, Álgebra de Multiconjuntos, Cálculo Relacional de Tuplas (TRC) y SQL, permitiendo formular y validar consultas de manera interactiva.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Materiales

La infraestructura tecnológica empleada en esta investigación fue seleccionada considerando criterios de funcionalidad y compatibilidad para el diseño, implementación y validación de consultas en bases de datos relacionales. Como caso de estudio se utilizó un Sistema de Gestión de Bolsa Laboral, cuya base de datos fue implementada en **MySQL Workbench**, permitiendo la creación y

administración de las relaciones entre las entidades del sistema. Para la validación de las consultas se empleó la calculadora relacional **RelaX**, la cual permitió ejecutar expresiones de Álgebra Relacional y Cálculo Relacional de Tuplas (TRC) en un entorno web interactivo. El desarrollo y las pruebas se realizaron en un equipo con sistema operativo Microsoft Windows.

La Tabla 2 presenta los materiales y herramientas utilizados durante el desarrollo de la investigación.

Tabla 2. Materiales utilizados en la investigación.

| Categoría               | Herramienta          | Uso                                                        |
|-------------------------|----------------------|------------------------------------------------------------|
| Gestor de Base de Datos | MySQL Workbench      | Diseño e implementación de la base de datos relacional.    |
| Calculadora Relacional  | RelaX                | Validación de consultas mediante Álgebra Relacional y TRC. |
| Sistema Operativo       | Microsoft Windows    | Desarrollo y ejecución de las herramientas utilizadas.     |
| Equipo                  | Computadora portátil | Desarrollo y pruebas del caso de estudio.                  |

2.2. Métodos

La metodología adoptada para esta investigación se basó en un enfoque aplicado orientado al análisis y validación de consultas en bases de datos relacionales. El estudio se desarrolló utilizando como caso de estudio un Sistema de Gestión de Bolsa Laboral, permitiendo aplicar los fundamentos matemáticos del Modelo Relacional, el Álgebra Relacional y el Cálculo Relacional en un entorno de datos real. Para ello, se empleó un proceso estructurado que comprendió el diseño de la base de datos, la implementación del modelo relacional y la validación de las consultas mediante una calculadora relacional.

Diseño del Modelo Relacional

En la primera etapa se identificaron las entidades, atributos y relaciones del Sistema de Gestión de Bolsa Laboral. Posteriormente, se definieron las claves primarias y foráneas necesarias para

garantizar la integridad referencial y representar adecuadamente la información del sistema.

### Implementación de la Base de Datos

El modelo relacional fue implementado en MySQL Workbench, donde se crearon las tablas correspondientes y se incorporaron datos de prueba para verificar el funcionamiento de las relaciones y la consistencia de la información almacenada.

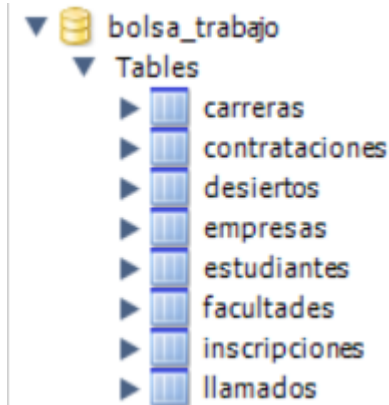


Figura 6. Estructura de la base de datos implementada en MySQL Workbench.

Para la validación de las consultas se utilizaron datos de prueba elaborados por los autores, los cuales fueron diseñados con fines académicos para representar el funcionamiento del Sistema de Gestión de Bolsa Laboral. Estos registros no corresponden a información real, sino que fueron propuestos únicamente para ejemplificar la aplicación del Álgebra Relacional y el Cálculo Relacional de Tuplas (TRC). La definición de las relaciones y los datos utilizados se presentan en el Anexo B.

### Validación de Consultas Relacionales

Las relaciones implementadas fueron representadas en la calculadora relacional Relax, herramienta utilizada para formular y ejecutar consultas mediante Álgebra Relacional y Cálculo Relacional de Tuplas (TRC). Las consultas desarrolladas permitieron comprobar el comportamiento de las operaciones relacionales y

validar los resultados obtenidos sobre el caso de estudio.

## 3. RESULTADOS

Las consultas presentadas en esta sección fueron ejecutadas sobre los datos de prueba descritos en el Anexo B, los cuales fueron elaborados exclusivamente para demostrar el funcionamiento de las operaciones relacionales desarrolladas en esta investigación.

Como resultado de la aplicación de los fundamentos matemáticos de las consultas relacionales, se ejecutaron diferentes operaciones mediante la calculadora relacional Relax sobre la base de datos del Sistema de Gestión de Bolsa Laboral. Las consultas fueron desarrolladas utilizando Álgebra Relacional y Cálculo Relacional de Tuplas (TRC), permitiendo validar la recuperación de información y el comportamiento de las relaciones implementadas. Con el propósito de identificar las empresas que publican convocatorias laborales, se formuló una consulta utilizando Álgebra Relacional y Cálculo Relacional de Tuplas (TRC). Ambas consultas permitieron recuperar la misma información, validando la equivalencia entre ambos enfoques de consulta.

### 3.1. Empresas que publican convocatorias

En un Sistema de Gestión de Bolsa Laboral es necesario identificar las empresas que actualmente publican convocatorias laborales, con el propósito de conocer cuáles ofrecen oportunidades disponibles para los estudiantes. Para resolver este problema, se recuperan únicamente aquellas empresas cuyo atributo publica\_aviso tiene el valor "SI", empleando la operación de selección del Álgebra Relacional y su equivalente en Cálculo Relacional de Tuplas (TRC).

#### a. Álgebra Relacional-selección( $\sigma$ )

1  $\sigma(\text{publica\_aviso} = 'SI')(\text{empresas})$



Figura 7. Diagrama de ejecución de la consulta mediante Álgebra Relacional para identificar las empresas que publican convocatorias laborales.

**Tabla 2. Resultado de la consulta mediante Álgebra Relacional**

| empresas.id_empresa | empresas.nombre_empresa | empresas publica_aviso |
|---------------------|-------------------------|------------------------|
| 'EMP001'            | 'Google'                | 'SI'                   |
| 'EMP002'            | 'Microsoft'             | 'SI'                   |
| 'EMP004'            | 'Interbank'             | 'SI'                   |

La Figura 7 y la Tabla 2 presentan el resultado obtenido mediante la operación de selección del Álgebra Relacional. Se identifican las empresas que publican convocatorias laborales, recuperando únicamente aquellos registros cuyo atributo **publica\_aviso** tiene el valor "SI", dando solución al problema planteado.

### b. Cálculo Relacional de Tuplas- selección

```
1 { e | empresas(e) ∧ e.publica_aviso='SI' }
```

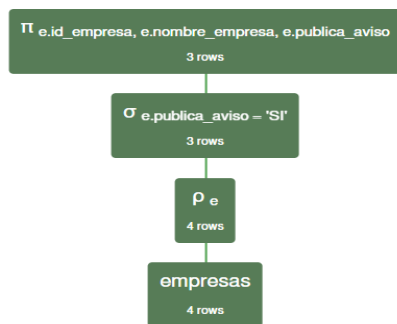


Figura 8. Diagrama de ejecución de la consulta mediante Cálculo Relacional de Tuplas (TRC) para identificar las empresas que publican convocatorias laborales.

**Tabla 3. Resultado de la consulta mediante Cálculo Relacional de Tuplas (TRC).**

| e.id_empresa | e.nombre_empresa | e.publica_aviso |
|--------------|------------------|-----------------|
| 'EMP001'     | 'Google'         | 'SI'            |
| 'EMP002'     | 'Microsoft'      | 'SI'            |
| 'EMP004'     | 'Interbank'      | 'SI'            |

La Figura 8 y la Tabla 3 muestran el resultado obtenido mediante Cálculo Relacional de Tuplas (TRC). Se observa que la información recuperada es equivalente a la obtenida mediante Álgebra Relacional, evidenciando que ambas

representaciones matemáticas permiten resolver el mismo problema de consulta sobre la base de datos.

### c. Consulta equivalente en SQL (MySQL)

```
SELECT id_empresa, nombre_empresa
FROM empresas
WHERE publica_aviso = 'SI';
```

La consulta SQL presentada es equivalente a las expresiones desarrolladas mediante Álgebra Relacional y Cálculo Relacional de Tuplas (TRC). La Figura 7, la Figura 8, la Tabla 2 y la Tabla 3 muestran los resultados obtenidos mediante las representaciones matemáticas, mientras que la consulta SQL implementada en MySQL recupera la misma información, identificando únicamente las empresas que publican convocatorias laborales. Esto evidencia la equivalencia entre el Álgebra Relacional, el Cálculo Relacional de Tuplas y el lenguaje SQL para resolver el problema planteado.

### 3.2. Estudiantes inscritos en convocatorias laborales

En un Sistema de Gestión de Bolsa Laboral es necesario identificar los estudiantes que se encuentran inscritos en las convocatorias laborales disponibles, con el propósito de conocer la relación entre cada estudiante y la convocatoria a la que postuló. Para resolver este problema, se relacionan las tablas estudiantes, inscripciones y llamados, empleando la operación join ( $\bowtie$ ) del Álgebra Relacional, su equivalente en Cálculo Relacional de Tuplas (TRC) y la consulta correspondiente en SQL implementada en MySQL.

#### a. Álgebra Relacional-Join ( $\bowtie$ )

```
1 π nombre, descripcion
2 (
3 (estudiantes ⋈ estudiantes.dni = inscripciones.dni inscripciones)
4 ⋈ inscripciones.id_llamado = llamados.id_llamado llamados
5 )
```

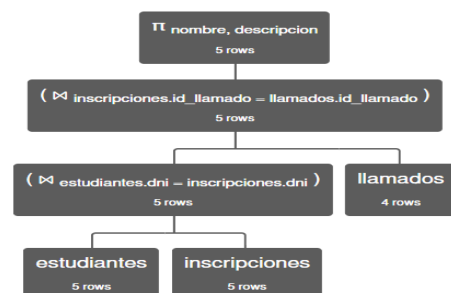


Figura 9. Diagrama de ejecución de la consulta mediante Álgebra Relacional.

**Tabla 4.** Resultado de la consulta mediante Álgebra Relacional.

| estudiantes.nombre | llamados.descripcion         |
|--------------------|------------------------------|
| 'Andrea Chilon'    | 'Practicante de Desarrollo'  |
| 'Luis Rojas'       | 'Analista Junior'            |
| 'María Pérez'      | 'Asistente de Investigación' |
| 'Carlos Díaz'      | 'Practicante de Desarrollo'  |
| 'Ana Torres'       | 'Auxiliar Administrativo'    |

La Figura 9 y la Tabla 4 presentan el resultado obtenido mediante la operación join del Álgebra Relacional. La consulta relaciona la información de los estudiantes con las inscripciones y las convocatorias laborales, permitiendo identificar a qué convocatoria se encuentra inscrito cada estudiante y dando solución al problema planteado.

### b. Cálculo Relacional de Tuplas-Join

```
1 {e, i, l | estudiantes(e) ∧ inscripciones(i) ∧ llamados(l) ∧
2 e.dni=i.dni ∧ i.id_llamado=l.id_llamado}
```

La Figura 10 y la Tabla 5 muestran el resultado obtenido mediante Cálculo Relacional de Tuplas (TRC). Los resultados son equivalentes a los obtenidos mediante Álgebra Relacional, demostrando que ambas representaciones matemáticas permiten relacionar información de múltiples tablas para resolver el mismo problema de consulta.

### c. Consulta equivalente en SQL (MySQL)

```
SELECT e.nombre, l.descripcion
FROM estudiantes e
INNER JOIN inscripciones i ON e.dni = i.dni
INNER JOIN llamados l ON i.id_llamado = l.id_llamado;
```

La consulta SQL presentada es equivalente a las expresiones desarrolladas mediante Álgebra Relacional y Cálculo Relacional de Tuplas (TRC). La Figura 9, la Figura 10, la Tabla 4 y la Tabla 5 presentan los resultados obtenidos mediante las representaciones matemáticas, mientras que la consulta SQL implementada en MySQL recupera la misma información, permitiendo identificar los estudiantes inscritos en las convocatorias laborales. De esta manera, se demuestra la equivalencia entre los tres enfoques de consulta sobre la base de datos.

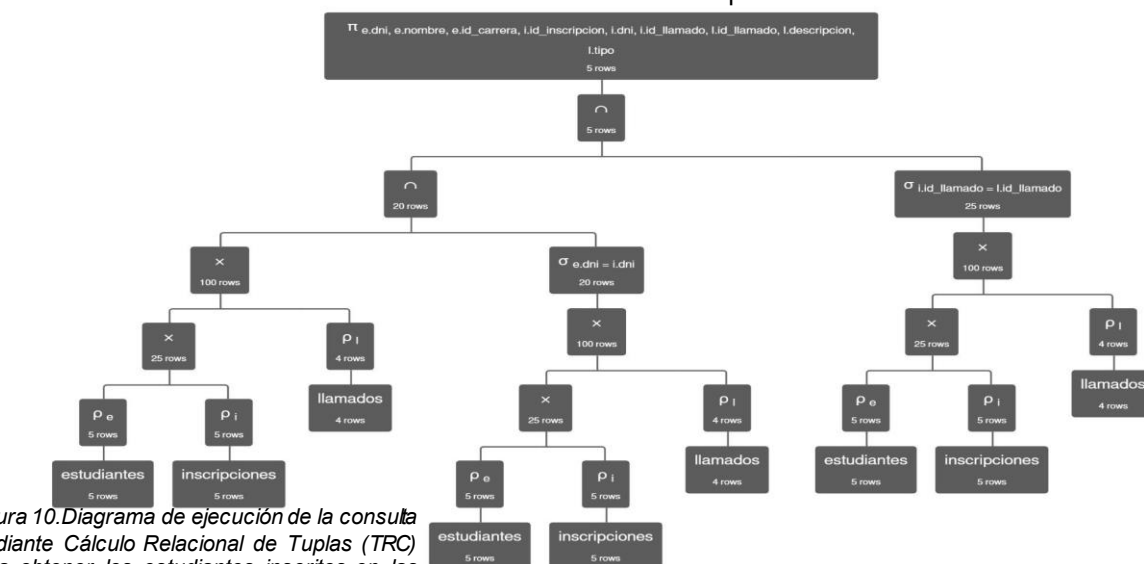


Figura 10. Diagrama de ejecución de la consulta mediante Cálculo Relacional de Tuplas (TRC) para obtener los estudiantes inscritos en las convocatorias laborales.

**Tabla 5.** Resultado de la consulta mediante Cálculo Relacional de Tuplas (TRC).

| e.dni      | e.nombre        | e.id_carrera | i.id_inscripcion | i.dni      | i.id_llamado | l.id_llamado | l.descripcion                | l.tipo     |
|------------|-----------------|--------------|------------------|------------|--------------|--------------|------------------------------|------------|
| '72123456' | 'Andrea Chilon' | 'CAR001'     | 'INS001'         | '72123456' | 'LL001'      | 'LL001'      | 'Practicante de Desarrollo'  | 'EMPRESA'  |
| '73456789' | 'Luis Rojas'    | 'CAR002'     | 'INS002'         | '73456789' | 'LL003'      | 'LL003'      | 'Analista Junior'            | 'EMPRESA'  |
| '74567891' | 'María Pérez'   | 'CAR001'     | 'INS003'         | '74567891' | 'LL002'      | 'LL002'      | 'Asistente de Investigación' | 'FACULTAD' |
| '75678912' | 'Carlos Díaz'   | 'CAR003'     | 'INS004'         | '75678912' | 'LL001'      | 'LL001'      | 'Practicante de Desarrollo'  | 'EMPRESA'  |
| '76789123' | 'Ana Torres'    | 'CAR004'     | 'INS005'         | '76789123' | 'LL004'      | 'LL004'      | 'Auxiliar Administrativo'    | 'FACULTAD' |

### 3.3. Identificación de los estudiantes y la carrera a la que pertenecen.

En un Sistema de Gestión de Bolsa Laboral es necesario identificar los estudiantes registrados y la carrera profesional a la que pertenecen, con el propósito de disponer de información académica que facilite la gestión de las postulaciones y convocatorias laborales.

Para resolver este problema, se relacionan las tablas estudiantes y carreras, proyectando únicamente el nombre del estudiante y el nombre de la carrera mediante la operación proyección ( $\pi$ ) del Álgebra Relacional, su equivalente en Cálculo Relacional de Tuplas (TRC) y la consulta correspondiente en SQL implementada en MySQL.

**a. Álgebra Relacional-Proyección ( $\pi$ )**

```
1  $\pi$  nombre, nombre_carrera
2 (
3 estudiantes  $\bowtie$  estudiantes.id_carrera = carreras.id_carrera carreras
4 )
```

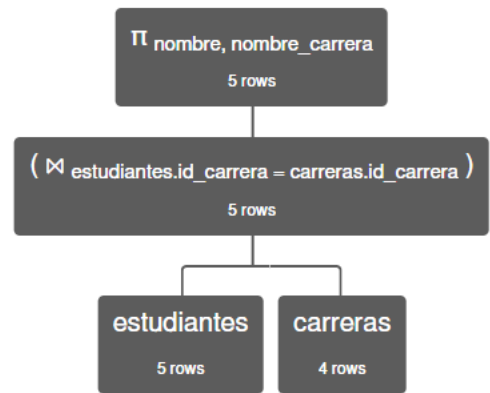


Figura 11. Diagrama de ejecución de la consulta mediante Álgebra Relacional para obtener las carreras registradas en el Sistema de Gestión de Bolsa Laboral.

**Tabla 6.** Resultado de la consulta mediante Álgebra Relacional.

| estudiantes.nombre | carreras.nombre_carrera  |
|--------------------|--------------------------|
| 'Andrea Chilon'    | 'Ingeniería Informática' |
| 'Luis Rojas'       | 'Ingeniería de Sistemas' |
| 'María Pérez'      | 'Ingeniería Informática' |
| 'Carlos Díaz'      | 'Ingeniería Industrial'  |
| 'Ana Torres'       | 'Contabilidad'           |

La Figura 11 y la Tabla 6 presentan el resultado obtenido mediante la operación de proyección del Álgebra Relacional. La consulta permite visualizar únicamente el nombre de los estudiantes y la carrera a la que pertenecen, recuperando exclusivamente los atributos necesarios para resolver el problema planteado.

**b. Cálculo Relacional de Tuplas-Proyección**

```
1 {
2 e.nombre, c.nombre_carrera |
3 estudiantes(e)  $\wedge$ 
4 carreras(c)  $\wedge$ 
5 e.id_carrera = c.id_carrera
6 }
```

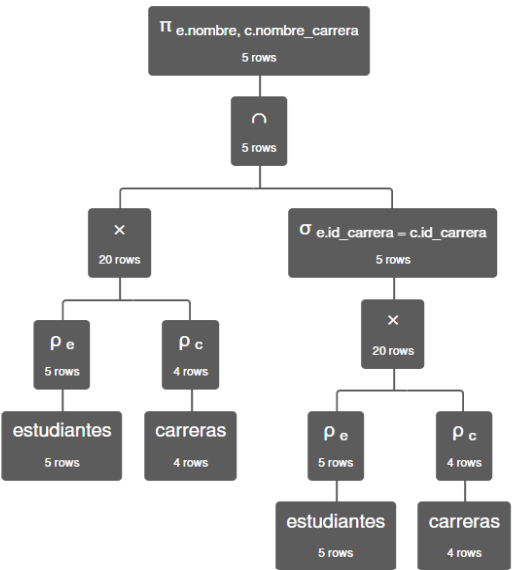


Figura 12. Diagrama de ejecución de la consulta mediante Cálculo Relacional de Tuplas (TRC) para obtener las carreras registradas en el Sistema de Gestión de Bolsa Laboral.

**Tabla 7.** Resultado de la consulta mediante Cálculo Relacional de Tuplas (TRC)

| e.nombre        | c.nombre_carrera         |
|-----------------|--------------------------|
| 'Andrea Chilon' | 'Ingeniería Informática' |
| 'Luis Rojas'    | 'Ingeniería de Sistemas' |
| 'María Pérez'   | 'Ingeniería Informática' |
| 'Carlos Díaz'   | 'Ingeniería Industrial'  |
| 'Ana Torres'    | 'Contabilidad'           |

La Figura 12 y la Tabla 7 muestran el resultado obtenido mediante Cálculo Relacional de Tuplas (TRC). Se observa que la información obtenida es equivalente a la generada mediante Álgebra Relacional, demostrando que ambas representaciones matemáticas permiten obtener los mismos resultados al proyectar los atributos requeridos de las tablas relacionadas.

### c. Consulta equivalente en SQL (MySQL)

```
SELECT e.nombre, c.nombre_carrera
FROM estudiantes e
INNER JOIN carreras c
ON e.id_carrera = c.id_carrera;
```

La consulta SQL presentada es equivalente a las expresiones desarrolladas mediante Álgebra Relacional y Cálculo Relacional de Tuplas (TRC). La Figura 11, la Figura 12, la Tabla 6 y la Tabla 7 presentan los resultados obtenidos mediante las representaciones matemáticas, mientras que la consulta SQL implementada en MySQL recupera la misma información, mostrando el nombre de los estudiantes y la carrera profesional a la que pertenecen. Esto confirma la equivalencia entre el Álgebra Relacional, el Cálculo Relacional de Tuplas y el lenguaje SQL para resolver el problema planteado.

## 4. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos permitieron confirmar el objetivo planteado en esta investigación, evidenciando que los fundamentos matemáticos del Modelo Relacional constituyen una base adecuada para representar y ejecutar consultas en bases de datos relacionales. La aplicación de las operaciones de selección ( $\sigma$ ), proyección ( $\pi$ ) y join ( $\bowtie$ ) permitió recuperar información de manera estructurada y consistente sobre el Sistema de Gestión de Bolsa Laboral, demostrando la utilidad del Álgebra Relacional para la manipulación de datos, en concordancia con los planteamientos de Codd [1] y Elmasri y Navathe [3]. Asimismo, las consultas desarrolladas mediante Álgebra Relacional y Cálculo Relacional de Tuplas (TRC) produjeron resultados equivalentes, confirmando que ambos enfoques permiten expresar formalmente las consultas sobre bases de datos relacionales. Estos resultados coinciden con lo expuesto por Connolly y Begg [4] y Silberschatz, Korth y Sudarshan [5], quienes señalan que ambos lenguajes constituyen el fundamento teórico de los Sistemas de Gestión de Bases de Datos.

Por otra parte, la utilización de **RelaX** permitió validar las expresiones relacionales de manera gráfica, mientras que la implementación del modelo en MySQL Workbench evidenció la aplicación práctica

de los fundamentos matemáticos en un entorno real. En conjunto, los resultados obtenidos son consistentes con los trabajos de Date [6] y García-Molina, Ullman y Widom [7], quienes destacan que el Modelo Relacional continúa siendo la base para el diseño, implementación y consulta eficiente de bases de datos modernas.

## 5. CONCLUSIÓN

A partir de los resultados obtenidos, se comprobó que los fundamentos matemáticos del Modelo Relacional, el Álgebra Relacional y el Cálculo Relacional constituyen la base para representar y ejecutar consultas en bases de datos relacionales. La aplicación de las operaciones de selección ( $\sigma$ ), proyección ( $\pi$ ) y join ( $\bowtie$ ) en el Sistema de Gestión de Bolsa Laboral permitió cumplir con el objetivo de la investigación y evidenciar su utilidad en la recuperación de información.

De igual manera, el uso de RelaX y MySQL Workbench facilitó la validación de las consultas y la implementación del modelo relacional, permitiendo relacionar los fundamentos teóricos con una aplicación práctica. Esto demuestra la importancia de estos conceptos en el desarrollo y organización de sistemas de información basados en bases de datos relacionales. Finalmente, la aplicación de los fundamentos matemáticos en el Sistema de Gestión de Bolsa Laboral permitió comprobar que el Modelo Relacional, el Álgebra Relacional y el Cálculo Relacional son elementos esenciales para garantizar una correcta gestión y consulta de la información dentro de una base de datos.

## 6. RECONOCIMIENTOS

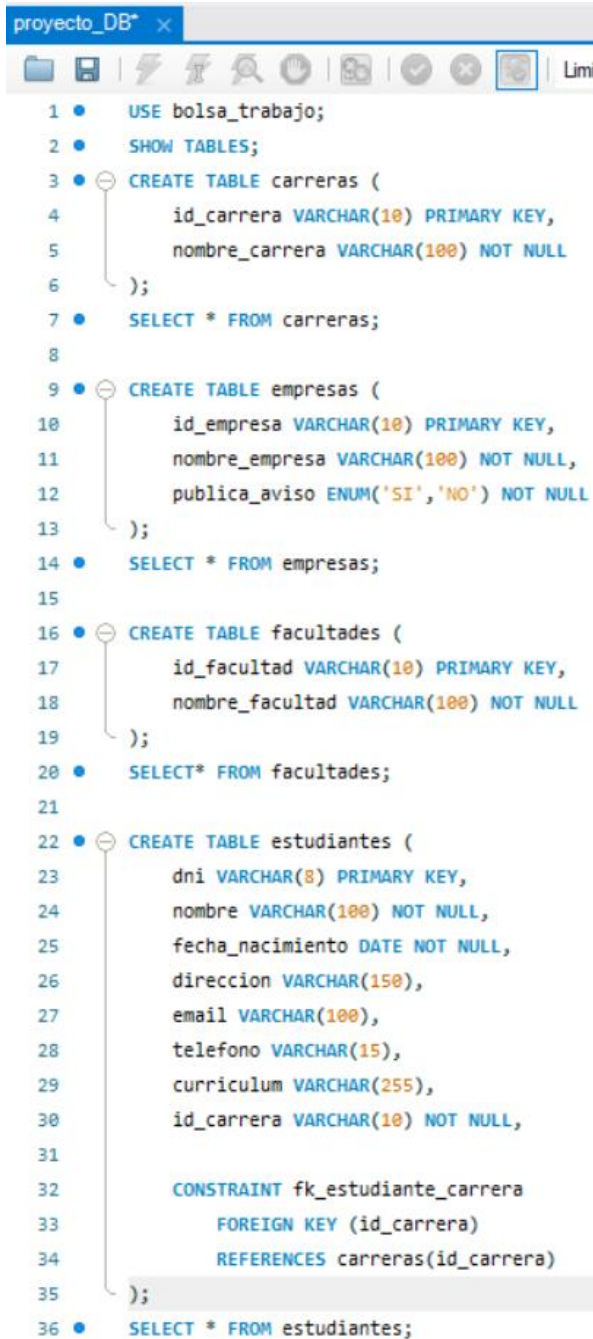
Los autores expresan su agradecimiento al Dr. Ing. José Arturo Díaz Pulido, docente de la Universidad Nacional de Trujillo y del curso de Base de Datos, por su orientación, asesoría y acompañamiento durante el desarrollo de esta investigación. Asimismo, se agradece a la Escuela Profesional de Ingeniería Informática de la Universidad Nacional de Trujillo por brindar el entorno académico y los recursos necesarios para la realización de este trabajo. Finalmente, se reconoce el compromiso y esfuerzo conjunto de los autores, cuya dedicación fue fundamental para culminar satisfactoriamente la presente investigación.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] E. F. Codd, "A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks," *Communications of the ACM*, vol. 13, no. 6, pp. 377–387, Jun. 1970.
- [2] E. F. Codd, "Relational Completeness of Data Base Sublanguages," in *Data Base Systems*, R. Rustin, Ed. Englewood Cliffs, NJ, USA: Prentice-Hall, 1972, pp. 65–98.
- [3] R. Elmasri and S. B. Navathe, *Fundamentals of Database Systems*, 7th ed. Boston, MA, USA: Pearson, 2016.
- [4] T. Connolly and C. Begg, *Database Systems: A Practical Approach to Design, Implementation and Management*, 6th ed. Harlow, UK: Pearson Education, 2015.
- [5] A. Silberschatz, H. F. Korth, and S. Sudarshan, *Database System Concepts*, 7th ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill Education, 2019.
- [6] C. J. Date, *An Introduction to Database Systems*, 8th ed. Boston, MA, USA: Addison-Wesley, 2004.
- [7] H. Garcia-Molina, J. D. Ullman, and J. Widom, *Database Systems: The Complete Book*, 2nd ed. Upper Saddle River, NJ, USA: Pearson, 2009.
- [8] Oracle Corporation, *MySQL 8.0 Reference Manual*, Oracle, 2024.
- [9] Oracle Corporation, *MySQL Workbench User Guide*, Oracle, 2024.
- [10] Microsoft, *Introduction to Relational Data*. Available: <https://learn.microsoft.com/en-us/training/modules/explore-relational-data-offerings/>
- [11] DBIS – University of Innsbruck, *RelaX: Relational Algebra Calculator*. Available: <https://dbis-uibk.github.io/relax/>
- [12] ISO/IEC 9075-2:2023, *Information Technology — Database Languages — SQL — Part 2: Foundation (SQL/Foundation)*. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization, 2023.
- [13] PostgreSQL Global Development Group, *PostgreSQL Documentation: Queries and Table Expressions*, 2024. Available: <https://www.postgresql.org/docs/current/>
- [14] Oracle Corporation, *SQL Language Reference*, Oracle Database Documentation, 2024.
- [15] M. Lechtenböcker, "RelaX: An Online Relational Algebra Calculator for Database Education," University of Münster, Germany.
- [16] J. Melton and A. R. Simon, *SQL: 1999 – Understanding Relational Language Components*. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann, 2002.
- [17] C. J. Date and H. Darwen, *Databases, Types, and the Relational Model: The Third Manifesto*, 3rd ed. Boston, MA, USA: Addison-Wesley, 2006.
- [18] Oracle Corporation, *MySQL Tutorial*, Oracle Documentation, 2024.
- [19] IBM Corporation, *IBM Db2 SQL Reference*, IBM Documentation, 2024.
- [20] Microsoft Corporation, *SQL Server Documentation*, Microsoft Learn, 2024. Available: <https://learn.microsoft.com/sql/>

## ANEXOS:

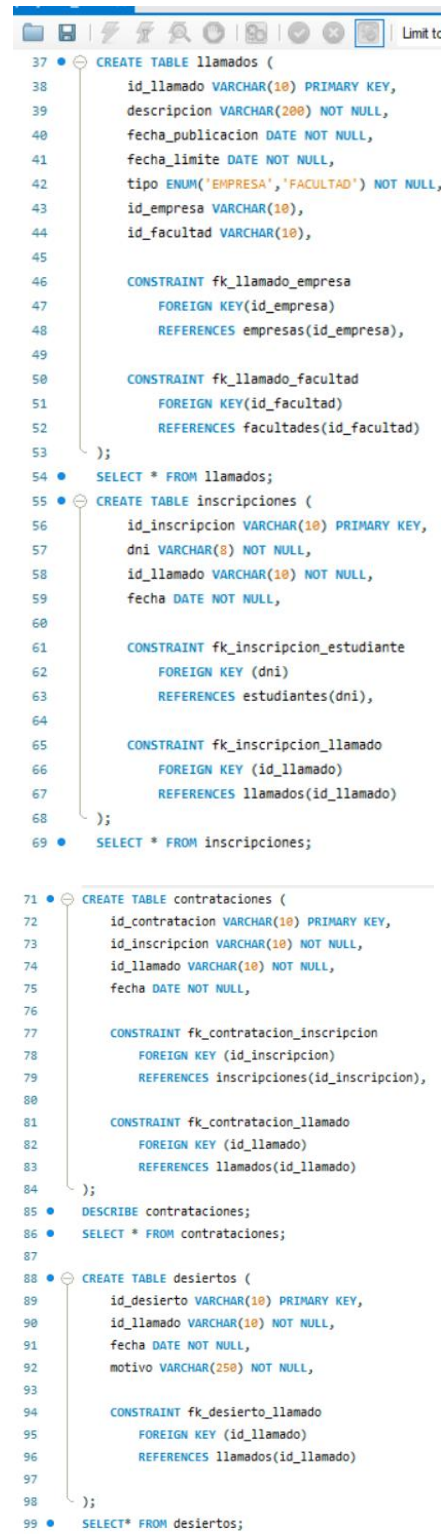
## Anexo A. Script SQL de creación de la base de datos y tablas



```

proyecto_DB* x
1 • USE bolsa_trabajo;
2 • SHOW TABLES;
3 • CREATE TABLE carreras (
4     id_carrera VARCHAR(10) PRIMARY KEY,
5     nombre_carrera VARCHAR(100) NOT NULL
6 );
7 • SELECT * FROM carreras;
8
9 • CREATE TABLE empresas (
10    id_empresa VARCHAR(10) PRIMARY KEY,
11    nombre_empresa VARCHAR(100) NOT NULL,
12    publica_aviso ENUM('SI', 'NO') NOT NULL
13 );
14 • SELECT * FROM empresas;
15
16 • CREATE TABLE facultades (
17    id_facultad VARCHAR(10) PRIMARY KEY,
18    nombre_facultad VARCHAR(100) NOT NULL
19 );
20 • SELECT * FROM facultades;
21
22 • CREATE TABLE estudiantes (
23    dni VARCHAR(8) PRIMARY KEY,
24    nombre VARCHAR(100) NOT NULL,
25    fecha_nacimiento DATE NOT NULL,
26    direccion VARCHAR(150),
27    email VARCHAR(100),
28    telefono VARCHAR(15),
29    curriculum VARCHAR(255),
30    id_carrera VARCHAR(10) NOT NULL,
31
32    CONSTRAINT fk_estudiante_carrera
33        FOREIGN KEY (id_carrera)
34        REFERENCES carreras(id_carrera)
35 );
36 • SELECT * FROM estudiantes;
  
```

Figura A.1. Script SQL correspondiente a la creación de la base de datos y de las tablas del Sistema de Gestión de Bolsa Laboral (Parte 1).



```

37 • CREATE TABLE llamados (
38    id_llamado VARCHAR(10) PRIMARY KEY,
39    descripcion VARCHAR(200) NOT NULL,
40    fecha_publicacion DATE NOT NULL,
41    fecha_limite DATE NOT NULL,
42    tipo ENUM('EMPRESA', 'FACULTAD') NOT NULL,
43    id_empresa VARCHAR(10),
44    id_facultad VARCHAR(10),
45
46    CONSTRAINT fk_llamado_empresa
47        FOREIGN KEY(id_empresa)
48        REFERENCES empresas(id_empresa),
49
50    CONSTRAINT fk_llamado_facultad
51        FOREIGN KEY(id_facultad)
52        REFERENCES facultades(id_facultad)
53 );
54 • SELECT * FROM llamados;
55 • CREATE TABLE inscripciones (
56    id_inscripcion VARCHAR(10) PRIMARY KEY,
57    dni VARCHAR(8) NOT NULL,
58    id_llamado VARCHAR(10) NOT NULL,
59    fecha DATE NOT NULL,
60
61    CONSTRAINT fk_inscripcion_estudiante
62        FOREIGN KEY (dni)
63        REFERENCES estudiantes(dni),
64
65    CONSTRAINT fk_inscripcion_llamado
66        FOREIGN KEY (id_llamado)
67        REFERENCES llamados(id_llamado)
68 );
69 • SELECT * FROM inscripciones;
70
71 • CREATE TABLE contrataciones (
72    id_contratacion VARCHAR(10) PRIMARY KEY,
73    id_inscripcion VARCHAR(10) NOT NULL,
74    id_llamado VARCHAR(10) NOT NULL,
75    fecha DATE NOT NULL,
76
77    CONSTRAINT fk_contratacion_inscripcion
78        FOREIGN KEY (id_inscripcion)
79        REFERENCES inscripciones(id_inscripcion),
80
81    CONSTRAINT fk_contratacion_llamado
82        FOREIGN KEY (id_llamado)
83        REFERENCES llamados(id_llamado)
84 );
85 • DESCRIBE contrataciones;
86 • SELECT * FROM contrataciones;
87
88 • CREATE TABLE desiertos (
89    id_desierto VARCHAR(10) PRIMARY KEY,
90    id_llamado VARCHAR(10) NOT NULL,
91    fecha DATE NOT NULL,
92    motivo VARCHAR(250) NOT NULL,
93
94    CONSTRAINT fk_desierto_llamado
95        FOREIGN KEY (id_llamado)
96        REFERENCES llamados(id_llamado)
97 );
98
99 • SELECT * FROM desiertos;
  
```

Figura A.2. Continuación del script SQL correspondiente a la creación de la base de datos y de las tablas del Sistema de Gestión de Bolsa Laboral (Parte 2).

## Anexo B. Definición de las relaciones y datos de prueba en RelaX

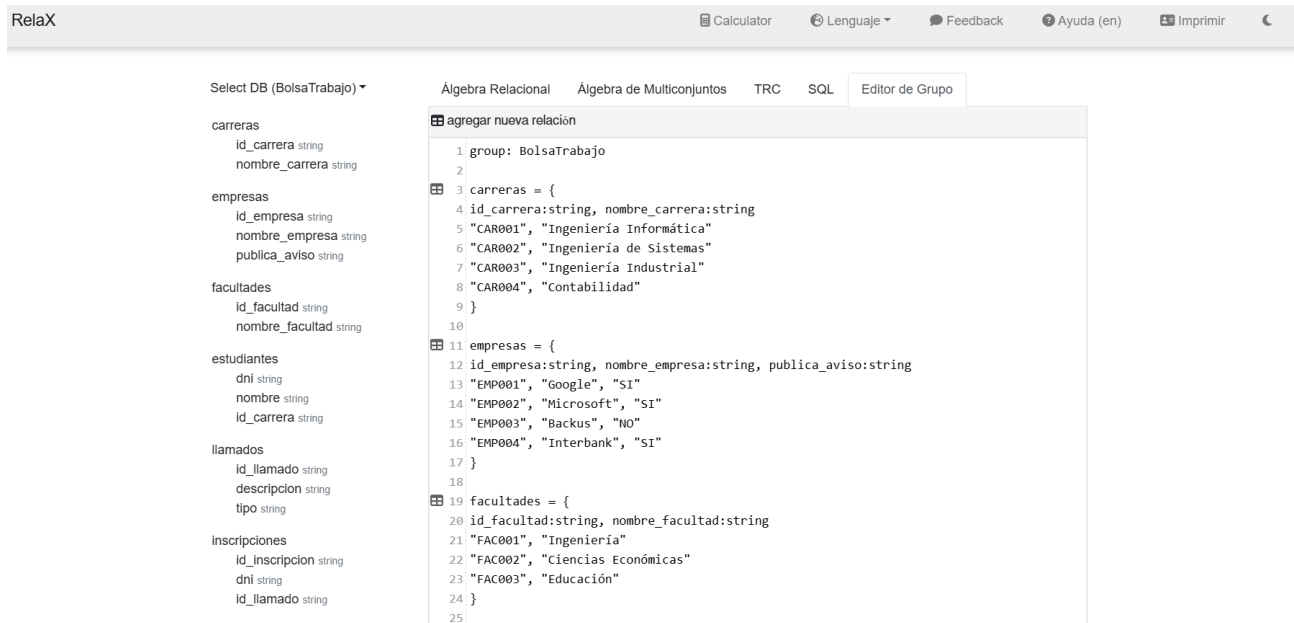


**Figura B.1.** Definición de las relaciones y atributos del Sistema de Gestión de Bolsa Laboral en la herramienta RelaX.

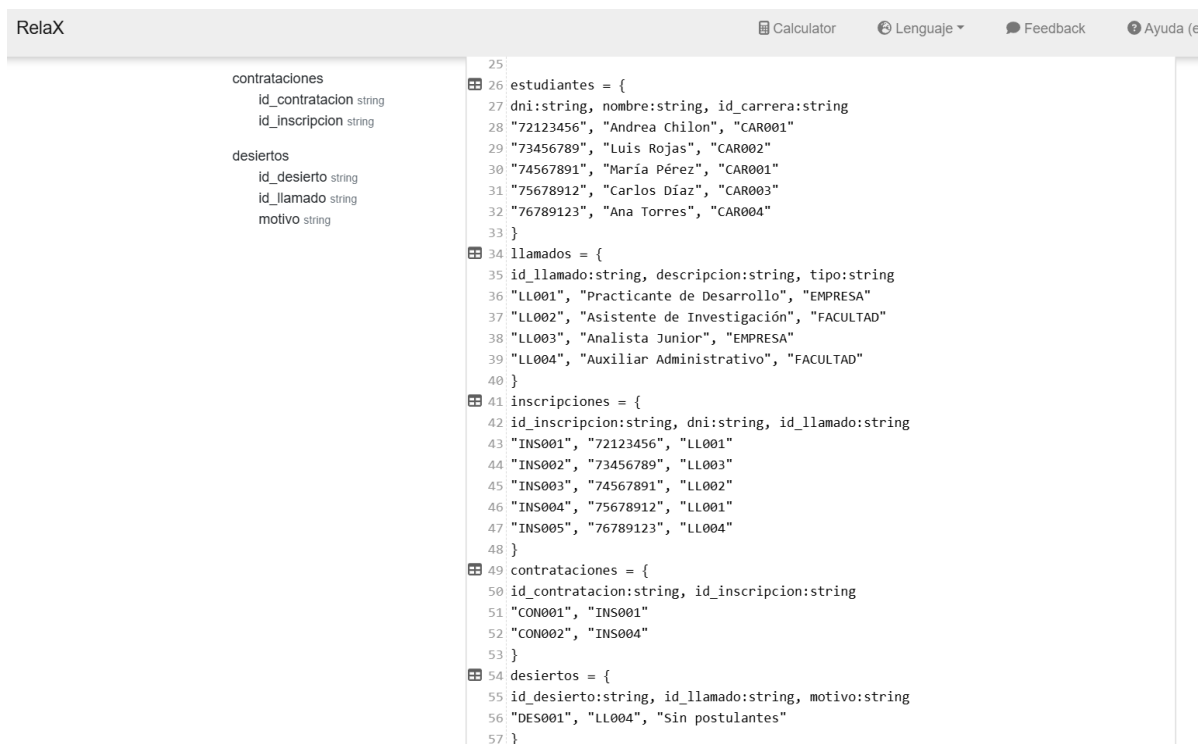


**Figura B.2.** Vista previa de las relaciones y registros cargados en la herramienta RelaX (Parte1).

BolsaTrabajo [utilizar Grupo en editor](#)

## • carreras

carreras.id\_carrera carreras.nombre\_carrera

|          |                          |
|----------|--------------------------|
| 'CAR001' | 'Ingeniería Informática' |
| 'CAR002' | 'Ingeniería de Sistemas' |
| 'CAR003' | 'Ingeniería Industrial'  |
| 'CAR004' | 'Contabilidad'           |

## • empresas

empresas.id\_empresa empresas.nombre\_empresa empresas.i

|          |             |      |
|----------|-------------|------|
| 'EMP001' | 'Google'    | 'SI' |
| 'EMP002' | 'Microsoft' | 'SI' |
| 'EMP003' | 'Backus'    | 'NO' |
| 'EMP004' | 'Interbank' | 'SI' |

## • facultades

facultades.id\_facultad facultades.nombre\_facultad

|          |                       |
|----------|-----------------------|
| 'FAC001' | 'Ingeniería'          |
| 'FAC002' | 'Ciencias Económicas' |
| 'FAC003' | 'Educación'           |

## • estudiantes

estudiantes.dni estudiantes.nombre estudiantes.id\_carrera

|            |                 |          |
|------------|-----------------|----------|
| '72123456' | 'Andrea Chilon' | 'CAR001' |
| '73456789' | 'Luis Rojas'    | 'CAR002' |
| '74567891' | 'María Pérez'   | 'CAR001' |
| '75678912' | 'Carlos Díaz'   | 'CAR003' |
| '76789123' | 'Ana Torres'    | 'CAR004' |

## • llamados

llamados.id\_llamado llamados.descripcion llamados.tipo

|         |                              |            |
|---------|------------------------------|------------|
| 'LL001' | 'Practicante de Desarrollo'  | 'EMPRESA'  |
| 'LL002' | 'Asistente de Investigación' | 'FACULTAD' |
| 'LL003' | 'Analista Junior'            | 'EMPRESA'  |
| 'LL004' | 'Auxiliar Administrativo'    | 'FACULTAD' |

## • inscripciones

inscripciones.id\_inscripcion inscripciones.dni inscripciones.id\_llamado

|          |            |         |
|----------|------------|---------|
| 'INS001' | '72123456' | 'LL001' |
| 'INS002' | '73456789' | 'LL003' |
| 'INS003' | '74567891' | 'LL002' |
| 'INS004' | '75678912' | 'LL001' |
| 'INS005' | '76789123' | 'LL004' |

## • contrataciones

contrataciones.id\_contratacion contrataciones.id\_inscripcion

|          |          |
|----------|----------|
| 'CON001' | 'INS001' |
| 'CON002' | 'INS004' |

## • desierto

desiertos.id\_desierto desiertos.id\_llamado desiertos.motivo

|          |         |                   |
|----------|---------|-------------------|
| 'DES001' | 'LL004' | 'Sin postulantes' |
|----------|---------|-------------------|

**Figura B.3.** Continuación de la vista previa de las relaciones y registros cargados en la herramienta RelaX (Parte 2).