

# **CALIDAD DEL SERVICIO ELÉCTRICO**

Eficiencia en la supervisión  
y en el monitoreo  
mediante un sistema inteligente



Raúl César Vilcahuaman Sanabria  
Ian Raul Vilcahuaman Valdivieso



**EDITORIAL  
KUNTUR**

Calidad del servicio eléctrico: eficiencia en la supervisión y en el monitoreo mediante un sistema inteligente / Raúl César Vilcahuamán Sanabria – Ian Raúl Vilcahuamán Valdivieso. La Paz: Editorial Kuntur, 2024

92 pp.

ISBN: 978-9917-639-07-7

1. Servicio eléctrico, 2. Supervisión y monitoreo, 3. Sistema inteligente

## Calidad del servicio eléctrico: eficiencia en la supervisión y en el monitoreo mediante un sistema inteligente

Depósito legal: 4-1-2762-2024

ISBN: 978-9917-639-07-7

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10974352>

@ Raúl César Vilcahuamán Sanabria

@ Ian Raúl Vilcahuamán Valdivieso

### Edición

Editorial Kuntur

### Diseño de carátula y composición:

Editorial Kuntur

### Edición electrónica:

Editorial Kuntur

© Editorial Kuntur

La Paz, Bolivia

[www.editorialkuntur.com](http://www.editorialkuntur.com)

Editado en Bolivia/ *Published in Bolivia*

Primera Edición: abril de 2024

Todas nuestras publicaciones son sometidas a un proceso de arbitraje doble ciego de pares externos

*(Peer Review Double Blinded)*.

Queda prohibida la reproducción bajo cualquier modalidad de toda o una parte de esta obra sin autorización expresa del titular de los derechos.



Licencia *Creative Commons* Reconocimiento - NoComercial - SinObraDerivada 3.0 Unported License

**CALIDAD DEL SERVICIO ELÉCTRICO**  
**EFICIENCIA EN LA SUPERVISIÓN Y EN EL MONITOREO**  
**MEDIANTE UN SISTEMA INTELIGENTE**

Raúl César Vilcahuamán Sanabria  
Ian Raúl Vilcahuamán Valdivieso



**EDITORIAL  
KUNTUR**

# ÍNDICE

|                         |    |
|-------------------------|----|
| ÍNDICE DE TABLAS.....   | 8  |
| ÍNDICE DE FIGURAS ..... | 9  |
| INTRODUCCIÓN .....      | 10 |

## CAPÍTULO I

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| UNA APROXIMACIÓN A LA CALIDAD DEL SERVICIO ELÉCTRICO.....                       | 13 |
| 1.1. La calidad del servicio en las organizaciones.....                         | 14 |
| 1.1.1. Perspectiva expectativas-percepciones.....                               | 15 |
| 1.1.2. Perspectiva objetiva-subjetiva .....                                     | 15 |
| 1.2. La importancia de la satisfacción al cliente.....                          | 16 |
| 1.3. La calidad del servicio eléctrico en la entidades públicas y privadas..... | 19 |
| 1.3.1. Calidad de producto.....                                                 | 22 |
| 1.3.2. Calidad del servicio comercial .....                                     | 22 |
| 1.4. Calidad del servicio del alumbrado público.....                            | 22 |
| 1.5. Calidad del suministro eléctrico .....                                     | 23 |

## CAPÍTULO II

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| LA IMPORTANCIA DE LA BASE DE DATOS Y EL RAZONAMIENTO<br>BASADO EN CASOS .....      | 27 |
| 2.1. La relevancia de la base de datos como almacenamiento de la información ..... | 28 |
| 2.1.1. Captura de la información .....                                             | 31 |
| 2.1.2. Almacenamiento .....                                                        | 31 |
| 2.1.3. Tratamiento .....                                                           | 32 |
| 2.1.4. Puesta en valor .....                                                       | 32 |
| 2.2. Relevancia de la <i>Big Data</i> la gestión de la información compleja .....  | 32 |
| 2.2.1. Las cinco V de la big data .....                                            | 33 |
| 2.3. El uso de la Inteligencia de Negocios (BI) .....                              | 35 |
| 2.4. El Razonamiento Basado en Casos (CBR): uso y características .....            | 36 |
| 2.4.1. CBR en la actualidad .....                                                  | 41 |

## CAPÍTULO III

|                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| USO DE LOS SISTEMAS INTELIGENTES Y LOS SISTEMAS EXPERTOS .....                                      | 42 |
| 3.1. Un breve alcance teórico sobre los sistemas inteligentes: el caso<br>del sistema experto ..... | 43 |
| 3.2. El Sistema Experto: una introducción .....                                                     | 47 |
| 3.3 Función y componentes de Sistema Experto .....                                                  | 49 |
| 3.3.1. Base de conocimientos o reglas .....                                                         | 49 |
| 3.3.2. Motor o máquina de inferencia .....                                                          | 50 |
| 3.3.3. La interfaz de usuario .....                                                                 | 50 |
| 3.3.4. Clasificación de los sistemas expertos .....                                                 | 51 |
| 3.3.5. Ventajas de los sistemas expertos .....                                                      | 55 |
| 3.4. La transformación digital en el servicio eléctrico .....                                       | 56 |

# CAPÍTULO IV

SISTEMA INTELIGENTE PARA LA SUPERVISIÓN Y MONITOREO  
DE LA CALIDAD DEL SERVICIO ELÉCTRICO.....58

4.1. Objetivos .....59

    4.1.1. Objetivos generales.....59

    4.1.2. Objetivos específicos .....59

4.2. Hipótesis .....59

    4.2.1. Hipótesis general.....59

    4.2.2. Hipótesis específicas .....59

4.3. Tipo, diseño y nivel de la investigación.....59

    4.3.1. Método de la investigación .....59

    4.3.2. Tipo de la investigación .....60

    4.3.3. Diseño de la investigación .....60

4.4. Variables .....60

    4.4.1. Definición de las variables .....60

    4.4.2. Operacionalización de las variables.....60

4.5. Población y Muestra .....61

    4.5.1. Población .....61

    4.5.2. Muestra.....61

4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....64

    4.6.1. Procesamiento estadístico y análisis de datos.....66

4.7. Resultados.....66

    4.7.1. Captura del conocimiento experto.....66

    4.7.2. Desarrollo de VALSIRA1 .....66

    4.7.3. Pantallas de VALSIRA 1 .....67

    4.7.4. Carga de datos .....68

    4.7.5. Validaciones de datos .....70

|                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| 4.8. Discusión de resultados .....                                   | 73 |
| 4.8.1. Contratación de hipótesis con los resultados .....            | 73 |
| 4.8.2. Contratación de resultados con otros estudios similares ..... | 74 |
| 4.9. Conclusiones .....                                              | 74 |
| 4.10. Recomendaciones .....                                          | 75 |

## CAPÍTULO V

|                                                                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| REFLEXIONES FINALES SOBRE LA IMPORTANCIA DE IMPLEMENTAR<br>SISTEMAS INTELIGENTES PARA LA CALIDAD DEL SERVICIO ELÉCTRICO ..... | 76 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... | 80 |
|----------------------------------|----|

# ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                               |           |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Tabla 1</b>                                                                |           |
| <i>Elementos de la satisfacción del cliente .....</i>                         | <b>17</b> |
| <b>Tabla 2</b>                                                                |           |
| <i>Elementos de la satisfacción del cliente .....</i>                         | <b>18</b> |
| <b>Tabla 3</b>                                                                |           |
| <i>Parámetros de calidad del servicio eléctrico.....</i>                      | <b>20</b> |
| <b>Tabla 4</b>                                                                |           |
| <i>Los cuatro parámetros de la calidad del servicio eléctrico.....</i>        | <b>21</b> |
| <b>Tabla 5</b>                                                                |           |
| <i>Efectos de la mala calidad de la energía eléctrica .....</i>               | <b>26</b> |
| <b>Tabla 6</b>                                                                |           |
| <i>Las ventajas y desventajas del Razonamiento Basado en Casos (CBR).....</i> | <b>38</b> |
| <b>Tabla 7</b>                                                                |           |
| <i>Historia de la Inteligencia Artificial.....</i>                            | <b>44</b> |
| <b>Tabla 8</b>                                                                |           |
| <i>Operacionalización de las variables.....</i>                               | <b>61</b> |
| <b>Tabla 9</b>                                                                |           |
| <i>Lista de las empresas eléctricas.....</i>                                  | <b>62</b> |
| <b>Tabla 10</b>                                                               |           |
| <i>Muestra por empresa eléctrica distribuidora.....</i>                       | <b>65</b> |
| <b>Tabla 11</b>                                                               |           |
| <i>Lista de archivos en la carga de datos.....</i>                            | <b>69</b> |
| <b>Tabla 12</b>                                                               |           |
| <i>Hipótesis planificadas y contrastadas.....</i>                             | <b>73</b> |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                               |           |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Figura 1</b>                                                               |           |
| <i>Línea del tiempo del Businnes Intelligence (BI)</i> .....                  | <b>37</b> |
| <b>Figura 2</b>                                                               |           |
| <i>Ciclo del CBR</i> .....                                                    | <b>39</b> |
| <b>Figura 3</b>                                                               |           |
| <i>Estructura simplificada de un sistema experto</i> .....                    | <b>48</b> |
| <b>Figura 4</b>                                                               |           |
| <i>Aspectos fundamentales de la ciberseguridad</i> .....                      | <b>57</b> |
| <b>Figura 5</b>                                                               |           |
| <i>Pantalla de acceso directo a VALSIRA1</i> .....                            | <b>67</b> |
| <b>Figura 6</b>                                                               |           |
| <i>Pantalla de código de acceso a VALSIRA1</i> .....                          | <b>68</b> |
| <b>Figura 7</b>                                                               |           |
| <i>Interface de carga de datos</i> .....                                      | <b>69</b> |
| <b>Figura 8</b>                                                               |           |
| <i>Validación de datos referidos al mismo semestre</i> .....                  | <b>70</b> |
| <b>Figura 9</b>                                                               |           |
| <i>Validación de datos del semestre actual referido a otro semestre</i> ..... | <b>71</b> |
| <b>Figura 10</b>                                                              |           |
| <i>Afectos a la NTCSE</i> .....                                               | <b>71</b> |
| <b>Figura 11</b>                                                              |           |
| <i>Consulta sobre suministros</i> .....                                       | <b>72</b> |

Posiblemente hace varias décadas atrás hablar de la posibilidad de implementar inteligencia artificial, puntualmente, sistemas inteligentes, en la dinámica de funcionamiento de las organizaciones industriales o empresariales hubiera parecido poco factible, pero en la actualidad, aquella posibilidad se ha tornado una realidad, y no solo eso, sino que su empleo a nivel mundial es algo que podría hasta denominarse usual o habitual (Mora-Vicarioli et al., 2021). Diversas entidades han incorporado a sus procesos de trabajo y gestión sistemas inteligentes que les permiten agilizar sus procesos, monitorear sus etapas de producción, diseñar con mayor versatilidad y agudeza sus productos, diagnosticar con mayor precisión las posibles fallas o inconvenientes, mejorar en la calidad del servicio que pueden ofrecer a sus usuarios, entre otros.

Es así que los sistemas expertos, según Peña et al., 2017, se han convertido en los programas inteligentes predilectos para ser incorporados en diversos rubros de las actividades humanas. Esto se debe a que cuentan con una base de datos especializada que registra toda la experiencia que un especialista humano podría conocer para la resolución de problemas o toma de decisiones que podría afrontar. Esta base de datos o almacén de conocimiento además tiene la ventaja que puede constantemente ser actualizada, de tal manera que el sistema experto puede estar al tanto de las innovaciones que sucedan en su campo (Valverde et al., 2019).

Es importante mencionar que la base de datos, actúa como una memoria o biblioteca virtual donde se puede almacenar en base a patrones, reglas, esquemas o series toda la información que se considere pertinente y necesaria para que el sistema experto en su conjunto pueda operar correctamente., Por otra parte, según Wormer (2019), el atractivo de los sistemas expertos radica en su máquina de inferencia, la cual emula la capacidad de razonamiento de un especialista al utilizar de manera muy eficiente y rápida toda la información que se encuentra en la base de datos, con ello puede gestionar, diagnosticar, monitorear, enseñar, reparar, etc., según la tarea para la cual fue diseñado.

Por estas razones, de acuerdo a lo planteado por Rodríguez et al (2018), el rubro del sector eléctrico no ha sido ajeno a esta tendencia de trabajo, puesto que también ha incorporado sistemas inteligentes que les permiten incidir en la mejora y optimización de alguna área o etapa del proceso de tal manera que contribuya a la mejora en la calidad del servicio que ofrecen y además que también les permite organizar mejor toda la información que recaban de las distintas áreas de producción o servicio.

Esto último es sumamente importante, puesto que llevar un adecuado registro de todas sus operaciones, permite a la empresa tener un mejor control informativo, lo cual es necesario cuando se tiene que brindar un reporte sobre la calidad de servicios que está ofreciendo, así como también es importante para propia empresa puesto que le permite saber con exactitud los ajustes, cambios o modificaciones que se deben realizar para optimizar o maximizar los procesos de funcionamiento en su servicio (Pilicita-Garrido y Cevallo-Duque (2019).

En los capítulos que siguen se tratará de brindar una exposición sucinta, pero pertinente de los tópicos que han servido como referentes para el trabajo de investigación realizado.

1. En el primer capítulo, se brindará una aproximación a la calidad del servicio eléctrico y la importancia que tiene en la satisfacción al cliente desde una perspectiva general, para luego pasar a desarrollar, en un plano más específico la calidad del servicio en las organizaciones privadas y públicas, así como la calidad del servicio del alumbrado público y la calidad del suministro eléctrico por parte de las empresas de electricidad.

2. En el segundo capítulo, se hablará sobre la importancia de la base de datos, la Big Data, y la Inteligencia de Negocios y la utilidad del razonamiento basado en casos.
3. En el tercer capítulo, se abordará el desarrollo de los sistemas inteligentes desde un punto de vista histórico y el desarrollo de los sistemas expertos, así como una explicación pormenorizada de sus tipos, componentes y ventajas.
4. En el cuarto capítulo, se realizará una investigación sobre la aplicación de los sistemas inteligentes en un caso concreto, la evaluación de la calidad de un sistema eléctrico.
5. En el quinto capítulo, finalmente, se realizan reflexiones referentes a la investigación realizada en el cuarto capítulo.

## CAPÍTULO I

# UNA APROXIMACIÓN A LA CALIDAD DEL SERVICIO ELÉCTRICO

Un aspecto relevante en la actualidad con respecto a la competitividad de las empresas es la gestión de calidad, ya que esta permite observar las compañías desde una mirada integral; es decir, como un conjunto de procesos que se interrelacionan con el objetivo de conseguir la satisfacción del cliente. Asimismo, la gestión de calidad constituye un elemento fundamental que permitirá que las organizaciones se desarrollen competitivamente y mejoren cada área de su estructura, desde el producto hasta las estrategias que implementen en el servicio al cliente (Hernández et al., 2018).

En ese sentido, la satisfacción del cliente es muy importante para que las compañías se mantengan vigentes en el mercado. Esto también ocurre con los servicios considerados básicos, por ejemplo, el suministro de energía. Villegas (2012) señala que para que una empresa sea competitiva globalmente –sobre todo en la actualidad, ya que las nuevas tecnologías han permitido que las dinámicas del mercado se transformen aceleradamente– requiere de una reestructuración, así como de una reducción de los costos, todo ello constituye factores de productividad; es decir, los constantes cambios del mercado impulsan a las compañías a tener trabajadores que tengan capacidad de adaptación.



En este capítulo se desarrollará un acercamiento a la calidad del servicio en las organizaciones y se centrará en la calidad del servicio eléctrico, así como la satisfacción del cliente, que resulta una herramienta esencial para que las organizaciones dirijan sus esfuerzos a brindar soluciones a los problemas que se presenten como resultado de la evaluación de los usuarios de sus servicios o los consumidores de sus productos.

Por tal motivo, los estudios relacionados con la calidad de la energía eléctrica son relevantes porque permiten, en primer lugar, identificar y, posteriormente, solucionar los problemas que se presenten y afectan la vida diaria de los usuarios. Machaca y Coila (2017) indican que las dificultades eléctricas pueden perjudicar, no solo el comportamiento de los equipos, sino disminuir su confiabilidad, así como su productividad y rentabilidad; en el peor de los casos, puede representar un peligro para la vida del personal expuesto si es que esos problemas no se corrigen por no contar con un correcto protocolo de identificación de las fallas eléctricas.

## 1.1. La calidad del servicio en las organizaciones

La calidad del servicio es un concepto relacionado con el grado de satisfacción del cliente y, además, forma parte de la estrategia de las empresas con respecto a la responsabilidad social –como aplicar mejores prácticas sociales y ambientales– pero, principalmente, las organizaciones velan para que los productos o servicios que ofrecen sobrepasen las expectativas de sus clientes, de esta manera, dirigen sus estrategias a lograr que estos objetivos se cumplan (Hernández et al., 2018).

Asimismo, la calidad del servicio es una parte importante de las metas de las compañías, ya que constituye una ventaja competitiva para las empresas. Arellano (2017) hace énfasis en que, debido a la globalización, la calidad del servicio ha pasado a ser un requisito fundamental para que las compañías compitan entre ellas, pues los resultados, ya sea en corto o largo plazo, son muy importantes para que las empresas puedan seguir desarrollándose y subsistiendo dentro de su sector.

Según las cualidades valoradas a la hora de brindar un excelente servicio, se han elaborado algunos modelos para evaluar la calidad del servicio. Además, estas siguen, principalmente, dos perspectivas: expectativas-percepciones y objetiva-subjetiva (Torres y Vásquez, 2015).



### *1.1.1. Perspectiva expectativas-percepciones*

Según esta perspectiva, se tiene en cuenta las expectativas y percepciones de los clientes, la diferencia entre estas dos respecto del servicio ofrecido tiene como resultado la calidad del servicio, la cual se basa en el paradigma de la desconfirmación. Los principales modelos que se ubican bajo esta perspectiva son el modelo nórdico de calidad del servicio propuesto por Grönroos en el año 1984; el modelo Service Quality, conocido como Servqual, desarrollada por el norteamericano Parasuraman entre otros entre 1985 y 1988; entre otros.

Asimismo, se plantean otras posturas dentro de esta perspectiva como la que señala que solo se deben tomar en cuenta las percepciones que los clientes tienen con relación al servicio brindado; es decir, la valoración de la calidad del servicio se basa únicamente en esas percepciones; además, indica que se debe prescindir de las expectativas de los usuarios. En esta postura se ubican la escala Servperf y el modelo jerárquico multidimensional.

### *1.1.2. Perspectiva objetiva-subjetiva*

Según esta perspectiva, también conocida como interno-externo, se tiene que tener en cuenta dos aspectos para definir la calidad del servicio: el punto de vista externo o la calidad subjetiva, es decir, las expectativas o percepciones que tienen los usuarios, antes y después del servicio brindado, respectivamente; y el interno, que hace referencia a los indicadores que utiliza quien presta el servicio para realizar las evaluaciones correspondientes y así modificar, adaptar o fortalecer sus estrategias con la finalidad de satisfacer al cliente y brindarle un excelente servicio.

La calidad del servicio les proporciona a las empresas diversos beneficios. Según Arellano (2017), los principales son los siguientes:

- **Mayor rentabilidad en sus ventas.** Cuando existe una calidad en el servicio brindado, las empresas pueden mantener sus precios elevados, ya que el cliente tiende a justificarlo debido al excelente servicio recibido, asimismo, la calidad hace más posible que la compra se repita.
- **Fidelidad.** Cuando el cliente recibe un trato adecuado y el producto o servicio ofrecido cumple sus expectativas, este vuelve a adquirirlos. De esta manera, la empresa logra posicionar su marca y diferenciarse de su competencia.



- **Venta de nuevos productos al mismo cliente.** Gracias a la calidad en el servicio, la empresa inspira confianza, lo que hace más fácil que ofrezcan nuevos productos a sus clientes.
- **Generación de nuevos clientes.** La promoción que los clientes realizan recomendando el servicio recibido incrementa las ventas, así como atrae nueva clientela.
- **Reducción de quejas y reclamos.** Una adecuada política de calidad del servicio disminuye las quejas y reclamos de los usuarios, lo que significa también una reducción en los costos y en el marketing, que muchas veces suele enfocar sus estrategias a mejorar la imagen institucional perjudicada por los reclamos de los clientes.
- **Posicionamiento y valor de marca/empresa.** La cartera de clientes de una empresa es lo que permite el posicionamiento de una marca, en otras palabras, la imagen que las compañías logran en la mente de sus clientes.
- **Ventaja competitiva.** Con la finalidad de lograr la calidad en el servicio, cada compañía puede añadir a su servicio un elemento que la diferencie de otra, lo que representa una ventaja competitiva dentro de su sector.

## 1.2. La importancia de la satisfacción al cliente

Para que una empresa funcione adecuadamente y pueda ser competitiva en el mercado dentro de su sector es fundamental que los esfuerzos se concentren en la calidad de los productos o servicios que ofrecen, ya que eso tiene como resultado la satisfacción del cliente.

Cuando los clientes realizan una evaluación respecto de un servicio brindado y reflexiona acerca de si este cumplió sus expectativas y respondió a sus necesidades, se está hablando de la satisfacción al cliente, si esto no ocurre, causa la insatisfacción. También se puede definir la satisfacción del cliente como el estado de ánimo que tiene una persona luego de comparar el producto o servicio recibido con sus experiencias previas. Cuando el resultado del análisis de los usuarios es positivo y estos están satisfechos, la empresa obtiene diversos beneficios, entre los cuales están el incremento de la lealtad del cliente, la disminución de los esfuerzos para atraer nueva clientela, ya que obtienen cierta ventaja competitiva sobre otras empresas de su mismo sector (Steffanell et al., 2017).



Es importante señalar que las empresas no solo se tienen que enfocar en mejorar los procesos relacionados con la venta final de su producto o servicio, sino que, según lo indica Bernal (2015), se deben prestar atención a los procesos anteriores a la adquisición de su producto, es decir, cuando existen clientes potenciales que aún no consumen el producto; en el caso de las compañías que ofrecen servicios, se debe asegurar la satisfacción del cliente en todo momento de la relación comercial; las futuras adquisiciones de productos o servicios dependerá de cuán satisfecho se haya sentido el consumidor y si las compañías cumplieron sus expectativas y cubrieron sus necesidades de una mejor manera que la competencia.

Los elementos que conforman la satisfacción del cliente se detallan en la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Elementos de la satisfacción del cliente*

| Elementos                                                            | Características                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Rendimiento percibido                                                | <ul style="list-style-type: none"><li>• Determinado por el cliente</li><li>• Basado en los resultados que el cliente obtuvo del servicio brindado y de sus percepciones, no necesariamente de la realidad</li><li>• Depende del estado de ánimo del cliente</li></ul>                                                                                                                                |
| Expectativas (básicas o diferenciadas)                               | <ul style="list-style-type: none"><li>• Las expectativas básicas son aquellas que se deben cumplir para conseguir la calidad, es lo que se espera mínimamente de una compañía, por ejemplo, la puntualidad de su servicio</li><li>• Las expectativas diferenciadas son aquellas con las que el cliente siente que ha obtenido algo más de lo que convencionalmente esperada de una empresa</li></ul> |
| Niveles de satisfacción (insatisfacción, satisfacción, complacencia) | <ul style="list-style-type: none"><li>• La insatisfacción se produce cuando no se han alcanzado las expectativas del cliente</li><li>• La satisfacción se da cuando el servicio brindado coincide con las expectativas que tuvo el cliente</li><li>• La complacencia se produce cuando el servicio supera las expectativas del cliente</li></ul>                                                     |

*Nota:* Adaptado de Mendoza (2016).

La gestión de calidad de los servicios relacionados con la energía eléctrica es importante para el crecimiento y la sostenibilidad social y económica de los países, sobre todo de aquellos que están en vías de desarrollo.

En el caso del Perú, el Fonafe es la organización estatal que se encarga de administrar a las empresas que distribuyen energía a lo largo del territorio. Una de sus principales funciones es registrar la frecuencia de interrupciones del servicio que se brinda con el objetivo de mejorar la calidad del mismo. Además, para Mendoza (2016) es importante señalar que para que la calidad de los servicios eléctricos vaya en aumento, se requiere de una mayor inversión en infraestructura técnica, así como de establecer nuevas estrategias en la gestión de la calidad de los servicios eléctricos.

En ese sentido, Mendoza (2016) propone en la Tabla 2 parámetros para evaluar la gestión de la calidad de los servicios eléctricos:

**Tabla 2**

*Elementos de la satisfacción del cliente*

| Parámetro                    | Descripción                                                                                                               |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Aspectos tangibles           | Instalaciones físicas (equipo, personal, material de comunicación)                                                        |
| Fiabilidad                   | Capacidad de cumplir con el servicio                                                                                      |
| Sensibilidad                 | Disposición de ayudar a los clientes                                                                                      |
| Seguridad                    | Competencia de los empleados y su capacidad de transmitir seguridad y confianza                                           |
| Empatía                      | Disposición de atender a los usuarios cuidadosamente y de manera individual                                               |
| Satisfacción de los clientes | Estado de ánimo luego de comparar el producto adquirido con otros. También está relacionado con los siguientes parámetros |
| Instalaciones y recursos     | Espacios de las empresas para atender a los clientes y el personal encargado de la atención                               |
| Duración de la atención      | El cliente busca ser atendido en el menor tiempo posible                                                                  |
| Atención en las oficinas     | La actitud que manifiesta el personal para atender a los problemas que le plantea el cliente                              |



| Parámetro                | Descripción                                                                        |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Horario de atención      | Cumplimiento de los horarios establecidos por la empresa                           |
| Servicio telefónico      | Eficiencia de la atención vía telefónica                                           |
| Expectativa del servicio | Lo que los clientes esperan de la empresa y si logran satisfacer esas expectativas |

*Nota:* Adaptado de Mendoza (2016).

### 1.3. La calidad del servicio eléctrico en la entidades públicas y privadas

La energía eléctrica es una herramienta muy importante en la vida de los seres humanos, por lo tanto, aquellos organismos que brindan el servicio de distribución, transformación y comercialización, ya sea el estado o compañías privadas, deben esforzarse en proporcionar a la comunidad un servicio de calidad (Mena, 2018).

Las empresas del sector privado no son las únicas que deben preocuparse por conseguir la satisfacción del cliente, sino también las entidades públicas, ya que estas están en la obligación de trabajar con la finalidad de mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, ya que utilizan los fondos del gobierno que a su vez son contribuciones de los habitantes de un determinado territorio; los ciudadanos poseen el derecho no solo de exigir que se cumplan los servicios que el estado debe proporcionar, sino que estos sean brindados con excelencia y se preocupen también por la satisfacción de los usuarios, tal y como ocurre con las entidades privadas (Villegas y Zúñiga, 2014).

Con respecto al mercado de distribución eléctrica, en el Perú, este está constituido por 22 empresas, de la cuales 5 son de carácter privado y los 17 restantes son empresas de distribución del estado, a su vez, de estas últimas, 7 están bajo dirección de gobiernos regionales o locales y 10 son administradas por el Fondo Nacional de Financiamiento de la Actividad Empresarial del Estado (Fonafe). Como se mencionó anteriormente, el Fonafe se encarga de normar y guiar la actividad empresarial que tiene el estado, este organismo fue creado por la ley N° 27170 el 1999, las funciones que allí se le concedieron fueron las siguientes (Quiroga y Sayas, 2013):



- Desempeñar la titularidad de las acciones representativas del capital social las empresas en las que interviene el Estado y gestionar los recursos
- Aprobar el presupuesto de las compañías en las que su participación es mayoritaria
- Aprobar las pautas de gestión que se establezcan en aquellas empresas
- Nombrar a los miembros ante la Junta General de Accionistas de las empresas en las que tiene participación mayoritaria

Para determinar la calidad del servicio eléctrico se debe considerar distintos aspectos técnicos, así como comerciales, los cuales deben ser supervisados por las organizaciones competentes (Chambi, 2016). En el Perú, se usa la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE), la cual tiene una función imperativa para la provisión y control de calidad de los servicios eléctricos, así como para la regulación de importes. Asimismo, también se utilizan el Sistema Informático de Recepción y Validación para la Aplicación de la NTCSE (SIRVAN) y el Sistema Informático para la Selección Aleatoria (SISA) como mecanismos digitales que complementan el tratamiento del servicio eléctrico.

La Tabla 3 señala tres parámetros de calidad del servicio eléctrico propuestos por Pretel (2016): calidad de suministro, calidad de servicio comercial y calidad de alumbrado público.

**Tabla 3**  
*Parámetros de calidad del servicio eléctrico*

| Parámetros            | Características                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Calidad de suministro | Se mide por la continuidad del servicio eléctrico, en otras palabras, la cantidad de interrupciones de este servicio, la duración y la energía no proporcionada. El tiempo de control de interrupciones es de seis meses aproximadamente. |                                                                                                                                                                                              |
|                       | Cantidad de interrupciones cliente:                                                                                                                                                                                                       | <div>de por</div> <ul style="list-style-type: none"><li>• Cliente de media tensión: 4 interrupciones por semestre</li><li>• Cliente de baja tensión: 6 interrupciones por semestre</li></ul> |



| Parámetros                    | Características                                                                                                                           |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Calidad de servicio comercial | • Trato al cliente                                                                                                                        |
|                               | • Solicitudes de nuevos suministros                                                                                                       |
|                               | • Reconexiones                                                                                                                            |
|                               | • Opciones tarifadas                                                                                                                      |
|                               | • Medios de atención (facturas, registro de reclamaciones, centros de atención telefónica)                                                |
| Calidad de alumbrado público  | El principal indicador es la longitud de los tramos de la vía pública en donde se han instalados los postes para una correcta iluminación |

*Nota:* Tomado de Pretel(2016).

Otro parámetro que concierne a la calidad del servicio eléctrico es la calidad del producto, el cual, aunado a los otros, concede la obtención de un nivel de calidad global de todo el servicio eléctrico. De ese modo, tal como se aprecia en el Decreto Supremo N.º 020-97-EM (2010), los parámetros abordados en el control de la calidad del servicio eléctrico no solo están representados por los tres señalados sino también por la calidad de producto. Asimismo, cada parámetro de este servicio enrolla los aspectos vistos en la Tabla 4.

**Tabla 4**

*Los cuatro parámetros de la calidad del servicio eléctrico*

| Parámetro                       | Aspectos                     |
|---------------------------------|------------------------------|
| 1 Calidad de producto           | • Tensión                    |
|                                 | • Frecuencia                 |
|                                 | • Perturbaciones             |
| 2 Calidad de suministro         | • Interrupciones             |
| 3 Calidad de Servicio Comercial | • Trato al cliente           |
|                                 | • Medios de atención         |
|                                 | • Precisión de medida        |
| 4 Calidad de Alumbrado Público  | • Deficiencias del alumbrado |

*Nota:* Adaptado del Decreto Supremo N° 020-97-EM (2010).



### 1.3.1. Calidad de producto

Elemento que posibilita brindar una apreciación respecto del producto concedido por la compañía de distribución y fija su descripción a partir de su magnitud (tensión), frecuencia y la polución particular de la tensión inmediata del suministro (Comisión Nacional de Energía, CNE, 2019). Asimismo, en esta calidad, las perturbaciones (polución) son determinadas gracias a *Flicker* (Índice de Severidad) y tensiones armónicas.

### 1.3.2. Calidad del servicio comercial

Este elemento facilita la evaluación del modo de desenvolvimiento del servicio comercial y de la atención que ofrece una empresa de distribución a su público objeto; este se define en virtud del periodo en que se restablece el servicio, la data informativa conferida a su público, la puntualidad en la emisión y entrega de boletas y facturas, y la atención e instalación de suministros recientes solicitados por clientes o usuarios (CNE, 2019).

## 1.4. Calidad del servicio del alumbrado público

Antes de desarrollar aspectos relacionados a la calidad del servicio del alumbrado público, se debe definir qué es el alumbrado público. Según indica Morillas (2020), el alumbrado público es el servicio de iluminación de las áreas por las que transitan libremente los ciudadanos, ya sea en algún transporte o peatonalmente; por ejemplo, los parques u otras cosas de libre circulación; todo ello con la finalidad de que las actividades que se realicen se desarrollen adecuadamente y las personas tengan la visibilidad suficiente. Además, este servicio es considera esencial, ya que garantiza la seguridad del tránsito vehicular y peatonal que se lleven a cabo durante la noche, de manera que colabora con mejorar la calidad de vida de los ciudadanos de una determinada localidad, ya que le permite realizar sus actividades con normalidad.

Para analizar el servicio de alumbrado público, Corahua (2019) indica que se pueden tomar en cuenta dos indicadores:

1. **Indicadores de la calidad del alumbrado.** Tiene en cuenta parámetros como la luminancia e iluminancia media, así como la uniformidad.
2. **Indicadores del rendimiento.** Toma en cuenta la eficacia luminosa y la eficiencia energética.



Las instalaciones de alumbrado público están expuestas a diversos agentes atmosféricos que constituyen un riesgo para su adecuado funcionamiento, con el transcurso del tiempo estas suelen alterarse y se convierten en un potencial peligro para la seguridad de los habitantes. Corahua (2019) señala que además de un correcto uso de las instalaciones, estas requieren de un constante mantenimiento para mantener la calidad del alumbrado; añade que las principales causas para que las instalaciones de alumbrado público se degraden son las siguientes:

- Baja progresiva del flujo emitido por las lámparas.
- Las lámparas y del sistema óptico de la luminaria se ensucian
- El desgaste de los distintos elementos del sistema óptico de las luminarias, como el reflector, refractor, entre otros
- Las fallas mecánicas producto de accidentes de tránsito, actos de vandalismo, etcétera.

## 1.5. Calidad del suministro eléctrico

Osinermin es un organismo del estado que vigila a las empresas de distribución eléctrica y de hidrocarburos para que brinden un servicio de calidad conforme a lo establecido en la Ley de Concesiones Eléctricas (Ley N° 25844), asimismo, cumple las siguientes funciones (Quiroga y Sayas, 2013):

- Vela por la calidad en la inversión, operación y mantenimiento de la regulación del mercado de distribución eléctrica
- Responder de forma pertinente al desarrollo del mercado
- Proporciona estabilidad y flexibilidad para que la actividad de distribución se desarrolle adecuadamente.

Osinermin ha establecido normas técnicas para mantener los estándares de calidad de los servicios eléctricos, que consisten en indicadores que medirán algunos aspectos relevantes para garantizar la calidad; asimismo, se encarga de aplicar penalidades o compensaciones a las empresas o a los clientes en casos en los que no se cumpla con las normas establecidas (Mendoza, 2016). Por ejemplo, un indicador de la calidad es la frecuencia y la duración de las interrupciones



que se producen en el servicio eléctrico, estos indicadores técnicos con SAIFI y SAIDI, respectivamente (Quiroga y Sayas, 2013):

$$SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^n u_i}{N} \quad SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^n t_i x u_i}{N}$$

Donde:

SAIFI = Frecuencia media de interrupción por usuario del sistema eléctrico

SAIDI = Duración media de interrupción por usuario del sistema eléctrico

$t_i$  = Duración de cada interrupción

$u_i$  = Número de usuarios afectados en cada interrupción

$n$  = Número de interrupciones del periodo

$N$  = Número de usuarios del sistema eléctrico o concesionaria al final del periodo, según corresponda

Por otro lado, Machaca y Coila (2017) resaltan la importancia de la calidad de energía eléctrica para mantener el suministro en óptimas condiciones y no se produzca un daño de los equipos ocasionando un mal funcionamiento. En ese sentido, indican que, para los sistemas eléctricos, lo ideal es que la tensión de suministro se encuentre dentro de las normas ya establecidas; en ese caso, señalan que existen cuatro criterios que se deben cumplir:

1. El suministro eléctrico debe ser sin interrupciones, es decir, darse de manera continua.
2. Debe existir amplitud del voltaje y este debe encontrarse en los rangos aceptables.



3. Debe existir estabilidad de la frecuencia de la energía.
4. La energía eléctrica debe poseer una forma de onda senoidal.

Por el contrario, existen dos motivos, según señalan Berenguer et al. (2018), para que la calidad de energía eléctrica sea mala:

1. La acometida de la red eléctrica puede ocasionar mala calidad por las fallas del servicio de energía eléctrica en los edificios o industrias, lo cual produce un impacto en la facturación y producción. Asimismo, la medición se ve alterada y las lecturas en los contadores electrónicos resulta errada debido a armónicos en la red del sistema.
2. El segundo motivo por el cual decae la calidad de la energía eléctrica son las fallas en la instalación, por lo que se requiere un correcto análisis y diagnóstico para poder solucionar a tiempo aquellas deficiencias.

Asimismo, la mala calidad de energía eléctrica causados efectos a nivel técnico y económico, según se detalla en la Tabla 5.

En suma, la calidad del suministro eléctrico está relacionada con la existencia de la tensión de un punto de entrega, así, cuando esta tensión desaparece ocasiona una interrupción del suministro. Para medir el suministro es necesario utilizar indicadores; sin embargo, según indican Machaca y Coila (2017), no hay un indicador que pueda medir la calidad de suministro en su totalidad, por lo que se recurre a diversos indicadores asociados a cada característica que interesa medir.

En muchos casos, los indicadores establecidos para regular la calidad de suministro realizan un análisis de forma individual por cada cliente, en otros casos, la valoración se da de manera global, según el comportamiento del sistema eléctrico. En otras palabras, existen indicadores individuales que consideran el nivel de calidad de suministro de un usuario en particular y, por otro lado, se tiene indicadores globales que permiten observar el nivel de calidad de suministro medio del sistema eléctrico de una región (Machaca y Coila, 2017).

Finalmente, cada día la calidad de los servicios va ganando mayor importancia, lo que ha ocasionado que las empresas estén en la constante búsqueda de la implementación de estrategias en los procesos que les ayuden a alcanzar ese nivel de calidad que exigen los clientes y que les permitirán sobresalir sobre su competencia.



**Tabla 5**  
*Efectos de la mala calidad de la energía eléctrica*

| Efectos            |                 | Características                                                |
|--------------------|-----------------|----------------------------------------------------------------|
| Efectos técnicos   |                 | • Pérdida del rendimiento de la instalación                    |
|                    |                 | • Caídas de tensión                                            |
|                    |                 | • Pérdida de la capacidad en líneas de distribución de energía |
|                    |                 | • Ocurre una sobrecarga de conductores y transformadores       |
|                    |                 | • Pérdidas magnéticas en máquinas eléctricas                   |
| Efectos económicos | Costes visibles | • Mayor consumo eléctrico                                      |
|                    |                 | • Puntas de consumo eléctrico                                  |
|                    |                 | • Recargo de energía reactiva                                  |
|                    | Costes ocultos  | • Trato al cliente                                             |
|                    |                 | • Pérdidas de distribución                                     |
|                    |                 | • Pérdidas de potencia y energía                               |
|                    |                 | • Ampliación de instalaciones                                  |
|                    |                 | • Paradas de procesos productivos                              |

*Nota:* Tomado de Machaca y Coila (2017).

El esfuerzo por la satisfacción del cliente no debe venir únicamente de la empresa privada, sino también del estado, el cual muchas veces está encargado de brindar los servicios más básicos como la energía eléctrica (Mena, 2018).

## CAPÍTULO II

# LA IMPORTANCIA DE LA BASE DE DATOS Y EL RAZONAMIENTO BASADO EN CASOS

Las bases de datos, a lo largo del tiempo, han sido y son importante para las actividades que el ser humano realiza; puesto que permite almacenar una gran cantidad de datos de manera ordenada y sistemática en base a criterios que facilitan su empleo y clasificación. Evidentemente, gestionar la información y configurar la base de datos es una tarea que el individuo puede realizarlo sin mayores inconvenientes cuando se trata de cantidades no tan grandes de datos; pero cuando la información proporcionada es sumamente enorme, entonces es necesario apoyarse en sistemas de gestores de bases de datos que se encargan de realizar el proceso de forma autónoma y rápida (Mela et al., 2021).

En la actualidad, debido al desarrollo económico, tecnológico y social, las empresas manejan constantemente ingentes cantidades de datos que contiene información importante para su desarrollo (García y Catalina, 2018). Por ello, hoy en día las bases de datos para las organizaciones son imprescindibles, puesto que son como un banco de registro que les proporciona toda clase de fuentes, reportes y datos sobre su funcionamiento, rendimiento, calidad de servicio, etc.

Además, la implementación de una base de datos debe ir de la mano con un sistema que permita extraer toda la relación posible entre los datos almacenados, de tal manera que sirva como un recurso en la toma de decisiones. Para estos



casos el uso de la Inteligencia de Negocios o el Razonamiento Basado en Casos son sistemas de resolución de problemas y elaboración de estrategias que hacen un buen uso de la base de datos que se les proporciona.

## **2.1. La relevancia de la base de datos como almacenamiento de la información**

Actualmente, en el siglo XXI, todo lo que nos rodea son datos, elementos de información que para el ciudadano de a pie posiblemente carezca de sentido e importancia. Sin embargo, para las empresas comerciales, los datos se han convertido en el oro negro del siglo XXI, ya que, a partir de aquella información, pueden saber los gustos, comportamientos y actitudes de los compradores, también pueden saber las tendencias en el mercado, así como las perspectivas de comportamientos las empresas rivales (Rouhiainen, 2018). En este sentido, la frase del filósofo Francis Bacon “el conocimiento es poder” se ha convertido en una máxima vital para el mundo de la informática y para el mundo empresarial. Las empresas, en antaño, tenían que almacenar manualmente y de forma poco sistematizada toda la información que ellos consideran relevante en un espacio físico. El personal empleado para esta tarea, aunque especializado, tenía un límite de eficiencia, puesto que el proceso y sistematización de la información solo se podía realizar acorde a las posibilidades de operatividad del personal.

Por ello, según Valverde et al., (2019), cuando los dispositivos informáticos empezaron a aparecer, los empresarios y las instituciones públicas vieron en ellas una oportunidad de agilizar todo el proceso que implica administrar y gestionar una base de datos. Es así que la demanda de los gestores de bases de datos comienza crecer a ritmos sin precedentes, puesto que la información, a medida que el tiempo transcurría y los ritmos comerciales se desenvuelven, se iba convirtiendo cada vez más en un elemento con un valor económico considerable.

Por otra parte, el hecho que los empresarios puedan tener una base de datos amplia y organizada, permite que ellos puedan tomar decisiones más eficientes y con mayor carácter predictibilidad a largo plazo, lo cual brinda estabilidad y seguridad a la compañía que dirige. En cambio, si no cuenta con una información sistematizada, entonces las decisiones que pueda tomar aquel empresario serán, en su mayoría, deficientes y con menor carácter de predictibilidad. Entonces el desarrollo e incorporación de base de datos a las diferentes entidades, sea públicas o privadas, sea con fines de lucro o de servicio han reportado un enorme beneficio a la sociedad en su conjunto pues permite clasificar, relacionar, sis-



tematizar, ordenar y almacenar una gran cantidad de información que resulta indispensable para las actividades del día a día y para los proyectos a largo plazo (Rouhiainen, 2018).

Si se realiza una inspección breve desde un punto de vista histórico se podrá apreciar mejor la importancia de la base datos en el uso comercial y público. Varios autores coinciden que Herman Hollerith, inventor e ingeniero estadounidense, considerado el primer informático en la historia, fue el que marco el inicio para desarrollar sistemas que permitieran una sistematización y elaboración de una base de datos (Capacho y Nieto, 2017). Este personaje inventó, en los años de 1980 a 1990 una máquina tabuladora, la cual permitía registrar la información a mayor velocidad para obtener los resultados que se esperaban. Una de sus primeras aplicaciones fue en un censo, donde esta máquina utilizaba una cinta dividida en secciones que contenía la información que se utilizaba para censar a la población. Las personas, solo tenían que agujerear las tarjetas que solo tenían dos posibles respuestas: SI o No.

Entonces, de esta manera se podía realizar un censo más rápido lo cual permitía un registro más veloz de la información. Luego, recién en la década de 1950, con el desarrollo de los primeros sistemas computacionales se empezará a desarrollar una recepción y almacén cada vez más eficientes de los datos, puesto que se empezaron a utilizar las cintas magnéticas, la cuales son un soporte físico en las que se puede registrar un conjunto de datos (Boden, 2017). A pesar de representar un avance en el desarrollo informático sobre la base de datos, el sistema de cintas magnéticas presentaba inconvenientes, ya que la capacidad de almacenamiento era muy limitada y, además, el registro de la información era estrictamente secuencial, de tal manera que, si uno quería acceder a un tipo específico de dato, tenía que recorrer toda la secuencia informativa registrada en la cinta hasta llegar a la información que estaba buscando.

Recién en las postrimerías de la década de los setenta del siglo pasado, según Molero (2016), se empezaron a usar los discos fijos, los cuales permitían un acceso a los datos de manera directa y no secuencial como las cintas magnéticas. Esto representó un gran avance y a la vez un hecho de sumo interés para las compañías, puesto que, con el uso de los discos fijos, el uso de la información almacenada era más rápida, además que se podía establecer compartimentos entre los niveles de información, lo cual permitía un proceso de sistematización más óptimo. Gracias al uso de los discos fijos o duros se puede desarrollar la base de datos de red y la base de datos jerárquica. La implementación de esta base de da-



tos ayudaba en gran medida a registrar información registrada en listas y árboles para que se puedan almacenar con facilidad en los discos fijos.

A medida que los años transcurrían, los empresarios empezaron a ejercer una presión en el ámbito informático para que puedan desarrollar mejores bases de datos, es por ello que en el año de 1980 aproximadamente, se creó el sistema de base de datos relacional. Sin embargo, en sus inicios, por su complicada articulación, la base de datos de red y la jerárquica mantenían cierto predominio (Beynon-Davies, 2014). No fue hasta finales de la década del 80 que el modelo relacional logró imponerse a los otros modelos de datos. La razón estriba en que el modelo relacional permite almacenar una gran cantidad de información en menos tiempo que otras bases de datos y, además, asegura que la información almacenada no se repita, puesto que, al estar agrupada en tablas, posee columnas y registros que permiten una mejor distribución de la información.

En la década de 1990, por su parte, se diseñó el lenguaje SQL, una herramienta que es utilizada para la toma de decisiones en base de datos enormes, cuando se trata de atender a consultas tanto por parte de los mismos en empresarios como de los usuarios (Pisco et al., 2017).

Después de realizar un breve recorrido histórico sobre el uso y desarrollo de la base de datos, así como algunos modelos que permiten un mejor empleo del mismo, ahora se va distinguir propiamente entre una base de datos y un sistema de gestión de bases de datos.

Una base datos, según Actis et al., (2020), es una colección sistematizada de datos que son signos representacionales de la realidad, además son datos que están almacenados en base a un criterio o jerarquía de tal manera que presentan un sentido lógico en la manera cómo han sido guardados. Poseer un conjunto de datos enorme, pero sin ninguna distribución y orden, no representa una base de datos. Además, aquella información que se encuentra almacenada tiene la característica potencial que puede ser compartida y usada por una gama múltiple de usuarios independientemente de los usos que se le pueda dar.

Por otra parte, un sistema de gestión de base de datos, es un software que permite gestionar y almacenar grandes cantidades de información en una base de datos a nivel informático (Amoroso y Costales, 2016). El propósito de un gestor de base de datos es, por un lado, diseñar un almacenamiento ordenado de la información y, por otro lado, proporcionar un acceso rápido a la información



para su uso. La información que se encuentra almacenada tiene que ser confiable, segura y compartida, así como el sistema tiene que caracterizarse por su eficiencia operacional.

Los objetivos de los sistemas gestores de base de datos, según Beynon-Davies (2014), son los siguientes:

- Independencia de los datos y los programas de aplicación.
- Minimización de la redundancia
- Integración y sincronización de las bases de datos
- Integridad de los datos
- Seguridad y protección de los datos
- Facilidad de manipulación de la información
- Control centralizado

Los gestores de bases de datos, de acuerdo a lo mencionado, se caracterizan por presentar un ciclo de gestión de la información, el cual se divide en cuatro pasos generales.

### *2.1.1. Captura de la información*

Esto se hace gracias a la aplicación de software que recopila información de diversos sitios web o diversas fuentes de información, como los teléfonos móviles o contadores de electricidad de una casa, GPS de los vehículos, etc., (Capacho y Nieto, 2017). La gestión de la información a través de diversas API (*Application Programming Interfaces*) creadas a tal efecto o servicios como *Apache Flume* (diseñado para recopilar enormes volúmenes de datos).

### *2.1.2. Almacenamiento*

Esto depende del uso y del tipo de información que se ha almacenado, puesto que si los datos son estructurados entonces pueden aplicarse medios tradicionales como tablas u hojas de cálculo. En cambio, si se trata de datos no estruc-



turados puede recurrirse a sistemas como el NoSQL. Finalmente, si el volumen de la información es sumamente amplio y, además, si se ha recurrido a diversas bases de datos para su obtención entonces el programa más recomendable es el Hadoop (Oracle Cloud, 2021).

### 2.1.3. Tratamiento

En esta parte del proceso, los lineamientos están determinados por el uso que se le pretenda brindar a los datos que han sido almacenados, puesto que se puede usar simplemente para clasificar la información y tener un sistema meramente informativo o también se puede generar un uso más rentable como establecer patrones o esquemas predictivos (Navas et al., 2018).

### 2.1.4. Puesta en valor

En este caso se afirma que el valor de los datos es máximo cuando se encuentran relaciones entre los mismos que no se habían contemplado o no se esperaba que pudieran entrelazarse de una determinada manera. Para ello el uso de programas como *Machine Learning* pueden ayudar a encontrar una diversidad de patrones que yacen escondidos tras la amplia gama de datos.

## 2.2. Relevancia de la *Big Data* la gestión de la información compleja

Con el término *big data*, según la Facultad de Estudios Estadísticos de la Universidad Complutense de Madrid (UCM) (2021), se alude a aquellos datos que contienen provienen de diversas fuentes de bases de datos y, por ende, presentan una enorme variedad en la información, así mismo, producto de la afluencia constante de información la *big data* se caracteriza por presentar volúmenes gigantescos de registros y también se caracterizan por que la manera como afluye a es sumamente veloz. Cabe precisar que es una condición necesaria que la información provenga desde diversas fuentes de bases de datos, puesto que, si solo proviene de solo una fuente, entonces no podría considerarse aquellos datos como *big data* (Márquez, 2020).

Además, como enfatiza *Oracle Cloud* (OCI) (2021), el volumen de información que encierra los *big data* es tan enorme que los sistemas de procesamiento tradicionales de información, incluso en algunos casos el sistema relacional, no pueden sistematizar y procesar todo ese flujo continuo de datos. No obstante, frente a estos casos se utilizan sistemas de bases de datos no relacionales que



permiten la gestión óptima de aquellos datos, lo cual es muy útil para grandes compañías empresariales que diariamente trabajan con exorbitantes volúmenes de información (Morales y Morales, 2017).

Antes de mencionar las características de la *big data*, de acuerdo con Gómez (2021), es necesario distinguir entre los tipos de datos que se emplean:

- **Datos Estructurados:** Son los que usualmente se han empleado en el tratamiento convencional de los datos. Entre los rasgos principales se encuentra que pueden ser fácilmente estructurados en tablas y, además, se caracterizan por que están clasificados en una excelente definición de longitud y formato. Ejemplos de datos estructurados son valores numéricos, fechas, direcciones, monedas. El sistema de gestión más idóneo para trabajar con este tipo de datos es el sistema relacional (Hernández-Leal et al., 2017).
- **Datos no estructurados:** Se trata de datos que no presentan modificación alguna y de esta manera son almacenados. Carecen de un formato adecuado que permita que sean almacenados de una forma convencional, ya que la forma cómo están dispuestos los datos no facilita su comprensión y, por ende, su posterior clasificación (Millán, 2017). Ejemplos de datos no estructurados son los correos electrónicos, los mensajes de textos, los documentos en formato Word o PDF, imágenes o videos, etc.
- **Datos semiestructurados:** Son datos que presentan cierta estructura, pero no posee una estructura óptima como para que puedan ser catalogados como datos estructurados. Solo manifiestan algunos patrones que brindan alguna información sobre las relaciones que se establecen entre los mismos datos. El HTML es un ejemplo paradigmático de este tipo de datos.

### 2.2.1. Las cinco V de la *big data*

#### 2.2.1.1. Volumen

El número de los datos disponibles es relevante. No obstante, según Gutiérrez (2018), debe tenerse en cuenta que aquella cantidad de datos son datos no estructurados, es decir, un conjunto de información desorganizada que tendrá que ser procesada. El valor de aquellos datos está en función de las fuentes y el interés que el agente pueda tener, ya que, al provenir de múltiples servidores, el valor de los datos no necesariamente es el mismo. Así mismo, la cantidad de



datos que una compañía pueda registrar pueden ser desde centenas de terabytes hasta cientos de petabytes.

#### 2.2.1.2. Velocidad

Alude al proceso de eficiencia de cómo los datos son recopilados. Dado que la velocidad es sumamente enorme los datos son transmitidos a la memoria del dispositivo (Gandomi Y Haider, 2014).

#### 2.2.1.3. Variedad

Antes los datos que usualmente aparecían eran los datos estructurados, aquellos datos sistematizados que fácilmente se podían trabajar a partir del uso de sistema de bases de datos relacionales. Sin embargo, aquellos no son los únicos tipos de datos, ya que también se encuentran los datos semiestructurados y los datos no estructurados. Estos se caracterizan por ser uno conjuntos de datos que no están esquematizados y, por ende, ordenados. De ahí que sea necesario emplear sistemas no relacionales para su manipulación, puesto que se demandan de una gestión adicional que permita comprender los significados que encierran (Gutiérrez, 2018).

#### 2.2.1.4. Valor

El valor de los datos se asume algo propio de ellos y esto muy bien lo saben las grandes compañías comerciales, por ello es que éstas están orientadas a contar con enorme volumen de datos que a partir de la estructuración sistemática podrán descubrir patrones y esquemas de información que les permitirán un mejor política en su desarrollo empresarial, ya que estos datos les permite conocer el comportamiento de los usuarios, sus gustos, así como las opiniones sobre la empresa, sus servicios y productos que ofrece (Gutiérrez, 2018).

#### 2.2.1.5. Veracidad

Esto es una caracteriza que en los últimos años se ha venido prestando atención, ya que de nada sirve una multiplicidad de datos sino se tiene la plena certeza que son veraces y, por ende, útiles para los fines que se ha estipulado.



### 2.3. El uso de la Inteligencia de Negocios (BI)

Las entidades empresariales son extremadamente conscientes de la gran utilidad y ventaja que implica disponer de una información sobre sus clientes, los procesos que realizan, los productos que ofrecen y de grado de satisfacción que sus servicios puedan reportar en los usuarios. Es por esta razón que las organizaciones se han enfocado con suma necesidad en aprender a gestionar los datos de manera inteligente y adecuada para diseñar procedimientos que les permitan mantenerse en el mercado comercial. (López-Robles et al., 2020).

Es por ello que la inteligencia de negocios, inteligencia empresarial o *Bussiness Intillegent* (BI) representa una herramienta imprescindible para cualquier organización; puesto que la BI consiste en la interrelación de tecnologías y procesos que permite transformar la información que la empresa posee en un conjunto sistematizado de datos que pueden servir de conocimiento para la implementación de planes estratégicos tanto a nivel administrativo como comercial (marketing). De esta manera la inteligencia de negocios, según Mora-Vicarioli et al. (2021), se convierte en parte intrínseca de la estrategia comercial, dado que le permite mejor toma de decisiones para garantizar las metas empresariales.

Los factores que la inteligencia de negocios, acorde a lo planteado por Ahumada y Perusquia, (2016) permite corregir y superar son:

El primero de ellos es el hecho de convertir los datos que se poseen en verdadera información. Los datos por sí mismos no son informaciones, poseen valor; pero no reporta utilidad alguna si solo se encuentran almacenados y no se ha dispuesto su ordenamiento y correlación para encontrar patrones relevantes que puedan servir para la empresa. Es por eso que es importante llevar un minucioso registro de los clientes, empleados, las compras, ventas, gastos, gustos, etc. Esta secuencia de datos, a través de un sistema relacional, podrá develar una serie de configuraciones que permitirá conocer con mayor profundidad y certeza los distintos índices que se están evaluando.

Otro factor es que las empresas incurrir en la fragmentación de la información que manejan en el sentido que cada departamento maneja sus propios procedimientos de elaborar la información y justificar los procesos que utiliza para ello. El inconveniente de esto es que cuando se desea tener una visión global de los reportes de la empresa, pueden surgir disparidades en el proceso de toma de decisiones por parte de la gerencia. De ahí que la inteligencia de los negocios se presente como una opción idónea que permita articular la información de todos



los departamentos involucrados con el fin de proporcionar datos sistematizados que puedan ayudar en una toma de decisiones más ágil y eficiente (Córdova et al., 2020).

Finalmente, un último factor que la inteligencia de negocios permite superar es la poca agilidad y el bajo nivel de rendimiento que las empresas manifiestan con el procesamiento de los datos y con la toma de decisiones, producto de la carencia de información manual y la desfragmentación. La BI permite que la empresa se adecue con facilidad a los cambios que el mercado pueda presentar y las necesidades que los usuarios puedan demandar.

Por otra parte, tal como lo remarca Aucancela (2019), los beneficios que la inteligencia de negocios puede reportar son las siguientes:

- Manejar y guiar el crecimiento empresarial
- Realizar un control de costos adecuado
- Desarrollar una mejor comprensión de las necesidades de los usuarios
- Optimización de los indicadores de gestión como el monitoreo, el análisis y la administración

En la Figura 1 se observa el desarrollo temporal del BI.

#### **2.4. El Razonamiento Basado en Casos (CBR): uso y características**

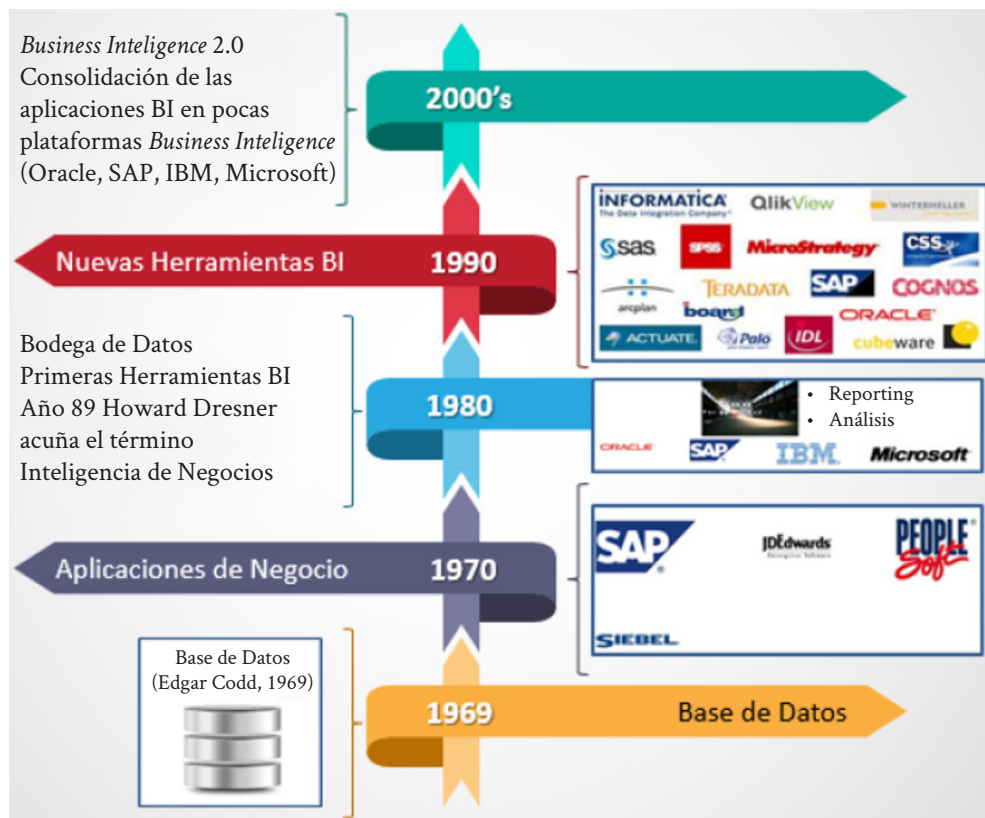
En muchas áreas del conocimiento los profesionales tales como carpinteros, médicos, bomberos, ingenieros o cocineros utilizan la experiencia acumulada para solucionar problemas nuevos. Esta estrategia, según Rodríguez et al. (2019), se sustenta en la hipótesis de que problemas similares tienen soluciones similares. De tal manera que la generalización de esta afirmación se puede considerar como una forma de explicación para el Razonamiento Basado en Casos (CBR, por sus siglas en inglés *Case Based Reasoning*).

Por otra parte, Hernández-Leal (2017), señala que a diferencia de otros métodos que ponen un énfasis en tener un conocimiento especializado de un área en específico, el CBR no requiere una exhaustiva preparación ni la decodificación del conocimiento mediante complejas reglas de construcción.



**Figura 1**

*Línea del tiempo del Business Intelligence (BI)*



*Nota:* Tomado de Román (2017).

El CBR solo implica un grupo de datos informativos que van a relacionar los problemas planteados con sus respectivas soluciones. Los casos que tienen éxito son almacenados en la base de datos, ya que pasan formar parte del historial de experiencia que podrá ser usado para la resolución de nuevos problemas. Además, también se pueden almacenar los casos que resultaron fallidos, ya que esto serviría para advertir al sistema de procedimientos o pautas de solución a evitarse, con la finalidad de agilizar el proceso de resolución (Wu et al., 2017).

Un precursor de los trabajos de CBR fue Roger Schank, psicólogo cognitivo y teórico de la inteligencia artificial a partir de su trabajo en el Modelo de Memoria Dinámica. Este aporte se caracterizaba porque registraba y recordaba si-



tuaciones pasadas, así como podía retener la información que en el pasado se empleó para resolver un problema determinado.

El razonamiento basado en casos, según Blanco (2017), ha sido definido como un paradigma, una metodología y una estrategia, a pesar de las distinciones semánticas que existen entre aquellos términos. A pesar de este impase, las definiciones que se han ofrecido coinciden y captan el significado esencial del CBR: es un procedimiento que se enfoca en proponer soluciones novedosas al sustentarse en la manera cómo los problemas de naturaleza similar fueron resueltos en el pasado. En este sentido, se puede concluir que los CBR simulan la manera de cómo los individuos proceden, a nivel discursivo y conductual, para la resolución de los problemas al usar sus experiencias pasadas como mecanismos de aprendizaje continuo.

**Tabla 6**

*Las ventajas y desventajas del Razonamiento Basado en Casos (CBR)*

| Ventajas                                                                                | Desventajas                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Reduce las tareas correspondientes a la adquisición de conocimiento.                    | Los casos que se presentan son acumulativos y ello supone que la actualización de la base de datos se realice con mayor frecuencia y eficiencia |
| Evita repetir los errores que se realizaron en el pasado                                |                                                                                                                                                 |
| Provee flexibilidad en el modelado del conocimiento                                     |                                                                                                                                                 |
| Razonamiento en dominios que no han sido completamente entendido, definidos o modelados |                                                                                                                                                 |
| Se pueden realizar predicciones de éxito de las soluciones propuestas                   | Se debe inspeccionar si el dominio que se pretende utilizar presenta las características que se señalan                                         |
| Razonamiento en un dominio con un conocimiento reducido                                 |                                                                                                                                                 |
| Evita que se repitan todos los pasos para hallar la solución                            |                                                                                                                                                 |
| Proporciona medios de explicación                                                       |                                                                                                                                                 |
| Puede ser utilizado en diferentes dominios                                              |                                                                                                                                                 |
| Emula el razonamiento humano                                                            |                                                                                                                                                 |

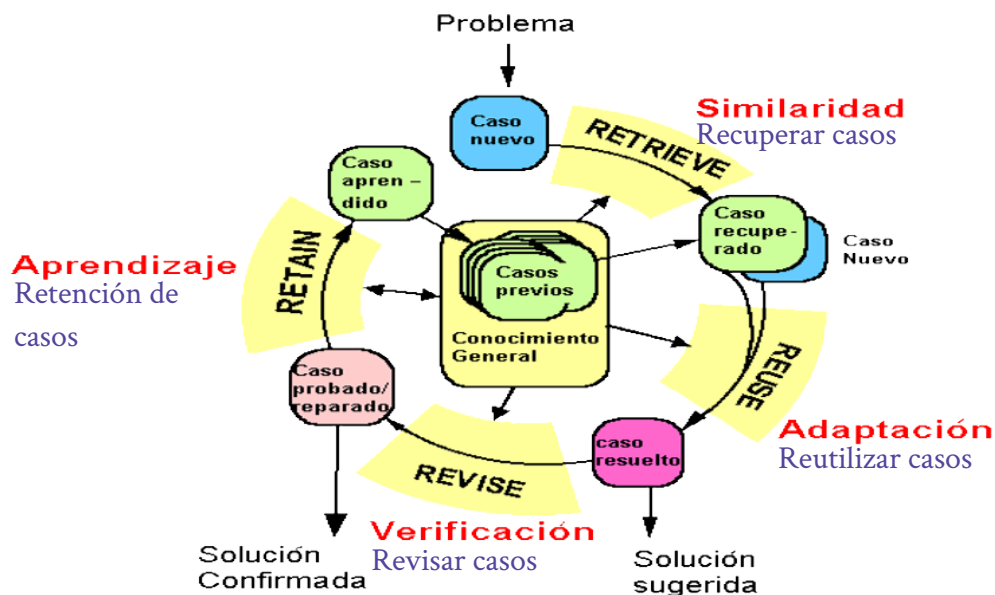
*Nota:* Adaptado de Ortiz et al. (2017).



Por otra parte, para comprender mejor el proceso y operatividad del CBR, se ha estructurado a modo de esquema un ciclo que consta de cuatro pasos (conocido como las 4R): recuperar (*Retrieve*), reutilizar (*Reuse*), revisar (*Revise*) y retener (*Retain*), tal como se observa en la Figura 2.

**Figura 2**

*Ciclo del CBR*



*Nota:* Tomado de Román (2017).

- **Recuperar casos:** La idea es recurrir a la base de datos para hallar los casos más similares a los que el problema actual nos plantea. Por ello, en palabras de Flores (2019), es importante delimitar el dominio y las características que el problema en cuestión presenta. Además, también es necesario usar problemas apropiados que permitan identificar, mediante su empleo, los casos más similares. Estos programas pueden ser redes neuronales, sistemas difusos, redes bayesianas, teorías del caos, etc.

Aparte de recuperar casos requeridos, también se encarga de organizar la información sobre el caso base en listas rectilíneas o armazones indexados, dependiendo del tamaño del caso y de almacenar la data en *databases* o memoria principal.



- **Reutilizar casos:** Una vez que se han identificado los casos que servirán como referencia para hallar la solución al problema presente, el paso que sigue es evaluar los casos escogidos y seleccionar las soluciones más idóneas y semejantes (Ortiz et al., 2017). Para realizar esta tarea se puede apelar a tres criterios puntuales: la sustitución (o derivacional), es decir, usar una solución de un caso anterior sin necesidad de insertar una modificación; la transformación, consiste en modificar la solución o soluciones de tal manera que encaje con el problema a resolver y; finalmente, la adaptación generativa (o composicional), la consiste en utilizar los componentes útiles que proporcionan las soluciones de los casos anteriores y utilizarlos como una esquema que nos permita, a partir de examinar el problema, hallar la solución propia y acorde al contexto.
- **Revisar casos:** Según el dominio al cual se aplique la CBR esta etapa puede presentar diversas formas de proceder, aunque en la mayoría de los casos, como señala Blanco (2017), se puede identificar dos subprocesos: El primero de ellos consiste en evaluar si la solución que se ha configurado es la correcta, para ello es necesario que intervenga un especialista en el campo y verificar si la solución resulta satisfactoria. El segundo subproceso surge siempre y cuando la solución no sea la adecuada y sea necesario realizar una modificación, para ello la lógica difusa se presenta como una opción de referencia a tomar en cuenta.

Para proceder con la revisión de la data, es preciso que se adopte ciertos criterios como los sucesivos: medidas de subsanación de la solución, la calidad de la solución y otros, por ejemplo, las predilecciones del usuario a fin de cumplir, adecuadamente, los subprocesos de esta fase.

- **Retención de casos:** Consiste en almacenar la solución en la base de datos para que pueda servir de referencia a problemas futuros. Aunque, el proceso de almacenamiento tiene que realizarse en base a algunos criterios: saber si la solución nueva es significativamente diferente a las soluciones que se encuentran en la base de datos y determinar el dominio exacto donde la solución presenta algún grado de eficacia. Además, en esta etapa se puede utilizar redes neuronales artificiales (ANNs), puesto que las soluciones usualmente responden a dominios complejos y la clasificación de los casos se basan en un nivel no lineal (Wu et al., 2017).



#### *2.4.1. CBR en la actualidad*

A partir de 1988, diversos autores como Roger Schank, Bruce Porter aportaron para el CBR con sistemas como JUDGE, SWALE y PROTOS en Estados Unidos. Posteriormente, en 1991, el interés por estos sistemas comienza a surgir y, por consiguiente, nuevos grupos nacen como el Workshop Europeo. En la actualidad, las investigaciones en torno al CBR se han extendido por diversas partes del mundo, hecho que ha originado grupos de estudio enfocadas en el CBR en más de un total de 35 instituciones y universidades. Asimismo, en el campo comercial, ya se emplean 15 herramientas que toman en cuenta al CBR y existen un sinnúmero de aplicaciones. En cuanto al marco científico, se han evidenciado múltiples eventos como conferencias a nivel nacional e internacional que tratan al CBR.

El CBR o RBC, tal como se señala en González (2020), se exhibe como una estrategia que aprende datos y provee resultados con un equilibrio régimen de convicción, lo cual se califica de utilidad para el momento de tomar decisiones en una entidad. En la actualidad, sigue siendo parte de las herramientas usadas para encarar problemas institucionales.

## CAPÍTULO III

# USO DE LOS SISTEMAS INTELIGENTES Y LOS SISTEMAS EXPERTOS

Los sistemas inteligentes se enmarcan dentro de la historia de la inteligencia artificial, puesto que ambas nacen con el propósito de emular la forma de cómo razona, actúa y procesa la información un ser humano altamente capacitado en un área de conocimiento (Cabanelas, 2019). Evidentemente el campo de la inteligencia artificial es sumamente amplio, ya que se avoca a la memorización o almacenamiento de información, el aprendizaje de conocimientos, la resolución de problemas de diversas índoles, la inferencia y deducción lógica, reconocimiento de formas, la efectividad en la toma de decisiones, la comprensión del lenguaje natural y la modelación de diversos problemas teóricos, etc.

Además, según la división que estableció el filósofo J. Searle, la inteligencia artificial se puede comprender en dos sentidos bien diferenciados: el sistema inteligente fuerte y el sistema inteligente débil. El primero de ellos, según Vidal et al. (2019), asume que se podría construir un sistema que pudiera emular todas las funciones de la mente humana, de tal manera que no sería como una mente, sino que en sentido estricto es una mente.

Esto implica que aquel sistema artificial podría tener todas las facultades cognitivas de una persona y manifestar incluso una inteligencia muy superior a la que posee un ser humano altamente capacitado. Por su parte la inteligencia artificial



débil, es aquella que solo se abocaría a emular o reproducir una cualidad cognitiva o procedimental del ser humano, sin pretender abarcar o emular otras. Esta pretensión es más realista y factible que la anterior; por ello, en la actualidad la inteligencia artificial que se ha desarrollado ampliamente es la de tipo débil, puesto que un ordenador o programa puede superar fácilmente las capacidades de un ser humano si solo se aboca a ejecutar una tarea específica.

Entonces, los sistemas inteligentes son una forma de inteligencia artificial débil, puesto que están orientados fundamentalmente a emular el comportamiento cognitivo del ser humano, principalmente en la resolución de problemas y en la toma de decisiones. Mientras que los sistemas expertos son una subdivisión o tipo paradigmático de sistemas inteligentes que cumplen los propósitos señalados, mediante el uso de una base conocimiento y una máquina de inferencia que les permite proceder mediante razonamientos lógicos predeterminados igual o mejor que un especialista humano (Mariño y Alfonso, 2020).

### **3.1. Un breve alcance teórico sobre los sistemas inteligentes: el caso del sistema experto**

En el año 1997 sucedió un hecho memorable y que quedó registrado en la historia. Se trata de la derrota del campeón mundial de ajedrez de ese entonces, Garri Kaspárov, por un ordenador inteligente llamado Deep Blue. Este acontecimiento plantea una serie de interrogantes sobre los alcances, la utilidad y el valor de la inteligencia artificial para la sociedad globalizada en la cual vivimos (González, 2021).

En 1956 durante la conferencia de Dartmouth Collage, Joe McCarthy Marvin Minsky y Claude Shannon emplearon el rótulo inteligencia artificial por primera vez y demarcan como el arte y la capacidad de elaborar máquinas inteligentes, especialmente, programas de cálculo inteligente.

En otros términos, es la emulación de secuencia de inteligencia humana llevada a cabo por máquinas. Esta forma de definir la palabra inteligencia artificial el término inteligencia artificial se basa en el presupuesto hipotético de que la inteligencia y el pensamiento no son facultades exclusivas de los seres humanos, es decir, no serían las únicas entidades exclusivas de tales características, sino que la inteligencia al ser una forma de computación, podría eventualmente replicarse en su dinámica a través de sistemas inteligentes de carácter artificial.



Por otra parte, Medinaceli y Silva (2021), consideran que el término inteligencia artificial se puede entender de tres maneras: Como un sistema que trata de emular cómo piensan los seres humanos, como un sistema que tiene el propósito de actuar como el hombre o como un sistema cuya característica principal es proceder racionalmente.

**Tabla 7**

*Historia de la Inteligencia Artificial*

| Año  | Suceso                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1842 | La matemática Ada Lovelace visualiza el potencial de las maquinas                                                                                                                                                                                            |
| 1921 | Karel Čapek introduce la palabra <i>robot</i> para designar a personas artificiales                                                                                                                                                                          |
| 1943 | Warren McCulloch y Walter Pitts proponen el primer modelo matemático de las neuronas                                                                                                                                                                         |
| 1950 | Alan Turing propone un test para saber si una máquina exhibe un comportamiento inteligente                                                                                                                                                                   |
| 1956 | John McCarthy acuñó el término <i>inteligencia artificial</i>                                                                                                                                                                                                |
| 1961 | El robot industrial, Unimate, se convirtió en el primero en trabajar en una línea de montaje de General Motors                                                                                                                                               |
| 1964 | Joseph Weizenbaum desarrolló ELIZA, el primer <i>chatbot</i> que podía conversar funcionalmente en inglés con una persona                                                                                                                                    |
| 1986 | En un artículo muy influyente, Rumelhart, Hinton, y Williams, popularizan el algoritmo de retropropagación para entrenar redes neuronales multicapa.<br>Michael I. Jordan introdujo una arquitectura para el aprendizaje supervisado en secuencias de datos. |
| 1997 | Deep Blue, una computadora que juega al ajedrez derrota al campeón mundial, Garry Kasparov                                                                                                                                                                   |
| 2002 | El primer robot de éxito comercial para el hogar: una aspiradora autónoma llamada Roomba.                                                                                                                                                                    |
| 2009 | Fei-Fei Li lanzó <i>ImageNet</i> , una base de datos gratuita. Los investigadores de IA comenzaron a usarla para entrenar redes neuronales para catalogar fotos e identificar objetos                                                                        |
| 2012 | Una red neuronal convolucional se utiliza para ganar el concurso de reconocimiento de imágenes sobre <i>ImageNet</i> , con un rendimiento sobrehumano por primera vez.                                                                                       |



| Año           | Suceso                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2014          | Ian Goodfellow introduce las redes generativas adversarias (GAN) que utilizan dos redes neuronales enfrentándose una contra la otra para generar nuevas instancias sintéticas de datos. Se utilizan ampliamente en la generación de imágenes, video y voz<br>Amazon lanza Alexa, un asistente virtual inteligente con interfaz de voz |
| 2015-<br>2016 | Se lanzan dos librerías de código abierto <i>TensorFlow</i> y <i>PyTorch</i> , que rápidamente se popularizan como el software por defecto para desarrollar proyectos de aprendizaje automático                                                                                                                                       |
| 2017          | La IA de Google, <i>Alpha-Go</i> , vence al campeón mundial Ke Jie en el complejo juego de mesa de Go.                                                                                                                                                                                                                                |
| 2018          | Google desarrolló BERT, la primera “representación de lenguaje bidireccional y sin supervisión” que se puede utilizar en una variedad de tareas de lenguaje natural, como responder preguntas                                                                                                                                         |

**Nota:** Tomado de Abeiluk y Gutiérrez (2021).

En la Tabla 6 se proporciona un esquema que muestra de manera resumida los cambios y acontecimientos más significativos en el desarrollo de la inteligencia artificial. Como se ha podido apreciar la inteligencia artificial cuenta con diversas áreas de interés, como son la robótica, redes bayesianas, la visión artificial, las redes neuronales, y entre muchas otras, se encuentran los sistemas expertos. Un área que es un acercamiento muy efectivo a la solución de planteamientos usuales de la guía en la programación de inteligencia.

Los sistemas expertos, aproximadamente, empiezan a aparecer por los años 60. Por aquella década se suponía que solo era suficiente aplicar unas leyes de razonamiento en conjunción con el progreso del desarrollo computacional para obtener resultados maravillosos. El primer científico, según Garvey (2021), que elaboró programas que se basaban en leyes de razonamiento fue Herbert Simon, quien diseñó el *General Problem Solver* (GPS). Este sistema estaba en la capacidad de afrontar retos tipo *puzzle* como el de las Torres de Hanoi y otros de naturaleza similar aplicando la criptoaritmética (Minotta, 2017). Sin embargo, este programa, a pesar de su alto diseño tecnológico, aún no podía afrontar retos mucho más sencillos y usuales como brindar un buen diagnóstico médico, por ejemplo.

Los sistemas empezaron a desarrollarse, básicamente, porque la sociedad tenía una necesidad real y efectiva, la cual era afrontar los problemas cada vez más complejos de procesamiento y razonamiento que sobrepasaba las capacidades



de un individuo especializado cuando trataba de aplicar su razonamiento a un problema determinado (Peña et al., 2017). Además, la manera cómo los sistemas expertos se empezaron a diseñar y, raíz de ello, a consolidar como un área de investigación altamente productiva fue su enfoque metodológico: No se centraron en intentar resolver problemas que abarcan un dominio extenso del conocimiento humano, sino que su interés y acierto estuvo en enfocar en resolver problemas de un área específica del conocimiento, tal como pueden la física, la química, la medicina, el transporte, entre otros.

Desde una perspectiva histórica, uno de los primeros sistemas expertos que se diseñaron y aplicaron a verdaderos problemas, planteados fuera de laboratorio, era el que desarrolló Edward Feigenbaum y el genetista Joshua Lederberg. El nombre de aquel sistema experto se llamaba *Dendral* y su propósito era analizar e inspeccionar sustancias químicas para hallar estructuras moleculares (Asija y Kahur, 2018).

En este sentido, *Dendral* era un sistema que ayudaba a los químicos a determinar la estructura molecular de un compuesto desconocido. Aunque, el uso de este programa originó que otras áreas del conocimiento, como la medicina, la industria e incluso el comercio, se interesan por la viabilidad de aplicación en sus campos (Yaya-Lévano y Angulo-Altamirano, 2020).

Otro sistema experto que generó gran expectativa fue el programa Mycin, un sistema artificial que servía para el tratamiento de infecciones de la sangre (Haddfeg y Flore, 2016). Fue desarrollado por Edward Shortliffe en 1972 en la Universidad de Stanford. Mycin trataría diagnosticar a los posibles pacientes a en base a los síntomas que pudieran reportar y a los resultados que se obtenían de las pruebas médicas, por ello el programa necesitaba que el paciente respondiera a una serie de preguntas con la finalidad de que el diagnóstico pueda ser lo más acertado posible.

Es así que, una vez obtenido el diagnóstico revela la lista de las posibles bacterias o agentes patógenos culpables de la dolencia y, además, indica el índice de confiabilidad (Sánchez, 2017). Aunque Mycin fue un sistema experto con un índice alto de asertividad, no llegó a emplearse en los hospitales, porque generaba algunas controversias de carácter ético; es decir, si en caso el programa llegará a errar en su diagnóstico y, además, el paciente resultara perjudicado el tratamiento brindado en base al diagnóstico, el responsable de aquella negligencia serían los médicos, a pesar de que ellos no brindaron el diagnóstico.



Más tarde en 1980, en la compañía Digital Equipment Corporation se diseñó el sistema experto *XCon*. Este programa es trascendental porque gracias a su desarrollo e implementación, el interés por los programas basados en sistemas expertos aumentó considerablemente, lo cual significaba que en el rubro comercial empezará a tener un impacto significativo. El ámbito de aplicación de *XCon* es el sistema de computadoras. Su trabajo consistía en asegurar que los pedidos estuvieran completos y además atender las demandas de reposición, asesoramiento o ensamblaje; ya que este sistema procedía eficientemente a la hora de ensamblar los componentes de un equipo computacional de acuerdo a los requerimientos del cliente. (Proaño et al. 2017).

Finalmente, entre la década de los 80' y 90' se crearon múltiples sistemas expertos, entre los que resalta el sistema *Delta*; ya que fue diseñado para agilizar los procesos de diagnóstico y reparación de las averías en las locomotoras en la compañía *General Electric Company* (Hadfeg y Flore, 2016).

### 3.2. El Sistema Experto: una introducción

Un sistema experto, según Kolovos et al. (2015), es un sistema que emula la capacidad intelectual y procedimental de resolver problemas y tomar decisiones igual o superior a como lo hace un individuo especializado en un campo de conocimiento. El término emular implica que un sistema experto tiene el propósito de proceder en todos los casos como un especialista, de ahí que una emulación implica mucho más que una simple simulación, puesto que la simulación solo se refiere a que en algunos aspectos actúe como se manifiesta en la realidad.

Entonces, los sistemas expertos son programas que tienen la finalidad de emular la manera cómo razona y actúa un especialista en un área de conocimiento particular, de tal manera que pueda resolver los problemas de una forma más efectiva, rápida y productiva. Así mismo, se espera que los sistemas expertos, gradualmente, incorporen nuevos conocimientos y experiencia a sus bases que les permitirá una mejora continua en sus procesos a largo plazo.

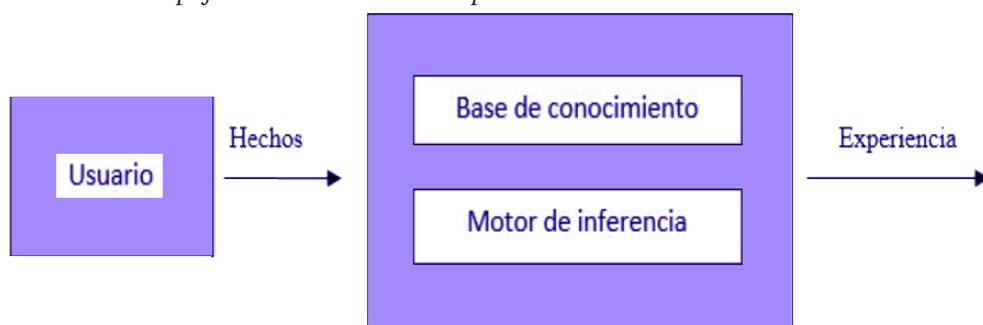
Estos sistemas inteligentes son diseñados para proceder como un especialista humano en un área particular del conocimiento humano (Vargas, 2017). Con el término dominio se hace referencia a un área específica del conocimiento donde una persona altamente capacitada puede desenvolverse con facilidad para resolver problemas. En este caso, los sistemas expertos, proceden de manera análoga a como lo hace un especialista, puesto que se desenvuelven también en un cam-

po de conocimiento particular. De tal manera que el sistema inteligente se ubica entre el especialista y el usuario, donde el primero inserta todo su conocimiento en el sistema y el segundo utiliza aquel conocimiento para resolver un problema con el mismo nivel de operatividad y eficacia que el especialista en cuestión.

El sistema experto emplea para tal propósito la información que tenga almacenado y, además, algunos métodos de inferencia; por su parte, el usuario está en la capacidad de aprender mediante la observación el comportamiento del sistema; en este sentido, el sistema experto puede considerarse bajo dos aspectos: como un medio que permite resolver problemas y como un medio que transmite y almacenar conocimiento (Escobar, 2018).

### Figura 3

*Estructura simplificada de un sistema experto*



*Nota:* Tomado de Vargas (2017).

En la Figura 3 se puede evidenciar que el acto inicia cuando el usuario brinda información o un conjunto de hechos al sistema experto (el cual posee una base de conocimientos y un motor de inferencia) y acto seguido obtiene una respuesta o experiencia.

Cada componente del sistema experto sirve para que el programa en su conjunto funcione integralmente, ya que cada uno de sus componentes, la base de datos, el sistema de interfaz, la máquina de inferencia, etc., operan articuladamente con la finalidad de que se obtenga una solución al problema planteado, a la consulta formulada o a la agilización de un proceso en específico.



### 3.3 Función y componentes de Sistema Experto

#### 3.3.1. Base de conocimientos o reglas

Usualmente, este componente se asume que es una especie de memoria perenne en la que se encuentra almacenado todo el conocimiento o la experiencia del experto sobre un área específica del conocimiento. Por ello, el contenido que pueda estar registrado resulta de suma relevancia, puesto que ayudará eventualmente a la resolución de los problemas que puedan plantearse dentro del contexto o dominio específico (Proaño et al., 2017).

Además, la información que ha sido almacenada usualmente se registra en forma de reglas condicionales, aunque también cabe la posibilidad que se puedan registrar a través de objetos estructurados o empleando redes semánticas. Así mismo, la información registrada se agrupa diferentes categorías de conocimiento como puede ser el de tipo declarativo, el procedimental o el metaconocimiento. Entonces, la uno de los puntos que es de suma importancia en esta etapa es determinar cómo se va representar los conocimientos en la base, de ahí que sea necesario considerar algunos puntos:

La forma de representación que se elija, según Marquina (2018), tiene que ser la más simple, ya que así la tarea de representar la información será más fácil y, además, cuando se pretenda manipular la información para realizar algunos cambios o modificaciones, el procedimiento se podrá realizar sin la necesidad de recurrir a un especialista en el tema.

El sistema representacional que se emplee, además de ser sencillo en su lenguaje, tiene que brindar una alta capacidad de expresión, así como una buena capacidad de cálculo. La información que se registre en la base, mediante el sistema representacional elegido tienen que agruparse en unidades informativas definidas; ya que, si eventualmente se desean eliminar o modificar una información de la base, esta acción pueda realizar con facilidad y sin perjudicar al resto de unidades o a la base de conocimiento en su conjunto.

En resumen, se podría decir que estos conocimientos se obtienen a partir del conjunto de datos y de las relaciones que se pueden establecer entre esos datos con la finalidad de que puedan brindar una información relevante para la solución de un problema. Así mismo, el sistema experto tiene que poseer una base de conocimientos que además contengan los casos particulares o excepciones, así como las diversas formas de resolver un problema y, eventualmente, los usos



que se podrían dar a la conjunción de estrategias con los datos almacenados (Wormer, 2019).

### *3.3.2. Motor o máquina de inferencia*

Es el componente del sistema que se encarga de articular y supervisar, de manera estrictamente lógica, toda la secuencia operativa que implica la manipulación y uso eficaz de la información que se encuentra almacenada en la base (Aguayo, 2017). Si este componente del sistema no estuviera presente, entonces el sistema experto solo sería una simple base de datos que guardaría información valiosa, pero que no podría ser usada ni empleada para la resolución de algún problema.

Entonces, poseer un buen almacén de información resulta estéril si no se puede emplear un sistema que permita hacer un buen uso práctico de todo el conocimiento almacenado. Dicho componente es el responsable de decidir por qué, cuándo y cómo se aplica la información que proviene de la base de conocimiento para lograr una solución aproximada al problema que sea considerado resolver. La manera cómo procede la máquina de inferencia, es decir, el modo cómo razona, usualmente no responde a una programación preestablecida, sino que su proceder es autónomo e independiente. De esta manera, el propio sistema en base a usa reglas de razonamiento determina qué tipo de solución es la más adecuada (Marquina, 2018).

Las funciones elementales de un motor de inferencia implican varios procesos, aunque pueden resaltarse dos operaciones básicas que predominan: el control y la inferencia. En cuanto al primero, se encarga de supervisar y determinar las estrategias de razonamiento e indagación que son empleadas. Así mismo, elige los patrones de cómo se evalúan y aplican las reglas que componen la base de conocimientos. En cuanto a la inferencia, se refiere a la manera cómo procede el sistema experto a partir de los datos que obtiene de la base de conocimiento para encontrar nuevas relaciones y datos con los cuales pueda hallar soluciones o alternativas al problema que se desea resolver (Sánchez, 2017).

### *3.3.3. La interfaz de usuario*

Es uno de las partes que corresponde a la estructura interna del sistema experto que durante los últimos años se ha venido reconociendo su trascendencia en el sistema, puesto que gracias a la interfaz se logra obtener la confianza del usuario hacia la manera cómo opera el sistema y, por ende, lograr una satisfacción de la



persona en el uso del dispositivo. Es una interfaz en la que interactúa el usuario con la finalidad de ingresar información o para visualizar los resultados en pantalla (Proaño et al., 2017).

Se espera que las interfaces de usuario, dentro de lo que se denomina sistemas inteligentes, atraviesen por un desarrollo que implemente un conjunto de posibilidades múltiples sobre las vías de comunicación que puedan generarse entre un sistema computacional y un ser humano. Por ello, se tiene que habilitar la configuración de interfaces de usuario multifunción, puesto que los problemas que podrían generar están en la posibilidad de ser captados por diversos sentidos. Así mismo, los dispositivos de comunicación inteligentes tienen que ser capaces de comprender los propósitos del usuario enmarcado dentro del contexto donde se desempeña. Finalmente, la interfaz del usuario tiene que ser un instrumento que sea portátil, flexible y rápido en su uso.

Los sistemas expertos, según Mariño y Alfonso (2020), resaltan por su alta capacidad de operatividad, es por ello que se espera que pueda responder a una exigencia que implique un alto nivel de competencia igual o superior a como se esperaría de un especialista, por ello la manera cómo resuelva el problema se espera que sea comprensible, pero sobre todo rápido en su resolución. Así mismo, el sistema debe ser capaz de explicar los pasos de su razonamiento mientras se ejecuta. Por otra parte, los sistemas expertos se caracterizan por su confiabilidad y eficiencia, de tal manera que son usados por un número amplio de organizaciones (Yaya-Lévano y Angulo-Altamirano, 2020).

### *3.3.4. Clasificación de los sistemas expertos*

El modo como se clasifican los sistemas expertos es:

#### **3.3.4.1. Según la forma de almacenar el conocimiento**

Se puede dividir en sistemas basados en reglas, donde el conocimiento se almacena en forma de hechos o reglas y los sistemas basados en probabilidad, donde la base del conocimiento está constituida por hechos y sus dependencias probabilísticas (Kolovo et al., 2015).



### 3.3.4.2. Según la intención del usuario

Se puede identificar tres formas; en primer lugar, la intención puede ser simplemente el apoyo; es decir, el sistema aconseja al usuario, el cual se supone que tiene la última decisión de acción; por ejemplo, el diagnóstico médico. También el sistema experto puede aplicar el control, de este modo interviene sin participación de un ser humano. Finalmente, la intención de un sistema experto puede ser la de ejercer una crítica, entonces su misión será analizar y criticar las decisiones adoptadas por el usuario (Sainz et al., 2019).

### 3.3.4.3. Según la variabilidad temporal del conocimiento

El sistema experto puede clasificarse en estático, donde la base del conocimiento no se altera durante el proceso de decisión y también puede clasificarse de manera dinámica; es decir, ocurren cambios en la base de conocimientos durante la toma de decisiones (Garzón, 2017).

### 3.3.4.4. Según la estructura que puedan presentar

- **Sistemas expertos independientes:** Es la configuración que presentan la mayoría de los sistemas expertos. Se afirma que son independientes, puesto que para su correcto funcionamiento no necesitan de otro programa como apoyo complementario y, además, pueden interactuar directamente y sin mediación con el usuario o entorno, según sea el caso.
- **Sistemas expertos híbridos:** A grosso modo pueden categorizarse en dos sentidos, el primero implica que el sistema experto es el programa principal y que para la realización de algunas tareas muy particulares necesita el apoyo operativo de un subsistema auxiliar (Capachero, 2018). El segundo sentido de interpretación corresponde cuando el sistema experto realiza la función auxiliar, es decir, es un subsistema que sirve como apoyo a un programa principal. Este segundo caso se presenta cuando programa principal es un algoritmo de carácter convencional.
- **Sistemas expertos dedicados:** Son programas que tienen un funcionamiento independiente y autónomo, con la añadidura de que son diseñados para una tarea extremadamente específica, de tal forma que su diseño físico es cerrado.



- **Sistemas expertos que presentan una arquitectura integrada:** La primera forma de cómo aparecen configurados estos sistemas expertos es cuando para la resolución de un problema se requiera la intervención, no de uno solo, sino de varios sistemas en su conjunto, para ello, cada sistema conserva su autonomía de trabajo; pero para que se pueda resolver el problema se necesita un trabajo coordinado de todos los sistemas en cuestión (Sainz et al. 2019). La segunda forma, es una variante de la primera, ya que el trabajo integrado se mantiene entre diversos sistemas expertos con la única diferencia que uno de ellos asume la responsabilidad de supervisar o dirigir todo el proceso. Finalmente, una tercera variante es cuando el conjunto integrado de sistemas expertos tiene que trabajar en conjunto con la participación de otros tipos de programas, tales como bases de datos u hojas de cálculo.

#### 3.3.4.5. Según la naturaleza de la tarea realizada

- **Sistemas expertos de control:** Esta función predomina cuando el sistema es aplicado a entornos industriales, centrales eléctricas, plantas nucleares, empresas automovilistas, etc. Las tareas que realizan los sistemas expertos se orientan al control de todos los procesos que involucra el funcionamiento de la empresa a través de sus distintas áreas. En una primera fase de control los sistemas expertos recaban información de sensores, contadores y otros programas para evaluar, en concordancia con el programa principal, con la finalidad de evaluar los posibles desbalances que puedan suceder. En una segunda fase el programa principal intentará corregir las anomalías que se han detectado y corregir las disfunciones que se presentan, en caso no pueda solucionar los errores reenviará la información a otro núcleo del sistema para que pueda corregir las fallas o inconvenientes presentados. A continuación, se mencionan las tareas que involucran el control por parte de los sistemas expertos: interpretación, medición, planificación, análisis de modelos y proyección (Capachero, 2018).
- **Sistemas expertos de formación:** La tarea que desempeñan estos sistemas se desarrollan primordialmente en campo educativo, puesto que la en aquellos entornos es donde se brinda una formación sobre áreas de conocimiento que el usuario (estudiante) necesita aprender. En la actualidad a este proceso de aprendizaje que se realiza por medio de estos se les ha denominado “enseñanza inteligente asistida por ordenador”. En primer lugar, el sistema empieza por evaluar el grado de conocimiento que el usuario posee en el área que desea especializarse mediante la aplicación de algunas pruebas; luego evaluará



la prueba que el individuo ha realizado para hallar las posibles deficiencias de conocimiento, así como las creencias o aprendizajes erróneos que el sujeto ha asimilado (Menacho, 2017). En segundo y último lugar, el sistema estructura un plan de aprendizaje, en base a un número razonable de sesiones que contempla los contenidos que el usuario necesita aprender. La estructura que usualmente comprende estos sistemas que desempeñan la tarea de formación, presentan todos los componentes de un sistema experto convencional; pero a diferencia de estos, se le añade un modelo de comportamiento que emula la conducta del alumno y un sistema tutor. Un ejemplo puntual de este programa es el SOPHIE, creado por la compañía Bolt, Beranek y Newman, para que estudiantes de ingeniería eléctrica aprendiesen a reparar y detectar problemas en los circuitos eléctricos.

- **Sistemas expertos para diagnóstico y reparación:** En una primera etapa estos sistemas expertos reciben toda la información que da cuenta del estado en el que se encuentra el dispositivo, la maquinaria e incluso, en el ámbito médico, el paciente (Razo, 2019). Luego, el componente que actúa sobre la información que se ha recabado en la base de conocimientos es el módulo de inferencia, el cual determinará si el dispositivo o paciente en evaluación, según los datos recabados, presenta alguna falla o enfermedad. Si la conclusión del sistema es de tal índole, entonces él empezará a diseñar un tratamiento o estructurar una planificación para solucionar o corregir los problemas que el dispositivo o paciente manifiesta. Un ejemplo de este sistema es ACE, el cual fue creado por la compañía Bell, que tiene por finalidad, entre las múltiples tareas que puede desempeñar, diagnosticar y reparar averías de cableado de una central telefónica digitalizada.
- **Sistemas expertos para supervisión y monitorización:** La tarea que realizan es de seguimiento y vigilancia del comportamiento de un programa o de la dinámica de una serie de procesos. Esta tarea, como las otras mencionadas anteriormente, era usualmente desarrolladas por un especialista humano, pero dado el avance tecnológico y la cantidad de información con que las empresas suelen ahora trabajar, la capacidad de un supervisor humano ha mostrado limitaciones, de tal manera que la aplicación de un sistema experto en este tipo de tarea es idónea (Aguayo, 2017). Lo que principalmente se evalúa es que el programa o proceso bajo supervisión de desempeño acorde a los parámetros para los que fue diseñado, si ello no sucediera el sistema experto registra aquellos inconvenientes y los reporta para que otro programa pueda encargarse de la solución de aquellos inconvenientes. Un ejemplo de este sistema experto



es REACTOR, creado por la compañía EG y G Idaho, el cual tiene por tarea monitorizar y supervisar la lectura de la dinámica de los reactores nucleares.

### 3.3.5. *Ventajas de los sistemas expertos*

Las ventajas de los sistemas expertos, según Garzón (2017), son:

- **Disponibilidad:** La experiencia que los sistemas expertos poseen están disponibles para cualquier hardware, puesto que la información con la que trabajan se ha obtenido a partir de uno o varios especialistas en el campo.
- **Menor costo:** Esta ventaja debe interpretarse en función al servicio hacia el usuario, ya que a través del sistema experto la información sobre un dominio en específico podrá ser proporcionada a muchos usuarios a través de un acceso sencillo y comprensible.
- **Múltiples experiencias:** El usuario puede apoyar en un sistema experto, en ese caso puede encontrar una gama de experiencia de varios especialistas o, en otro caso, puede apoyarse en varios sistemas expertos, lo cual aumenta exponencialmente su acceso a múltiples experiencias y con ello las probabilidades para resolver un problema aumentan significativamente.
- **Confiabilidad:** Esta ventaja se puede entender de varias formas. Desde el punto de vista del usuario: el sistema al tener condensado un cúmulo de experiencias de una autoridad competente y sobresaliente en el tema, puede brindar un alto grado de confianza a la persona que recurra al sistema buscando una solución. Desde el punto de vista del especialista en el área, el sistema experto puede servir como una segunda opinión que podría resolver un conflicto o una toma de decisiones frente a una situación compleja que entraña muchas variables (Menacho, 2017).
- **Explicación:** El sistema experto, puede brindar la información al usuario de manera detallada, legible e inteligible, cosa que no necesariamente un especialista este en la condición de hacerlo siempre, puesto que como ser humano, puede ocurrir sucesos internos y externos que impiden una explicación clara por parte del sujeto especialista.
- **Rapidez de la respuesta:** Esta es una de las ventajas que más caracterizan a los sistemas expertos, ya que suelen proponer una solución en un tiempo muy



corto, debido a la máquina de inferencia y a la base amplia de conocimientos que posee. En el caso de un especialista humano, podría demorarse en brindar una solución, debido a la presión, la urgencia u otros factores que afecten su juicio y razonamiento.

- **Respuestas objetivas:** Otra ventaja que siempre pueden ofrecer los sistemas expertos a diferencia de los especialistas en el campo. La razón estriba, según Razo (2019), en que los sistemas expertos son ajenos a todo tipo de subjetividades, prejuicios y estereotipos que usualmente si afectan al sujeto especialista.

### 3.4. La transformación digital en el servicio eléctrico

La restricción vivenciada a causa de la pandemia ha marcado el inicio de la agregación masiva de varias empresas al mundo en línea a fin de que prosigan ofertando sus servicios y bienes; por ello, Internet ha derivado en un arma vigorosa para afrontar de manera oportuna una crisis. Esto se evidencia en la exuberante alza de número de páginas web con fines empresariales en países como México, Colombia, Chile y Brasil durante el 2020, en contraste con el 2019 (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL, 2021).

Desde hace más de cien años, la energía eléctrica se ha patentizado como el impulsador de cambios en el seno del sector industrial y social de toda la esfera azul y, hasta la actualidad, mantienen la calificación de ser uno de los servicios básicos para el humano. Al ser de provecho para los humanos, este elemento ha experimentado una transformación en el modo de su uso y de su gestión.

1. En primer lugar, se han producido nuevas formas de explotación de la energía renovable disponible, debido a la creciente pretensión de ralentizar el calentamiento global y preservar la naturaleza que hoy nos rodea.
2. En un segundo punto, los consumidores finales de tal energía han asumido un nuevo rol en el sistema eléctrico a raíz de la amplia difusión del acceso a Internet.
3. Este nuevo rol, a su vez, ha dado paso a un tercer cambio: mejoras en la gestión de activos del sistema.



4. Por último, el sistema tratado ha variado su enfoque para optimizar sus procesos de producción y, en consecuencia, ejecutar operaciones más eficientes.

Precisamente, la ciberseguridad se ha instituido en el sector eléctrico como una armadura defensora de los activos y procesos contra los ataques digitales y, por tanto, es menester usarla para asegurar el funcionamiento de empresas que se hallan envueltas por la digitalización. Para garantizar este funcionamiento, la ciberseguridad se rige bajo tres aspectos: confidencialidad, integridad y disponibilidad.

#### **Figura 4**

*Aspectos fundamentales de la ciberseguridad*

| Confidencialidad                                                                                                                                                   | Integridad                                                                                                                                                 | Disponibilidad                                                                                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Información disponible solo para personas acreditadas</li><li>• Información usada solo para propósitos acordados</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• El procesamiento de la información es preciso y pleno</li><li>• Se impide la adulteración y el desgaste.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Los datos informativos deben estar disponibles en el instante en que se los soliciten.</li></ul> |

## CAPÍTULO IV

# SISTEMA INTELIGENTE PARA LA SUPERVISIÓN Y MONITOREO DE LA CALIDAD DEL SERVICIO ELÉCTRICO

La presente investigación expone la necesidad de un sistema inteligente capaz de manejar gran cantidad de datos, de tal manera que pueda identificar las inconsistencias de la información reportada por las empresas eléctricas en el tema de calidad del servicio eléctrico en el país.

Por ello, se propone un sistema inteligente, experto en analizar y evaluar la consistencia de información de los sistemas eléctricos, localidades, subestaciones de transmisión, líneas AT/MAT, alimentadores MT/BT, subestaciones de distribución, suministros de baja tensión, suministros de media tensión para las empresas eléctricas del país.

Este sistema inteligente, que se obtuvo a partir de una ardua investigación, un constante desarrollo y una eficiente aplicación se denomina VALSIRA 1, el cual se erige como el sistema inteligente experto en calidad del servicio eléctrico en el país.



## 4.1. Objetivos

### 4.1.1. Objetivos generales

Desarrollar un sistema inteligente para validar la base de datos de las empresas eléctricas de distribución utilizable en la supervisión y monitoreo de calidad del servicio eléctrico.

### 4.1.2. Objetivos específicos

- Identificar la calidad de la información de la base de datos de la NTCSE.
- Identificar la mejor opción de software y hardware para desarrollar el sistema inteligente y su respectiva base de datos.

## 4.2. Hipótesis

### 4.2.1. Hipótesis general

Con la ayuda de un sistema inteligente se podrán identificar los errores de la base de datos de las empresas eléctricas de distribución utilizada para la supervisión y monitoreo de calidad del servicio eléctrico.

### 4.2.2. Hipótesis específicas

- Los sistemas eléctricos, localidades, SETs, demandas, SEDs, cantidad de usuarios y sectores típicos se encuentran bien modelados
- Visual studio y SQL son una adecuada opción

## 4.3. Tipo, diseño y nivel de la investigación

### 4.3.1. Método de la investigación

El enfoque de investigación propuesta corresponde a una investigación de método cuantitativo.



#### 4.3.2. Tipo de la investigación

Por el nivel de profundidad el tipo de investigación es exploratoria, ya que es una aproximación a temas poco abordados y simbolizan el punto de referencia para investigaciones de otro tipo. En este caso el tema de asimetría de la información de Base Metodológica (BM) de la Norma Técnica de Calidad del Servicio Eléctrico (NTCSE) es un tema muy especializado en calidad del servicio eléctrico y que ha sido poco estudiado.

#### 4.3.3. Diseño de la investigación

Asume una perspectiva innovadora desarrolla un sistema inteligente especialista en *big data* de calidad del servicio eléctrico de la Base Metodológica (BM) de la Norma Técnica de Calidad del Servicio Eléctrico (NTCSE).

Cuantificará las relaciones entre variables de la Base Metodológica (BM) de la Norma Técnica de Calidad del Servicio Eléctrico (NTCSE) de las empresas eléctricas de distribución.

### 4.4. Variables

#### 4.4.1. Definición de las variables

Las variables que se van a analizar son:

X : Instauración del sistema inteligente VALSIRA1 para verificar la consistencia de la Base Metodológica de la Norma Técnica de Calidad del Servicio Eléctrico

Y : Modelación de la base de conocimiento de la BM de la NTCSE

#### 4.4.2. Operacionalización de las variables

Ver la Tabla 8



**Tabla 8**

*Operacionalización de las variables*

| Variables              |                                                                                                                                                            | Definición                                                                                                                         |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Variable independiente | Instauración del sistema inteligente VALSIRA1 para verificar la consistencia de la Base Metodológica de la Norma Técnica de Calidad del Servicio Eléctrico | VALSIRA 1: Sistema inteligente que posee una base de conocimientos, una base datos y motor de inferencia y una interfaz de usuario |
| Variable dependiente   | Modelación de la base de conocimiento de la BM de la NTCSE                                                                                                 | BM: Base de Modelamiento<br>NTCSE: Norma Técnica de Calidad del Servicio Eléctrico                                                 |
| Variable interviniente | Verificación de la consistencia de las 18 tablas de cada empresa eléctrica.                                                                                |                                                                                                                                    |

## 4.5. Población y Muestra

### 4.5.1. Población

El universo son las empresas eléctricas del Perú que remiten a la BM de la NTC-SE; es decir se trata de las empresas generadoras, transmisoras y distribuidoras. Los suministros BT asociados a estas empresas distribuidoras a Julio del 2015 son: 6 410160 (por cada semestre y creciendo). Estos suministros pertenecen a las empresas de distribución eléctrica que están supervisadas por la Norma de Calidad del Servicio Eléctrico –urbano. Las empresas en cuestión se muestran en la Tabla 9.

### 4.5.2. Muestra

La población es N= 6 410 160 suministros para el segundo semestre del 2015.

Para el cálculo del tamaño de muestra se utilizó la siguiente ecuación:

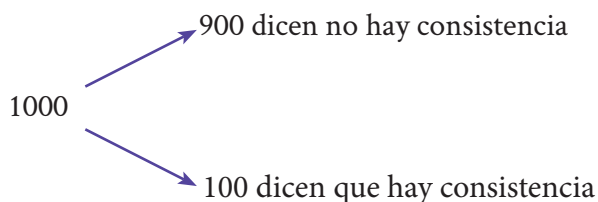
$$n_0 = \frac{p \cdot q}{\left(\frac{e \cdot p}{z}\right)^2}$$

**Tabla 9**

*Lista de las empresas eléctricas*

| Lista de empresas eléctricas |                    |
|------------------------------|--------------------|
| 1 EDECAÑETE                  | 9 ELECTRO SUR ESTE |
| 2 EDELNOR                    | 10 ELECTRO DUNAS   |
| 3 ELECTROCENTRO              | 11 ELECTRO UCAYALI |
| 4 ELECTRONORTE               | 12 HIDRANDINA      |
| 5 ELECTROSUR                 | 13 LUZ DEL SUR     |
| 6 ELECTRONORESTE             | 14 SERSA           |
| 7 ELECTRO ORIENTE            | 15 SEAL            |
| 8 ELECTRO PUNO               |                    |

Debido a que no existe un trabajo similar o igual al presente. Se ha llevado a cabo una prueba piloto. Haciendo la consulta a 1000 suministros sobre la consistencia o no de la información de la Base Metodológica de la NTCSE, obteniéndose el siguiente resultado:



|      |   |       |
|------|---|-------|
| 1000 | → | 100 % |
| 900  | → | x %   |

$$x = \frac{(900)(100 \%)}{1000} = 90 \%$$

$$p = 0,9$$

$$q = 0,1$$



$$e = 1 \%$$

$$1 - \alpha = 99.99 \% \rightarrow z = 3.91$$

$$n_0 = \frac{p \cdot q}{\left(\frac{e \cdot p}{z}\right)}$$

$$e = 0.1\% = 0.001$$

$$1 - \alpha = 99.99 \% \rightarrow z = 3.91$$

$$n_0 = \frac{p \cdot q}{\left(\frac{e \cdot p}{z}\right)^2}$$

$$n_0 = \frac{(0.9)(0.1)}{\left(\frac{(0.001)(0.9)}{3.91}\right)^2} \cong 1.69877.778$$

### Regla

$$\frac{n_0}{N} \leq 0.05 \quad n = n_0$$

$$\frac{n_0}{N} > 0.05 \quad n = \frac{n_0}{1 - \frac{n_0}{N}}$$

$$e = 0.0001\% = 0.000001$$

$$1 - \alpha = 99.99 \% \rightarrow z = 3.91$$

$$n_0 = \frac{p \cdot q}{\left(\frac{e \cdot p}{z}\right)^2}$$



$$n_0 = \frac{(0.9)(0.1)}{\left(\frac{(0.000001)(0.9)}{3.91}\right)^2} \cong 1.69877778 \times 10^1$$

**Con  $N = 6\,410\,160$**

$$n_0 = 1.69877778 \times 10^1$$

$$\frac{n_0}{N} > 0.05 \quad n = \frac{n_0}{1 - \frac{n_0}{N}}$$

$$n = \frac{1.69877778 \times 10^1}{1 - \frac{1.69877778 \times 10^1}{6\,410\,160}}$$

$$n = 6\,410\,136$$

Al ser el tamaño de la muestra muy cercano a la población, se considera muestra a la misma población porque los errores a considerar son muy pequeños.

#### 4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica de recolección de datos ha sido a través archivos ASCII de la Base Metodológica de la NTCSE que envían las empresas eléctricas distribuidoras, de un semestre en particular.

Los instrumentos que se utilizaron para analizar la información fueron:

- Procesadores ASCII profesionales: Ultraedit, Emeditor
- Base datos SQL
- MATLAB
- Servidor HP proliant
- Sistema operativo Windows server



**Tabla 10**

*Muestra por empresa eléctrica distribuidora*

|                              | Empresa          | Código | Ni      | %      | Muestra |
|------------------------------|------------------|--------|---------|--------|---------|
| 1                            | Edecañete        | ECA    | 36870   | 0.58   | 36870   |
| 2                            | Edelnor          | EDN    | 1305646 | 20.37  | 1305646 |
| 3                            | Electrocentro    | ELC    | 689175  | 10.75  | 689175  |
| 4                            | Electronorte     | ELN    | 329980  | 5.15   | 329980  |
| 5                            | Electrosur       | ELS    | 145936  | 2.28   | 145936  |
| 6                            | Electronoreste   | ENO    | 447040  | 6.97   | 447040  |
| 7                            | Electro oriente  | EOR    | 363067  | 5.66   | 363067  |
| 8                            | Electro Puno     | EPU    | 252766  | 3.94   | 252766  |
| 9                            | Electro Sur Este | ESE    | 409902  | 6.39   | 409902  |
| 10                           | Electro Dunas    | ESM    | 217198  | 3.39   | 217198  |
| 11                           | Electro Ucayali  | EUC    | 73746   | 1.15   | 73746   |
| 12                           | Hidrandina       | HID    | 767914  | 11.98  | 767914  |
| 13                           | Luz Del Sur      | LDS    | 989647  | 15.44  | 989647  |
| 14                           | Sersa            | RIO    | 6516    | 0.10   | 6516    |
| 15                           | Seal             | SEA    | 374757  | 5.85   | 374757  |
| Total de suministros al 2015 |                  | S2     | 6410160 | 100.00 | 6410160 |

- Antivirus Kaspersky Internet security
- Conexión a Internet de alta velocidad
- Procedimientos de recolección de datos

El análisis de los datos fue realizado a través del sistema inteligente desarrollado explicado en el capítulo cinco de la tesis. El sistema inteligente ha integrado características de un sistema experto y de razonamiento basado en casos. Para el sistema experto se modelaron las reglas del negocio (base de conocimiento) de la BM de la NTCSE, así como también se modelaron los casos (base de casos).



Al tratarse de gran cantidad de datos (big data) se tuvo que programar las tablas y scripts respectivos en SQL.

#### *4.6.1. Procesamiento estadístico y análisis de datos*

El análisis de los datos se realizó a través del sistema inteligente desarrollado y explicado en el capítulo cinco de esta tesis.

El sistema experto se conecta a una base de datos capaz de soportar el gran volumen de la información.

### **4.7. Resultados**

En el presente capítulo se expone el desarrollo del sistema inteligente especialista en verificar la consistencia del denominado la Base Metodológica de la Norma Técnica de Calidad del Servicio Eléctrico y los resultados logrados por el sistema inteligente. El sistema inteligente desarrollado se denomina VALSIRA1.

#### *4.7.1. Captura del conocimiento experto*

Para la construcción de la base de conocimiento del sistema inteligente se recurrió a entrevistas con los ingenieros supervisores /especialistas de la Unidad de Calidad del Servicio Eléctrico de Osinergmin (UCS- GFE).

El conocimiento referido por los especialistas de la UCS - GFE fue recibido en forma oral; además se contó con la experiencia del tesista en el tema de calidad del servicio eléctrico. Con el conocimiento recibido, se procedió a modelar matemáticamente la base de conocimiento y base de casos del sistema inteligente VALSIRA 1.

#### *4.7.2. Desarrollo de VALSIRA1*

Con el conocimiento modelado y evaluando la cantidad de datos a procesarse es que se eligió como software de base de datos al SQL y para la construcción de la interface del sistema informático se utilizó Visual Studio.

Con estas herramientas se construyó el sistema inteligente denominado VALSIRA1 el cual está dimensionado para funcionar en un servidor de datos HP de 16 GB de RAM y 2 Terabytes de disco duro.



### 4.7.3. Pantallas de VALSIRA 1

A continuación se muestran las pantallas de acceso directo vistas en la pantalla de del servidor HP, así como las algunas pantallas de la interfaz de usuario:

#### Figura 5

*Pantalla de acceso directo a VALSIRA1*



La pantalla inicial de VALSIRA1 solicita un código de autorización de tal forma que el usuario pueda acceder a la información ya cargada, tal como muestra la Figura 6. Esto con el fin de resguardar información sensible de las empresas eléctricas, así como de los suministros.

Los datos que se cargan a VALSIRA1 son los reportados por las empresas eléctricas vía el portal integrado SIRVAN en el formato indicado por el ente regulador. Estos datos llegan en ASCII. Para casos excepcionales VALSIRA1 también puede cargar los datos en ASCII separados por “|”.

## Figura 6

*Pantalla de código de acceso a VALSIRA1*



La organización de VALSIRA1 es de la siguiente forma:

- Carga de datos
- Validaciones asociadas a un mismo semestre
- Validaciones asociadas a dos semestres
- Afectos a la NTCSE
- Consulta

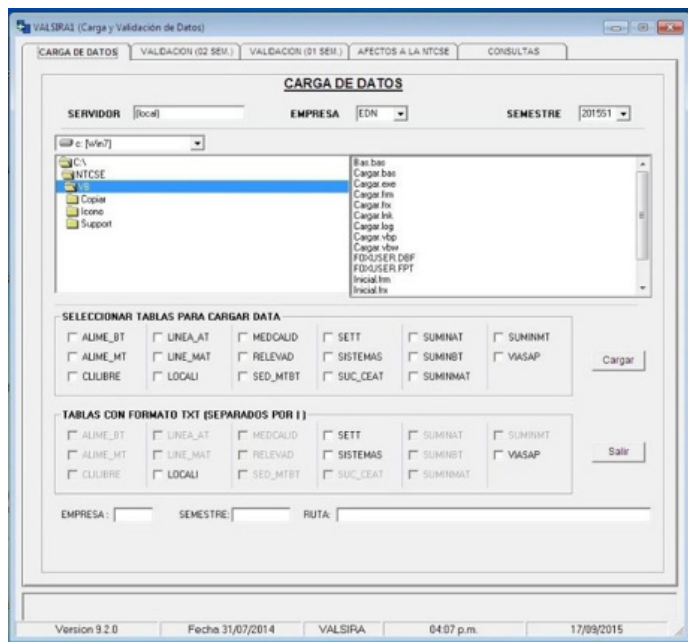
### 4.7.4. Carga de datos

La opción carga de datos, como su propio nombre lo dice permite la carga de información a VALSIRA1. Son cargados 18 archivos por cada empresa eléctrica por cada semestre y luego son almacenados en tablas del SQL.



**Figura 7**

*Interface de carga de datos*



Los archivos que se cargan se muestran en la Tabla 11. En la anterior Tabla 10, podemos ver los códigos referentes a cada empresa eléctrica

**Tabla 11**

*Lista de archivos en la carga de datos*

| Lista de archivos |          |    |                                            |
|-------------------|----------|----|--------------------------------------------|
| 1                 | SISTEMAS | 10 | SUMINMAT                                   |
| 2                 | LOCALI   | 11 | SUMINAT                                    |
| 3                 | VIASAP   | 12 | SED_MTB                                    |
| 4                 | SUC_CEAT | 13 | ALIME_BT                                   |
| 5                 | SET      | 14 | SUMINBT                                    |
| 6                 | ALIME_MT | 15 | MEDCALID                                   |
| 7                 | LINEA_AT | 16 | CLILIBRE                                   |
| 8                 | LINE_MAT | 17 | RELEVAD                                    |
| 9                 | SUMINMT  | 18 | Tabla Resumen de Suministros por Localidad |



Los 17 primeros archivos tienen la extensión de la empresa eléctrica respectiva excepto el último que tiene extensión XLS. Un total de 18 archivos por cada empresa eléctrica.

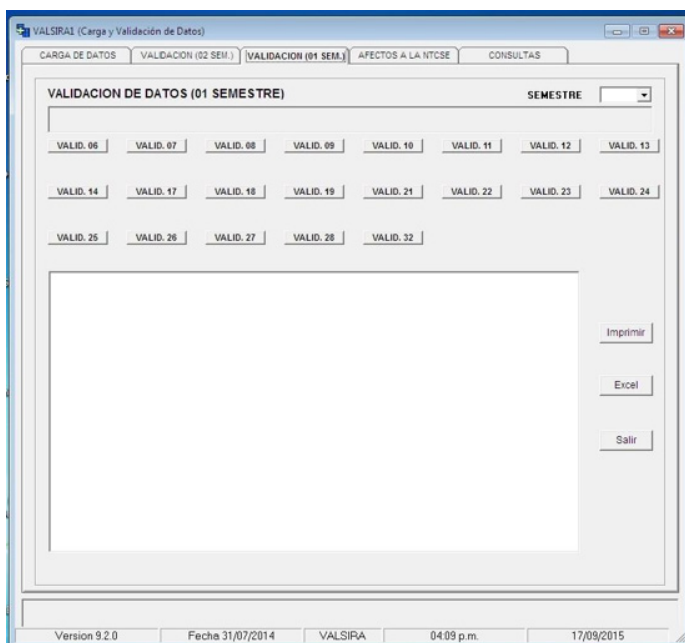
#### 4.7.5. Validaciones de datos

##### 4.7.5.1. Validaciones asociadas a un mismo semestre

Con esta opción de VALSIRA1, se realizan las validaciones entre archivos de la misma empresa eléctrica para el mismo semestre, tal como se ve en la Figura 8.

### Figura 8

*Validación de datos referidos al mismo semestre*



##### 4.7.5.2. Validaciones asociadas a dos semestres

Con esta opción de VALSIRA1, mostrada en la Figura 9, se realizan las validaciones entre archivos de la misma empresa eléctrica entre el semestre actual y otro semestre anterior. El objetivo de estas validaciones es verificar la evolución de los parámetros de una misma empresa eléctrica como por ejemplo cantidad de clientes en baja tensión, evolución de clientes en media tensión, etc.



**Figura 9**

*Validación de datos del semestre actual referido a otro semestre*

VALSIRA1 (Carga y Validación de Datos)

CARGA DE DATOS VALIDACION (02 SEM.) VALIDACION (01 SEM.) AFECTOS A LA NTCSE CONSULTAS

VALIDACION DE DATOS (02 SEMESTRES) SEMESTRE ACTUAL REFERIDO AL

VALID. 01 VALID. 02 VALID. 03 VALID. 04 VALID. 05 VALID. 15 VALID. 16 VALID. 29

VALID. 30 VALID. 31

Imprimir

Excel

Salir

Version 9.2.0 Fecha 31/07/2014 VALSIRA 04:08 p.m. 17/09/2015

**Figura 10**

*Afectos a la NTCSE*

VALSIRA1 (Carga y Validación de Datos)

CARGA DE DATOS VALIDACION (02 SEM.) VALIDACION (01 SEM.) AFECTOS A LA NTCSE CONSULTAS

AFECTOS A LA NTCSE

SEMESTRE ACTUAL 20152 REFERIDO AL 20153

VALID. 29

Imprimir

Excel

Salir

Version 9.2.0 Fecha 31/07/2014 VALSIRA 04:11 p.m. 17/09/2015



#### 4.7.5.3. Afectos a la NTCSE

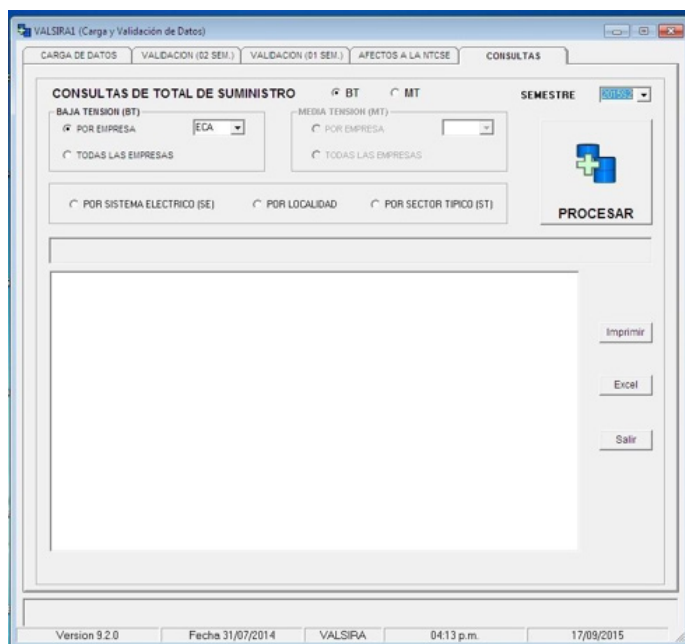
El objetivo de esta validación, mostrada en la Figura 10, es obtener un reporte de aquellas localidades que superan los 500 kW de demanda promedio en SEIN, tiene en cuenta todas las localidades de la empresa eléctrica y el sector típico asociado a cada una de ellas.

#### 4.7.5.4. Consulta sobre suministros

La presente opción: consulta, mostrada en la Figura 11, permite al ingeniero realizar consultas de cuantos suministros de baja tensión / media tensión tiene por empresa eléctrica, por sistema eléctrico, por localidad o por sector típico y por semestre.

### Figura 11

*Consulta sobre suministros*



#### 4.7.5.5. Reporte de VALSIRA 1

Luego de haber cargado los 18 enviados por cada una de las empresas eléctricas. Se ejecuta una a una las validaciones de VALSIRA1, y este crea un reporte en Excel para cada uno de las validaciones consideradas.



En base a estos XLS se genera un informe de supervisión que se envía a cada una de las empresas eléctrica urbanas indicando las observaciones/inconsistencias encontradas en la información transferida por la empresa eléctrica al ente supervisor.

## 4.8. Discusión de resultados

### 4.8.1. Contrastación de hipótesis con los resultados

**Tabla 12**

*Hipótesis planificadas y contrastadas*

| Hipótesis general                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Planificada                                                                                                                                                                                                         | Contrastada                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Con la ayuda de un Sistema inteligente se podrán identificar los errores de la base de datos de las empresas eléctricas de distribución utilizada para la supervisión y monitoreo de calidad del servicio eléctrico | Con la ayuda de un Sistema inteligente VALSIRA1 se pudo identificar los errores de la base de datos de las empresas eléctricas de distribución utilizada para la supervisión y monitoreo de calidad del servicio eléctrico                                                                                 |
| Hipótesis específicas                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Planificadas                                                                                                                                                                                                        | Contrastadas                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Los sistemas eléctricos, localidades, SETs , demandas, SEDs, cantidad de usuarios y sectores típicos estarán bien modelados.                                                                                        | Los modelos matemáticos utilizados en los sistemas eléctricos, localidades, SETs , demandas, SEDs, cantidad de usuarios y sectores típicos permitieron identificar los errores en las bases de datos por las empresas y con este detalle las empresas eléctricas pudieron mejorar su información reportada |
| Visual studio y SQL serán una adecuada opción                                                                                                                                                                       | Con la ayuda de Visual Studio y SQL se pudo desarrollar de manera adecuada VALSIRA1 pudiéndose gestionar el gran volumen de información reportada por las empresas eléctricas de distribución                                                                                                              |



De acuerdo a lo planificado en la tesis, se tenía identificado como hipótesis en la Tabla 12, y se observa que se verificó tanto la hipótesis general como las hipótesis específicas.

#### *4.8.2. Contratación de resultados con otros estudios similares*

En la publicación de Vilcahuamán Inga (2011). Sistema de Monitoreo de Calidad del Servicio Eléctrico: Caso Peruano. IX CBQEE Conferencia Brasileña sobre Calidad de la Energía, Brasil [36]. Se hace referencia de SIRVAN 2.0 aplicación desarrollada en GFE -Osinergmin para recibir información, pero que solo está limitada a la validación de formatos es decir carece de verificación de consistencia y menos de validaciones cruzadas que es lo que hace VALSIRA1 una herramienta más potente en lo referido a validación de consistencia.

Actualmente, la Unidad de Calidad del Servicio Eléctrico de Osinergmin está desarrollando el denominado SIRVAN 3.0 que incluirá las validaciones de la BM de la NTCSE propuestas en la presente tesis.

### **4.9. Conclusiones**

- La tesis destaca la necesidad de desarrollar un sistema inteligente que sea capaz de manejar gran cantidad de información (*big data*) y analizar información referida de calidad del servicio eléctrico por las empresas eléctricas del país.
- VALSIRA1 es un sistema inteligente - experto en calidad del servicio eléctrico que puede analizar y gestionar la información transferida por las empresas eléctricas en tiempos adecuados y sin mayores aspavientos.
- La información que envían semestralmente las empresas eléctricas en el tema de calidad del servicio via SIRVAN 2.0 solo hacen validaciones de formato.
- VALISRA1 soluciona el problema de inconsistencia de información de la BM de NTCSE (18 archivos ASCII por empresa) que envían semestralmente.
- Visual Studio en conjunto con SQL demostró gran flexibilidad y robustez en la programación del sistema inteligente, así como en la identificación de inconsistencias de la información de tal forma que luego las empresas eléctricas solucionen /mejore su información reportada.



#### 4.10. Recomendaciones

- Se han identificado en SIRVAN 2.0 nuevos posibles escenarios de aplicación de inteligencia artificial de tal forma de lograr una mejor recepción y evaluación de reportes mensuales, trimestrales y semestrales.
- Se propuso incorporar la base de conocimientos de VALSIRA1 a la nueva versión de SIRVAN de tal forma que la ejecución del sistema inteligente sea Online.
- Las técnicas de inteligencia artificial: sistemas expertos, razonamiento basado en casos y soluciones propuesta con Big Data han dado buenos resultados en el manejo de grandes volúmenes de información acerca de calidad del servicio eléctrico por ende se recomienda su utilización en el desarrollo de otras herramientas de análisis para la supervisión del Osinergmin y demás entes reguladores de la región.

## CAPÍTULO V

# REFLEXIONES FINALES SOBRE LA IMPORTANCIA DE IMPLEMENTAR SISTEMAS INTELIGENTES PARA LA CALIDAD DEL SERVICIO ELÉCTRICO

El servicio eléctrico al igual que otros servicios que se ofrecen a la ciudadanía debe responder y cumplir con determinados parámetros de calidad. Como se sabe, existen diversos factores que se consideran para evaluar la calidad en el servicio, como es una evaluación y reporte integral de la organización, los procesos que realiza, la manera cómo ejecutan las tareas, las relaciones que se establecen entre el personal y los directivos, el producto que ofrecen, el trato al cliente, los canales de servicio que utilizan, etc (Hernández et al., 2017).

En el caso de las entidades que se encargan de generar, transmitir y distribuir los servicios eléctricos, según Rodríguez et al. (2018), se ha podido apreciar que los factores de calidad que consideran son la calidad en el producto que se ofrece: la eficiencia en la tensión o voltaje eléctrico, la frecuencia y minimizar las perturbaciones, así como la calidad en el suministro, de tal manera que se eviten las interrupciones del fluido eléctrico. Además, se encuentra el servicio al cliente, a través del trato y los canales de atención. Finalmente, en beneficio de la comunidad o localidad que percibe el servicio la empresa debe garantizar que se cumpla con la calidad en el alumbrado público.



Por estas razones, según Muñuzuri et al., (2019) las empresas de servicios eléctricos se han visto en la necesidad de incorporar, al igual que otras organizaciones, sistemas de gestión de calidad, con la finalidad que puedan ofrecer un servicio adecuado y eficiente que cubra las necesidades de los usuarios respetando las normas de calidad y además ejerciendo un control operativo y administrativo de los recursos, así como de la información que dispone. Esto les permite tener un mejor control de todos los procesos que les permite asegurar un servicio de calidad, sea que se trate de una entidad privada o una entidad pública.

Se ha visto que una adecuada calidad en la energía se genera cuando los aparatos electrónicos y/o dispositivos tecnológicos pueden funcionar con regularidad y eficiencia sin ver afectado su rendimiento ni desempeño en su conjunto o en algunos de sus componentes (Mercado et al., 2017). En caso contrario, la calidad de la energía eléctrica será deficiente, puesto que podría presentar cambios abruptos en el voltaje e interrupciones en el fluido eléctrico. Además, los problemas que se presentan en la calidad de la energía eléctrica tienen que ver tanto con las instalaciones que se realizan como con el suministro en cuestión.

Es por esto que las empresas de servicios eléctricos han empezado a incorporar otras herramientas iguales de importantes si desean asegurar una calidad en su servicio, en este caso, de la energía eléctrica. Las herramientas a las que se hace referencia, como se ha podido apreciar a lo largo de toda esta investigación, son los sistemas inteligentes.

Los sistemas inteligentes, según Coloma et al. (2020) son sistemas que se caracterizan por resolver problemas complejos de manera automática a partir de una cantidad de información dada. Esto permite que los procesos de una organización puedan agilizarse, mejorarse y resultar más eficientes; ya que a pesar de contar con especialistas para resolver un problema determinado, las capacidades de los seres humanos tienen un límite, por ello el empleo de sistemas inteligentes permite brindar alternativas de solución o mostrar pautas posibles a seguir para una mejor toma de decisiones, lo cual resulta un complemento y, además, un apoyo para la labor que los especialistas realicen en un área específica de trabajo.

Diversas organizaciones de distintos rubros durante décadas han venido incorporando en sus procesos administrativos, operativos o de gestión sistemas inteligentes que les permiten agilizar los procesos, gestionar mejor sus actividades u ordenar mejor toda la información que reciben a través de una adecuada base de



datos que les permite, posteriormente, realizar una mejor toma de decisiones en base a los resultados que obtienen.

Por mencionar algunos ejemplos, en el caso del ámbito empresarial, los sistemas inteligentes se han vuelto imprescindibles, puesto que uno de sus principales objetivos es agilizar y hacer efectiva la toma de decisiones, a partir del conocimiento de la conducta de sus usuarios, el posible impacto que pueda causar el producto o las tendencias que el mercado pueda manifestar a corto y largo plazo (León, 2019). Así mismo, en el caso del sector de la salud, los sistemas inteligentes también se han hecho presentes, puesto que ayudan a los médicos a tener diagnósticos más rápidos y precisos, lo cual es beneficioso para el sistema de salud y para el paciente, ya que pueden ser atendidos con mayor diligencia (González et al., 2018). En el caso del comercio, los sistemas inteligentes se usan para la optimización del inventario y para elaborar un pronóstico sobre las ventas, entre otras cosas. Finalmente, en el caso del sector financiero, pueden saber con antelación los riesgos que un cliente puede implicar si se le brinda una línea de crédito o también pueden elaborar ofertas más atractivas a partir de la información que la base de datos les proporciona sobre sus clientes.

Como se puede apreciar, los sistemas inteligentes se han convertido en una herramienta imprescindible en los diversos ámbitos de la sociedad y, en el caso del sector eléctrico, también se han venido implementando sistemas inteligentes que permite mejorar la calidad del servicio a través de una optimización en la supervisión, control, demanda o consumo de la energía.

Por ejemplo, se puede mencionar el trabajo de Ramos et al. (2019), quienes a partir del uso de un software libre Phyton, así como una base de datos *SQLite*, pueden implementar un sistema de supervisión para redes eléctricas. Aquel sistema permite que algunos nodos que son gestionados por terceros puedan ser eliminados, lo cual brinda confiabilidad. También se puede mencionar el caso de Blancas y Noel (2019), quienes realizan un pronóstico de la demanda eléctrica a corto plazo aplicando lógica difusa. Este sistema, es una buena opción para el caso aplicado, puesto que aglutina una gran cantidad de datos en diversos grupos, lo cual le permite obtener rápidos y mejores pronósticos frente a los métodos de pronósticos tradicionales. Finalmente, se puede resaltar el trabajo de Pilicita-Garrido y Cevallo-Duque (2019), quienes diseñaron un sistema integral que permite a los usuarios de un hogar monitorear el consumo eléctrico de los diferentes espacios de sus casas, de tal manera que pueden tomar medidas sobre el consumo que realizan y adoptar acciones de prevención para ejercer un consumo más eficiente de la energía eléctrica.



Por otra parte, para la empresa que proporciona el fluido eléctrico es sumamente importante que pueda administrar y procesar toda la información que recabe en una adecuada base de datos, para que pueda tener un acceso seguro a los diversos indicadores, tales como la eficiencia en el producto, el número de suministro con los que cuenta, las veces que se ha reportado falla en el alumbrado público, los cambios en la demanda de energía eléctrica por sector, el número de subestaciones de distribución, etc.

Por ello, es importante que cada vez más las empresas que brindan el servicio eléctrico puedan seguir con la política de implementar gradualmente sistemas inteligentes, como los sistemas ciber físicos, las redes neuronales, el internet de las cosas (IoT) o los sistemas expertos; ya que de esta manera podrán mejorar en su dinámica de trabajo y, sobre todo, en la calidad del servicio que ofrecen. (Llosa et al., 2017).

Finalmente, se espera que la presente investigación sirva como un precedente más que permita mostrar la relevancia de incorporar sistemas inteligentes en los procesos de gestión de una empresa eléctrica y, sobre todo, que enfatice la necesidad de incorporar estos sistemas para articular mejor la gran cantidad de información o reportes que reciben desde distintos canales y niveles del sector, con la finalidad que puedan estructurar una base de datos ordenada y sistematizada que les permita mejorar la calidad del servicio eléctrico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abeiluk, A. y Gutiérrez, C. (2021). Historia y Evolución de la Inteligencia Artificial. *Revista Bits Ciencia*, (21), 14-21. <https://revistasdex.uchile.cl/index.php/bits/article/view/2767/2700>
- Actis, E., Berdondini M. y Castro, S. (2020). *Ciencias Sociales y Big Data Representaciones políticas, disputas comunicacionales y política internacional*. Esteban <https://bit.ly/3BQcu38>
- Aguayo, F. (2017). *Técnicas para despliegue de arquitectura distribuida en sistemas expertos basados en reglas empleando el paradigma multiagente*, [Tesis de doctorado, Universidad de León]. <https://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/6933/Tesis%20de%20Francisco%20Jos%C3%A9%20Aguayo.pdf?sequence=1>
- Ahumada, E., y Perusquia, J. (2016). Inteligencia de negocios: estrategia para el desarrollo de competitividad en empresas de base tecnológica. *Contaduría y Administración*, 61(1), 127–158. doi:10.1016/j.cya.2015.09.006
- Amoroso, Y. y Costales, D. (2016). *Big Data: una herramienta para la administración pública*. *Ciencias de la Información*, 47(3), 3-8. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181452084001>
- Arellano, H. (2017). La calidad en el servicio como ventaja competitiva. *Revista Dominio de las Ciencias*, (3), 72-83. <http://148.202.167.116:8080/jspui/handle/123456789/3194>



- Asija., K. y Kaur., H. (2018) Implementing Fuzzy Technique to Expert System - A Case Study on Salt Analysis. *International Journal of Applied Engineering Research*, 13 (11), 9474-9479 [http://www.ripublication.com/ijaer18/ijaerv13n11\\_104.pdf](http://www.ripublication.com/ijaer18/ijaerv13n11_104.pdf)
- Aucancela, M. (2019). La usabilidad en los sistemas de inteligencia de negocios, un caso práctico. *Ciencia Digital*, 3(3.3), 319-330, <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i3.3.824>
- Berenguer, M., Hernández, N., Conde, R., Arias, R. y Deás, D. (2018). Gestión de la calidad de la energía eléctrica. *Ingeniería Energética*, 39(1), 62-68. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59012018000100009&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59012018000100009&script=sci_arttext&tlng=en)
- Bernal, M. (2015). *Gestión por procesos y mejora continua, puntos clave para la satisfacción del cliente*. Universidad Militar Nueva Granada. <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/6332>
- Beynon - Davies, P. (2014). *Sistema de base de datos*. <https://bit.ly/3BFVYCM>
- Blancas, J y Noel J. (2018). Pronóstico de la demanda eléctrica a corto plazo con lógica difusa. *ENERLAC*, 2(1), 8-27.
- Blanco., X. (2017). *Sistema genérico de razonamiento basado en casos (CBR) multi-clase como soporte al diagnóstico médico mediante técnicas de reconocimiento de patrones*, [Tesis de doctorado, Universidad de Salamanca]. <https://gredos.usal.es/handle/10366/135721>
- Boden, M. (2017). *Inteligencia artificial*. <https://bit.ly/3mTeHGK>
- Cabanelas, J. (2019). Inteligencia artificial ¿Dr. Jekyll o Mr. Hyde?  *Mercados y negocios*, (40). <https://www.redalyc.org/jatsRepo/5718/571860888002/571860888002.pdf>
- Capachero C. (2018). *Modelo basado en sistemas expertos para determinar la óptima localización de proyectos hidroeléctricos con potencias menores a 100 MW* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/69052/1065580146.2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



Capacho, J. y Nieto W. (2017). *Diseño de base de datos*. <https://bit.ly/3nXyQe3>

Chambi, Y. (2016). *Análisis de la calidad de servicio eléctrico y su incidencia en la rentabilidad de la empresa Electro Puno S. A. A. sector sub estación Bellavista periodo 2015* [tesis de titulación, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional del Altiplano. <http://tesis.unap.edu.pe/handle/UNAP/3005>

Coloma, J., Vargas, J. Sanaguano, C. y Rochina, A. (2020). Inteligencia artificial, sistemas inteligentes, agentes inteligentes. *Revista Científica Mundo de la Investigación y el conocimiento*,4(2), 16-30. 10.26820/recimundo/4.(2). mayo.2020.16-30

Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]. (2021). *Datos y hechos sobre la transformación digital”, Documentos de proyectos*. CEPAL. [https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/46766/S2000991\\_es.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/46766/S2000991_es.pdf)

Comisión Nacional de Energía [CNE]. (2019). *Norma técnica de calidad de servicio para sistemas de distribución*. <https://bit.ly/3CflNeN>

Corahua, R. (2019). *Calidad del servicio de alumbrado público e implementación de luminarias led en vías públicas céntricas de la ciudad de Puno, 2019* [tesis de titulación, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional del Altiplano. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/13122>

Córdova, D., Domínguez, J., Moreira, J., Suarez, S., Guarda T., Haz, L. y Coronel I. (2020). El Impacto de Inteligencia de negocios en las Redes Sociales. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*,(42), 113-125. <https://www.proquest.com/openview/4fc3316c510c3b226f4d9a59007ef500/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1006393>

Decreto Supremo N° 020-97-EM. Aprueban la norma técnica de calidad de los servicios eléctricos. (2010). <https://bit.ly/3hxXOy5>

Escobar, L. (2018). *¿Autores Artificiales? Análisis de la aplicación de los derechos de autor a las creaciones de los sistemas expertos* [Título de Licenciatura, Uni-



- versidad de los Andes]. <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/39220/u821111.pdf?sequence=1>
- Flores, A. (2019). *Modelo Inteligente para la gestión del aprendizaje aplicando Case Based Reasoning (CBR) y Reinforcement Learning (RL)*, [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de San Agustín]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8781>
- Gandomi, A. & Haider, M. (2015). Beyond the hype: Big data concepts, methods, and analytics. *International journal of information management*, 35(2), 137-144.
- García, A. y Catalina, B. (2018). Una perspectiva documental y bibliotecológica sobre el big data y el periodismo de datos. *Investigación bibliotecológica*, 32(74), 77-99. <https://doi.org/10.22201/iibi.24488321xe.2018.74.57910>
- Garvey, S. (2021). The “General Problem Solver” Does Not Exist: Mortimer Taube and the Art of AI Criticism. *IEEE Annals of the History of Computing*, 43(1), 60–73. doi:10.1109/mahc.2021.3051686
- Garzón, A. (2017). *Sistema para visualización e interpretación del proceso de inferencia en sistemas expertos basados en mapas borrosos cognitivos* [Tesis de Maestría, Universidad de Jaén]. <http://tauja.ujaen.es/handle/10953.1/14505>
- Gómez, A. (2021). Big Data, un sistema de gestión de datos. [https://tauniversity.org/sites/default/files/articulo\\_big\\_data\\_de\\_angel\\_gomez\\_degraves.pdf](https://tauniversity.org/sites/default/files/articulo_big_data_de_angel_gomez_degraves.pdf)
- González Benítez, N. (2020). Razonamiento Basado en Casos para la gestión organizacional del desarrollo Porcino en Pinar del Río. *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, 13(2), 59-69. <https://publicaciones.uci.cu/index.php/serie/article/view/671/563>
- González, Á. (2021). Pensar filosóficamente la inteligencia artificial. *The Xavier Zubiri Review*, 15, 107-127. [http://www.zubiri.org/general/xzreview/2020/pensar\\_filosoficamente\\_2020.pdf](http://www.zubiri.org/general/xzreview/2020/pensar_filosoficamente_2020.pdf)
- González, N. Estrada, V. Flebes, A. (2018). Estudio y selección de las técnicas de Inteligencia Artificial para el diagnóstico de enfermeda-



- des. *Rev Ciencias Médicas*, 22(3). [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1561-31942018000300014&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1561-31942018000300014&script=sci_arttext&tlng=pt)
- Gutiérrez, J. (2018). *Big Data* y nuevas geografías: la huella digital de las actividades humanas. *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 64(2), 195-217. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6434023>
- Hadfeg., Y. y Flore V. (2016). Un método para la generación automática de explicaciones de resultados de un sistema experto centrado en la biolixiviación de cobre. *Revista de la Facultad de ingeniería*, (32), 59-68 <http://www.revistaingenieria.uda.cl/Publicaciones/320006.pdf>
- Hernández, H., Barrios, I. y Martínez, D. (2018). Gestión de la calidad: elemento clave para el desarrollo de las organizaciones. *Criterio Libre*, 16(28), 169-185. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6676025>
- Hernández-Leal, E. Duque-Méndez, N. y Moreno-Cadavid, J. (2017). *Big Data*: una exploración de investigaciones, tecnologías y casos de aplicación. *TecnoLógicas*, 20(39). <https://repositorio.itm.edu.co/handle/20.500.12622/1020>
- Kolovos, E. Guerrero, K. Mendoza, L. Tello, J. y Ramírez, N. (2015). Sistema experto para orientación vocacional de educación media-superior, *Pistas educativas*, (114), 327-336. <http://www.itc.mx/ojs/index.php/pistas/article/view/306/296>
- León, J. (2019). Impacto de las tecnologías disruptivas en la percepción remota: big data, internet de las cosas e inteligencia artificial. *UD y la geomática*, (14). <https://doi.org/10.14483/23448407.15658>
- Llosa, Y., Navarrete, I., Balderramo, N., Pico, G. y Guamán J. (2017). Sistema experto para la definición de umbrales adaptivos en procedimientos de mantenimiento en transmisión eléctrica. *Revista Riemat*, 2(1). <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Riemat/article/view/941/868>
- López-Robles, J., Otegi-Olaso, J., Porto-Gómez, I., Gamboa-Rosales, H., y Gamboa-Rosales, N. (2020). La relación entre Inteligencia de Negocio e Inteligencia Competitiva: un análisis retrospectivo y bibliométrico de



- la literatura de 1959 a 2017. *Revista Española De Documentación Científica*, 43(1). <https://doi.org/10.3989/redc.2020.1.1619>
- Machaca, J. y Coila, A. (2017). *Estudio y análisis experimental de la calidad del suministro eléctrico de la Universidad Nacional del Altiplano, utilizando un analizador de redes - 2016* [tesis de titulación, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional del Altiplano. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4023>
- Mariño, S. y Alfonzo, P. (2020). Modelo de proceso para sistemas expertos. Propuesta de integración de la experiencia de los usuarios. *Encuentros Multidisciplinarios*, (64). 1-14. <https://repositorio.uam.es/handle/10486/690951>
- Márquez, J. (2020). Inteligencia artificial y Big Data como soluciones frente a la COVID-19. *Rev Bio y Der*, 50, 315-331. <https://doi.org/10.1344/rbd2020.50.31643>
- Marquina, H. (2018). *Método basado en el análisis funcional y sistemas expertos para la determinación de los costos indirectos, caso: empresa mediana del sector metalmeccánico*, [Tesis de doctorado, Universidad Nacional San Agustín de Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/20.500.12773/12131>
- Medinaceli, K. y Silva M. (2021). Impacto y regulación de la inteligencia artificial en el ámbito sanitario. *Revista del instituto de Ciencias Jurídicas de Puebla*, 15(48), 77-113. <http://67.222.35.249/index.php/ius/article/view/745/803>
- Mela, J., Cedeño, G. y Cedeño, D. (2021). Edge Computing: Aplicaciones y desafíos actuales. *Visión Antataura*, 5, (1) 75-91. <https://revistas.up.ac.pa/index.php/antataura/article/view/2199/2038>
- Mena, A. (2018). Análisis del impacto del proceso de tercerización en la percepción de calidad del servicio público domiciliario de energía eléctrica en el municipio de Quibdó. *Revista CES Derecho*, 9(1), 34-58. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6537333>
- Menacho, V. (2017). *Modelo computacional basado en sistemas expertos para la gestión del mantenimiento de maquinarias de movimiento de tierras de la ciudad de Huaraz* [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional Santiago Antúnez



- de Mayolo]. [http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNA-SAM/2564/T033\\_31620358\\_D.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNA-SAM/2564/T033_31620358_D.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Mendoza, I. (2016). *Gestión de calidad en el servicio eléctrico y la satisfacción de los clientes de la Empresa Electrocentro S.A. en la unidad de negocio Valle del Mantaro - Huancaayo - 2015* [tesis de maestría, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional del Centro del Perú. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/4192>
- Mercado, V; Peña, J., Pacheco, L. (2017) Calidad de la energía eléctrica bajo la perspectiva de los sistemas de puesta a tierra. *Ciencia e Ingeniería*, (38)2. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=507555007009>
- Millán, A. (2017). Big Data: El poder de los datos. *Revista General de Información y Documentación*, 27(1), 261-268. 10.5209/RGID.56583
- Minotta, C. (2017). Teoría del procesamiento de la información en la resolución de problemas. *Escenarios*, 15(1), 149-159 <https://doi.org/10.15665/esc.v15i1.1127>
- Molero, X. (2016). *Un viaje a la historia de la informática*. <https://riunet.upv.es/handle/10251/67745#>
- Morales, S y Morales, M. (2017). Inteligencia de negocios basada en Bases de Datos In-Memory. *Revista Publicando*, 11(2), 201-217. <https://core.ac.uk/reader/236645130>
- Mora-Vicarioli, F., Arce-Solano, J., Padilla-Romero, K. y Muñoz-Umaña, G. (2021). Implementación de un sistema de inteligencia de negocios. Escuela de Ciencias de la Administración UNED. *Revista Electrónica Calidad En La Educación Superior*, 12(1), 76 - 103. <https://doi.org/10.22458/caes.v12i1.3520>
- Morillas, R. (2020). *Identificación de indicadores para la evaluación de instalaciones de alumbrado público* [tesis de doctorado, Universidad de Málaga]. Repositorio Institucional de la Universidad de Málaga. <https://riuma.uma.es/xmlui/handle/10630/20925>



- Muñuzuri, J., Onieva, L., Gutiérrez, E. y Cortés, P. (2019). Un enfoque cuantitativo para valorar el servicio eléctrico por parte de sus usuarios. *Economía Industrial*, 374, 83-93. <https://idus.us.es/handle/11441/96090>
- Navas, P. Mendoza, R. y Alajo, A. (2018). La administración de los sistemas de gestor de base de datos (SGBD'S) de los sistemas de información y su incidencia en el control de las seguridades de las bases de datos. *Revista Electrónica Formación y Calidad Educativa (REFCaE)*. <http://refcale.uleam.edu.ec/index.php/refcale/article/view/2110>
- Oracle Cloud. (2021). *¿Qué es el big data?* <https://www.oracle.com/es/big-data/what-is-big-data/#use-cases>
- Ortiz, Y., Rodas-Osollo, J. y Ochoa Zezzatti, A. (2017). Razonamiento Basado en Casos (RBC). *Cultura Científica y Tecnológica*, (63), <http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/2178>
- Peña, J. Chan, O. y Balan, C. (2017). Sistema Experto en apoyo a toma de decisiones para aprobación en líneas de crédito. *Pistas Educativa*, 39(127). <http://www.itc.mx/ojs/index.php/pistas/article/view/1079/899>
- Pilicita-Garrido, A. y Cevallos-Duque, D. (2019). Innovación tecnológica de un sistema integral para monitorear el consumo eléctrico. *Ingenius*, (22), 9-16, <https://doi.org/10.17163/ings.n22.2019.01>
- Pisco., A. Regalado., J. Gutiérrez., J. Quimis., O. Marcillo., K. Marcillo., J. (2017). *Fundamentos sobre la gestión de la base de datos*. <http://dx.doi.org/10.17993/IngyTec.2017.23>
- Pretel, M. (2016). *Calidad del servicio eléctrico y la satisfacción de los clientes de la empresa Hidrandina S.A. Cascas 2014* [tesis de titulación, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Trujillo. <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/3212>
- Proaño, R., Saguay, C., Jacome, S. y Sandoval, F. (2017) Sistemas basados en conocimiento como herramienta de ayuda en la auditoría de sistemas de información. *Enfoque UTE*, 7(1), 148 – 159 <http://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/>



- Quiroga, G. y Sayas, L. (2013). Propuesta de herramientas de gestión para mejorar la calidad del servicio eléctrico de las empresas distribuidoras estatales administradas por FONAFE. *Sinergia e innovación*, 1(2), 41-64. <https://revistas.upc.edu.pe/index.php/sinergia/article/view/175>
- Ramos, A., Zerpa, H., Becerro, C. y Izquierdo, H. (2019). Herramienta Web para el desarrollo ágil de sistemas expertos. *Universidad Ciencia y Tecnología*, 3(03), 10. <https://uctunexpo.autanabooks.com/index.php/uct/article/view/90>
- Razo, J. (2019). *Desarrollo de sistemas expertos para diagnóstico en micro redes eléctricas mediante unidades de monitoreo fasorial sincronizadas* [Tesis de Doctorado, Universidad Autónoma de Querétaro]. <http://ri-ng.uaq.mx/bitstream/123456789/1480/1/IG-0088-Jos%c3%a9%20Roberto%20Razo%20Hern%c3%a1ndez.pdf>
- Rodríguez, G., Berdun, L. y Da Rocha, L. (2019) Razonamiento basado en casos para asignación óptima de tareas de desarrollo de software. *Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información*; 12-2019; 1-16. 10.17013/ris-ti.35.116-131
- Rodríguez, M., Vázquez, A., Vélez, A. y Saltos W. (2018). Mejora de la calidad de la energía con sistemas fotovoltaicos en las zonas rurales. *Revista Científica*, (33). <https://doi.org/10.14483/23448350.13104>
- Román, F. (2017). Inteligencia de negocios en la mejora de la gestión administrativa en el instituto de educación superior avansys, 2017.
- Rouhiainen, L. (2018). Inteligencia artificial. 101 cosas que debes saber hoy sobre nuestro futuro. [https://static0planetadelibroscom.cdnstatics.com/libros\\_contenido\\_extra/40/39308\\_Inteligencia\\_artificial.pdf](https://static0planetadelibroscom.cdnstatics.com/libros_contenido_extra/40/39308_Inteligencia_artificial.pdf)
- Sainz, L., Sainz, L., Icourt, D., Cabrera, N., y González, Y. (2019). Sistemas de expertos desarrollados en el mundo para la detección, el diagnóstico y el tratamiento del cáncer. *Revista Cubana de Información en Ciencias de la Salud*, 31(4). [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2307-21132020000400012&lng=es&tlng=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2307-21132020000400012&lng=es&tlng=pt)



- Sánchez, F. (2017). *Desarrollo de un sistema experto para el proceso de atención de enfermería en esquizofrenia*, [Tesis de maestría, Universidad Autónoma del Estado de México]. <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/68055>
- Sandoval, A., Checa, M., Díaz, R., y Acosta, L. (2021). Sistema experto para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades y plagas en plantas ornamentales. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(3), 505-511. <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v13n3/2218-3620-rus-13-03-505.pdf>
- Steffanell, I., Arteta, Y. y Noda M. (2017). La satisfacción del cliente interno en pequeñas y medianas empresas hoteleras. *Revista Científica Trimestral*, 23(3). <http://www.ciencias.holguin.cu/index.php/cienciasholguin/article/view/1040>
- Torres, M. y Vásquez, C. (2015). Modelos de evaluación de la calidad del servicio: caracterización y análisis. *Compendium*, 18(35), 57-76. <http://biblioteca.udgvirtual.udg.mx/jspui/handle/123456789/3191>
- Universidad Complutense de Madrid. (2021). *¿Qué es big data?* <https://www.masterbigdataucm.com/que-es-big-data/>
- Valverde., V., Portalanza., N. y Mora., P. (2019): Análisis descriptivo de base de datos relacional y no relacional, *Revista Atlante: Cuadernos de Educación y Desarrollo* <https://www.eumed.net/rev/atlante/2019/06/base-datos-relacional.html>
- Vargas, A. (2017). Estudio del gasto calórico corporal mediante un sistema experto en nutrición resolviendo datos difusos. *Fides et Ratio*, (14), 127-144. <https://bolivia.vlex.com/vid/estudio-gasto-calorico-corporal-705603053>
- Vidal, M., Madruga A. y Valdés D. (2019). Inteligencia artificial en la docencia médica. *Educación Médica Superior*, 33(3). [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-21412019000300014](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21412019000300014)
- Vilcahuamán, R. y Inga, E. (2011). Sistema de Monitoreo de Calidad del Servicio Caso Peruano. IX CBQEE Conferencia Brasileña sobre Calidad de la Energía, Brasil.



- Villegas, F. (2012). Gestión de satisfacción al cliente en el sector eléctrico. *Revista Ciencia UNEMI*, (7), 88-95. <http://cienciaunemi.unemi.edu.ec/index.php/cienciaunemi/article/viewFile/42/39>
- Villegas, F. y Zúñiga, X. (2014). Gestión de Satisfacción al Cliente II. *Revista Ciencia UNEMI*, 7(11), 107-121. <https://www.redalyc.org/pdf/5826/582663858011.pdf>
- Wormer, N. (2019). *Los sistemas expertos en las relaciones internacionales: aplicación a la clasificación de conflictos violentos*. [Tesis de doctorado, Universidad Complutense de Madrid]. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/51673/>
- Wu, D., Li, J. y Bao, C. (2017). Case-based reasoning with optimized weight derived by particle swarm optimization for software effort estimation. *Soft Computing*, 22(16), 5299–5310. doi:10.1007/s00500-017-2985-9
- Yaya-Lévano, J. y Angulo-Altamirano, E. (2020). Diseño e implementación de un sistema experto para optimizar el control de plagas y enfermedades en el cultivo de la uva. *ÑAWPARISUN-Revista de Investigación Científica*, 3(1), 83-96. <https://doi.org/10.47190/nric.v3i1.130>

**Raúl César Vilcahuamán Sanabria**

**Correo:** r.vilcahuaman@ieee.org

**Perfil:** Magíster en Ciencias de la Ingeniería, mención sistemas de potencia, graduado en la Pontificia Universidad Católica de Chile, Doctor en Ingeniería Eléctrica graduado en la Universidad Nacional del Callao, Ingeniero Electricista de la Universidad Nacional del Centro del Perú. Cuenta con cursos de postgrado en: MIT además de cursos de especialización en España, Chile, Colombia y Argentina. Actual catedrático del Doctorado en Ingeniería Eléctrica de la Universidad Nacional del Callao y de la Universidad Nacional Tecnológica Lima Sur, Es catedrático visitante de la Universitat de Girona – España.

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-2179-8336>

**Afiliación:** Universidad Nacional del Callao (UNAC)  
Universidad Nacional Tecnológica Lima Sur (UNTELS)

**Ian Raúl Vilcahuamán Valdivieso**

**Correo:** ian.vilcahuaman@pucp.edu.pe

**Perfil:** Bachiller en Ingeniería Industrial de la Pontificia Universidad Católica del Perú con experiencia en análisis de negocio, innovación y transformación digital. Especializado en metodologías ágiles, como Design Thinking, SCRUM y Kanban, con habilidades en Power Platform, Data Storytelling y RPA. Con dominio avanzado del idioma inglés y de las herramientas de Microsoft, como Power BI, Sharepoint, Power Apps y Power Automate.

**ORCID:** <https://orcid.org/0009-0002-5096-9736>

**Afiliación:** Pontificia Universidad Católica del Perú



**EDITORIAL  
KUNTUR**