



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Informática
Doctorado en Tecnología Educativa

Indicador compuesto para medir el impacto de las TIC en educación superior en el desarrollo de habilidades para una economía del conocimiento

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de Doctor en Tecnología Educativa

Presenta
Francisco León Pérez

Dirigido por
Dr. Alejandro Escudero Nahón

Codirigido por
Dra. María del Carmen Bas Cerdá

Dr. Alejandro Escudero Nahón
Presidente

Ma. del Carmen Bas Cerdá
Secretario

Dra. Teresa Guzmán Flores
Vocal

Ma. Teresa García Ramírez
Suplente

Ma. Alejandra Hernández Castañón
Suplente

Centro Universitario, Querétaro, Qro.
Agosto, 2019
México

AGRADECIMIENTOS

Agradecer es reconocer. Y yo reconozco a la fuerza creadora del Universo, esa a la que llaman Dios, que potencializa los pensamientos y las acciones. Gracias por todo.

Recuerdo que cuando terminé mis estudios de maestría venía en camino Daniel, ahora viene en camino la pequeña Iris, premio doble, una vez más. Sería egoísta agradecer a mi esposa Iris y a mis hijos Cris y Dany, ya que este logro es de todos nosotros, cada quien jugó su rol de forma correcta. El mecanismo familiar fue ensamblándose poco a poco, funcionó, se inventó soluciones a los escollos que se presentaban, de forma natural, como debe ser, hasta llegar aquí. Por eso, no agradezco yo, sino agradecemos nosotros.

Agradecemos a los miembros del sínodo. A la Dra. Teresa García, por sus atinados comentarios cada vez que eran requeridos. A la Dra. Alejandra Hernández, quien con toda sencillez nos apoyó y retroalimentó, abriendo un espacio en su tan ocupada agenda.

Al Dr. Alexandro Escudero, por su confianza y disposición, por darle luz, en el momento preciso, al oscuro panorama que se estaba vislumbrando, y por mostrar siempre su preocupación hacia nosotros.

De forma muy especial, agradecemos a la Dra. Ma. del Carmen Bas, quien codirigió esta tesis desde Valencia, España, razón que me enorgullece, pues no cualquiera tiene la fortuna de haber trabajado con una de las exponentes más importantes a nivel internacional sobre indicadores compuestos. Su experiencia, talento, paciencia y consideración son cualidades que empujaron el proyecto a buen término.

También, de forma especial, queremos reconocer a la Dra. Teresa Guzmán, que, además de ser admirable por su iniciativa, ingenio y responsabilidad, siempre demostró -y sigue demostrando- humanidad hacia nosotros.

Damos las gracias a la Universidad Autónoma de Querétaro por abrirnos sus puertas y hospedarnos durante cuatro años. Intentaremos pagarle con esta aportación al conocimiento que ha surgido luego de ese tiempo.

Finalmente, a la Universidad Tecnológica de Tecámac, por brindarnos la oportunidad de estudiar este Doctorado a través del PRODEP, instancia a la que también va un sincero agradecimiento.

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | 7 |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | 10 |
| RESUMEN..... | 12 |
| ABSTRACT..... | 14 |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 15 |
| 1.1. Descripción del problema de investigación..... | 16 |
| 1.2. Justificación..... | 17 |
| 2. OBJETIVOS..... | 20 |
| 2.1. Objetivo general..... | 21 |
| 2.2. Objetivos particulares..... | 21 |
| 3. ESTADO DEL ARTE..... | 22 |
| 3.1. Medición del uso de las TIC en educación..... | 22 |
| 3.2. Construcción de indicadores compuestos..... | 23 |
| 3.3. Habilidades del siglo XXI para una economía del conocimiento..... | 26 |
| 4. MARCO TEÓRICO..... | 29 |
| 4.1. Economía del conocimiento..... | 29 |
| 4.2. Habilidades del siglo XXI..... | 35 |
| 4.3. Habilidades digitales del siglo XXI..... | 39 |
| 5. METODOLOGÍA..... | 45 |

| | |
|--|-----|
| 5.1. Metodología del estudio cualitativo para el desarrollo de un marco teórico | 49 |
| 5.2. Metodología para el diseño del instrumento de medición para la Selección de variables | 52 |
| 5.2.1. Validez de contenido | 55 |
| 5.2.2. Confiabilidad y consistencia | 57 |
| 5.2.3. Validez de constructo | 58 |
| 5.2.4. Estabilidad | 59 |
| 5.3. Análisis multivariante | 59 |
| 5.4. Normalización | 65 |
| 5.5. Ponderación y agregación | 67 |
| 5.6. Análisis de sensibilidad e incertidumbre | 75 |
| 5.6.1. Análisis de sensibilidad global basado en el cálculo de varianzas | 76 |
| 5.6.2. Análisis de incertidumbre | 78 |
| 6. RESULTADOS | 81 |
| 6.1. Marco teórico del indicador compuesto | 81 |
| 6.1.1. Revisión de documentos | 81 |
| 6.1.2. Entrevistas semiestructuradas | 86 |
| 6.2. Selección de variables | 93 |
| 6.2.1. Criterios de selección de variables | 93 |
| 6.2.2. Aplicación del instrumento de medición | 97 |
| 6.3. Imputación de datos faltantes | 101 |
| 6.4. Análisis multivariante | 102 |
| 6.5. Normalización | 111 |
| 6.6. Ponderación y agregación | 112 |
| 6.7. Escenarios de trabajo | 113 |

| | | |
|---------|--|-----|
| 6.8. | Análisis de sensibilidad..... | 114 |
| 6.8.1. | Análisis de sensibilidad de las elecciones metodológicas..... | 114 |
| 6.8.2. | Análisis de sensibilidad de la contribución de las dimensiones al indicador compuesto..... | 116 |
| 6.9. | Análisis de incertidumbre..... | 120 |
| 6.10. | Regreso a los datos..... | 128 |
| 6.11. | Enlaces a otros indicadores..... | 129 |
| 6.12. | Visualización de resultados | 129 |
| 6.12.1. | Resultados escenario | 132 |
| 6.12.2. | Resultados transformados..... | 142 |
| 7. | CONCLUSIONES..... | 147 |
| 8. | REFERENCIAS | 154 |
| | ANEXOS..... | 167 |
| | Anexo 1. Instrumentos base..... | 167 |
| | Resolución de problemas | 167 |
| | Colaboración..... | 167 |
| | Comunicación..... | 170 |
| | Creatividad..... | 171 |
| | Habilidad técnica, Gestión de información..... | 173 |
| | Pensamiento crítico | 175 |
| | Anexo 2. Instrumento de medición | 177 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|-----|
| Figura 1.1. Ubicación del presente trabajo sobre investigación en tecnología educativa..... | 16 |
| Figura 0.1. Planteamiento teórico de la economía del conocimiento y el capitalismo del conocimiento..... | 32 |
| Figura 4.2. La economía del conocimiento a nivel macroeconómico..... | 34 |
| Figura 5.1 Paradigma de investigación mixto insertado en la metodología de construcción de indicadores compuestos..... | 47 |
| Figura 5.2. Variables de interés en la construcción del indicador compuesto. | 51 |
| Figura 6.1. Temáticas identificadas en la revisión de documentos..... | 82 |
| Figura 6.2. Gráfico de sedimentación correspondiente a la aplicación del ACP | 103 |
| Figura 6.3. Relación de ítems entre las categorías del marco teórico y los resultados del ACP..... | 110 |
| Figura 6.4. Muestra de listas de posiciones de referencia de cada escenario | 113 |
| Figura 6.5. Importancia de las dimensiones para cada uno de los escenarios..... | 118 |
| Figura 6.6. Frecuencia de variación de posiciones del escenario 1 entre las posiciones de referencias y las obtenidas con el método Copeland..... | 121 |
| Figura 6.7. Diagrama de dispersión para el escenario 1..... | 122 |
| Figura 6.8. Frecuencia de variación de posiciones del escenario 2 entre las posiciones de referencias y las obtenidas con el método Copeland..... | 122 |
| Figura 6.9. Diagrama de dispersión para el escenario 2..... | 123 |
| Figura 6.10. Frecuencia de variación de posiciones del escenario 3 entre las posiciones de referencias y las obtenidas con el método Copeland..... | 123 |

| | |
|---|-----|
| Figura 6.11. Diagrama de dispersión para el escenario 3..... | 124 |
| Figura 6.12. Frecuencia de variación de posiciones del escenario 4 entre las posiciones de referencias y las obtenidas con el método Copeland..... | 124 |
| Figura 6.13. Diagrama de dispersión para el escenario 4..... | 125 |
| Figura 6.14. Frecuencia de variación de posiciones del escenario 4 entre las posiciones de referencias y las obtenidas con el método Copeland..... | 125 |
| Figura 6.15. Diagrama de dispersión para el escenario 5..... | 126 |
| Figura 6.16. Resultados del indicador compuesto por facultad..... | 131 |
| Figura 6.17. Resultados del indicador compuesto por facultad en gráfica de barras..... | 132 |
| Figura 6.18. Impacto de los hombres sobre los resultados por facultad..... | 133 |
| Figura 6.19. Impacto de las mujeres sobre los resultados por facultad..... | 134 |
| Figura 6.20. Resultados por sexo..... | 135 |
| Figura 6.21. Contraste de los resultados por sexo con los resultados globales del indicador compuesto, en la Facultad de Derecho..... | 136 |
| Figura 6.22. Contraste de los resultados por sexo con los resultados globales del indicador compuesto, en la Facultad de Contabilidad y Administración..... | 137 |
| Figura 6.23. Contraste de los resultados por sexo con los resultados globales del indicador compuesto, en la Facultad de Contabilidad y Administración..... | 138 |
| Figura 6.24. Resultados por edad..... | 139 |
| Figura 6.25. Resultados por Sexo por Facultad..... | 139 |
| Figura 6.26. Resultados por Edad por Facultad..... | 140 |
| Figura 6.27. Resultados por Dimensión..... | 141 |

| | |
|---|-----|
| Figura 6.28. Resultados por Dimensión por Facultad..... | 142 |
| Figura 6.29. Resultados por Dimensión por Facultad..... | 142 |
| Figura 6.30. Resultados por Dimensión por Sexo..... | 143 |
| Figura 6.31. Resultados por Dimensión por Edad..... | 144 |

Dirección General de Bibliotecas UAQ

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|-----|
| Tabla 4.1. Comparativa sobre la definición de habilidades del siglo XXI..... | 38 |
| Tabla 4.2. Marco teórico sobre habilidades digitales del siglo XXI..... | 40 |
| Tabla 5.1. Aspectos metodológicos considerados en las etapas de la construcción del IC..... | 48 |
| Tabla 5.2. Instrumentos base para la generación del instrumento de medición..... | 53 |
| Tabla 5.3. Evolución del instrumento de medición durante la validez de juicio. | 54 |
| Tabla 5.4. Ejemplo sobre las diferencias de la agregación lineal y geométrica | 73 |
| Tabla 6.1. Categorías conceptuales obtenidas a partir de la revisión documental..... | 81 |
| Tabla 6.2. Contenido del PGV sobre las TIC en la planeación de acciones institucionales..... | 82 |
| Tabla 6.3. Contenido del PIDE sobre las TIC en la planeación de acciones institucionales..... | 83 |
| Tabla 6.4. Categorías y subcategorías que integran al marco teórico..... | 86 |
| Tabla 6.5. Variables de la dimensión Habilidades digitales del siglo XXI..... | 93 |
| Tabla 6.6. Variables de la dimensión Proyectos académicos..... | 95 |
| Tabla 6.7. Variables de la dimensión Uso de TIC por alumnado..... | 95 |
| Tabla 6.8. Variables de la dimensión Uso de TIC por profesorado..... | 96 |
| Tabla 6.9. Población considerada para el semestre enero-junio 2018..... | 97 |
| Tabla 6.10. Tamaño de muestra por estrato..... | 98 |
| Tabla 6.11. Información de los factores resultantes del análisis factorial..... | 104 |
| Tabla 6.12. Ítems eliminados con base en los resultados del ACP..... | 107 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 6.13. Estadísticos básicos obtenidos..... | 109 |
| Tabla 6.14. Escenarios considerados en el análisis de incertidumbre..... | 112 |
| Tabla 6.15. Resultados de R tomando como referencia al escenario 1..... | 114 |
| Tabla 6.16. Dimensiones del estudio..... | 116 |
| Tabla 6.17. Coeficientes de sensibilidad calculados para cada dimensión en cada uno de los cinco escenarios evaluados..... | 117 |
| Tabla 6.18. Impacto real de las dimensiones en el IC..... | 119 |

Dirección General de Bibliotecas UAQ

RESUMEN

En la actualidad, los países en vías de desarrollo aspiran a convertirse en economías del conocimiento. Un paso inicial para esto consiste en reconocer que el trabajo intelectual es ahora más importante que el trabajo físico y que las llamadas habilidades del siglo XXI deben mantenerse vigentes en las organizaciones. El uso de las tecnologías de la información y la comunicación incrustado en tales habilidades ha originado al concepto de habilidades digitales del siglo XXI. En este trabajo se construyó un indicador compuesto para medir la percepción de estudiantes respecto a sus habilidades digitales del siglo XXI, y al uso de las TIC en la educación superior. Se tomó como base la Guía para la Construcción de Indicadores Compuestos de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, la cual incluye la especificación de un marco teórico sólido, la selección de indicadores, imputación de datos faltantes, así como análisis factorial, normalización, agregación y ponderación, que complementados con un análisis de sensibilidad e incertidumbre, le proporcionan solidez y robustez al indicador. Los principales resultados del cálculo del indicador compuesto muestran que las TIC son altamente útiles en el desarrollo de proyectos académicos, lo cual puede abonar en el desarrollo de habilidades digitales del siglo XXI. También se presenta buena percepción en la comunicación, la gestión de información, la habilidad técnica y la creatividad general, mediadas por TIC, pero la percepción es baja en cuanto al pensamiento crítico y resolución de problemas, así como en el uso de las TIC por el profesorado y por el propio estudiantado. Lo anterior sugiere que las y los estudiantes se perciben con buenas habilidades digitales del siglo XXI, pero sin necesidad de establecer un vínculo con el uso de las TIC en las instituciones de educación en el proceso enseñanza-aprendizaje. Esto pudiera corresponder con la creencia de que esta generación tiene poca fe en las organizaciones y posee una alta autonomía, por lo que las habilidades digitales del siglo XXI pueden ser desarrolladas a través del

autoaprendizaje externo gracias a las capacidades naturales que tienen en el uso de las TIC.

(**Palabras clave:** habilidades digitales del siglo XXI, indicador compuesto, educación superior, medición)

Dirección General de Bibliotecas UAQ

ABSTRACT

Nowadays, developing countries aim to become in knowledge economies. A first step to get it is recognize that intellectual work is more important than physical one, and that 21st century skills must keep active into the organizations. The use of information and communication technologies embedded in such skills has given rise to the concept of 21st century digital skills. In this thesis, a composite indicator to measure student perception about 21st century digital skills and ICT use in higher education was built. It was based on the Handbook on Constructing Composite Indicators, by the Organisation for Economic Co-operation and Development, which includes a theoretical framework specification, simple indicators selection, missing data imputation, as well as a factorial analysis, normalization, aggregation and weighting, which complemented by an analysis of sensitivity and uncertainty, provide robustness to the indicator. The composite indicator computation main results show that ICT are highly useful when scholar projects are developed, which can develop 21st century digital skills. Good perception about communication, information management, technical skill and general creativity, all ICT-mediated, is too presented. However, the perception is low about critical thinking and problem solving, as well as about teachers and students ICT use. This suggests that students perceive themselves with good 21st century digital skills, but without needing to establish a link with the use of ICT in educational institutions in the teaching-learning process. This could correspond to the belief that this generation has little faith in organizations and has high autonomy, so the 21st century digital skills can be developed through external self-learning due to their natural abilities using ICT.

(Key words: century 21st digital skills, composite indicator, higher education, measurement)

1. INTRODUCCIÓN

La Tecnología Educativa (TE) ha sufrido una reconceptualización y replanteamiento para, entre otros objetivos, asumir la realidad de lo que hacen los que trabajan con ella. Así, el campo de acción de la tecnología educativa debe centrarse en el diseño, la utilización y la evaluación de las tecnologías de la información aplicadas a acciones formativas, sean estas formales, informales o no formales (Cabero, 2003). No ha habido una traducción directa de la investigación educativa a la práctica en las aulas, mediante la aplicación de los resultados de la investigación sobre enfoques educativos eficaces (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, 2004).

Los esfuerzos de las investigaciones en TE han aumentado considerablemente con el paso del tiempo. En un estudio que aplicó minería de datos para examinar 2997 *abstracts* de artículos de 6 *journals* incluidas en el *Social Science Citation Index*, en el campo de la tecnología educativa se evidenció un incremento de casi el 500% de publicaciones en un periodo de 10 años al inicio del siglo (Hsu, Hung, & Ching, 2013).

Los artículos publicados en el *journal Educational Technology Research and Development* durante el periodo comprendido entre 1989 y 2014 sobre TE muestran que los objetivos y los métodos empleados guían la dirección de futuras investigaciones y tienen implicaciones en la preparación de los estudiantes graduados y académicos (Reeves & Oh, 2016).

Los temas en TE que más se han abordado buscan mejorar el aprendizaje de los estudiantes. En un análisis de los *abstracts* de 10 revistas indizadas publicadas en el periodo entre 1995 y 2014 (Beltrán del Río, Spector, & Evangelopoulos, 2016), se muestra que los temas que más se abordan son los que tienen que ver con: aprendizaje e instrucción (1786 publicaciones), aprendizaje del estudiante (1369), sistemas y herramientas de aprendizaje (714) y experiencias de aprendizaje (585).

En México, la mayoría de la investigación en TE se realiza en el nivel superior (50.21%). Las líneas en las que más investigaciones existen son: análisis sobre el empleo de las TIC en el proceso educativo y la contribución de los espacios y recursos virtuales de aprendizaje (Olivares, Angulo, Torres& Madrid, 2016).

Por un lado, los resultados de investigaciones en TE pueden producir efectos que impacten en la preparación de los estudiantes que egresan y, en el caso de la educación superior, se incorporan a la actividad laboral. Por otro lado, los temas en TE que más se han abordado buscan mejorar el aprendizaje de los estudiantes. Por ello, el aprendizaje de los estudiantes con miras a su preparación para el sector laboral al egresar de la universidad es un tema en el contexto de la TE que debe considerarse en la investigación, y es al que se dedica este trabajo. En la Figura 1.1 se presenta gráficamente este enfoque que involucra a los tres aspectos mencionados.

Figura 1.1. Ubicación del presente trabajo sobre investigación en tecnología educativa.



Fuente: elaboración propia

1.1. Descripción del problema de investigación

En el esquema de investigación anterior, el término *Aprendizaje* posee un carácter dicotómico, ya que debe considerarse no únicamente en relación con la

cobertura del contenido de los programas educativos, sino también con respecto a la preparación en las habilidades que se requieren en el campo laboral actual al que se dirigen los estudiantes. Se requiere que los egresados adquieran habilidades propias de las sociedades del conocimiento que han surgido en las últimas décadas.

A diferencia de la educación primaria y secundaria, en donde las TIC son utilizadas como el medio con el que se pretende mejorar el aprendizaje, en la educación terciaria el uso que de ellas hacen los estudiantes se debe percibir como un añadido indispensable en los requerimientos para formarlos como lo que hoy se define como trabajadores del conocimiento.

Las competencias y habilidades requeridas en el campo laboral en una economía del conocimiento (o en un país que se encamine a serlo, como México) están evolucionando. Actualmente, en el mercado laboral se requieren trabajadores con pensamiento crítico, capacidad para la resolución de problemas, interpretación y análisis de información, inteligencia emocional, flexibilidad, adaptación al cambio y trabajo en equipo (International Development Research Centre & Fundación para la Educación Superior y el Desarrollo, 2016) que, entre otras, son conocidas como habilidades del siglo XXI.

Van Deursen, van Dijk y de Hann (2017) notaron en las investigaciones sobre las que realizaron una revisión sistemática que hay un desajuste entre las calificaciones de los graduados y las habilidades exigidas por los puestos de trabajo, lo cual constituye el principal problema que da origen a la presente investigación.

1.2. Justificación

Debido a lo anterior, resulta relevante asumir la responsabilidad de emprender investigación en torno a las habilidades digitales del siglo XXI, con el propósito de encaminar a las instituciones de educación superior a desarrollarlas en los estudiantes durante sus estudios de licenciatura, lo cual coincide con análisis de la OCDE, que ha indicado que “es necesario abordar la desconexión

entre las habilidades que se forjan en la escuela, y las que son demandadas en el mercado laboral” (Ramos, 2015, p. 1).

La importancia de las TIC en este sentido ha sido considerada por organizaciones internacionales, como el Centro de Investigación del Desarrollo Internacional (IDCR, por sus siglas en inglés) y la Fundación para la Educación Superior y el Desarrollo (FEDESARROLLO):

Dada la alta interacción con dispositivos electrónicos, tanto en la vida social como educativa y productiva, las TIC son un importante instrumento o mediador para desarrollar las habilidades fundamentales, las habilidades del siglo XXI (HS21) y las habilidades blandas, y para medir su evolución y progreso (International Development Research Centre & Fundación para la Educación Superior y el Desarrollo, 2016, p. 9).

Asimismo, destacan que:

Existen pocos estudios en América Latina que realicen un diagnóstico sobre las HS21, y principalmente sobre la influencia positiva de las TIC en su desarrollo. Los estudios comparados disponibles sobre América Latina manejan indicadores que miden, al momento, las condiciones mínimas de acceso a infraestructura digital, y de uso básico de las TIC (p. 6).

Un aspecto innovador que se abordará en esta investigación es la inserción de las TIC en la definición de cada una de las habilidades y no como una habilidad independiente. Esto implica considerar al manejo de las TIC como un elemento fusionado en las habilidades del siglo XXI, transformándolas en habilidades digitales del siglo XXI.

Tomando como base el concepto de habilidades digitales del siglo XXI, esta investigación propone una herramienta para conocer cómo perciben las y los estudiantes de licenciatura a las habilidades digitales del siglo XXI con que cuentan y cómo se utilizan las TIC en la institución donde realizan sus estudios, en relación con tales habilidades.

El producto final de este proceso será una valoración que permita a los directivos reconocer la forma en que se percibe la forma en que las TIC se utilizan en la institución y su posible relación con el nivel de las habilidades digitales del siglo XXI de sus estudiantes.

Debido a que existen varias dimensiones que deben medirse al mismo tiempo, para determinar las posibles relaciones entre ellas, la herramienta que se desarrollará será un indicador compuesto (IC).

Esta línea de investigación corresponde con el campo de generación de conocimiento que aborda el estudio de las TIC en modelos educativos escolares y laborales, al establecer un puente entre ambos ambientes, ya que se considera el primer modelo para poder impactar al segundo.

El indicador compuesto tendrá dos posibles aplicaciones:

1. Como diagnóstico de la institución en donde se aplique, lo que permitirá ser un punto de partida para valorar la implementación de las TIC y ser una referencia para la toma de decisiones en este sentido
2. Como un medio comparativo entre unidades diferenciadas, por ejemplo, facultades, carreras e, incluso, otras instituciones a nivel local o nacional

2. OBJETIVOS

La pregunta que la presente investigación debe responder es: *¿Qué habilidades digitales del siglo XXI poseen las y los estudiantes de educación superior?*

Existen dos enfoques para abordarla. El primero consiste en la medición de desempeño, en donde las habilidades digitales del siglo XXI de los estudiantes se pueden medir al evaluar el desarrollo de ciertas actividades específicas. El segundo contempla la medición de habilidades digitales del siglo XXI y del uso de TIC en las instituciones durante los estudios de educación superior, desde la perspectiva del estudiantado. Una evaluación de desempeño es una opción adecuada para medir las habilidades digitales del siglo XXI. Sin embargo, es una alternativa costosa, tanto en tiempo como en dinero, ya que requiere del diseño y aplicaciones de pruebas específicas.

La medición de habilidades a través de las percepciones de las y los estudiantes es una alternativa más controlada, ya que el diseño de instrumentos para obtener información debe considerar que los estudiantes juzgarán sus habilidades dentro del contexto de sus estudios de licenciatura. Además, el tiempo requerido se ajusta al disponible para la realización de los estudios doctorales. Cabe mencionar que la autoevaluación para medir competencias ya se ha utilizado anteriormente (Conchado, Carot, & Bas, 2015). Incluso, se contó con la disponibilidad de la población sobre la que se obtendrán los datos, pues se tuvo el apoyo de la Universidad Autónoma de Querétaro para este fin. Es por eso que este enfoque fue el elegido para el desarrollo del presente proyecto de investigación.

2.1. Objetivo general

Con base en lo expuesto, el objetivo general de esta investigación fue el siguiente:

Determinar la percepción que el estudiantado de la UAQ tiene sobre sus habilidades digitales del siglo XXI, mediante el uso de las TIC en sus estudios de licenciatura

2.2. Objetivos particulares

Los objetivos particulares se mencionan a continuación:

- Fundamentar la descripción del impacto de las TIC sobre las habilidades digitales del siglo XXI con un marco conceptual sólido e innovador
- Diseñar una encuesta que permita obtener información sobre la percepción de los estudiantes respecto al uso de TIC en sus estudios de licenciatura.
- Evaluar la consistencia de los datos a través de un análisis multivariante
- Presentar los resultados obtenidos, a través de distintas formas
- Generar propuestas para mejorar el uso de las TIC en la UAQ para impulsar el desarrollo de habilidades digitales del siglo XXI

3. ESTADO DEL ARTE

La investigación sobre TIC consta de un abanico muy grande de alternativas. Este trabajo se inclina hacia el área de la educación, específicamente la superior, y con un enfoque dirigido hacia la economía del conocimiento.

El objetivo planteado se alcanzó a través del desarrollo de un indicador compuesto, que se utilizó para realizar la medición del uso de las TIC y de la percepción del estudiantado sobre sus habilidades digitales del siglo XXI.

Por ello, se definió el estado del arte respecto a este contexto de investigación.

3.1. Medición del uso de las TIC en educación

Investigaciones sobre el uso de las TIC en la educación son comunes desde hace tiempo. Respecto al impacto de las TIC en el proceso enseñanza-aprendizaje, hay diversos enfoques (Adedokun-Shittu & Shittu, 2013, 2015; Amor, Hernando-Gómez, & Aguaded-Gómez, 2011; Castro-García, Olarte, & Corredor, 2016; Croteau, Venkatesh, Beaudry, & Rabah, 2015; Seyal, Poon, & Tajuddin, 2017). Es posible aseverar que los resultados más exitosos en el aprendizaje se pueden lograr si la integración de las TIC en la educación no se aplica de manera aislada, sino en combinación con diversos métodos y enfoques de enseñanza, especialmente las prácticas constructivistas (Fu, 2013).

En cuanto a las percepciones de profesores y/o alumnos respecto al uso de las TIC, los resultados coinciden en que las TIC se perciben como solo una herramienta que puede ser de gran utilidad en el contexto educativo (Karamti, 2016; Kruchinina et al., 2016; Yang, Nguyen, & Jang, 2011).

También se ha medido de varias formas el uso que hacen de las TIC los profesores de educación superior (Adedokun-Shittu & Shittu, 2011; Bøe, Gulbrandsen, & Sørø, 2015; González, 2008; Hernández-Ramos, Martínez-Abad, García, Herrera, & Rodríguez-Conde, 2014; Tejedor, Muñoz-Repiso, & Segundo, 2009).

Con relación a la medición de la implementación de las TIC en ambientes educativos, existen estudios que proponen modelos o marcos para medir el proceso de implementación de las TIC (Adedokun-Shittu & Shittu, 2016; Instituto de estadística de la UNESCO, 2009; Quellmalz & Zalles, 2002; Severin, 2010; Seyal et al., 2017; Solar, Sabattin, & Parada, 2013; Usluel, Aşkar, & Baş, 2008; Zheng & Xie, 2016).

Fu (2013), concluye que “entre todos los métodos y estrategias de enseñanza, el aprendizaje colaborativo, el aprendizaje basado en problemas y el enfoque constructivista son las estrategias de enseñanza más utilizadas para abordar los retos del uso de las TIC.” (p. 120). Además, indica que se recomienda a los futuros investigadores realizar estudios relacionados con los beneficios y desafíos de una combinación de TIC y otros enfoques centrados en los estudiantes.

La falta de claridad en los instrumentos de medición del uso de las TIC en educación y de los ámbitos que se verán impactados por estas intervenciones es un obstáculo para el desarrollo de proyectos exitosos de incorporación de TIC en el ámbito educativo (Severin, 2010).

3.2. Construcción de indicadores compuestos

Un indicador compuesto es, en términos generales, una medida, ya sea cualitativa o cuantitativa, que se deriva de hechos observados que pueden revelar posiciones relativas en cierta área. Si se utiliza en intervalos regulares, puede mostrar la dirección del cambio a través del tiempo. Mide conceptos multidimensionales que no puede cubrir un solo indicador, por ejemplo, competitividad, sostenibilidad, sociedad basada en el conocimiento, entre otros (Nardo et al., 2008). La medición es útil en la evaluación del concepto, y los resultados permiten la toma de decisiones con fundamentos más sólidos para, como consecuencia, reducir el riesgo implícito en las mismas.

Con relación a las TIC y las sociedades del conocimiento, existen, entre otros indicadores compuestos: el Índice de Desarrollo de TIC (Naciones Unidas,

2017), el Índice de Competitividad Global (Baller et al., 2016) y el Índice de Conocimiento para Ciudades (Bedford, Carlson, Wagner, & Ramanathan, 2015).

Existen varios métodos para la creación de indicadores compuestos. Varias etapas son comunes a ellos, como la generación de un marco conceptual/teórico, la selección de indicadores, la imputación de datos faltantes, la normalización y la agregación. Los más utilizados son los propuestos por la OCDE y por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

El primero de ellos se describe en el Manual sobre la construcción de indicadores compuestos (Nardo et al., 2008) de una forma clara y concisa. Indicadores compuestos publicados que lo han utilizado son: el Índice de Sostenibilidad de Regiones Italianas (Floridi, Pagni, Falorni, & Luzzati, 2011) y el indicador compuesto para evaluar la actividad docente en la Universidad Politécnica de Valencia (Bas, 2014).

Este método consta de las siguientes etapas: 1) Desarrollo de un marco teórico, 2) Selección de datos, 3) Imputación de datos faltantes, 4) Análisis multivariante, 5) Normalización, 6) Ponderación y agregación, 7) Análisis de incertidumbre y sensibilidad, 8) Volver a los datos reales, 9) Enlaces a otros indicadores, y 10) Presentación y visualización. El método propuesto por la CEPAL es una guía metodológica para el diseño de indicadores compuestos de desarrollo sostenible (Schuschny & Soto, 2009) que define las siguientes etapas: 1) Desarrollo de un marco conceptual, 2) Selección de los indicadores, 3) Análisis multivariante, 4) Imputación de datos faltantes, 5) Normalización de los datos, 6) Ponderación de la información, 7) Agregación de la información, y 8) Análisis de robustez y sensibilidad. Como puede notarse, estos dos métodos son muy similares en la constitución de las etapas que los integran.

En la creación del Índice Mazziotta-Pareto, Michalos y George (2012), consideran, de forma general, las siguientes etapas: 1) Definición del fenómeno a medirse, 2) Selección de un grupo de indicadores individuales, 3) Normalización de los indicadores individuales, 4) Agregación de los indicadores normalizados, y 5) Ponderación de indicadores.

En la documentación sobre métodos de creación de otros indicadores internacionales vigentes, se describen conjuntos de etapas muy similares a las ya citadas, aunque no se menciona si el indicador se basó en alguna metodología específica. Como ejemplo, se encuentra el Índice de Desarrollo de TIC (IDI, por sus siglas en inglés) (Naciones Unidas, 2017), que ha sido publicado desde 2009, y combina 11 indicadores en una medida comparativa. Se usa para monitorear y comparar los desarrollos en TIC entre países a lo largo del tiempo. Para su construcción se desarrollaron las siguientes etapas: 1) Selección de indicadores, 2) Imputación de datos faltantes, 3) Normalización de los datos, 4) Ponderación y agregación, 5) Cálculo del IDI, y 6) Análisis de sensibilidad.

Otro ejemplo es el Índice de Competitividad Global (ICG) (Baller et al., 2016). Establece 12 pilares, clasificados en tres subíndices, que se nutren con información estadística que proporcionan organizaciones reconocidas internacionalmente, y con entrevistas a ejecutivos del Foro Económico Mundial, para obtener los valores del índice. En la metodología que describe se pueden identificar las siguientes etapas: 1) Definición conceptual de pilares de competitividad, 2) Obtención de datos, 3) Agregación y ponderación, y 4) Cálculo del índice.

El Índice de Nueva Economía del Estado (Atkinson & Nager, 2014) controla el sector industrial del Estado, al medir el comportamiento de las compañías. En la metodología que describe se pueden identificar las siguientes etapas: 1) Definición conceptual de indicadores, 2) Obtención de datos, 3) Normalización y estandarización, 4) Ponderación, y 5) Cálculo del índice.

El Índice de conocimiento para ciudades (Bedford et al., 2015), intenta apoyar a las ciudades y a sus ciudadanos en la transición hacia una economía del conocimiento. Aloja fuentes de datos de observación recolectables, adaptables y únicas. El proceso de creación consta de las siguientes actividades: 1) Establecimiento del modelo conceptual, 2) Recolección inicial de datos, 3) Creación y presentación del estado inicial actual del índice, 4) Visualización del

estado futuro, 5) Agregación de componentes, y 6) Desarrollo de una estrategia de transformación.

Específicamente, para medir habilidades del siglo XXI para educación básica y secundaria mediante el uso de TIC, el IDRC propone la siguiente serie de pasos: 1) Adoptar o crear un marco conceptual apropiado para medir las HS21, 2) Desarrollar una validación de los indicadores, y 3) Integrar este instrumento que mide las HS21 con otro tipo de pruebas que miden el desempeño de los estudiantes en ciencias, matemáticas, y lenguaje, entre otros (International Development Research Centre & Fundación para la Educación Superior y el Desarrollo, 2016). Sin embargo, sus indicaciones son muy generales y solamente considera a la educación primaria y secundaria.

3.3. Habilidades del siglo XXI para una economía del conocimiento

La investigación en países en desarrollo sobre las habilidades del siglo XXI, que se consideran necesarias para encarar los retos de los países que se encuentran en la transición hacia una economía del conocimiento, ha considerado tanto a la evaluación de desempeño, como ha incluido la percepción de los participantes respecto a los beneficios de tal evaluación en el desarrollo de esas habilidades (Dahaner, Shoepf, Ater, & Bauld, 2018). Se reconocen, entre otras, como habilidades del siglo XXI a la comunicación, la colaboración, el pensamiento crítico, la resolución de problemas, la creatividad, la operación básica de las TIC, el liderazgo y el autoaprendizaje.

La literatura reciente reconoce la importancia que estas habilidades tienen en el ámbito laboral actual, por ello, existen investigaciones sobre el desarrollo de ellas desde la educación básica (Zulkarnaen, Setiawan, Rusdiana, & Muslim, 2019), hasta la educación superior, en áreas que van desde la sociología (Nnebedum, 2019) hasta STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, por sus siglas en inglés) (Hong, Lin, Chen, & Chen, 2019).

Existe una gran cantidad de investigaciones sobre cada una de las que se reconocen como habilidades del siglo XXI, en contextos particulares. Por ejemplo,

en cuanto a la resolución de problemas de forma colaborativa por adolescentes (Camacho-Morles, Slemp, Oades, Morrish, & Scoular, 2019) o sobre la creatividad en los niños (Kupers, Lehmann-Wermser, McPherson, & van Geert, 2018)

En cuanto a los esfuerzos por medir el desarrollo de habilidades del siglo XXI en entornos educativos se tiene poca evidencia. Kang, Heo, Jo, Shin y Seo (2010) propusieron un indicador para el desempeño educativo para estudiantes del nuevo milenio, identificando a los dominios cognitivo, afectivo y sociocultural. Las TIC se consideran como un elemento importante dentro del marco planteado, pero no se mide su influencia en el aprendizaje de las habilidades. El IDCR y el Centro de Investigación Económica y Social (International Development Research Centre & Fundación para la Educación Superior y el Desarrollo, 2016) presentan un marco en el que definen las habilidades del siglo XXI y las distinguen de las habilidades fundamentales y las habilidades blandas. Proponen un método general para medir o evaluar las habilidades del siglo XXI a través del uso de las TIC, en educación básica y secundaria. También aseguran que, hasta ese momento, en América Latina existían pocas iniciativas para medir la incidencia de las TIC en la educación y sus implicaciones en el desarrollo de las habilidades del siglo XXI.

La incorporación de las TIC como un componente del propio constructo de habilidades del siglo XXI ha sido considerada también en la literatura. Una aproximación de ello en la educación secundaria se puede identificar en el trabajo de Shields y Chugh (2018), así como en un estudio del desarrollo del pensamiento crítico a través del uso de herramientas de tecnologías de la información (Zhao, 2019). Pero, de forma más precisa, surgió el concepto de habilidades digitales del siglo XXI (van Laar et al., 2017), que agregan el contexto digital a las habilidades del siglo XXI, presentando un *framework* que lo soporta.

La investigación en cuanto a la medición de estas habilidades es aún incipiente, sin embargo, los creadores de tal concepto publicaron recientemente, posterior al inicio de este trabajo, un instrumento para realizar la medición de las

habilidades digitales del siglo XXI en profesionales activos (van Laar, van Deursen, van Dijk, & de Haan, 2018).

Si las instituciones educativas de nivel superior (IES) logran adicionar a la preparación de sus egresados el desarrollo de estas habilidades, podrán dar soporte a las economías del conocimiento. Por ello, la investigación en este sentido cobra importancia y apoyará en gran medida a los tomadores de decisiones de TIC en las IES.

Dirección General de Bibliotecas UAG

4. MARCO TEÓRICO

Los conceptos teóricos sobre los que se fundamenta esta investigación se ubican en el proceso reciente y continuo de la transición de los países en vías de desarrollo en economías del conocimiento. El porqué y cómo se realiza este cambio se explica a través de tendencias sobre las que se mueven las economías a nivel mundial en la actualidad. La vigente responsabilidad de las instituciones de educación superior para lograrlo también tiene que ser considerada.

Por otro lado, las habilidades blandas, consideradas como habilidades del siglo XXI, son un requisito actual que forma parte del perfil de los egresados en la mayoría de las profesiones. En ese camino se están ubicando las habilidades digitales del siglo XXI, las cuales facilitarían la transición mencionada en el párrafo anterior.

4.1. Economía del conocimiento

El conocimiento se entiende como “la capacidad de utilizar la información disponible para concebir nuevas formas de hacer algo, nuevos objetos, nuevos problemas y nuevas soluciones” (Sanabria, 2011, p. 178). Es un elemento de suma importancia en el crecimiento económico y en la evolución progresiva del bienestar social, variables que apoyan al desarrollo de una nación (Ruiz, Font, & Lazcano, 2015).

La influencia del conocimiento en la economía se ha ido incrementando cada vez con mayor rapidez en el entorno internacional y ha dado lugar al término *Economía del Conocimiento*. Existen varias versiones del concepto de economía del conocimiento, y todas ellas apuntan a la forma en como se usa el conocimiento para la prosperidad de una economía, a través del uso de la tecnología.

Sánchez y Ríos (2011) mencionan que el término comenzó a ser usado por la OCDE en 1996, al indicar que una economía del conocimiento es aquella en la que el conocimiento es un activo más importante que los bienes de capital y mano de obra. Brinkley (2006) indica que la economía del conocimiento es “lo que

se obtiene cuando las empresas juntan computadoras poderosas con mentes bien educadas para generar riqueza” (p. 3). Para Arguelles y Benavides (2008), es una disciplina económica que persigue el estudio de la producción, transmisión y utilización del conocimiento. Powell y Snellman (2004) la definen como “la producción y los servicios basados en actividades intensivas que contribuyen a un ritmo acelerado de avance tecnológico y científico, así como su rápida obsolescencia” (p. 201). La economía del conocimiento se traduce en un salto de calidad en la incorporación del conocimiento en la producción social (Ordoñez, 2011).

En México, el Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación 2014-2018 (Gobierno de México, 2014) plantea que “una economía basada en conocimiento es aquella cuyo funcionamiento se sustenta de manera predominante en la producción, distribución y uso intensivo del conocimiento y la información” (p. 1).

En la economía del conocimiento, los trabajadores no son ya operarios sino analistas simbólicos que manipulan símbolos en lugar de máquinas y que crean artefactos conceptuales en lugar de objetos físicos (Marcelo, 2013). Según el Banco Mundial (WBI Development Studies, 2007), una economía del conocimiento se sostiene en cuatro pilares:

1. Una base educativa y de formación y capacitación nacional. La fuerza de trabajo debe basarse en trabajadores calificados y educados, con la capacidad de actualizar y adaptar sus habilidades en la creación y uso del conocimiento.
2. Infraestructura de acceso a la información y las telecomunicaciones. Las tecnologías de la información y comunicación (TIC) constituyen la infraestructura fundamental de las economías globales basadas en la información.
3. Sistema de innovación. Un sistema de innovación eficaz que se componga por empresas, centros de investigación, universidades, consultores y otras organizaciones.

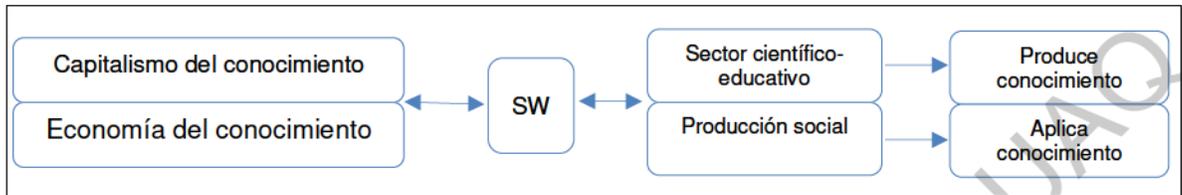
4. Marcos institucionales, de gobierno y de negocios. El régimen institucional y los incentivos económicos que genera deben permitir la eficaz asignación de recursos, así como estimular el espíritu empresarial y motivar la creación, difusión y el uso eficiente del conocimiento.

Una economía basada en el conocimiento es aquella economía que invierte en capital humano y capital social. En otras palabras, es la economía que fomenta la habilidad de inventar e innovar con el fin de generar nuevos conocimientos y promover ideas que se conviertan en productos, procesos y organizaciones capaces de impulsar el desarrollo para, así, crear bienestar y resolver dificultades económicas en la sociedad.

Ahora bien, el despliegue global de la economía del conocimiento ha tenido lugar bajo la envoltura social-histórica de una nueva fase de desarrollo del capitalismo, denominada capitalismo del conocimiento, en la cual “el conocimiento se convierte en la principal fuerza productiva de crecimiento económico, lo que hace que la producción social posea un contenido de conocimiento superior” (Ordoñez, 2011, p. 3). Cuando el conocimiento se reconoce como el medio para generar ganancias dentro del proceso de producción, el interés del capitalista se dirige hacia la producción y profundización del conocimiento (Sanabria, 2011).

El capitalismo del conocimiento surge, entonces, de la articulación entre el sector científico-educativo y el conjunto de la producción social, que es posible por la revolución tecnológica de la informática y las telecomunicaciones. El software es el elemento fundamental, ya que posibilita una articulación directa e interactiva entre el sector científico-educativo (producción del conocimiento) y la producción social (aplicabilidad del conocimiento) (Ordoñez, 2011). La Figura 4.1 muestra gráficamente este planteamiento teórico.

Figura 4.1. Planteamiento teórico de la economía del conocimiento y el capitalismo del conocimiento



Fuente: elaboración propia

Se busca que la producción social no solamente aplique el conocimiento sino que lo produzca y que el sector científico-educativo no solamente lo produzca sino también lo aplique.

En un sistema capitalista, como el que existe actualmente a nivel mundial, la desigualdad económica impera entre los países y entre las regiones al interior de estos. Sin embargo, ha habido algunas experiencias en las que algunos países han mejorado su condición frente a los otros, gracias, principalmente, a la producción y uso del conocimiento (Sanabria, 2011). “El capitalismo cognoscitivo es un modo de crecimiento de las economías que se caracteriza por el desarrollo del conocimiento y creatividad, así como por la innovación y la novedad” (Aguirre, 2014, p. 140).

En el contexto del capitalismo del conocimiento se ubican las *teorías del crecimiento*, tanto *exógeno*, como *endógeno*. La primera indica que “existe competencia perfecta, rendimientos decrecientes a escala en los factores de producción, ausencia de externalidades, perfecta sustitución entre factores y que el cambio tecnológico es exógeno” (Sanabria, 2011, p. 175), lo que da lugar a la *teoría de la convergencia*, según la cual los países o regiones más ricos tienen tasas de crecimiento cada vez menores, mientras que los países pobres crecen más rápido, por lo que, con el tiempo, los pobres terminarán alcanzando a los ricos, terminando con la desigualdad. Por otro lado, la *teoría de crecimiento endógeno* indica que en la realidad no existe una competencia perfecta en todos

los mercados y que el cambio técnico es endógeno, por lo que los países o regiones crecen a ritmos distintos (Sanabria, 2011).

Es bajo este segundo esquema en el que se desarrolla la economía del conocimiento, pues el conocimiento crece en donde existe más y va desapareciendo en donde existe menos. Ello es posible debido a que la acumulación de capital humano trae consigo procesos de generación de conocimiento por el aprendizaje, así como los llamados *knowledge spillovers* (derrames de conocimiento). Además, existen rendimientos crecientes en una economía en la que el conocimiento y el desarrollo tecnológico son endógenos. Esto se complementa con lo que indica Elster (1990): el cambio tecnológico no es exógeno.

En este sentido, es importante analizar el comportamiento endógeno de un país o una región, ya que una sociedad progresa de acuerdo a su capacidad de incorporar avances tecnológicos en su proceso de generación de ganancias a partir del aumento de la productividad y el avance del progreso técnico, como lo indica Solo (1966), citado por Sanabria (2011).

Los factores básicos de la economía del conocimiento son: tecnología, información y conocimiento. La forma en cómo se utilizan, reproducen y transforman para generar valor y riqueza con el fin de lograr beneficios individuales, más que colectivos, es lo que caracteriza al capitalismo del conocimiento (Sanabria, 2011). Así, la economía del conocimiento surge cuando las personas producen intensamente conocimientos nuevos con la ayuda de tecnologías de la información y comunicación (David & Foray, 2002).

En medio del fenómeno de globalización en el que las naciones se encuentran, las de América Latina, como naciones en desarrollo, han tenido que asumir el rol de adaptar tecnología en lugar de producirla, por lo que su crecimiento, de seguir así, estará siempre en función de los países productores de la misma, y con una velocidad mucho menor y un mayor rezago. Sin embargo, de acuerdo a la teoría de crecimiento endógeno, en el marco de la economía del conocimiento, si estas naciones logran controlar a los factores básicos de la

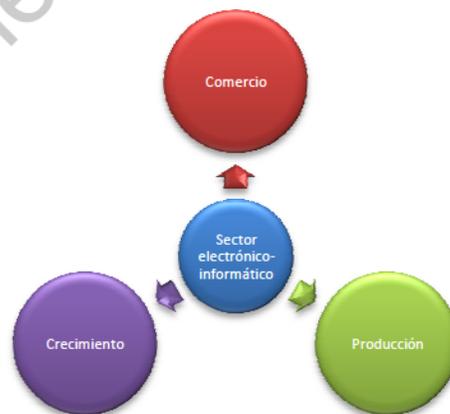
economía del conocimiento (tecnología, información y conocimiento), será posible pensar en la producción de conocimiento que les brinde la posibilidad de poder competir en alguna medida y lograr crecimiento económico y social.

En esta nueva economía o modelo de producción, las materias primas ya no son físicas, tampoco sustancias o energía, sino más bien son símbolos, códigos, signos lingüísticos y matemáticos, e, inclusive, competencias. Con ellas es posible crear, acumular y depreciar rápidamente el conocimiento. Desde esta dinámica “es posible afirmar que la nueva estructura económica está determinada por el uso, tratamiento y disponibilidad del conocimiento” (Sanabria, 2011, p. 180).

A nivel macroeconómico, la economía del conocimiento se ha desarrollado gracias a la revolución informática y de telecomunicaciones, que han permitido desarrollar actividades industriales y de servicios del sector electrónico-informático, siendo este el eje en el que se desarrolla la producción, el crecimiento y el comercio (ver

Figura 4.2).

Figura 4.2. La economía del conocimiento a nivel macroeconómico



Fuente: elaboración propia

El sector electrónico-informático dinamizó la fase expansiva de los 90's, determinó la crisis del 2001 y 2002 en los Estados Unidos, y encabezó su posterior recuperación, mediante la división internacional e interindustrial del trabajo (Ordoñez, 2011).

Esta nueva etapa de desarrollo busca recomponer el sistema de hegemonía de Estado de los Estados Unidos para extenderlo a escala global. En este sentido, los países escandinavos han logrado ascender respecto a la división internacional del trabajo basado en el conocimiento al integrarse (en la segunda posguerra) en la globalización y desarrollo del capitalismo del conocimiento (teniendo a Finlandia como un caso destacado).

La economía del conocimiento ha sido la base del desarrollo sostenido de varias naciones, por ejemplo, Corea del Sur e Irlanda, al inicio del presente siglo. El crecimiento coreano se debe, entre otros factores, a una fuerte apuesta e inversión en la educación y la capacitación (Sánchez & Ríos, 2011). En América Latina se han conformado bloques sociales regionales de innovación que han producido aglomeraciones industriales locales y actividades muy específicas de integración exitosa, pero siempre dentro de un marco de exclusión social.

4.2. Habilidades del siglo XXI

Como se indicó al inicio de este documento, la investigación sobre la medición de las TIC en la educación se ha dirigido esencialmente hacia el aprendizaje. Pero, además, se ha centrado en ciudadanos o estudiantes en lugar de las habilidades necesarias para la fuerza de trabajo (van Laar et al., 2017). Por ello, la investigación debería abrirse hacia el estudio de las habilidades que los estudiantes poseen luego de culminar su preparación académica.

De acuerdo a Alfaki (2016), existe evidencia de mediciones internacionales que sugieren que algunos países en desarrollo y economías en transición están muy rezagadas respecto a las naciones desarrolladas en cuanto a proporcionar a su población las habilidades necesarias en la economía del conocimiento. Desde hace dos décadas, organizaciones internacionales, como la

OCDE y la Comisión Europea identificaron la necesidad de preparar a los estudiantes para el aprendizaje permanente en la economía del conocimiento y asignan un rol central a las TIC para el logro de esta meta.

En cuanto a las habilidades necesarias para competir laboralmente en la economía actual (habilidades del siglo XXI), aún no hay un consenso absoluto respecto a cuáles son ni mucho menos una valoración de la importancia de ellas en una economía del conocimiento. Existen varias aproximaciones, como las que se describen a continuación.

Wegerif y Mansour (2010) mencionan a las habilidades necesarias en la era del conocimiento, conocidas como las siete C, y que fueron definidas por Bernie Trilling, líder de Oracle Education: Critical thinking and doing (pensamiento y actuar crítico), Creativity (creatividad), Collaboration (colaboración), Cross-cultural understanding (entendimiento intercultural), Communication (comunicación), Computing (computación), y Career and learning self-reliance Managing (Gestión de la autosuficiencia en la carrera y el aprendizaje).

Fullan y Langworthy (2013), coinciden en buena medida con Trilling, pues en el contexto del proyecto *The New Pedagogies for Deep Learning*, indican que en el corto plazo se puede trabajar con los estudiantes en: Formación del carácter, Civismo, Comunicación, Pensamiento crítico y solución de problemas, Colaboración, y Creatividad e imaginación.

Anderson (2010) indica que los estudiantes necesitan nuevas habilidades para equiparlos para los retos de la vida actual, indicando las habilidades para el siglo XXI, agrupadas en tres temas principales: Destrezas de aprendizaje e innovación (Creatividad e innovación, Pensamiento crítico y resolución de problemas, Comunicación y colaboración), Destrezas de información, medios y tecnología (Alfabetización sobre información, Alfabetización sobre los medios, Alfabetización sobre TIC), y Destrezas de vida y carrera (Flexibilidad y adaptabilidad, Iniciativa y autodirección, Destrezas sociales e interculturales, Productividad y cumplimiento, Liderazgo y responsabilidad).

Fu (2013) indica que entre todos los métodos y estrategias de enseñanza, el aprendizaje colaborativo, el aprendizaje basado en problemas y el enfoque constructivista son las estrategias de enseñanza más utilizadas para abordar los retos del uso de las TIC.

El Foro Económico Mundial indica que la educación debe enfatizar en capacidades como pensamiento crítico, resolución de problemas, tomar ventaja de las nuevas tecnologías, cooperar en el trabajo con individuos con diferente formación y competencias, así como desarrollar la capacidad de desafiar, confrontar y valorar críticamente ideas diferentes (Baller et al., 2016).

El IDRC resume que las habilidades del siglo XXI hacen referencia a la colaboración, el pensamiento crítico, el pensamiento creativo y la comunicación, entre otras, que son necesarias para participar activamente en la sociedad actual, marcada por una economía basada en el conocimiento, la alta conectividad, y el intercambio de información (International Development Research Centre & Fundación para la Educación Superior y el Desarrollo, 2016).

La OCDE, en un análisis sobre las políticas para fomentar habilidades en los mexicanos para la productividad y la innovación (Ramos, 2015), menciona que “las habilidades asociadas con la innovación incluyen un conocimiento especializado, capacidad general de resolver conflictos, habilidades de pensamiento, creatividad, así como habilidades sociales y de comportamiento, entre las que se encuentra la capacidad de trabajar en equipo.” (p. 3).

Cisco, Intel y Microsoft (Intel-Microsoft-Cisco Education Taskforce, 2009) realizaron una comparativa de las definiciones de habilidades del siglo XXI presentadas por las siguientes organizaciones internacionales: *Partnership for 21st Century Skills*, Comisión de Lisboa, *International Society for Technology in Education* (ISTE), Proyecto *Educational Testing Service (ETS) iSkills*, *Programme on International Student Assessment (PISA)* de la OCDE, y *National Assessment of Educational Progress (NAEP)* de la ETS.

Las habilidades que cada una consideró se indican en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1

Comparativa sobre la definición de habilidades del siglo XXI.

| Habilidades | <i>21st Century Partnership</i> | Comisión de Lisboa | ISTE | ETS iSkills | PISA <i>Problem Solving</i> | NAEP <i>Problem Solving</i> |
|------------------------------|---------------------------------|--------------------|------|-------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Creatividad, innovación | * | | * | * | | |
| Pensamiento crítico | * | | * | * | | |
| Resolución de problemas | * | * | * | * | * | * |
| Toma de decisiones | * | | * | | | |
| Comunicación | * | | * | * | * | |
| Colaboración | * | * | * | | | |
| Fluidez informacional | * | * | * | * | | |
| Investigación | | | * | | | * |
| Alfabetización en medios | * | | | | | |
| Ciudadanía digital | | | * | | | |
| Operación y conceptos de TIC | * | * | * | * | | * |
| Flexibilidad y adaptabilidad | * | * | | | | |
| Iniciativa y autodirección | * | | | | | |
| Productividad | * | | | | | |
| Liderazgo y responsabilidad | * | | | | | |

Fuente: Intel, Microsoft Cisco Education Taskforce (2009)

Con base en la información anterior, la lista de habilidades que Cisco, Intel y Microsoft proponen es la siguiente (cada habilidad es reconocida por al menos tres de las organizaciones citadas):

- Creatividad e innovación
- Pensamiento crítico
- Resolución de problemas
- Comunicación
- Colaboración
- Fluidez informacional
- Alfabetización tecnológica (operación y conceptos de TIC)
- Incorporadas en temas escolares

4.3. Habilidades digitales del siglo XXI

La conceptualización de las habilidades del siglo XXI, como se puede observar en la sección 4.2, incluye a una gran cantidad de ellas, sin existir un criterio unificado sobre su importancia para el sector productivo.

Por ello, una revisión sistemática realizada por van Laar, van Deursen, van Dijk y de Hann (2017), en la que contemplaron 1592 artículos que abordaban el tema de las habilidades del siglo XXI es muy útil para el propósito de esta investigación. La revisión se basó en *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*, que es una guía sólida para la realización de revisiones sistemáticas y meta-análisis.

La selección de los artículos omitió a aquellos que se limitaran al estudio de las habilidades sólo dentro del salón de clases (generalmente de educación primaria), ya que el marco se dirige a habilidades digitales del siglo XXI para el trabajo. Los autores consideran como habilidades del siglo XXI a: el dominio de las

aplicaciones TIC para resolver tareas cognitivas en el trabajo; habilidades que no son impulsadas por la tecnología, que no se refieren al uso de ningún programa de software en particular; habilidades que apoyan procesos de pensamiento de orden superior; habilidades relacionadas con los procesos cognitivos que favorecen el aprendizaje permanente de los empleados.

Los autores agregaron al concepto de habilidades del siglo XXI el sentido que implica el término *digital*. Tomaron en cuenta a los conceptos de: competencia digital, alfabetización digital, habilidades digitales y habilidades electrónicas, y los fusionaron con los de habilidades del siglo XXI. De esta forma definen el concepto de *Habilidades digitales del siglo XXI*, el cual constituye una novedosa posibilidad para la investigación.

El marco teórico propuesto establece siete habilidades básicas y cinco habilidades contextuales. Las habilidades básicas son fundamentales para desarrollar tareas necesarias en una amplia gama de ocupaciones. Las habilidades contextuales son aquellas que se requieren para aprovechar a las habilidades básicas y, por lo tanto, deben estar conectadas a ellas. La Tabla 4.2 muestra las habilidades básicas del marco.

Tabla 4.2

Marco teórico sobre habilidades digitales del siglo XXI

| Habilidad | Definición conceptual con componentes operacionales |
|-----------|---|
| Técnica | <p>Habilidades para usar dispositivos (móviles) y aplicaciones para realizar tareas prácticas y reconocer ambientes en línea específicos para navegar y mantener la orientación.</p> <p>Componentes clave:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Conocimiento de TIC: comprender las características de los dispositivos (móviles) o aplicaciones - Uso de TIC: realizar operaciones de aplicaciones básicas (móviles) y acceder a recursos de uso diario - Navegación: evitar perder la orientación durante la |

Gestión de
información

Habilidades para usar TIC para buscar, seleccionar y organizar información eficientemente para tomar decisiones informadas sobre las fuentes de información más adecuadas para una tarea dada.

Componentes clave:

- Define: uso de TIC para formular un enunciado de investigación para facilitar la búsqueda de información.
- Accede: uso de las TIC para encontrar y recuperar información desde una variedad de recursos en línea.
- Evalúa: usa las TIC para juzgar la utilidad y suficiencia de información para un propósito específico.
- Gestiona: uso de las TIC para organizar la información para poder encontrarla más adelante.

Comunicación

Habilidades para usar las TIC para transmitir información a los demás, asegurando que el significado se expresa de forma efectiva.

Componentes clave:

- Transmisión de información: uso de TIC para comunicar información e ideas de forma eficaz a múltiples audiencias usando una variedad de medios y formatos en línea.

Colaboración

Habilidades para usar las TIC para desarrollar una red social y trabajar en equipo para intercambiar información, negociar acuerdos y tomar decisiones con respeto mutuo hacia el logro de una meta común.

Componentes clave:

- Comunicación interactiva: generar significado a través

de intercambios usando una gama de herramientas TIC contemporáneas.

- Participación en discusiones: uso de TIC para compartir ideas (por ejemplo, en plataformas en línea)

Creatividad

Habilidades para utilizar las TIC para generar ideas nuevas o antes desconocidas, o para tratar ideas familiares de una forma nueva y transformar tales ideas en un producto, servicio o proceso que es reconocido como novedoso en un dominio particular.

Componentes clave:

- Creación de contenido: uso de las TIC para generar ideas o desarrollar nuevas formas de hacer las cosas.

Pensamiento crítico

Habilidades para usar las TIC para hacer juicios informados y elecciones sobre la información obtenida, utilizando razonamiento reflexivo y evidencia suficiente para apoyar las afirmaciones.

Componentes clave:

- Aclaración: uso de las TIC para formular y responder preguntas de aclaración relativas al problema.
- Evaluación: uso de las TIC para juzgar lo apropiado de una fuente para un problema específico.
- Justificación: uso de las TIC para invocar argumentos para las afirmaciones con base en su consistencia con otras afirmaciones del conocimiento (por ejemplo, personal, memoria, testimonio, coherencia, racionalidad, replicación).
- Vinculación de ideas: uso de las TIC para vincular hechos, ideas y nociones.
- Novedad: uso de las TIC para sugerir nuevas ideas para la discusión.

Resolución de problemas

Habilidades para usar las TIC para procesar y comprender cognitivamente una situación problemática en combinación con el uso activo del conocimiento para encontrar una solución al problema.

Componentes clave:

- Adquisición del conocimiento: uso de las TIC para adquirir conocimiento implícito y/o explícito sobre el problema.
- Aplicación del conocimiento: uso de las TIC para aplicar conocimiento implícito y/o explícito acerca del problema para encontrar una solución.

Fuente: van Laar et al. (2017)

Las habilidades contextuales son las siguientes:

1. Conciencia ética. Las habilidades para comportarse de una manera socialmente responsable, demostrando consciencia y conocimiento de los aspectos legales y éticos al usar las TIC.
2. Conciencia cultural. Las habilidades para mostrar el entendimiento cultural y respetar otras culturas al usar las TIC.
3. Flexibilidad. Las habilidades para adaptar el pensamiento, la actitud o el comportamiento a entornos de TIC cambiantes.
4. Autodirección. Las habilidades para establecer metas para uno mismo y gestionar la progresión hacia el logro de esos objetivos con el fin de evaluar el propio progreso al usar las TIC.
5. Aprendizaje permanente. Las habilidades para explorar constantemente nuevas oportunidades al usar las TIC que se pueden integrar en un entorno para mejorar continuamente las propias capacidades.

Los autores consideran al *aprendizaje permanente* como un enfoque más que una habilidad. Las habilidades contextuales solo se consideran como apoyo, y no se consideran como habilidades digitales del siglo XXI en el presente trabajo.

Dirección General de Bibliotecas UAQ

5. METODOLOGÍA

El objetivo general del presente trabajo se definió tomando como base la hipótesis H: bajo su percepción, los estudiantes de nivel superior poseen un nivel aceptable (medio) de habilidades digitales del siglo XXI.

Para evaluar la hipótesis, se decidió construir un indicador compuesto, ya que mide conceptos multidimensionales que no puede cubrir un solo indicador (Nardo et al., 2008), como, en este caso, son las habilidades digitales del siglo XXI y el uso de las TIC en la universidad.

De las alternativas existentes, se eligió a la metodología descrita en el *Manual sobre la construcción de indicadores compuestos* (Nardo et al., 2008) de la OCDE, al considerarse como la que describe claramente el proceso de construcción de un indicador compuesto.

Las etapas de construcción que se indican en tal metodología son las siguientes:

1. *Marco teórico*. Elaborar un marco teórico que sirva de base para seleccionar y combinar indicadores simples en un indicador compuesto significativo.
2. *Selección de datos*. Seleccionar los indicadores bajo las bases de solidez analítica, mensurabilidad, cobertura nacional, relevancia para el fenómeno que se mide y relación entre ellos. El uso de variables *proxy* debe considerarse cuando los datos son escasos.
3. *Imputación de datos faltantes*. Considerar enfoques para imputar valores faltantes. Los valores extremos deben examinarse, ya que pueden convertirse en puntos de referencia no deseados.
4. *Análisis multivariante*. Un análisis exploratorio debe investigar la estructura general de los indicadores, evaluar la idoneidad de los datos y explicar las opciones metodológicas utilizadas, por ejemplo, en la ponderación y en la agregación.

5. *Normalización.* Los indicadores deben normalizarse para hacerse comparables. Hay que poner atención a los valores extremos y a los datos sesgados, ya que pueden influir en los pasos posteriores en el proceso de construcción.
6. *Ponderación y agregación.* Los indicadores deben ponderarse y agregarse de acuerdo con el marco subyacente. Los problemas de correlación y compensación entre indicadores deben considerarse y corregirse o tratarse como características del fenómeno que necesitan retenerse en el análisis.
7. *Análisis de incertidumbre y sensibilidad.* Se debe realizar un análisis para evaluar la robustez del indicador compuesto en términos de, por ejemplo, el mecanismo para incluir o excluir indicadores simples, el esquema de normalización, la imputación de datos faltantes, la elección de ponderaciones y/o el método de agregación
8. *Volver a los datos reales.* Los indicadores compuestos deben ser transparentes y capaces de descomponerse en sus indicadores o valores subyacentes.
9. *Enlaces a otros indicadores.* Se debe intentar correlacionar el indicador compuesto con otros indicadores publicados, así como identificar los vínculos a través de regresiones.
10. *Presentación y visualización.* Los indicadores compuestos deben visualizarse o presentarse en diferentes formas, lo cual pueden influir en su interpretación.

El proceso de construcción implica la aplicación de métodos cuantitativos que guían el tratamiento de los datos sobre los que se obtendrán los resultados. En el trayecto, se evalúa la consistencia interna de los datos, se imputan los datos faltantes, se les aplica un proceso de normalización (si lo requieren) y ponderación, y se realizan análisis de incertidumbre y sensibilidad, procedimientos

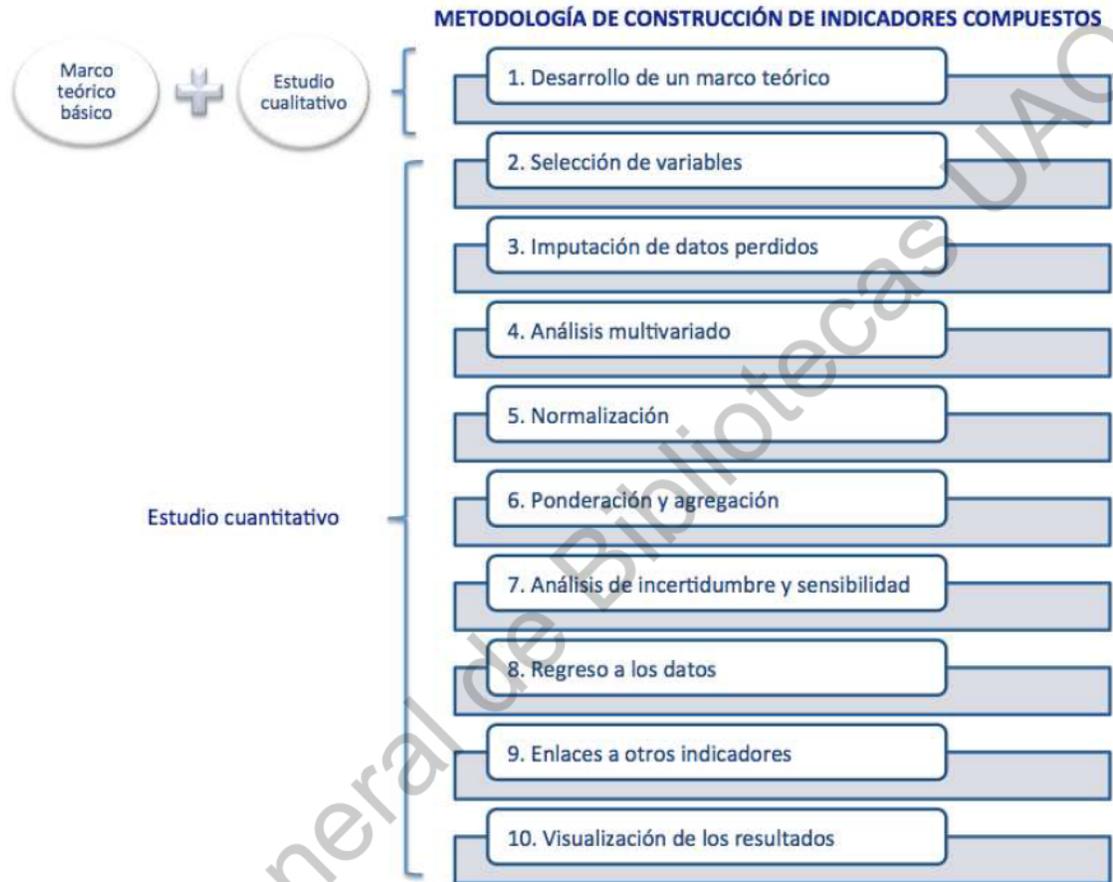
propios de la investigación cuantitativa. Por ello, la presente investigación encaja dentro del paradigma racionalista.

El fin último de un indicador compuesto es obtener una *calificación* para cada observación sobre el concepto que intenta medir, a través de la determinación de las relaciones entre los indicadores simples que lo componen. Tales relaciones deben analizarse con métodos estadísticos para determinar el grado de correlación que poseen, lo que será la base para asignar el peso que tendrá cada uno en la estructura del indicador compuesto. Así, este trabajo es una investigación de tipo correlacional, ya que no solamente se describe a los indicadores simples, sino se determina cómo se relacionan entre sí.

En este momento, cabe hacer una importante acotación. Debido a que el concepto base de este proyecto, las habilidades digitales del siglo XXI, es muy reciente, la investigación sobre ellas en la educación superior aún no se desarrolla. Por lo tanto, la etapa 1 del proceso de construcción descrito, el desarrollo de un marco teórico, está limitada al marco conceptual que define tales habilidades (al que se le denominó *Marco teórico básico*), y deja un vacío en cuanto al uso de las TIC en la educación superior. Para solventar lo anterior, se realizó una investigación cualitativa que permitiera identificar a todas las variables pertinentes en el marco teórico.

Por lo tanto, aunque la línea de investigación principal sigue un enfoque cuantitativo, la existencia del estudio cualitativo en una de las etapas de construcción del indicador compuesto le asigna un carácter mixto, en donde los resultados cualitativos sirven de base para el desarrollo de las etapas cuantitativas. La Figura 5.1 representa gráficamente el paradigma de investigación mixto utilizado, ubicado dentro de la metodología de construcción de indicadores compuesto propuesta por la OCDE.

Figura 5.1 Paradigma de investigación mixto insertado en la metodología de construcción de indicadores compuestos



Fuente: elaboración propia

Es necesario describir aspectos metodológicos que se consideraron para desarrollar algunas tareas dentro de las etapas de la metodología de construcción de IC elegida. La Tabla 5.1 presenta la etapa y la tarea correspondientes a los aspectos metodológicos que se aplicaron. En las secciones 5.1, 5.2 y 5.3 se describe cada uno de ellos.

Tabla 5.1

Aspectos metodológicos considerados en las etapas de la construcción del IC

| Etapa | Tarea realizada | Principales aspectos metodológicos |
|-----------------------------------|------------------------------------|--|
| 1. Desarrollo de un marco teórico | Estudio cualitativo | Tipo: Estudio de caso Obtención de información: análisis de documentos y entrevistas semiestructuradas Análisis de datos: codificación temática |
| 2. Selección de variables | Diseño del instrumento de medición | Población: estudiantes en su último año de licenciatura Técnica de muestreo: muestreo estratificado sistemático Validación: de contenido (juicio de expertos), de constructo (análisis de componentes principales) |
| 4. Análisis multivariado | Análisis de datos | Estrategia: Análisis de Componentes Principales |

Fuente: elaboración propia

5.1. Metodología del estudio cualitativo para el *desarrollo de un marco teórico*

La etapa 1 de la metodología elegida para construir el IC, *Desarrollo del marco teórico*, establece que debe definirse claramente el fenómeno a ser medido, así como sus componentes, con base en lo que se desea medir y no en los indicadores disponibles. El marco teórico elegido es resultado de una amplia revisión sistemática y presenta las habilidades digitales del siglo XXI, definidas como la combinación de habilidades del siglo XXI y conceptos digitales (van Laar et al., 2017); a este marco se le denominó *Marco teórico básico*. En él se definen las habilidades digitales del siglo XXI, las cuales son: Colaboración, Comunicación, Creatividad, Gestión de información, Habilidad técnica, Pensamiento crítico y Resolución de problemas.

Sin embargo, no se considera el uso de las TIC en la educación superior, y tampoco existe aún investigación al respecto. Por ello, se llevó a cabo un estudio

en la Universidad Autónoma de Querétaro (que es la entidad en donde se aplicará, en inicio, el indicador compuesto) para determinar las variables faltantes en la totalidad del concepto.

La investigación desarrollada tomó en cuenta que existen estudios que indican que el uso de TIC en educación no ha entregado los resultados esperados (Adedokun-Shittu & Shittu, 2011; Hepp, Hinostroza, Laval, & Rehbein, 2004; Instituto de estadística de la UNESCO, 2009; Kedrova & Potemkin, 2015; Malapile & Keengwe, 2014; Toh & So, 2011; Vásquez & Findikoglu, 2011; Venkatesh, Croteau, & Rabah, 2014). Una de las principales razones de ello es que se ha intentado introducir la tecnología de forma similar a como se realizó en otros contextos, sin considerar las particularidades de aquel en donde se pretende implementar (Adedokun-Shittu & Shittu, 2011).

Transfiriendo esta situación a la construcción del IC, es necesario tomar en cuenta el contexto hacia el que se dirige, para incluir a los elementos pertinentes. Por ello, el objetivo de esta investigación fue completar el marco teórico básico de acuerdo al contexto de la UAQ. Esto corresponde con lo que definen van Laar, van Deursen, van Dijk y de Hann (2017), en el sentido de que debido a que todavía no se ha establecido una tradición de medir los diversos aspectos de las habilidades digitales del siglo XXI, es útil realizar estudios cualitativos más detallados y pequeños antes de iniciar evaluaciones cuantitativas a gran escala.

La pregunta de investigación del estudio cualitativo mencionado fue: ¿Cómo apoyan las TIC a los estudiantes de la UAQ al desarrollo de habilidades del siglo XXI, desde el punto de vista de los tomadores de decisiones académicas? El supuesto de investigación planteado es que los directivos de la Universidad reconocen diversas formas en las que el uso de las TIC en la institución puede apoyar al desarrollo de habilidades digitales del siglo XXI en las y los estudiantes.

La investigación tomó la forma de un estudio de caso, del tipo de estudio de comunidades, de acuerdo a la clasificación de Colás y Buendía (2012), ya que

describe y comprende una comunidad educativa; y del tipo de estudio de caso intrínseco, de acuerdo a la clasificación de Stake (2007) y Creswell (2007), ya que se tiene interés en el objeto de estudio para aprender de él. Se utilizaron dos medios de recolección de datos: revisión de los principales documentos de planeación de la universidad y entrevistas semiestructuradas.

Los resultados de la revisión de documentos fueron la base para la creación del guion de entrevistas semiestructuradas que se aplicaron a la muestra seleccionada. La orientación de las preguntas se fue adaptando entre una y otra entrevista, buscando profundizar en los temas que iban emergiendo desde las primeras entrevistas.

Para el análisis de la información recabada en las entrevistas se utilizó la codificación y análisis temático. En la codificación temática, algunos códigos pueden provenir de un modelo conceptual inicial (Given, 2008), en este caso, se consideraron a los del marco teórico básico. También, el grupo que se estudia se define de antemano (Flick, 2007), y se consideró a los directores de 9 facultades de la UAQ y a la Directora de Educación a Distancia, siendo solamente la Facultad de Medicina en donde fue un representante (el responsable de la licenciatura) quien atendió la entrevista.

Mediante análisis temático, se definieron categorías y subcategorías durante la realización de las entrevistas. El análisis temático busca producir una descripción de patrones de experiencia y el diseño general que los une y se realiza mediante comparaciones entre categorías a partir de la información proveniente de los entrevistados y realizando un proceso de inducción analítica (Given, 2008).

La estructura final del marco se modeló mediante comparaciones constantes entre los casos involucrados (directores de las facultades), hasta llegar a conceptos afines en todos los casos, siguiendo lo indicado por Flick (2007).

5.2. Metodología para el diseño del instrumento de medición para la *Selección de variables*

La segunda etapa del proceso de construcción consiste en la selección de variables o indicadores que se utilizarán para dar forma al indicador compuesto. Esta selección debe estar basada en el marco teórico definido. Las variables que interesan en la construcción del IC se resumen en la Figura 5.2.

Figura 5.2. Variables de interés en la construcción del indicador compuesto.



Fuente: elaboración propia

Las variables *Proyectos*, *Uso de TIC de alumnos* y *Uso de TIC de profesores* son resultado del estudio efectuado en la etapa 1, al considerar las opiniones recogidas en el estudio cualitativo. Las variables que corresponden a las *Habilidades digitales del siglo XXI* están definidas en el marco teórico básico.

Las siguientes etapas de la construcción del IC trabajan con las variables seleccionadas. Sin embargo, no se encontraron indicadores respecto a ellas. Por esa razón, en esta etapa se aplicó un instrumento de medición, en forma de

encuesta, para recolectar los datos que interesan a la investigación. Esta tarea es imprescindible, pues las variables a utilizar en la construcción del IC se deben seleccionar con base en los conceptos que interesan, por encima de la disponibilidad de los datos.

La operacionalización de las variables correspondientes a las habilidades digitales del siglo XXI se realizó mediante la generación de ítems a partir de instrumentos existentes y validados. Debido a que las habilidades digitales del siglo XXI constituyen un concepto nuevo en la investigación sobre tecnología educativa, no se encontraron instrumentos diseñados para medirlas, ni en el entorno educativo ni fuera de él, sin embargo, sí existen instrumentos que miden a las habilidades del siglo XXI. Así que se realizaron búsquedas exhaustivas de instrumentos validados que midieran, por separado, percepciones acerca de tales habilidades. En los instrumentos elegidos se agregó el constructo de las TIC en los ítems, y solamente aquellos en los que se pudo aplicar esta adaptación se consideraron elegibles para generar la estructura base del instrumento. La única habilidad en la que no se procedió de esta forma fue la resolución de problemas, ya que los instrumentos encontrados realizaban mediciones mediante la evaluación de pruebas de desempeño, por lo tanto, los ítems se generaron con base en los componentes clave definidos en el marco teórico básico.

Los instrumentos que se tomaron como base para la generación del instrumento de medición se presentan en la Tabla 5.2, y una descripción más detallada del proceso de selección se presenta en el Anexo 1 de este documento. El instrumento final se presenta en el

Anexo 2.

Tabla 5.2

Instrumentos base para la generación del instrumento de medición

| Habilidad | Instrumento |
|------------------------|--|
| Colaboración | Unit Member Questionnaire del OAI (Organizational Assessment Index) (van de Ven & Ferry, 2000) |
| Comunicación | Interpersonal Communication Coping Self-Efficacy Assessment de la STEM Interpersonal Communication Skills Assessment Battery (Wilkins, Bernstein, & Bekki, 2015) |
| Creatividad | Kaufman Domains of Creativity Scale (K-DOCS) (Kaufman & Baer, 2012) |
| Gestión de información | Instrumento para medir habilidades operacionales, formales, de información y estratégicas de internet (van Deursen, van Dijk, & Peters, 2012) |
| Habilidad técnica | Instrumento para medir habilidades operacionales, formales, de información y estratégicas de internet (van Deursen et al., 2012) |
| Pensamiento crítico | Escala para la medición de la disposición al pensamiento crítico (Sosu, 2013) |

Fuente: elaboración propia

Respecto a las variables *Proyectos*, *Uso de TIC de alumnos* y *Uso de TIC de profesores*, se decidió generar instrumentos particulares, ya que estos conceptos emergieron del estudio cualitativo desarrollado en la etapa 1, y, para obtener un IC consistente, se determinó hacer uso de los resultados del mismo, ya que el IC se calcularía inicialmente en la UAQ. Así, quedó definida la primera versión de la encuesta de percepción que se aplicaría a los estudiantes de la Universidad Autónoma de Querétaro. A continuación se describen los procedimientos de validez a los que el instrumento se sometió.

5.2.1. Validez de contenido

En cuanto a la validez de contenido, el instrumento se sometió a la validez de conocimiento y validez de juicio. El instrumento cumple con la validez de conocimiento, pues las secciones correspondientes a las habilidades digitales del siglo XXI están basadas en instrumentos ya validados, y las variables (las habilidades) medidas están íntimamente asociadas a los conceptos que integran al marco teórico de habilidades digitales; únicamente se insertó el concepto de TIC a los ítems, lo cual está así definido en el marco teórico básico que define a las habilidades digitales del siglo XXI. Las secciones destinadas a medir las otras tres variables también cumplen este criterio de validez, ya que son conceptos que emergieron del estudio de caso aplicado al dominio en el que se fundamenta esta investigación.

Respecto a la validez de juicio, el instrumento pasó por la revisión de expertas, siendo ellas tres doctoras de la Universidad Autónoma de Querétaro y una de la Universidad de Valencia, España, quienes hicieron observaciones en cuanto a la semántica y redacción, para asegurar que el instrumento expresara claramente lo que se deseaba obtener en relación con el marco teórico subyacente, que su estructura fuera la adecuada y que las escalas se diseñaran de modo que los datos obtenidos pudieran tratarse posteriormente para obtener los estadísticos planeados. La evolución del instrumento durante el proceso de validez de juicio se muestra en la Tabla 5.3.

Tabla 5.3

Evolución del instrumento de medición durante la validez de juicio

| Ronda de revisión por expertas | Cantidad de ítems | Características del instrumento respecto a la versión anterior | Observaciones de las expertas |
|---------------------------------------|--------------------------|--|---|
| 1 | 128 | <p>Primera versión:</p> <p>Consideraba tanto al marco teórico como a instrumentos ya validados respecto a las habilidades del siglo XXI, a los que se hicieron adaptaciones para incluir a las TIC y proporcionarle el sentido digital a las mismas.</p> <p>Había ítems con escala Likert de 5 opciones, y algunos dicotómicos para un indicador particular, para los cuales se pensaba realizar una sumatoria para asignarle un valor al indicador.</p> | <p>Eliminar ítems cuyo contenido semántico era equivalente.</p> <p>Revisar la redacción de varios ítems, pues no reflejaban lo que se deseaba expresar en el indicador correspondiente.</p> |
| 2 | 101 | <p>Se eliminaron los ítems repetidos.</p> <p>Se corrigió la redacción de algunos ítems</p> <p>Se definieron adecuadamente algunos indicadores para considerar adecuadamente a los ítems correspondientes.</p> | <p>Revisar la escala de los ítems, ya que no había uniformidad entre todos ellos, lo cual no es deseable para el análisis de datos.</p> <p>Modificar los ítems dicotómicos en una escala <i>Likert</i> similar a la del resto.</p> <p>Algunos ítems correspondientes a las habilidades digitales del siglo XXI no se ven influenciados por el uso de las TIC, lo cual los excluye semánticamente del marco teórico establecido.</p> |

| | | | |
|---|----|---|---|
| 3 | 83 | <p>Se modificó la escala <i>Likert</i> de los ítems, considerando las cinco opciones siguientes: <i>Muy alto, Alto, Medio, Bajo, Muy bajo</i>, con lo cual se cuenta con una escala unificada.</p> <p>Los ítems dicotómicos correspondientes a un indicador particular se fusionaron en un ítem, diseñándolo con la misma escala <i>likert</i> de 5 opciones igual al resto. Se eliminaron los ítems sobre habilidades digitales en los que la inclusión de las TIC no aportaba diferencia entre una habilidad del siglo XXI y una habilidad digital del siglo XXI.</p> | <p>Dos ítems de carácter descriptivo, con valor nominal, se encontraban agrupados con los de <i>Likert</i>.</p> |
| 4 | 83 | <p>Los ítems descriptivos se colocaron al final de la encuesta, para no perder la homogeneidad de la estructura.</p> | |

Fuente: elaboración propia

5.2.2. Confiabilidad y consistencia

La confiabilidad se determinó mediante el cálculo del Alfa de Cronbach, el cual es el coeficiente más utilizado para medir la confiabilidad y consistencia interna de un conjunto de indicadores. La consistencia interna significa que los indicadores están altamente relacionados, esto es, que lo que miden se refiere al mismo concepto y, por lo tanto, la información de múltiples factores está

representada en un solo factor (Cronbach, 1951). El coeficiente Alfa de Cronbach se calcula de la siguiente manera:

$$\alpha = \left(\frac{Q}{Q-1} \right) \frac{\sum_{i \neq j} cov(I_i, I_j)}{var(I_0)} = \left(\frac{Q}{Q-1} \right) \left(1 - \frac{\sum_j var(I_j)}{var(I_0)} \right) \quad i, j = 1..Q$$

siendo Q el número de indicadores simples e $I_0 = \sum_{j=1}^Q I_j$ es la suma de todas las puntuaciones de los indicadores simples.

Este coeficiente toma valores entre 0 y 1. Un coeficiente elevado significa que los indicadores considerados miden correctamente un fenómeno latente. Los valores considerados para otorgar confiabilidad a un conjunto de indicadores va de 0.7 a 0.8.

En este trabajo, se evaluó la exclusión de ítems para incrementar este estadístico en algunas dimensiones, y en el caso de eliminar otros por alguna otra causa, se debió verificar que no disminuyera demasiado.

5.2.3. Validez de constructo

Se utilizó el análisis factorial como herramienta exploratoria para evaluar la validez de constructo, utilizando el método de Análisis de Componentes Principales (ACP), que se explica en la sección 5.3. Este análisis se utilizó tanto para validar los diferentes constructos definidos en la encuesta, como para determinar las correlaciones entre las variables, que corresponde a la etapa cuatro de la construcción del IC.

El análisis factorial es una técnica estadística de modelación de datos cuya idea principal es explicar la variabilidad de Q indicadores observados en términos de un número menor m de variables no observadas llamadas factores, cuya influencia queda matizada por unos pesos o cargas, incluyendo un término de error. Los indicadores observados se modelan como combinaciones lineales de factores más expresiones de error (Uriel, 1995):

$$\begin{aligned}
 I_1 &= \alpha_{11} F_1 + \alpha_{12} F_2 + \dots + \alpha_{1m} F_m + e_1 \\
 I_2 &= \alpha_{21} F_1 + \alpha_{22} F_2 + \dots + \alpha_{2m} F_m + e_2 \\
 &\dots \\
 I_Q &= \alpha_{Q1} F_1 + \alpha_{Q2} F_2 + \dots + \alpha_{Qm} F_m + e_Q
 \end{aligned}$$

donde:

I_i son los indicadores observados que se consideran tipificados o estandarizados, $i = 1..Q$

$\alpha_{i1}, \alpha_{i2}, \dots, \alpha_{im}$ son las cargas factoriales o saturaciones del indicador I_i en los factores $F_1, F_2, \dots, F_m, i = 1..Q$

F_1, F_2, \dots, F_m son los factores no correlacionados, cada uno de ellos con media cero y varianza la unidad

e_i son los errores independientes e idénticamente distribuidos con media cero, con $i = 1..Q$

5.2.4. Estabilidad

Luego de definir el modelo más apropiado para los datos, está planeada una nueva recolección de datos con una muestra diferente, para establecer la estabilidad del instrumento, aunque esa aplicación está más allá de los alcances de esta tesis.

5.3. Análisis multivariante

La etapa 4 del esquema metodológico seguido en esta investigación requiere la realización de análisis multivariante para evaluar la idoneidad de los datos y facilitar la comprensión de las elecciones metodológicas tomadas durante el proceso de construcción del índice. Se utilizó el análisis factorial con el método de análisis de componentes principales para la validación del instrumento descrito en la sección anterior y para la extracción de factores o dimensiones a considerar en el indicador compuesto. A continuación se describe la técnica de análisis de componentes principales (extracto de Bas, 2014, pp. 67–72).

La técnica de análisis de componentes principales fue descrita por Karl Pearson en 1901. Una descripción de su metodología de cálculo fue introducida más tarde por Hotelling en 1933. El objetivo de esta técnica es explicar la mayor parte de la variabilidad total observada en un conjunto de variables con el menor número de componentes posible (Uriel, 1995). Esto es posible transformando las variables correlacionadas en un nuevo conjunto de variables no correlacionadas, denominadas factores o componentes principales, relacionadas con las variables originales mediante una transformación lineal y ordenadas de forma decreciente según el porcentaje de variabilidad que explican. Dicho de otro modo, la técnica utilizada en el análisis de componentes principales consiste en proyectar la nube de observaciones sobre un subespacio afín de dimensión menor, determinado de tal manera que la nube proyectada se deforme lo menos posible.

El análisis de componentes principales está relacionado con el análisis factorial, pero existen ciertas diferencias: i) los componentes principales se construyen para explicar las varianzas, mientras que los factores se construyen para explicar las covarianzas o correlaciones entre las variables, ii) el análisis de componentes principales es una técnica descriptiva, mientras que el análisis factorial presupone un modelo estadístico formal de generación de datos. Para describir la técnica del ACP supóngase que se tienen Q indicadores en el análisis, $I_i, I = 1, \dots, Q$, medidos sobre n unidades de análisis. Sea X la forma matricial que representa los datos del estudio:

$$X = \begin{pmatrix} I_{11} & \cdots & I_{Q1} \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ I_{1n} & \cdots & I_{Qn} \end{pmatrix} \in R^{n \times Q}$$

La matriz de covarianza muestral CM de los datos originales es:

$$CM = E[(X - E[X])(X - E[X])'] = \begin{pmatrix} \sigma_1^2 & \cdots & \sigma_{1n} \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ \sigma_{n1} & \cdots & \sigma_n^2 \end{pmatrix} \in R^{n \times n}$$

Para evitar que algún indicador tenga una influencia indebida en los componentes principales se suele estandarizar la matriz de variables originales. En este caso, la matriz de varianzas-covarianzas se convierte en la matriz de correlaciones:

$$R = \begin{pmatrix} 1 & \cdots & r_{1Q} \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ R_{Q1} & \cdots & 1 \end{pmatrix} \in R^{Q \times Q} \text{ con } r_{ij} = \frac{\sigma_{ij}}{\sqrt{\sigma_i^2 \sigma_j^2}}, 1 \leq i, j \leq Q$$

Los componentes principales pueden estimarse a partir de cualquiera de estas dos matrices que son las que proporcionan información acerca de la relación en la variabilidad observada en las variables cuando son tomadas de dos en dos. Los componentes principales son un conjunto de variables Z_j , $j = 1, \dots, Q$, ortogonales entre sí que surgen de una combinación lineal de las variables originales con la propiedad de contener en conjunto la misma varianza total que el conjunto original:

$$Z_1 = a_{11}I_1 + a_{12}I_2 + \cdots + a_{1Q}I_Q$$

$$Z_2 = a_{21}I_1 + a_{22}I_2 + \cdots + a_{2Q}I_Q$$

...

$$Z_Q = a_{Q1}I_1 + a_{Q2}I_2 + \cdots + a_{QQ}I_Q$$

El primer componente principal retendrá la máxima porción de la varianza del conjunto de las variables originales, el segundo retendrá el máximo de la varianza restante, y así sucesivamente hasta el último componente principal que contendrá el resto de varianza no incluida en los componentes principales antecesores.

El primer componente se expresará como la combinación lineal siguiente:

$$\begin{pmatrix} Z_{11} \\ \dots \\ Z_{1n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} I_{11} & \dots & I_{Q1} \\ \dots & \dots & \dots \\ I_{1n} & \dots & I_{Qn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_{11} \\ \dots \\ a_{1Q} \end{pmatrix}; Z_1 = X * a_1$$

El vector a_1 se obtiene maximizando la varianza de Z_1 :

$$\max Var(Z_1) = \frac{\sum_{i=1}^n Z_{1i}^2}{n} = \frac{1}{n} Z_1' Z_1 = \frac{1}{n} a_1' X' X a_1 = a_1' \left[\frac{1}{n} X' X \right] a_1$$

$$s.a \sum_{j=1}^q a_{1j}^2 = 1$$

Si las variables están normalizadas, $\left[\frac{1}{n} X' X \right] = R$

Si las variables están expresadas como desviaciones típicas alrededor de la media, $\left[\frac{1}{n} X' X \right] = CM$

Sin pérdida de generalidad, supóngase la segunda situación. Por tanto, para maximizar la varianza de Z_1 , se construye el lagrangiano:

$$\mathcal{L} = a_1' * CM * a_1 - \lambda(a_1' a_1 - 1)$$

cuya condición de primer orden es:

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial a_1} = 2CM * a_1 - 2\lambda a_1 = 0, (CM - \lambda I) * a_1 = 0$$

y dado que a_1 es un vector no nulo, se tiene que λ es el autovalor de la matriz de covarianzas y a_1 su autovector.

El resto de los componentes se obtiene aplicando el mismo procedimiento, pero añadiendo una nueva restricción de ortogonalidad respecto de los componentes anteriores ya calculados.

En resumen, el ACP trata de encontrar los autovalores λ_j de la matriz de covarianza CM de los datos originales que son las varianzas de los componentes principales. Además, se cumple:

$$\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_Q = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_Q^2$$

Con esto se obtienen Q componentes principales, tantos componentes como variables del análisis. El siguiente paso es seleccionar $P > Q$ componentes que conserven la mayor cantidad de varianza acumulada de los datos originales.

Los coeficientes de correlación entre los componentes principales Z_j y los indicadores I_i se llaman cargas factoriales o puntos-variable. En el caso en que los indicadores no estén correlacionados, las cargas factoriales coinciden con los pesos a_{ij} . Cuanto mayor sea la carga factorial de un indicador con respecto a un componente significa que la relación entre ambos es alta.

Análogamente al coeficiente de correlación de Pearson, el cuadrado de la carga factorial del indicador I_i, a_{ij}^2 , se denomina *comunalidad* e indica la proporción de variabilidad del indicador i que queda explicada por el componente principal j . De esta forma, la comunalidad del indicador I_i, h_i^2 , se define como la suma de todas las comunalidades de cada factor respecto al indicador:

$$h_i^2 = a_{i1}^2 + a_{i2}^2 + \dots + a_{iQ}^2$$

Las puntuaciones de cada una de las observaciones en cada componente principal se llaman puntos-individuo. Los puntos-individuo para una observación particular respecto a un componente principal se calculan estandarizando el valor para cada indicador, multiplicándolo por la correspondiente carga factorial de ese componente principal y sumando los productos. La falta de correlación en los componentes principales indica que cada uno de ellos mide dimensiones estadísticas diferentes en los datos.

No siempre la aplicación del ACP reduce el número de indicadores originales en un número de variables latentes menor. Esto ocurre cuando los indicadores originales no están correlacionados. Se conseguirá reducir notablemente el número de componentes principales cuando los indicadores originales estén altamente correlacionados, tanto positiva como negativamente.

Existen diversos criterios para decidir el número de componentes principales que se deben extraer de tal forma que se conserve la mayor cantidad de varianza acumulada de los datos originales y posibilite su posterior interpretación, como: a) criterio de Kaiser o de la raíz latente, b) criterio de Joliffe, c) criterio de contraste o test del codo de Castell, d) criterio del porcentaje de la varianza explicada, o e) criterio de comprensibilidad.

Una herramienta que se suele emplear después de seleccionar el número de componentes y que mejora la interpretación de los resultados es la rotación de factores. Esta herramienta se basa en girar los ejes de referencia hasta alcanzar una determinada posición. La rotación de factores hace que se redistribuya la varianza de los primeros factores a los restantes. De esta forma, se consigue un patrón de factores más simple y más fácilmente interpretable. Existen varios métodos de rotación pero, según la literatura, los métodos más comunes son la rotación ortogonal *varimax* y la rotación oblicua *oblimin*. No existen reglas concretas que indiquen la selección de una técnica de rotación. La rotación afecta a las cargas factoriales de las variables y puede ocurrir que los grupos obtenidos con ACP sin aplicar rotación no sean los mismos que al aplicar rotación.

En resumen, los pasos a seguir para aplicar un ACP como un análisis exploratorio son:

1. Cálculo de la matriz de correlaciones: si las correlaciones entre los indicadores simples son bajas es muy probable que estos no compartan factores comunes
2. Identificar el número de componentes necesarios para representar el conjunto de datos y el método para calcularlos

3. Aplicar, en el caso que sea necesario, una rotación sobre los componentes para facilitar la interpretación de los resultados

Para poder aplicar el ACP se deben cumplir los supuestos siguientes: poseer un número de observaciones suficientemente grande, que no haya sesgo de selección de las variables, que no haya datos atípicos, linealidad, normalidad multivariante, y correlación fuerte entre las variables. Sin embargo, estos supuestos se descuidan, con frecuencia, en el desarrollo de IC.

5.4. Normalización

En esta etapa se deben identificar los procedimientos de normalización más adecuados para aplicar al problema, tomando en cuenta las unidades de medición en las que se expresan los indicadores. Los resultados del indicador compuesto variarán de acuerdo al método de normalización utilizado (Nardo et al., 2008).

De acuerdo a la normalización utilizada, es posible unificar los datos en una misma unidad de medida, en un mismo rango de variación o ajustarlos para que sigan distribuciones no tan asimétricas y disminuya la presencia de valores atípicos. Existen varias alternativas para la normalización de datos, como las siguientes (basado en Bas, 2014).

a) Estandarización (z-score)

Se calcula la media y la desviación estándar de las observaciones, para cada uno de los indicadores. La fórmula para la estandarización es:

$$I_{qc} = \frac{x_{qc} - x_{qc=\bar{c}}}{\sigma_{qc=\bar{c}}}$$

donde $q=1,\dots,Q$ es uno de Q indicadores, y $c=1,\dots,M$ es una de M unidades de análisis, de tal forma que todos los I_{qc} tienen dispersión similar. Sus principales características son:

- Se puede aplicar únicamente a indicadores cuantitativos
- Transforma los indicadores a una escala adimensional con media de cero y desviación típica la unidad manteniendo las distancias relativas, puesto que se trata de una transformación lineal
- Los valores de cada unidad de análisis quedan estandarizados respecto a una misma distribución. Dado que la media es cero se evita la presencia de distorsiones debidas a las diferencias entre las medias de los indicadores en la fase de agregación
- No ajusta los datos a un mismo rango de variación. Si los indicadores provienen de una distribución aproximadamente normal, el 95% de los valores transformados estarán dentro del rango $[-2,2]$
- Los indicadores con valores extremos tendrán mayor efecto sobre el IC. Esto puede que sea deseable si la intención es premiar el comportamiento excepcional de los indicadores, es decir, si se considera mejor resultado cuando el valor de un indicador es muy alto respecto a la media de las puntuaciones de todos los indicadores. Este efecto se puede corregir en la fase de la agregación, bien excluyendo la mejor y peor puntuación de los indicadores simples en el IC o asignando ponderaciones diferentes basadas en la conveniencia de las puntuaciones de los indicadores simples
- Cuando se trabaja con variables registradas a lo largo de los años se estima la media y la desviación estándar en referencia a un año base que suele ser el primer año del que se dispone de la información

b) Re-escalamiento (min-max)

La fórmula para esta normalización, aplicada a cada indicador, es la siguiente:

$$I_{qc} = \frac{x_{qc} - \min_c(x_q)}{\max_c(x_q) - \min_c(x_q)}$$

donde $q=1,\dots,Q$ es uno de Q indicadores, y $c=1,\dots,M$ es una de M unidades de análisis, $\max_c(x_q)$ y $\min_c(x_q)$ son el máximo y el mínimo del valor x_q obtenidos para todas las unidades de análisis. Sus principales características son:

- Se puede aplicar tanto para datos cuantitativos como cualitativos
- Transforma los indicadores a una escala adimensional manteniendo las distancias relativas
- Normaliza los indicadores para obtener un rango de variación $[0,1]$ para todos ellos
- Los valores atípicos pueden distorsionar el indicador transformado. Por otra parte, la normalización min-max puede ampliar el rango de los indicadores que están dentro de un mismo intervalo pequeño aumentando más el efecto sobre el IC que en la transformación z- score

Los anteriores son los métodos de normalización más utilizados en la construcción de indicadores compuestos, aunque existen otros, como los siguientes:

- Distancia a una unidad de análisis referencial
- Categorización de escalas
- Categorización de valores por encima o por debajo de la media
- Método de normalización para indicadores cíclicos
- Porcentaje de diferencias anuales en años consecutivos

5.5. Ponderación y agregación

La ponderación consiste en asignar pesos o cargas a los indicadores simples para agregarlos posteriormente en un valor único que representa al indicador compuesto. Tal asignación puede realizarse equitativamente o estableciendo factores de peso que intenten indicar la importancia relativa de cada

indicador simple en el indicador compuesto, su significatividad, confiabilidad u otras características de los datos

Un indicador compuesto es la agregación de un conjunto ponderado de indicadores simples. A cada indicador simple se le asigna un peso que se suele interpretar como una medida de la importancia relativa del indicador en la construcción del índice. Las diferentes alternativas de ponderación se describen a continuación (basado en Bas, 2014).

Ponderación basada en modelos estadísticos

a) Asignación de pesos iguales (Equal Weighting - EW)

En la mayoría de los indicadores compuestos se plantea la opción de asignar el mismo peso a todos los indicadores simples. Este es el método de ponderación más sencillo que implica otorgar la misma importancia sobre el indicador compuesto. Sin embargo, esto puede ocultar la ausencia de una base estadística o empírica, por ejemplo, cuando existe un conocimiento insuficiente de las relaciones causales o una falta de consenso sobre la alternativa. Si los indicadores están agrupados en dimensiones, este tipo de asignación puede resultar en una asignación de pesos no equitativa en las dimensiones.

b) Análisis Factorial (Factorial Analysis - FA)

Las técnicas de reducción de dimensiones también se pueden utilizar para realizar la ponderación de los indicadores simples. En general, son útiles cuando los indicadores simples presentan una alta correlación. Sin embargo, los pesos resultantes de las correlaciones no necesariamente corresponden a las relaciones conceptuales entre los indicadores y el concepto multidimensional a medir. Con este método, la correlación existente entre los indicadores simples puede no corresponder con las verdaderas relaciones teóricas que pudieran existir entre los fenómenos bajo análisis y los indicadores simples con los que se trabaja. Si no existe correlación significativa

entre los indicadores simples no se sugiere que los pesos se estimen con esta técnica.

c) Análisis Envoltente de Datos (Data Envelopment Analysis - DEA)

Utiliza herramientas de programación lineal para construir una frontera eficiente y utilizarla como punto de referencia para medir el desempeño de un determinado conjunto de unidades de análisis. En lugar de requerir una forma funcional explícita, este modelo identifica la frontera eficiente empírica mediante la poligonal convexa que queda definida por aquellas unidades que poseen el mejor desempeño. En el *handbook* de Análisis Envoltente de Datos desarrollado por Cooper, Seiford y Zhu (2011) se presenta una descripción exhaustiva de este método.

d) Método de Regresión

Los métodos de regresión lineal proporcionan información valiosa sobre el vínculo entre una variable independiente \hat{Y}_c y un conjunto de variables independientes $I_{1c}, I_{2c}, \dots, I_{qc}$. Para el caso de la construcción de indicadores compuestos, es un procedimiento adecuado para un número grande de variables de tipos distintos, pero que supone que los indicadores simples (vistos como las variables independientes) se comportan de forma lineal en relación con el objetivo buscado (el valor del indicador compuesto, representado por la variable dependiente), pues si existiera multicolinealidad, el análisis sería deficiente. Sin embargo, su uso es útil cuando se desea validar un conjunto de factores de ponderación calculados a partir de otra técnica, entre otros escenarios.

e) Modelos de componentes no observados (Unobserved Components Models - UCM)

En este tipo de modelos, los indicadores simples del IC son dependientes de una variable no observada más un término de error. Al estimar la variable no

observada se puede obtener información de las relaciones entre el IC y los indicadores simples. Los pesos adecuados son aquellos que minimicen el término de error resultante. Estos métodos tienen un alto grado de complejidad para ser aplicados, así como un alto costo computacional.

Ponderación basada en métodos participativos

f) Método de Asignación Presupuestaria (Budget Allocation - BA)

Este método, como el resto de los métodos participativos, reúne a varios expertos que proporcionan su opinión en el tema en cuestión sobre la importancia que debe tener cada indicador simple con relación al indicador compuesto. En la asignación presupuestaria, a cada experto se le asigna una cantidad determinada, denominada presupuesto, para que la distribuya entre los diferentes indicadores simples. Generalmente, el presupuesto es de 100 unidades -con el fin de tener la suma ya normalizada-, y se realizan varias rondas hasta conseguir un consenso en los pesos asignados al final. Si tal consenso no fuera posible, el uso de esta técnica no sería adecuado, ya que el IC no tendría consistencia interna. Esta técnica es adecuada para un máximo de 12 indicadores simples, pues si este número es superado, se puede producir confusión y estrés entre los expertos. Su ventaja principal es su transparencia y simple aplicación.

g) Opinión pública

En muchas ocasiones, la opinión de los expertos produce una ponderación de los indicadores que obedece más bien a urgencias políticas y no tanto en la importancia relativa de cada uno de ellos. Para solventarlo, se utiliza otra técnica de ponderación basada en la opinión pública. Se realiza una encuesta al público para que asigne los pesos a cada uno de los indicadores simples. Sin embargo, se ha notado que con esta técnica es más difícil la distribución de los 100 puntos con relación al grado de preocupación del tema tratado.

h) Procesos de Jerarquía Analítica (Analytic Hierarchy Processes - AHP)

Se desarrollaron en los ochenta por Thomas Saaty y se utilizan para la toma de decisiones multi-criterio. Conformen una técnica participativa de ponderación que obtiene una escala numérica al establecer prioridades a las diferentes alternativas resultantes de los juicios subjetivos de un grupo de expertos. Considera múltiples aspectos, tanto cuantitativos como cualitativos, para tomar una decisión en la que las opiniones se obtienen a través de comparaciones por pares de los indicadores simples, en las que los expertos opinan cuál de los indicadores en contienda es más importante y en qué cantidad. La preferencia se expresa en una escala Likert de 1 a 9. Una preferencia de 1 significa que para ese experto los dos indicadores son igualmente importantes y una preferencia de 9 indica que uno de los indicadores es 9 veces más importante que el otro.

Esta técnica participativa de ponderación está formada por cuatro etapas (Zahedi, 1986):

1. Crear una jerarquía de decisión desagregando el problema a evaluar en una jerarquía de decisiones interrelacionadas entre ellas
2. Coleccionar los datos usando comparaciones por pares de los elementos de decisión
3. Utilizar el método de los autovalores para estimar los pesos relativos de los elementos de decisión
4. Agregar los pesos relativos de los elementos de decisión en un conjunto de clasificaciones sobre las alternativas de decisión

Este método posee un carácter compensatorio que hace que los pesos obtenidos indiquen en qué cantidad el grupo de expertos está dispuesto a renunciar a un indicador por otro. Los pesos no son medidas de importancia, a pesar de que en la literatura varios IC que lo utilizan así los consideran (Nardo et al., 2008)

i) Análisis Conjunto (Conjoint Analysis - CA)

Es una técnica estadística utilizada en las ciencias sociales aplicadas (especialmente en el marketing, la administración del producto y la investigación operativa) que trata de explicar cómo los encuestados expresan preferencias acerca de productos o servicios (Hair, Anderson, Tatham, & Black, 2007). Es una técnica de carácter participativo basada en la evaluación que hacen expertos sobre el valor de un servicio, producto o concepto, a través de la combinación de cantidades separadas de valor que proporcionan los atributos, los cuales son identificados mediante una reformulación del problema, lo cual caracteriza a este método de entre los demás de tipo multivariante. En el caso de los IC, los atributos son los indicadores y sus posibles niveles.

En cuanto a la agregación, es una de las etapas en la que menos consenso existe. Algunos critican que toda la información sea resumida en un solo indicador al final, sin embargo, es muy complejo interpretar e identificar diferencias entre las unidades de análisis si no se lleva a cabo una agregación de los indicadores simples. Los métodos de agregación compensatorios se describen a continuación:

a) Métodos aditivos de agregación lineal

I. Suma de rankings

Es el método más simple de agregación que consiste en sumar, para cada unidad de análisis $c = 1, \dots, M$, la posición de cada indicador simple en relación con el resto de las unidades de análisis:

$$IC_c = \sum_{q=1}^Q \text{Ranking}_{qc} \text{ con } c = 1, \dots, M$$

Los valores atípicos no afectan al método. Sin embargo, entre sus desventajas es que se pierde mucha información cuando se calcula el ranking de los indicadores simples.

II. Conteo de los indicadores que exceden una referencia dada

Se basa en los indicadores que se localizan por encima o por debajo de una unidad de referencia p :

$$IC_c = \sum_{q=1}^Q \operatorname{sgn} \left[\frac{I_{qc}}{E(I_q)} - (1 + p) \right] \text{ para } c = 1, \dots, M$$

siendo I_{qc} el valor normalizado de la unidad de análisis c respecto al indicador q , para $q = 1, \dots, Q$ y $c = 1, \dots, M$.

El umbral p puede elegirse arbitrariamente por encima o por debajo de la media. Se selecciona después de realizar un análisis exploratorio mediante el cual se determina el rango aproximado de valores que pueden tomar los indicadores.

Como el método de la suma de rankings, no se ve influenciado por valores atípicos, pero se pierde información, también, al agregar a nivel absoluto.

III. Agregación lineal ponderada

Es el método de agregación lineal más utilizado en la construcción de un IC (Nardo et al., 2008):

$$IC_c = \sum_{q=1}^Q w_q I_{qc}$$

con $\sum_{q=1}^Q w_q = 1$ y $0 \leq w_q \leq 1$, e I_{qc} el valor normalizado de la unidad de análisis c respecto al indicador q , para $q = 1$ y $c = 1, \dots, M$. La obtención de los pesos w_q debe ser establecida claramente en la etapa de ponderación.

b) Agregación geométrica

Las técnicas de agregación lineal descritas anteriormente pueden producir un comportamiento no deseado llamado *compensación total entre indicadores*. Esto es, que un rendimiento bajo en algunos indicadores se ve compensado por altos valores en el resto de ellos. La agregación geométrica proporciona una solución intermedia entre la compensación total y la no compensación entre los indicadores que otorgan las técnicas de agregación multicriterio no compensatorias. Es similar a la agregación lineal ponderada, pero considera a la media geométrica de la siguiente manera:

$$IC_c = \prod_{q=1}^Q (I_{qc})^{w_q}$$

con $\sum_{q=1}^Q w_q = 1$ y $0 \leq w_q \leq 1$, e I_{qc} el valor normalizado de la unidad de análisis c respecto al indicador q , para $q = 1$ y $c = 1, \dots, M$. La obtención de los pesos w_q debe ser establecida claramente en la etapa de ponderación.

Las diferencias entre la agregación lineal y geométrica para dos unidades de análisis A y B se muestran en el ejemplo de la Tabla 5.4.

Tabla 5.4

Ejemplo sobre las diferencias de la agregación lineal y geométrica

| Unidad de análisis | $IC_c = \sum_{q=1}^5 w_q I_{qc}$ | $IC_c = \prod_{q=1}^5 (I_{qc})^{w_q}$ |
|---|----------------------------------|---------------------------------------|
| A : $I_{qc} = 33, 3, 3, 3, 3$ (pesos asignados $W_q=1/5$) | 9 | 4.846 |
| B : $I_{qc} = 9, 9, 9, 9, 9$ (pesos asignados $W_q=1/5$) | 9 | 9 |

Fuente: elaboración propia

Mediante la agregación geométrica, el cálculo difiere para las dos unidades de análisis, al no efectuar ninguna compensación. En cambio, con la agregación lineal se obtiene el mismo valor, a pesar de tener puntuaciones muy distintas.

Además, un cambio marginal de los cuatro últimos indicadores tendrá un mayor efecto sobre el IC si se agrega de forma geométrica. Por ello, si se emplea esta técnica de agregación habrá un mayor incentivo al aplicar políticas que mejoren la situación que reflejan los indicadores con valores más bajos.

Aun así, en ambas técnicas de agregación subyace un razonamiento compensatorio entre los indicadores, lo que supone la existencia de vínculos entre estos. Si se desea tratar a los factores de ponderación como medidas de la importancia de cada indicador y no se desea que reflejen la posibilidad de compensación entre estos se recurre a las técnicas multi-criterio de agregación no compensatoria.

5.6. Análisis de sensibilidad e incertidumbre

Al construir indicadores compuestos, es necesario tomar decisiones con base en algunos juicios de valor, por ejemplo, en la selección de indicadores, normalización de datos, ponderaciones y métodos de agregación, etc. La robustez de los IC y la política subyacente pueden, por lo tanto, ser cuestionados. Realizar el análisis de incertidumbre y el de sensibilidad ayuda a medir la robustez del indicador compuesto y mejorar la transparencia.

El análisis de sensibilidad evalúa la contribución de la fuente individual de incertidumbre a la varianza del producto. El análisis de incertidumbre se centra en cómo la incertidumbre en los factores de entrada se propaga a través de la estructura del IC y afecta los valores del indicador compuesto. Si bien el análisis de incertidumbre se usa con más frecuencia que el análisis de sensibilidad y casi siempre se trata por separado, el uso iterativo del análisis de incertidumbre y de

sensibilidad durante el desarrollo de un indicador compuesto podría mejorar su estructura (Nardo et al., 2008).

Idealmente, todas las fuentes potenciales de incertidumbre deberían ser consideradas en estos análisis: selección de indicadores individuales, calidad de los datos, normalización, ponderación, método de agregación, etc. Todas estas fuentes pueden influenciar en la puntuación final de cada observación; de este modo, diferentes metodologías pueden generar diferentes IC. Así, deberá elegirse el IC que sea válido y que cumpla que pequeños cambios originen pequeñas variaciones en la puntuación final.

Tanto el análisis de sensibilidad como en el análisis de incertidumbre pueden aplicarse de diferentes formas. Muchas veces se considera como medida de interés al *Ranking(IC)*, que es la posición que ocupa cada observación con relación al resto de observaciones. Otras veces, se considera a la discrepancia que existe respecto a una unidad referencial *Ranking_{referencial}(IC)*, denotado por \bar{R} , la cual se calcula como sigue:

$$\bar{R} = \frac{1}{M} \sum_{c=1}^M |Ranking_{ref}(IC_c) - Ranking(IC_c)|$$

Diferentes escenarios en la construcción del IC pueden variar los valores de *Ranking(IC)* y de \bar{R} , que son las variables de salida del modelo y constituyen las principales medidas de interés en el análisis de incertidumbre y sensibilidad. Es posible utilizar otras medidas de interés.

5.6.1. Análisis de sensibilidad global basado en el cálculo de varianzas

Los análisis de sensibilidad global más populares son los basados en varianzas. Básicamente, consisten en un modelo de la forma $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$, donde $X_i = 1, \dots, n$, son los factores de entrada del modelo e Y es el factor de

salida que puede ser $Ranking(IC_j)$, \bar{R} , el indicador compuesto o cualquier otra medida de interés.

Partiendo de tal modelo, se fija un factor X_i en un punto determinado x_i^* , con el objeto de obtener una varianza condicionada, es decir, la obtenida de los valores, excepto x_i^* . De este modo, es posible considerar al resultado obtenido como el nivel de importancia del factor fijo x_i^* sobre el modelo. Este método tiene dos limitaciones principales, la primera es que la medida de importancia depende de la posición del punto x_i^* para cada factor de entrada; y la segunda es que, en ocasiones, la suma de las varianzas de todos los factores supera al valor de la varianza no condicionada, es decir, cuando no se fijó ningún factor. Para resolverlas, se calcula el promedio de la medida definida sobre todos los valores posibles de x_i^* , de tal forma que la dependencia con x_i^* desaparece. El promedio siempre es inferior a la varianza no condicionada.

A partir de la varianza condicionada se define el coeficiente de sensibilidad S_i , conocido como el coeficiente de sensibilidad de primer orden de X_i sobre Y . Los coeficientes S_i cuantifican la importancia de un factor de entrada X_i sobre el factor de salida Y , de la siguiente forma:

$$S_i = \eta^2 = \frac{V_{X_i}(E_{X_{\sim i}}(Y|X_i))}{V(Y)}$$

De este modo, los S_i , ayudan a analizar el efecto que los factores de entrada ejercen sobre el factor de salida. Ahora, a partir del modelo ya indicado, $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$, existen muchos métodos para calcular los coeficientes S_i , según los objetivos que motiven al estudio y las distintas hipótesis asumidas en los factores de entrada.

Existen muchos métodos para calcular los coeficientes S_i , y la elección de ellos depende de los objetivos para los que sean utilizados y de las características

de los datos. Para los fines de este trabajo, se calcularon los S_i con dos enfoques diferentes (que se describen a detalle en la sección 6.8), por lo que se utilizaron dos métodos diferentes: el metamodelo *State Dependent Parameter* (SDP), y el método de Sobol.

El metamodelo SDP es un método ampliamente utilizado para representar sistemas estocásticos no lineales y series de tiempo. Es una clase de enfoque de suavizado no paramétrico, que estima los términos en la descomposición *High Dimensional Model Representation* (HDMR) utilizando un algoritmo especial de suavizado de intervalo fijo recursivo que estima los parámetros en una formulación SDP de la asignación de entrada-salida. El método SDP por estimación del HDMR de la función es conceptualmente simple y muy eficiente, y de bajo costo computacional. La estimación de las contribuciones de varianza de las entradas correlacionadas es muy flexible y manejable. Esta técnica puede aplicarse independientemente del grado de correlación que exista entre los factores de entrada, incluso cuando se utilice una técnica de agregación no lineal. Para ver detalles del método, se recomienda acudir a literatura que los ha utilizado adecuadamente (Bas, 2014; Li & Lu, 2017).

El método de Sobol permite descomponer la varianza de la salida usando simulación Monte Carlo. Algunas de las ventajas de este método son: toma en cuenta el efecto de la función de densidad de probabilidad (PDF, Probability Density Function, por sus siglas en inglés) de cada factor, considera el efecto de la variación simultánea de todos los factores, no requiere que el modelo sea aditivo o lineal y puede tratar factores agrupados (Saltelli, Tarantola, Campolongo, & Ratto, 2004). Es muy utilizado cuando los factores de entrada son independientes entre sí. Los detalles de la técnica presentados en una publicación del propio Sobol (1993).

5.6.2. Análisis de incertidumbre

Para realizar un análisis de incertidumbre es necesario definir las fuentes de incertidumbre a partir de las diferentes entradas y simular diferentes

escenarios, según sea necesario. Para efectos de la construcción de IC, Nardo et al. (2008) sugieren la aplicación de la técnica Monte Carlo, que consiste en perturbar todas las fuentes de incertidumbre detectadas y analizar los efectos que esto produzca, para poder estimar una función de distribución, como $Ranking(IC_j)$ \bar{R} . La técnica Monte Carlo consta de los siguientes pasos:

1. Crear una función de densidad de probabilidad para cada factor de entrada X_i , según sus alternativas, siendo $i = 1..M$, cada uno de los factores de entrada y M la cantidad de ellos. Las alternativas de cada X_i van desde 2 hasta n_i . Así, $X_i \sim U(0,1)$, y sea $\alpha \in [0,1]$ un número aleatorio, se selecciona una de las n opciones, de tal forma que α quede incluido dentro de los intervalos siguientes:

| α | X_i |
|---|--------------------------------------|
| Si $\alpha \in \left[0, \frac{1}{n}\right]$ | Se elige la opción 1 para X_i |
| Si $\alpha \in \left[\frac{1}{n}, \frac{2}{n}\right]$ | Se elige la opción 2 para X_i |
| ... | ... |
| Si $\alpha \in \left[\frac{n-1}{n}, 1\right]$ | Se elige la opción $n...$ para X_i |

2. Se genera un número N de muestras compuestas por las combinaciones de factores $X^k, 1 \leq k \leq N$, con $X^k = \{X_1^k, X_2^k, X_3^k\}$, siendo X_i^k la opción obtenida para X_i en la simulación k . Así, para cada muestra se obtiene el valor del IC y se calcula el escalar Y^k , que puede ser cualquiera de las variables de salida del análisis de incertidumbre, como $Ranking(IC_j)$ o \bar{R} .
3. Se calcula $Y^k, 1 \leq k \leq N$ para todas las combinaciones. La secuencia de $Y^k, 1 \leq k \leq N$ proporciona la distribución de probabilidad estimada de la varianza de salida. Las características de tal distribución, como la media, la varianza y momentos de orden superior se pueden estimar con un nivel arbitrario de precisión relacionado con el tamaño de la simulación N . Estos valores son los

que se analizan para constatar el grado de incertidumbre del IC frente a los cambios considerados.

Para visualizar los resultados del análisis de incertidumbre se suele utilizar el diagrama de caja y pivotes (Nardo et al., 2008), sin embargo, en el caso de este trabajo, debido a que existen muchas observaciones, el uso de este tipo de diagramas no permitiría la visualización clara de los resultados, lo cual dificultaría su correcta interpretación; por ello, siguiendo a Bas (2014), se ha aplicado el método de Copeland sobre los resultados del análisis de incertidumbre. El método de Copeland es una herramienta que se utiliza para obtener puntajes de varios indicadores, a través de la comparación por pares (uno a uno) entre los datos de todas las observaciones. Se utiliza principalmente en contextos sobre votaciones, para elegir al candidato con mejores perspectivas, en donde los candidatos de las votaciones son las unidades de análisis (observaciones) y las votaciones son los indicadores simples. Este método selecciona la observación con mayor índice de Copeland, siendo este índice el número de veces que una observación es mejor que las otras, menos el número de veces que es peor. Es una técnica sencilla y fácil de implementar que brinda información útil y puede aplicarse en una gran cantidad de ámbitos. La explicación del método mediante un ejemplo sencillo puede encontrarse en el trabajo de Bas (2014, p. 255).

6. RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados obtenidos en el desarrollo de cada una de las etapas del proceso de construcción del indicador compuesto.

6.1. Marco teórico del indicador compuesto

El marco teórico básico está descrito en la sección 4.3. Sin embargo, como se explicó en la descripción del enfoque metodológico (sección 5.1), no incluye -ni existen aproximaciones teóricas que lo hagan- a todos los elementos involucrados en la presente investigación (habilidades digitales del siglo XXI, educación superior e instrumentos de medición). Por tal motivo, se consideró conveniente realizar un estudio cualitativo para determinar los constructos que intervienen en la educación superior (específicamente la UAQ) para impactar a las habilidades digitales del siglo XXI de los estudiantes.

De este modo, el marco teórico está compuesto por un marco teórico básico complementado con los resultados de un estudio cualitativo, como se muestra en la parte superior de la Figura 5.1. El estudio cualitativo se desarrolló como un estudio de caso, se utilizaron como medios de obtención de información al análisis de documentos y entrevistas semiestructuradas, y el análisis de la información se desarrolló por medio de codificación y análisis temático.

A continuación se describe el desarrollo del estudio cualitativo y los resultados obtenidos.

6.1.1. Revisión de documentos

Se revisó el Plan de Gran Visión UAQ 2015-2045 (PGV) y el Plan Institucional de Desarrollo (PIDE), con el objetivo de conocer cómo se considera a las TIC en la planeación de acciones institucionales de forma oficial. La presencia de las TIC en los documentos de planeación indica que existe una visión sobre su uso presente y futuro en la universidad. Durante esta revisión se detectó, además,

que sí se contempla, de forma general, el desarrollo de habilidades propias de la sociedad del conocimiento. La estructura temática resultante de la revisión documental se muestra en la Tabla 6.1.

Tabla 6.1

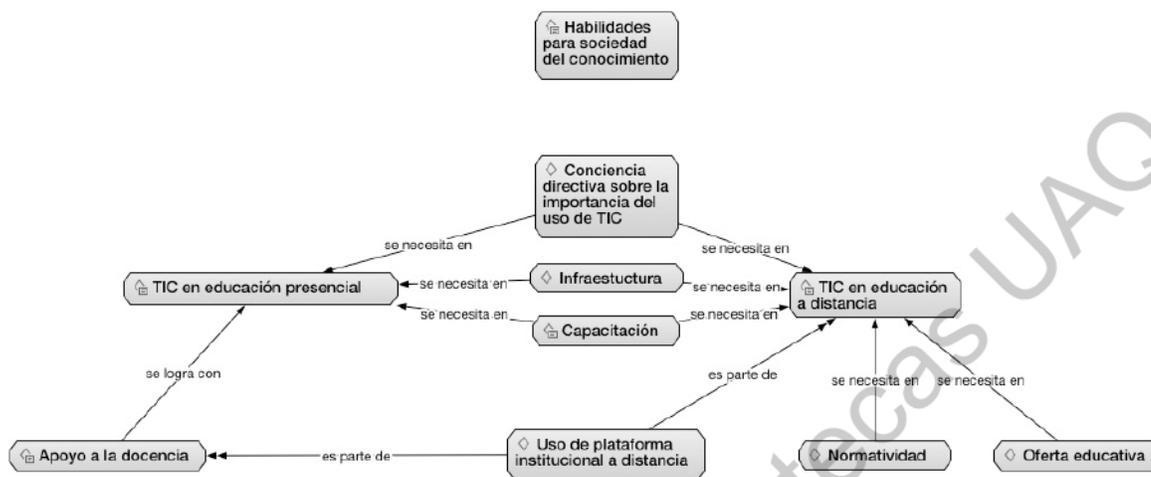
Categorías conceptuales obtenidas a partir de la revisión documental

| Categoría | Subcategoría |
|---|--|
| TIC en educación presencial | Apoyo a la docencia |
| | Conciencia directiva sobre la importancia del uso de TIC |
| | Infraestructura |
| | Capacitación |
| TIC en educación a distancia | Conciencia directiva sobre la importancia del uso de TIC |
| | Infraestructura |
| | Capacitación |
| | Uso de plataforma institucional a distancia |
| | Normatividad |
| Habilidades para la sociedad del conocimiento | Oferta educativa |
| | <sin subcategorías> |

Fuente: elaboración propia

De manera equivalente, estos conceptos se presentan gráficamente en la Figura 6.1, estableciendo como categorías principales a: *TIC en educación presencial*, *TIC en educación a distancia* y *Habilidades para la sociedad del conocimiento*, con sus respectivas subcategorías.

Figura 6.1. Temáticas identificadas en la revisión de documentos



Fuente: elaboración propia

Algunas secciones en las que se identificaron las categorías y subcategorías dentro del PGV presentan en la Tabla 6.2.

Tabla 6.2

Contenido del PGV sobre las TIC en la planeación de acciones institucionales

| Dimensión | Texto | Temática identificada |
|--|--|--|
| Habilidades para sociedad del conocimiento | Se facilitará la oferta de una formación profesional de calidad impulsando mejoras en todos los componentes del proceso de formación ... responsabilizando al estudiante de su propio aprendizaje para el desarrollo de conocimientos, habilidades y actitudes para responder con éxito en la sociedad del conocimiento. (p. 33) | Habilidades para sociedad del conocimiento |
| TIC en educación presencial | Uso extensivo de las tecnologías de la información y la comunicación para promover una enseñanza basada en el aprendizaje. (p. 22) | Apoyo a la docencia |

| | | |
|------------------------------|--|--|
| | Como visión de la universidad se contempla: desarrollo de programas educativos pertinentes con un uso amplio de tecnologías de la información y comunicación. (p. 21) | Conciencia directiva sobre la importancia del uso de TIC |
| | La infraestructura como factor crítico de decisión: “Bienes muebles elementos técnicos, servicios e instalaciones necesarios para el desarrollo de una actividad o para que un lugar pueda ser utilizado.” (p. 15) | Infraestructura |
| | Formar profesores actualizados tecnológicamente para la integración de tecnologías de la información y comunicación en el proceso enseñanza aprendizaje. (p. 23) | Capacitación |
| TIC en educación a distancia | Desarrollo de programas de estudio...que incluyan condiciones de semi-presencialidad y a distancia. (p. 22) | Oferta de programas educativos |

Fuente: elaboración propia

Algunas secciones en las que se identificaron las categorías y subcategorías dentro del PIDE presentan en la Tabla 6.3.

Tabla 6.3

Contenido del PIDE sobre las TIC en la planeación de acciones institucionales

| Dimensión | Texto | Temática identificada |
|--|--|--|
| Habilidades para sociedad del conocimiento | Apoyo de tecnologías a los procesos educativos, aprendizaje de lenguas, que permiten orientar los contenidos, métodos, | Habilidades para sociedad del conocimiento |

| | | |
|-----------------------------|--|--|
| | prácticas y medios de sociabilización del saber, la educación por competencias y del abordaje de las diferentes disciplinas a través de la resolución creativa de problemas específicos (p.18) | |
| TIC en educación presencial | <p>Incorporar tecnologías de la información y la comunicación en proceso enseñanza aprendizaje. (p. 31)</p> <p>Se ha fortalecido el programa de formación de profesores ofreciendo cursos de formación didáctico-pedagógicos, disciplinarios y el uso de TIC (p. 18)</p> <p>Capacitar en el manejo de competencias y herramientas computacionales y uso de tecnologías de la información y comunicación. (p. 29)</p> | <p>Apoyo a la docencia</p> <p>Capacitación</p> |
| Educación a distancia | <p>Implementar aulas para educación a distancia (p. 27)</p> <p>Capacitar a docentes en la aplicación de programas a distancia. (p. 29)</p> <p>Actualizar el reglamento de estudiantes integrando modalidades no presenciales. (p. 30)</p> <p>Implementar modalidades educativas abiertas, a distancia y semipresenciales". (p. 27)</p> <p>Crear, reestructurar y/o modificar los programas educativos con modalidad escolarizada y no escolarizada. (p. 57)</p> <p>Desarrollar un curso de formación básico de sustentabilidad universitaria con modalidad de impartición la distancia (p. 31)</p> | <p>Infraestructura</p> <p>Capacitación</p> <p>Normatividad</p> <p>Oferta de programas educativos</p> <p>Uso de plataforma de educación a distancia</p> |

Fuente: elaboración propia

6.1.2. Entrevistas semiestructuradas

Se utilizó la codificación temática para categorizar la información proveniente de las entrevistas. En este tipo de codificación, los códigos también vienen de un modelo conceptual inicial, en este caso, se consideraron a los del marco conceptual básico. También, en la codificación temática, el grupo que se estudia se define de antemano (Flick, 2007), y se consideró a los directores de 9 facultades de la UAQ y a la Directora de Educación a Distancia, siendo solamente la Facultad de Medicina en donde fue un representante (el responsable de la licenciatura) quien atendió la entrevista.

Los resultados de la revisión de documentos fueron la base para la creación del guion de entrevistas semiestructuradas que se aplicaron a la muestra seleccionada. La orientación de las preguntas se adaptó entre una y otra entrevista, buscando profundizar en los temas que iban emergiendo desde las primeras entrevistas.

Mediante análisis temático, se definieron categorías y subcategorías durante la realización de las entrevistas. El análisis temático busca producir una descripción de patrones de experiencia y el diseño general que los une. Se realiza mediante comparaciones entre categorías a partir de la información proveniente de los entrevistados y realizando un proceso de inducción analítica (Given, 2008).

Las categorías definidas fueron las siguientes: *Proyectos, Comunicación Tecnológica Docente-Discente (CTDD), Problemáticas en el uso de TIC (Docentes no capacitados, Acceso y disponibilidad, Factor económico, Mal uso de TIC), Adquisición de tecnología (Por la institución, Por la facultad, Por los docentes) y Selección de tecnología (Determinada por el uso en el sector laboral, Por ser requisito de acreditación, Determinada por proveedores, Determinada por los docentes).*

Todas estas categorías pueden ser significativas para estudios relacionados con las TIC (por ejemplo, para modelar la implementación de las TIC en entornos de educación superior), pero para el indicador propuesto, y a través del análisis temático, se seleccionaron solamente las que fueran pertinentes.

Luego de las revisiones iterativas a la estructura, se redujeron las categorías solamente a tres.

El marco conceptual que se produjo tomando como base el marco de las habilidades digitales del siglo XXI y el estudio cualitativo realizado en la UAQ, para contextualizar los conceptos, se muestra en la Tabla 6.4, indicando las categorías identificadas, su descripción (a partir de lo expresado por los entrevistados) y sus subcategorías (que posteriormente serán indicadores).

Tabla 6.4

Categorías y subcategorías que integran al marco teórico

| Categoría | Descripción | Subcategorías |
|-------------------------------------|---|--|
| Habilidades digitales del siglo XXI | Son las habilidades definidas en el marco conceptual básico. | <ul style="list-style-type: none"> - Habilidad técnica - Gestión de información - Comunicación - Colaboración - Creatividad - Pensamiento crítico - Resolución de problemas |
| Proyectos | Actividades de aprendizaje en la que se pueden desarrollar la habilidades digitales del siglo XXI | <ul style="list-style-type: none"> - Proyectos académicos de asignaturas - Proyectos académicos extra curricular - Uso de TIC en proyectos académicos - Utilidad de las TIC en proyectos académicos - Uso básico de TIC en proyectos académicos - Uso especializado de TIC en proyectos académicos |
| Uso de las TIC por alumnos | Actividades de los alumnos, | <ul style="list-style-type: none"> - Distracción por el uso de |

| | | |
|-------------------------------|--|--|
| | motivadas por asignaciones académicas, en las que se involucra el uso de las TIC. | TIC en el trabajo académico <ul style="list-style-type: none"> - Uso de las TIC para plagiar actividades académicas - Tiempo de uso de TIC en actividades académicas - Capacidad previa en el uso académico de TIC - Incremento de habilidad en el uso general de TIC - Semejanza con profesores en el uso de TIC |
| Uso de las TIC por profesores | Actividades desarrolladas por los profesores de la universidad en las que hace uso de las TIC. | <ul style="list-style-type: none"> - Capacidad docente en el uso académico de TIC - Uso docente de las TIC como medio de comunicación - Dependencia docente del uso de TIC en clase - Necesidad de capacitación docente en TIC |

Fuente: elaboración propia

Para la determinación de las categorías y subcategorías se continuó con la técnica del análisis temático, ahora aplicado a las entrevistas realizadas a los directivos de las distintas facultades. Algunas citas se presentan a continuación, para cada una de las categorías identificadas.

Proyectos

Los proyectos multidisciplinarios son una forma de desarrollar habilidades del siglo XXI. El director de la Facultad de Química expresó que los profesores:

se conjuntan desde un principio, le dicen al estudiante su proyecto final de estas tres materias tiene que ser un producto,

en el que me sacas el producto, el que tú quieras, innovando, y me tienes que sacar desde la formulación, composición, la caracterización y el mercado que vas a atender, costo también, el costo. Y al final es lo que hacen, no lo hacen de manera individual, lo hacen en equipos, de tal manera que hacen equipos de tres personas, dos personas, cuatro personas, dependiendo el tamaño del grupo.

El director de la Facultad de Ingeniería expresó que:

los proyectos son un arma importante para estas competencias porque permiten interactuar, permiten trabajar en equipo, permiten estar organizados, porque tenemos un líder, que es el líder del proyecto, que además tiene compromisos para entregar, tiene entregables que cumplir, tiene tiempos limitados, entonces tiene que organizar a su gente, y todos los participantes pues tienen responsabilidades, entonces ahí va implícito en la solución, o en el desarrollo de proyectos.

El director de la Facultad de Informática expresó que con el modelo basado en proyectos, complementado con el uso de las TIC, se pueden desarrollar destrezas del siglo XXI, pues afirma que “aquí en Centro de Desarrollo lo hacen así, aquí, llegan a Centro de Desarrollo y el maestro les dice ‘vamos a hacer este proyecto, pero, a ver, antes, su clase de esto para que puedan hacer la primera etapa...’”

Uso de las TIC por alumnado

Los estudiantes de la universidad son los conocidos como nativos digitales. Las TIC son parte fundamental de su estilo de vida y la manejan de formas muy distintas. En el ámbito escolar, este aspecto es paradójico, ya que las TIC pueden ser usadas tanto a favor como en contra para la adquisición de habilidades digitales. Las siguientes citas explican el uso de las TIC por los alumnos en la universidad. El director de la Facultad de Derecho explicó

que "... los estudiantes en sus tabletas o en sus teléfonos móviles hoy descargan leyes, códigos, libros, y eso permite una mayor portabilidad de estos materiales con las que nosotros habitualmente trabajamos". Además, "los alumnos enseñan a los maestros. Sí, traen habilidades, insisto, que son mucho más interesantes que las que un profesor pueda tener, entonces ahí el alumno, si es importante reconocer que, está viviendo una nueva realidad y que hoy tenemos dos generaciones que están, incluso afirmaría tres generaciones, que están interactuando a la par en el aula."

Por su parte, el director de la Facultad de Ingeniería expresó que:

estamos enfrentando a nivel superior una problemática muy particular que tiene que ver con la forma en la que las nuevas generaciones se están relacionando con las tecnologías porque hoy el estudiante ya no toma el apunte que tal vez le pueda resultar importante, ya toma la foto, entonces, eso me parece que, aunque sea una nueva forma de interacción en el aula, está generando déficit formativo en los estudiantes porque estamos generando alumnos que no están razonando lo que se está planteando en clase sino que sólo están esperando el momento oportuno en que cambie la lámina para tomar la foto.

Uso de las TIC por profesorado

Los profesores que imparten sus clases en las diferentes facultades de la Universidad poseen variados perfiles en cuanto al conocimiento y capacitación respecto a las TIC, por lo que el uso que dan a las mismas es también muy diverso. Algunas de las citas más importantes en este respecto son las siguientes. La directora de la Facultad de Ciencias Naturales expresó que: "... tenemos profesores que aprovechan la tecnología educativa en términos de software o de programas específicos que permiten realizar proyecciones, cálculos, prospectivas de los diferente, de sus diferentes intereses"

El director de la Facultad de Química indicó que, respecto al uso de la tecnología:

es compleja, ¿por qué compleja?, por las generaciones que tenemos de docentes, tenemos docentes de la vieja guardia, vamos a decirlo así, y docentes medios y muy jóvenes también. Entonces, de los tres tenemos y, por lo tanto, es compleja porque el grado de avance que se tiene en la implementación de nuevas tecnologías difiere de unos a otros, tanto en la aplicación como inclusive en el conocimiento de ella, totalmente.

Así como, que:

hay cierta reticencia de algunos profesores, al no querer avanzar en ese sentido, o sea, no se encuentran en ese tenor, se les dificulta, tecnológicamente se les dificulta. Aún tengo contados profesores, 3,4 que inclusive para subir calificaciones al portal tienen que venir con la secretaria a que se las suba.

Al respecto, el director de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales expresó que "... no todos los profesores sienten proclividad a usar medios de información cibernéticos, la mayoría no.". Con relación a los acercamientos para capacitar a docentes en el uso de TIC, indicó:

Pues sí, sí se ha ofrecido, se ofrece, pero, te digo, no... yo creo que hay muchos ... que no lo sienten necesario, sienten pues cierto rechazo, hasta para, por ejemplo, la plataforma que hicieron para las tutorías ... hay verdaderamente rechazo a hacer el reporte de tutorías en la plataforma, prefieren a mano...

Sobre el tema, el director de la Facultad de Ingeniería dijo que "... damos cursos de uso del portal, de uso de la red y todos esos cursos, además de toda la información que puedan ellos obtener de manera digital. Sí, yo creo que en ese sentido hay mucha actualización."

En cuanto a los cursos sobre TIC a los profesores, el director de la Facultad de Química dijo que:

en el transcurso del tiempo hemos tenido diferentes cursos, inclusive para todos los que éramos de la vieja guardia, que no llegamos manejando programas y todo esto, y nosotros aquí mismo en la Facultad implementamos cursos para manejo de la plataforma, manejamos cursos, ahora que pusimos cañones más interactivos, para el uso de los cañones interactivos, para que desde el Android suban la información y no tengan que llegar con su lap sino nada más con su celular y suban todo.

Respecto a explotar capacidades tecnológicas en los profesores, el director de la facultad de Derecho expresó que hay que:

mostrarle a los profesores ambientes distintos a los que se han vuelto convencionales, ..., de alguna manera creo que también enseñar al profesor a buscar dentro de los medios ambientes electrónicos la información que sea mucho más puntual u orientar, más bien, al profesor para que tenga esas habilidades que no se están desarrollando.

Así como que, a raíz de:

el excesivo papel que juegan los medios, o los mecanismos tecnológicos, en los procesos de enseñanza, hoy encontramos profesores que si se va la luz no pueden dar clase. Entonces, no podemos llegar a ese exceso de suponer que las tecnologías van a solucionar el problema de la enseñanza-aprendizaje en las instituciones, porque, insisto, son sólo un apoyo, un apoyo más, son un pintarrón más para poder generar este proceso académico, o el proceso académico.

6.2. Selección de variables

Luego de haber definido adecuadamente el marco teórico, la siguiente etapa de la metodología de construcción del indicador compuesto marca la selección de variables que serán utilizadas. A continuación se describe el proceso que se siguió en esta etapa.

6.2.1. Criterios de selección de variables

De acuerdo al marco teórico anterior, las dimensiones en las cuales se ubicarán las variables deben cumplir los siguientes criterios: a) Participar en el proceso enseñanza-aprendizaje en el contexto definido (en este caso, la Universidad Autónoma de Querétaro), b) Incluir a las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), y c) Tener la disponibilidad de ser obtenidos fácilmente.

Las dimensiones siguientes cumplen con los criterios indicados, ya que son conceptos integrantes del proceso enseñanza-aprendizaje en la UAQ, incluyen a las TIC y los datos asociados con ellas son de fácil acceso, ya que se cuenta con el apoyo de las autoridades de las diversas Facultades de la Universidad para obtener los datos con los cuales se calculen los indicadores.

- Desarrollo de proyectos
- Uso de TIC por alumnado
- Uso de TIC por profesorado
- Habilidades digitales del siglo XXI

Se definió un conjunto de variables dentro de cada una de las dimensiones. Estas variables son los indicadores que componen al instrumento de medición descrito en la sección 5.2. Las variables de la dimensión *Habilidades digitales del siglo XXI* se presentan en la Tabla 6.5.

Tabla 6.5

Variables de la dimensión Habilidades digitales del siglo XXI

Uso de TIC para adquirir conocimiento sobre problemáticas
Uso de TIC para aplicar conocimientos en la solución de problemas
Comprensión de características de móviles
Comprensión de aplicaciones de móviles
Realización de operaciones básicas en móviles
Sentido de orientación al navegar en la Web
Certeza sobre destino de enlaces al navegar en la Web
Generación de significado
Compartir ideas
Confianza en solicitar materiales e información
Capacidad de resolución de problemas de coordinación conjunta
Uso de TIC para recibir y enviar información de trabajo
Participación en reuniones virtuales
Uso de TIC para formular y responder preguntas de aclaración
Uso de TIC para comprobar confiabilidad de fuentes de información
Cantidad de fuentes para encontrar información
Uso de TIC para verificar credibilidad de fuente de información
Uso de TIC para buscar información para argumentar afirmaciones
Contraste de argumentos que desafían creencias
Uso de TIC para comprender el punto de vista de los demás
Establecimiento de vínculos entre hechos, ideas y nociones
Uso de TIC para generar nuevas ideas
Uso de TIC para establecer perspectivas amplias en discusiones
Importancia de las TIC para justificar decisiones
Apoyo de las TIC para reevaluar experiencias
Uso de TIC para evaluar las implicaciones de una decisión
Uso de TIC para generar ideas o desarrollar nuevas formas de hacer las cosas
Creatividad para ayudar a otras personas a lidiar situaciones difíciles
Creatividad para enseñar a alguien a hacer algo
Creatividad para generar nuevas formas de ayudar a la gente
Creatividad para mediar una disputa entre amigos
Creatividad para analizar un libro
Creatividad para ofrecer comentarios constructivos sobre la lectura de artículos

Creatividad para crear y subir videos divertidos en Youtube
Creatividad para arreglar computadoras "congeladas" o con errores
Creatividad para escribir un programa de computadora
Creatividad para realizar o diseñar experimentos científicos
Creatividad para crear álbumes de fotografías
Comunicación de información e ideas a múltiples audiencias
Variedad de medios de TIC para comunicar información
Variedad de formatos para comunicar información
Atención a mensajes de interlocutores
Expresión de inconformidad al responder
Expresión de expectativas
Considerar retroalimentación y avanzar en una discusión
Compartir perspectivas
Compartir ideas
Claridad para articular razones para generar preguntas
Desafío de la retroalimentación no adecuada
Atención a lo necesario
Defensa de sí mismo
Manutención de consistencia en lo que se dice y cómo se dice
Uso de TIC para formular enunciados de investigación para facilitar búsquedas de información
Uso de TIC para encontrar y recuperar información desde varios recursos en línea
Frecuencia con la que se examina más allá de los primeros resultados
Juicio sobre la utilidad de la información
Juicio sobre la suficiencia de información
Organización de información

Fuente: elaboración propia

Las variables de la dimensión *Proyectos académicos* se presentan en la Tabla 6.6.

Tabla 6.6

Variables de la dimensión Proyectos académicos

| |
|---|
| Frecuencia de uso de TIC para desarrollo de proyectos académicos |
| Utilidad de las TIS en desarrollo de proyectos académicos |
| Apoyo de las TIC básicas en desarrollo de proyectos académicos |
| Apoyo de las TIC especializadas en desarrollo de proyectos académicos |
| Cantidad de proyectos académicos en asignaturas |
| Cantidad de proyectos fuera de asignaturas |

Fuente: elaboración propia

Las variables de la dimensión *Uso de TIC por alumnado* se presentan en la Tabla 6.7.

Tabla 6.7

Variables de la dimensión Uso de TIC por alumnado

| |
|---|
| Uso de redes sociales al realizar actividades académicas |
| Uso de las TIC para jugar al realizar actividades académicas |
| Desviación de atención por las TIC al realizar actividades académicas |
| Frecuencia del uso de TIC para copiar actividades académicas |
| Porcentaje del uso de TIC en actividades académicas |
| Habilidad general en el uso de TIC pre-licenciatura |
| Mejoramiento en el uso de TIC durante licenciatura |
| Semejanza en el uso de TIC con los profesores |

Fuente: elaboración propia

Las variables de la dimensión *Uso de TIC por profesorado* se presentan en la Tabla 6.8.

Tabla 6.8

Variables de la dimensión Uso de TIC por profesorado

| |
|---|
| Capacidad del profesorado para usar TIC en su labor docente |
| Frecuencia de uso de TIC del profesorado para comunicarse con el alumnado |
| Capacidad del profesorado para comunicarse con el alumnado |
| Frecuencia de uso de TIC del profesorado en sus clases |
| Dependencia del profesorado de las TIC |
| Capacitación en el uso de TIC requerida por el profesorado |

Fuente: elaboración propia

6.2.2. Aplicación del instrumento de medición

Como se indicó en la sección 5.2, no hay datos sobre las variables de cada dimensión, con base en las cuales se pretende obtener índices simples que se utilicen en la construcción del IC. Por lo tanto, para obtener los datos de cada variable se aplicó el instrumento de medición diseñado (Anexo 2). A continuación se describe el proceso realizado.

Población

La población se integró por estudiantes que se encontraban cursando, nominalmente, sus últimos semestres de licenciatura en cualquier carrera de la UAQ. Se consideró que habrían adquirido suficiente conocimiento para poder evaluar su percepción del uso de las TIC en la universidad, para que los resultados del análisis de la información proporcionen resultaran confiables.

La información de la cantidad de alumnos de la UAQ se estaba publicada en la página oficial de la institución. De acuerdo a esa información, se obtuvo la cantidad de alumnos que en el semestre enero-junio 2018 estarían cursando uno de sus últimos tres semestres de licenciatura, en cada una de las facultades de la universidad, siendo el total de 4258 estudiantes. Esta información se muestra en la Tabla 6.9.

Tabla 6.9

Población considerada para el semestre enero-junio 2018

| Facultad | Alumnos |
|-------------------------------|---------|
| Bellas Artes | 261 |
| Ciencias Naturales | 319 |
| Ciencias Políticas y Sociales | 125 |
| Contaduría y Administración | 914 |
| Derecho | 1046 |
| Enfermería | 202 |
| Filosofía | 165 |
| Informática | 147 |
| Ingeniería | 357 |
| Lenguas y Letras | 127 |
| Medicina | 155 |
| Psicología | 273 |
| Química | 167 |
| Total | 4258 |

Fuente: elaboración propia

Prueba piloto

Se aplicó una prueba piloto a 50 estudiantes de la población, elegidos de forma conveniente, de acuerdo a la disposición de profesores y estudiantes en horarios de clase. La participación fue voluntaria y se realizó en las facultades de Contaduría y Administración (17), Psicología (10), Química (7) e Informática (16). Se les solicitó a los estudiantes que expresaran abiertamente las dudas respecto a los conceptos incluidos en el instrumento y que hicieran observaciones respecto a la redacción y contenido, así como cualquier otra aportación que consideraran conveniente.

Se aplicó la prueba de Alfa de Cronbach (0.954) para identificar los ítems que resultaran con alta correlación y se analizó si representaban al mismo concepto, para, en su caso, considerar la eliminación de alguno(s) de ello(s).

Como resultado de la aplicación de la prueba piloto, se determinó que el tiempo medio para responder la encuesta fue de 16 minutos, el único término que no fue comprendido por la totalidad de las y los estudiantes fue *auspiciado*, que se cambió por *patrocinado*, se detectó un error de redacción en uno de los ítems, y se hizo la correspondiente corrección.

Diseño y tamaño de la muestra

Se definió el tamaño de la muestra para un nivel de confianza del 95% y con un error del 5%, sobre la población considerada, para un muestreo probabilístico. El tamaño obtenido fue de 356 observaciones. La técnica utilizada fue la de muestreo estratificado proporcional sistemático. Cada facultad de la universidad se consideró un estrato, sin distinciones de sexo, edad o carrera.

El factor de proporción entre el tamaño de la muestra y el tamaño de la población fue de $353/4258 = 8.3\%$. Así, la muestra para cada estrato se presenta en la Tabla 6.10. La suma es de 358, cinco más que el total calculado de la muestra, debido al redondeo hacia arriba que se debe aplicar en este tipo de cálculos.

Tabla 6.10

Tamaño de muestra por estrato

| Facultad | Tamaño de la muestra |
|-------------------------------|----------------------|
| Bellas Artes | 20 |
| Ciencias Naturales | 27 |
| Ciencias Políticas y Sociales | 11 |
| Contaduría y Administración | 76 |
| Derecho | 87 |
| Enfermería | 17 |
| Filosofía | 14 |

| | |
|------------------|-----|
| Informática | 13 |
| Ingeniería | 30 |
| Lenguas y Letras | 11 |
| Medicina | 13 |
| Psicología | 23 |
| Química | 14 |
| Total | 356 |

Fuente: elaboración propia

Para aplicar el instrumento, se consideró que se cuenta con Q estratos, siendo cada estrato una facultad, y que $M = m_1 + m_2 + \dots + m_i$, en donde:

M es el total de estudiantes de la muestra (356)

m_1, m_2, \dots, m_i son los tamaños de muestra para cada facultad $i, i = 1 \dots Q$, indicados en la Tabla 6.10.

En cada estrato i se realizó el siguiente procedimiento sistemático:

1. Se determinó la cantidad de grupos g_i compuestos por estudiantes que integraran a la población definida
2. Se calculó la cantidad de estudiantes es_i por grupo para aplicar la encuesta, de tal forma que $es_i = \frac{m_i}{g_i}$
3. En cada grupo se determinó aleatoriamente a los es_i estudiantes que contestaron la encuesta, a través de un sorteo

Del total de observaciones, el 59.5% fueron mujeres y el 40.5% hombres. El promedio de edad de las y los participantes fue de 22.77 años con una desviación estándar de 2.38.

6.3. Imputación de datos faltantes

Un indicador puede verse afectado por los datos faltantes. Es posible que se identifiquen patrones como los siguiente en la ausencia de los datos (Nardo et al., 2008):

- Falta completamente aleatoria (MCAR, Missing Completely at Random, por sus siglas en inglés), en donde los valores faltantes no dependen de ninguna variable de interés ni observada
- Falta aleatoria (MAR, Missing at Random, por sus siglas en inglés). Los valores faltantes no dependen de la variable de interés, pero están condicionados a otras variables en el conjunto de datos
- Falta no aleatoria (NMAR, Not Missing at Random, por sus siglas en inglés). Los valores faltantes dependen de los valores en sí mismos

No existe una prueba estadística para la NMAR y, generalmente, no hay una base para juzgar si faltan datos de forma aleatoria o sistemática, mientras que la mayoría de los métodos que imputan valores perdidos requieren un mecanismo aleatorio, es decir, MCAR o MAR. Cuando se asume la existencia de un patrón faltante no aleatorio (NMAR), este debe modelarse e incluirse explícitamente en el análisis, lo cual podría resultar muy difícil e implicar suposiciones que pueden influir en el resultado del ejercicio.

Existen tres métodos generales para tratar los datos faltantes: (i) eliminación de casos, (ii) imputación única o (iii) imputación múltiple. El primero, también llamado análisis completo de casos, simplemente omite los registros faltantes del análisis. Sin embargo, ignora las posibles diferencias sistemáticas entre muestras completas e incompletas y suele producir estimaciones sesgadas, a menos que los registros eliminados sean una sub-muestra aleatoria de la muestra original (lo que es un supuesto del MCAR). Además, los errores estándar serán mayores en una muestra pequeña, pues se usa menos información. Como regla general, si una variable tiene más de un 5% de valores perdidos, los casos no se eliminan (Little & Rubin, 2002 en Nardo et al., 2008)

Los otros dos enfoques consideran los datos faltantes como parte del análisis e intentan imputar valores, ya sea por imputación simple (como sustitución por media, mediana o moda, imputación por regresión, imputación *hot-and-cold-deck*, imputación de expectativa-maximización) o imputación múltiple (como el algoritmo de Markov Chain Monte Carlo).

Ningún modelo de imputación está libre de suposiciones y, por lo tanto, los resultados de la imputación deben verificarse a fondo por sus propiedades estadísticas, tales como las características de distribución, así como su heurística, por ejemplo, por su significado.

Después de la aplicación del instrumento, se revisaron las respuestas para identificar datos perdidos. En primer lugar, el diseño de la encuesta propició faltantes de tipo aleatorio, ya que 5 respuestas dependían de la respuesta afirmativa de otra. Por ello, se eliminaron las respuestas de todas las observaciones para tales preguntas, con el objeto de no afectar los resultados estadísticos si los cálculos se realizaran con los datos de los que sí se obtuvo respuesta.

Luego de esa primera acción, se encontró un faltante de menos del 1% de datos, y se identificó como una forma de datos faltantes completamente aleatoria. Por ello, se decidió aplicar la técnica de imputación simple por sustitución de la media, que consiste en asignar a los faltantes la media de los valores existentes, ya que el volumen de faltantes no ameritaba el uso de ninguna otra técnica de imputación simple, como regresión, y, mucho menos, de imputación múltiple.

6.4. Análisis multivariante

Se aplicó el método de Análisis de Componente Principales, como análisis factorial en esta etapa. El ACP es una técnica que permite obtener una cantidad mínima de componentes que explican la mayor parte de la variabilidad total observada en un conjunto de variables. El análisis se aplicó a los datos recabados a través del instrumento, y, con ello, se obtuvieron valoraciones para continuar con

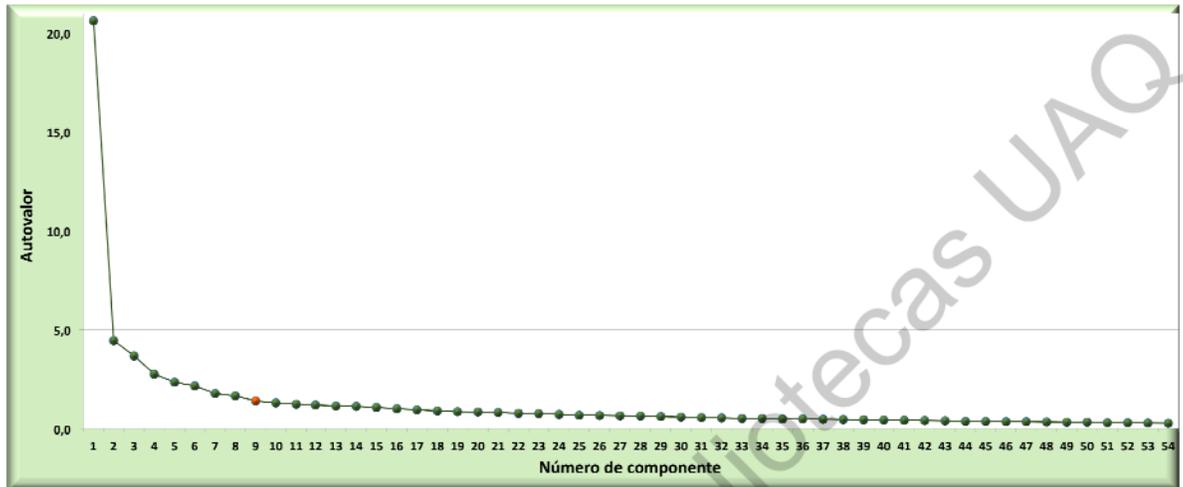
la construcción del indicador compuesto. A su vez, se validó el instrumento generado para la recolección de datos.

Para determinar si el análisis factorial era aplicable a los datos se determinaron los siguientes valores:

- Coeficiente Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), que compara los valores de los coeficientes de correlación observados con los coeficientes de correlación parcial. El resultado obtenido fue de 0.925.
- Matriz de correlaciones anti-imagen, para determinar si las correlaciones parciales son bajas y determinar si existen factores subyacentes al conjunto de indicadores. Cerca del 99% de los valores absolutos de la matriz de correlación anti-imagen fueron inferiores a 0.3, y los valores de la diagonal son las Medidas de Suficiencia de Muestreo (MSA, por sus siglas en inglés) para los indicadores individuales, y todos resultaron alrededor de 0.8.
- Prueba de esfericidad de Barlett, que permite contrastar la hipótesis de que la matriz de correlaciones es una matriz identidad. Se obtuvo un valor de significancia de muy por debajo de 0.05 y un $\chi^2=15339$, lo cual permite rechazar la hipótesis nula de que las variables no están correlacionadas.

Los resultados fueron indicativos de que los datos eran adecuados para realizar un análisis factorial. La aplicación del análisis de componentes principales comenzó eligiendo la cantidad adecuada de ellos, para lo cual se utilizó el criterio de contraste de caída o test del codo de Castell, mediante el cual se analizó el gráfico de sedimentación (Figura 6.2) y se detectó el punto en donde el paso entre componentes se vuelve casi horizontal. Se determinó que tal punto es el componente 9, por lo que se consideraron nueve factores, que, en este caso, explican el 56.36% de la varianza total.

Figura 6.2. Gráfico de sedimentación correspondiente a la aplicación del ACP



Fuente: elaboración propia

Para generar la matriz de componentes correspondiente se eligió el método de rotación *varimax*, la cual es una rotación ortogonal de los ejes factoriales para conseguir que la correlación de cada una de las variables sea lo más cercana a uno con solamente un factor y casi nula con el resto. A partir de ella se delinearon los grupos de indicadores correspondientes a cada componente principal.

En la Tabla 6.11 se presenta información acerca de los nueve factores obtenidos en el ACP:

- Nombre. Se asignó a cada factor de acuerdo con el marco teórico subyacente, en relación con los indicadores que lo integran.
- Porcentaje de varianza que explica cada factor. Más de la mitad de la varianza explicada por los nueve factores la concentra el factor de Comunicación; los otros ocho van desde 6.174% hasta 1.927%, cada uno.
- Alfa de Cronbach. La consistencia interna de cada factor indicada por el cálculo de este coeficiente es, en general, muy buena. En dos

factores supera el valor de 0.9, en tres supera el de 0.8, en otros dos es superior a 0.7, y solamente en uno, el de *Uso de TIC por profesorado*, el valor es solamente bueno, de 0.55.

- Los indicadores que integran cada factor y la carga factorial de cada uno de ellos con relación al factor en el que se ubican.

Tabla 6.11

Información de los factores resultantes del análisis factorial

| Factor | % de varianza | Alfa de Cronbach | Ítem | Indicador | Correlación Factor/Indicador |
|---|--|---------------------|------|---|---------------------------------|
| Comunicación | 28.62% | - | 38 | Atención a mensajes de interlocutores | 0.580 |
| | | | 39 | Expresión de inconformidad al responder | 0.748 |
| | | | 40 | Expresión de expectativas | 0.791 |
| | | | 41 | Considerar retroalimentación y avanzar en una discusión | 0.728 |
| | | | 42 | Compartir perspectivas | 0.759 |
| | | | 43 | Compartir ideas | 0.724 |
| | | | 44 | Claridad para articular razones para generar preguntas | 0.699 |
| | | | 45 | Desafío de retroalimentación no adecuada | 0.684 |
| | | | 46 | Atención a lo necesario | 0.678 |
| | | | 47 | Defensa de sí mismo | 0.758 |
| 48 | Manutención de consistencia en lo que se dice y cómo se dice | 0.725 | | | |
| Pensamiento crítico y resolución de problemas | 6.174% | - | 1 | Uso de TIC para adquirir conocimiento sobre problemáticas | 0.445 |
| | | | 2 | Uso de TIC para aplicar conocimientos en la solución de problemas | 0.502 |
| | | | 10 | Uso de TIC para formular y responder preguntas de aclaración | 0.435 |
| | | | 11 | Uso de TIC para comprobar confiabilidad de fuentes de información | 0.570 |

| | | | | |
|----------------------------|--------|----|--|-------|
| | | 12 | Cantidad de fuentes para encontrar información | 0.587 |
| | | 13 | Uso de TIC para verificar credibilidad de fuente de información | 0.582 |
| | | 14 | Uso de TIC para buscar información para argumentar afirmaciones | 0.642 |
| | | 15 | Contraste de argumentos que desafían creencias | 0.662 |
| | | 16 | Uso de TIC para comprender el punto de vista de los demás | 0.632 |
| | | 17 | Establecimiento de vínculos entre hechos, ideas y nociones | 0.593 |
| | | 18 | Uso de TIC para generar nuevas ideas | 0.561 |
| | | 19 | Uso de TIC para establecer perspectivas amplias en discusiones | 0.600 |
| | | 20 | Importancia de las TIC para justificar decisiones | 0.486 |
| | | 21 | Apoyo de las TIC para reevaluar experiencias | 0.417 |
| | | 22 | Uso de TIC para evaluar las implicaciones de una decisión | 0.536 |
| | | 23 | Uso de TIC para generar ideas o desarrollar nuevas formas de hacer las cosas | 0.476 |
| Habilidad técnica | 5.098% | 3 | Comprensión de características de móviles | 0.644 |
| | - | 4 | Comprensión de aplicaciones de móviles | 0.677 |
| | 0.843 | 5 | Realización de operaciones básicas en móviles | 0.645 |
| | | 6 | Sentido de orientación al navegar en la Web | 0.589 |
| | | 7 | Certeza sobre destino de enlaces al navegar en la Web | 0.577 |
| | | 8 | Generación de significado | 0.585 |
| | | 9 | Compartir ideas | 0.530 |
| | | 34 | Creatividad para crear álbumes de fotografías | 0.444 |
| Uso de TIC por profesorado | 3.822% | 65 | Mejoramiento en el uso de TIC durante licenciatura | 0.397 |
| | - | 66 | Semejanza en el uso de TIC con los profesores | 0.622 |
| | 0.550 | 67 | Capacidad del profesorado para usar TIC en su labor docente | 0.803 |
| | | 68 | Frecuencia de uso de TIC del profesorado para comunicarse con el alumnado | 0.840 |

| | | | | |
|------------------------|--------|----|---|--------|
| | | 69 | Capacidad del profesorado para comunicarse con el alumnado | 0.852 |
| | | 70 | Frecuencia de uso de TIC del profesorado en sus clases | 0.746 |
| | | 71 | Dependencia del profesorado de las TIC | -0.643 |
| | | 72 | Capacitación en el uso de TIC requerida por el profesorado | -0.409 |
| Gestión de información | 3.243% | 36 | Variedad de medios de TIC para comunicar información | 0.471 |
| | - | 37 | Variedad de formatos para comunicar información | 0.509 |
| | 0.857 | 49 | Uso de TIC para formular enunciados de investigación para facilitar búsquedas de inf. | 0.354 |
| | | 50 | Uso de TIC para encontrar y recuperar inf. desde varios recursos en línea | 0.460 |
| | | 51 | Frecuencia con la que se examina más allá de los primeros resultados | 0.661 |
| | | 52 | Juicio sobre la utilidad de la información | 0.711 |
| | | 53 | Juicio sobre la suficiencia de información | 0.702 |
| | | 54 | Organización de información | 0.496 |
| Creatividad general | 2.994% | 24 | Creatividad para ayudar a otras personas a lidiar situaciones difíciles | 0.601 |
| | - | 25 | Creatividad para enseñar a alguien a hacer algo | 0.665 |
| | 0.854 | 26 | Creatividad para generar nuevas formas de ayudar a la gente | 0.641 |
| | | 27 | Creatividad para mediar una disputa entre amigos | 0.617 |
| | | 28 | Creatividad para analizar un libro | 0.399 |
| | | 29 | Creatividad para ofrecer comentarios constructivos sobre la lectura de artículos | 0.478 |
| | | 30 | Creatividad para crear y subir videos divertidos en Youtube | 0.396 |
| | | 35 | Comunicación de información e ideas a múltiples audiencias | 0.369 |
| Creatividad técnica | 2.468% | 31 | Creatividad para arreglar computadoras "congeladas" o con errores | 0.700 |
| | - | 32 | Creatividad para escribir un programa de computadora | 0.720 |
| | 0.795 | 33 | Creatividad para realizar o diseñar experimentos científicos | 0.692 |

| | | | | |
|-------------------------|--------|----|---|--------|
| Proyectos académicos | 2.021% | 55 | Frecuencia de uso de TIC para desarrollo de proyectos académicos | 0.737 |
| | - | 56 | Utilidad de las TIS en desarrollo de proyectos académicos | 0.745 |
| | 0.753 | 57 | Apoyo de las TIC básicas en desarrollo de proyectos académicos | 0.591 |
| | | 58 | Apoyo de las TIC especializadas en desarrollo de proyectos académicos | 0.361 |
| | | 63 | Porcentaje del uso de TIC en actividades académicas | 0.413 |
| Uso de TIC por alumnado | 1.927% | 59 | Uso de redes sociales al realizar actividades académicas | -0.586 |
| | - | 60 | Uso de las TIC para jugar al realizar actividades académicas | -0.582 |
| | 0.720 | 61 | Desviación de atención por las TIC al realizar actividades académicas | -0.698 |
| | | 62 | Frecuencia del uso de TIC para copiar actividades académicas | -0.743 |
| | | 64 | Habilidad general en el uso de TIC pre-licenciatura | -0.300 |

Fuente: elaboración propia

El Alfa de Cronbach total fue de 0.944, lo cual indica que existe una alta consistencia interna en los datos.

Como parte de la validez de constructo del instrumento, se realizó un análisis acerca de la distribución de los indicadores en los componentes principales (o factores). Como resultado, se eliminaron cuatro ítems del instrumento. En la Tabla 6.12 se indican las razones de la eliminación de cada uno de ellos. La tabla incluye al indicador, el constructo del marco teórico del que se desprende, el factor donde se ubicó según el ACP y la razón de excluirlo de la versión final del instrumento.

Tabla 6.12

Ítems eliminados con base en los resultados del ACP

| Ítem | Indicador | Constructo del marco teórico | Factor ACP | Razón de exclusión |
|------|-----------------------------------|------------------------------|-------------------|---|
| 34 | Creatividad para crear álbumes de | Creatividad | Habilidad técnica | El concepto no ajusta al constructo de habilidad técnica definido en el marco |

| | fotografías | | | teórico |
|----|--|---------------------------|----------------------------|---|
| 35 | Comunicación de información e ideas a múltiples audiencias | Comunicación mediante TIC | Creatividad general | El concepto no ajusta plenamente al factor de Creatividad general. Pudo no comprenderse la forma de efectuar la comunicación a través de las TIC al aplicar el instrumento |
| 63 | Porcentaje del uso de TIC en actividades académicas | Uso de TIC por alumnado | Proyectos académicos | Al ubicarse como un indicador de Proyectos académicos, pudo interpretarse como el uso de TIC en ellos, aspecto que ya está considerado en el ítem 55 (ver tabla 3) |
| 65 | Mejoramiento en el uso de TIC durante licenciatura | Uso de TIC por alumnado | Uso de TIC por profesorado | La mejora en el uso de las TIC del estudiantado pudo ser asociado con el uso que de ellas hacen los docentes, sin embargo, su relación con el factor es la más baja del grupo de indicadores (0.397), y no ajusta plenamente a la definición del Uso de TIC por profesorado |

Fuente: elaboración propia

Luego de la eliminación de los cuatro ítems, se volvió a calcular el Alfa de Cronbach para determinar el impacto del cambio en los componentes afectados. El componente de *Habilidad técnica* bajó de 0.847 a 0.843; de *Creatividad general* bajó de 0.854 a 0.843; *Proyectos académicos* bajó de 0.753 a 0.741; finalmente, el *Uso de TIC por profesorado* subió, como se apunta en la tabla 4, de 0.550 a 0.489. La variación de los componentes es muy pequeña y no afecta el juicio de buena consistencia interna de sus indicadores. En la Tabla 6.13 se presentan los estadísticos descriptivos de los datos obtenidos en los ítems de la versión final del instrumento.

Tabla 6.13

Estadísticos básicos obtenidos

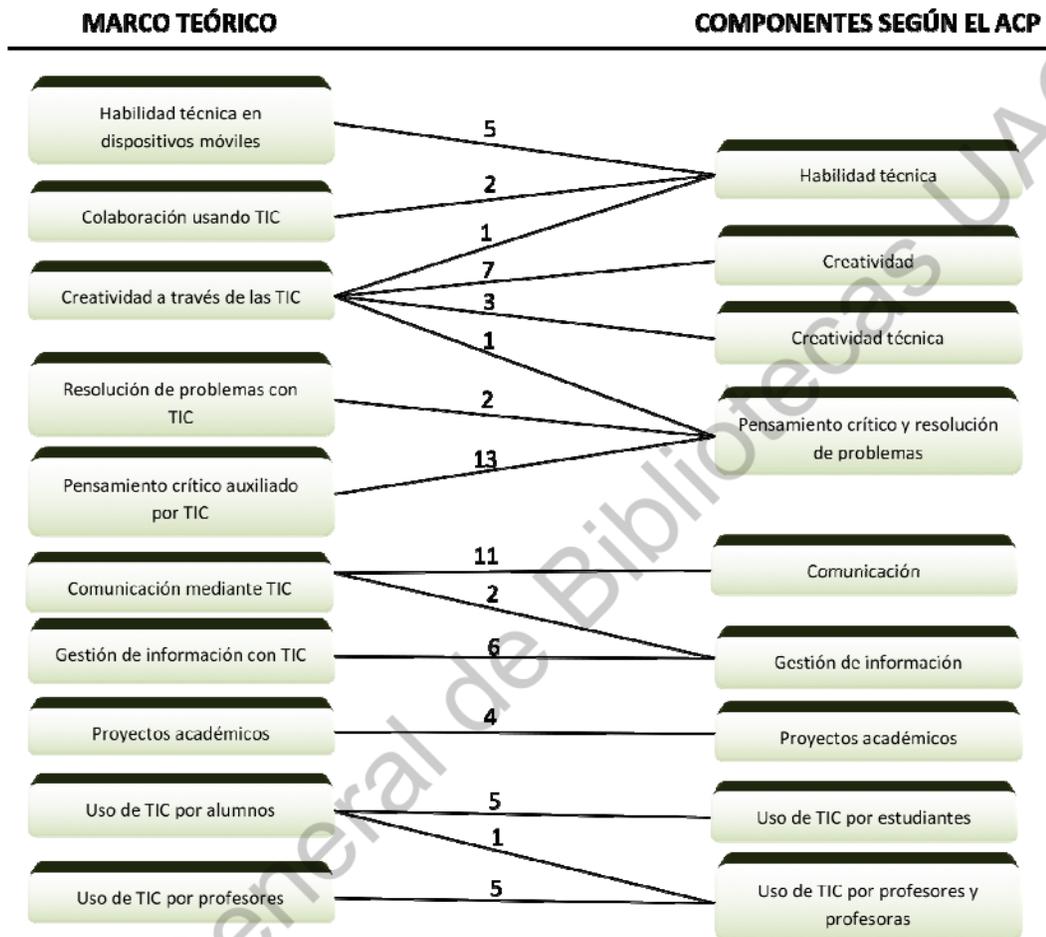
| Factor | Media | Desviación estándar |
|---|-------|---------------------|
| Proyectos académicos | 4.059 | 0.970 |
| Habilidad técnica | 3.863 | 0.891 |
| Gestión de información | 3.818 | 0.858 |
| Comunicación | 3.643 | 0.854 |
| Pensamiento crítico y resolución de problemas | 3.625 | 0.834 |
| Creatividad general | 3.277 | 1.049 |
| Uso de TIC por profesorado | 3.249 | 1.015 |
| Uso de TIC por alumnado | 2.537 | 1.170 |
| Creatividad técnica | 2.434 | 1.164 |

Fuente: elaboración propia

De acuerdo a la tabla anterior, el uso de las TIC en proyectos académicos es el factor en el que el estudiantado percibe más alta puntuación. La percepción en cuanto a su habilidad técnica es la siguiente, y, muy cerca, la gestión de información. El siguiente es la comunicación, factor que explica la mayor cantidad de varianza. A una distancia mayor se encuentran la creatividad general y el uso de TIC por profesorado. Muy abajo se encuentra la percepción sobre el uso de TIC por el estudiantado en el ámbito académico y sobre su creatividad técnica.

La distribución de los 68 ítems de la versión final del instrumento en cada uno de los factores identificados resultó muy similar a las categorías del marco teórico subyacente. En la Figura 6.3 se presenta esta relación luego del análisis presentado en la sección anterior. El número sobre la línea es la cantidad de ítems del constructo del marco teórico que se ubicaron en los factores identificados.

Figura 6.3. Relación de ítems entre las categorías del marco teórico y los resultados del ACP



Fuente: elaboración propia

6.5. Normalización

Se han considerado escenarios que contemplan a los datos sin normalización (pues los datos provienen de un instrumento diseñado *ad hoc*, con una escala Likert aplicada a todos ellos), con normalización min-max y con normalización z-score. Los valores de los datos obtenidos ya con faltantes imputados y los datos normalizados se pueden acceder desde <https://drive.google.com/file/d/14xbFPLLDROX5ZVpfup4vD9SPITo8XDM3/view?usp=sharing>.

6.6. Ponderación y agregación

Luego de estudiar las diversas alternativas descritas en la sección 5.5 y considerando las características propias del IC a construir, se eligió al método de ponderación de pesos iguales, debido a que no existen antecedentes sobre el tema y este estudio marca el inicio de la investigación al respecto, y resultaría arriesgado asignar pesos diferentes, a través de cualquier técnica para ese fin, a los diferentes factores que se han definido.

Se consideró a la agregación lineal y a la agregación geométrica para la inclusión de los indicadores dentro de cada una de las dimensiones, así como para incluir a cada dimensión en el indicador compuesto. La agregación lineal tiene un carácter compensatorio respecto a los valores que se desvíen de la media, pues tal desviación es compensada por el resto de los valores; y la agregación geométrica actúa de forma no compensatoria, pues penaliza a tales valores en el resultado final, como se explica en la sección 5.5.

Debido a que los indicadores simples se agrupan en nueve diferentes dimensiones (de acuerdo al marco teórico), se evaluó la agregación de los indicadores en su correspondiente dimensión (intradimensional) y la agregación de cada dimensión en el indicador compuesto (interdimensional). Para la agregación intradimensional, se descartó a la suma de rankings y al conteo de indicadores que exceden una referencia dada, ya que ambos tienden a perder información. Se eligió la agregación lineal ponderada, asignando pesos iguales a todos los indicadores por cada dimensión, por lo tanto, este tipo de agregación será fija y no se considerará como variable de entrada en el análisis de sensibilidad e incertidumbre. Sin embargo, para la agregación interdimensional, además de la opción de agregación lineal ponderada, también se consideró a la agregación geométrica; en adelante, al mencionar en este documento al término *agregación* se asume que se trata de la agregación interdimensional.

6.7. Escenarios de trabajo

Los elementos a considerar para definir los diferentes escenarios fueron: la elección del método de normalización y la elección del método de agregación. Las posibles combinaciones entre tales métodos dieron lugar a los escenarios utilizados en el análisis de sensibilidad e incertidumbre. De acuerdo a lo anterior, los escenarios que se consideraron en el análisis de sensibilidad e incertidumbre se muestran en la Tabla 6.14.

Tabla 6.14

Escenarios considerados en el análisis de incertidumbre

| Escenario | Normalización | Agregación | |
|-----------|---------------|------------------|------------------|
| | | Intradimensional | Interdimensional |
| 1 | No aplicada | Lineal | Lineal |
| 2 | No aplicada | Lineal | Geométrica |
| 3 | Min-max | Lineal | Lineal |
| 4 | Min-max | Lineal | Geométrica |
| 5 | Z-score | Lineal | Lineal |
| 6 | Z-score | Lineal | Geométrica |

Fuente: elaboración propia

Como puede observarse, y de acuerdo a lo indicado en la sección anterior, la agregación intradimensional es lineal, independientemente de los escenarios definidos, que por lo que es solamente el método de agregación entre las dimensiones el que se considerará como factor de entrada en el análisis.

Para realizar los cálculos sobre los rankings y el resto de procedimientos necesarios para el análisis, se calculó el valor del IC para cada observación con la normalización y agregación correspondiente a cada uno de los escenarios anteriores (Figura 6.4).

Figura 6.4. Muestra de listas de posiciones de referencia de cada escenario

| Escenario 1 | | Escenario 2 | | Escenario 3 | | Escenario 4 | | Escenario 5 | | Escenario 6 | |
|-------------|------|-------------|------|-------------|------|-------------|------|-------------|------|-------------|------|
| Pos. | Obs. |
| 1 | 247 | 1 | 247 | 1 | 247 | 1 | 247 | 1 | 247 | 1 | 247 |
| 2 | 263 | 2 | 263 | 2 | 263 | 2 | 263 | 2 | 263 | 2 | 202 |
| 3 | 83 | 3 | 83 | 3 | 83 | 3 | 83 | 3 | 83 | 3 | 118 |
| 4 | 345 | 4 | 345 | 4 | 345 | 4 | 345 | 4 | 345 | 4 | 136 |
| 5 | 284 | 5 | 255 | 5 | 284 | 5 | 255 | 5 | 284 | 5 | 73 |
| 6 | 156 | 6 | 259 | 6 | 156 | 6 | 259 | 6 | 169 | 6 | 227 |
| 7 | 259 | 7 | 153 | 7 | 259 | 7 | 169 | 7 | 156 | 7 | 325 |
| 8 | 169 | 8 | 169 | 8 | 169 | 8 | 153 | 8 | 87 | 8 | 263 |
| 9 | 255 | 9 | 87 | 9 | 255 | 9 | 87 | 9 | 259 | 9 | 203 |
| 10 | 87 | 10 | 284 | 10 | 87 | 10 | 315 | 10 | 264 | 10 | 217 |
| 11 | 264 | 11 | 315 | 11 | 264 | 11 | 3 | 11 | 255 | 11 | 125 |
| 12 | 153 | 12 | 3 | 12 | 153 | 12 | 35 | 12 | 65 | 12 | 292 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 356 | 73 | 356 | 73 | 356 | 73 | 356 | 73 | 356 | 73 | 356 | 334 |

Fuente: elaboración propia

6.8. Análisis de sensibilidad

Se realizaron dos tipos de análisis de sensibilidad en el proceso de construcción del IC: análisis de sensibilidad de las elecciones metodológicas y análisis de sensibilidad de la contribución de las dimensiones al indicador compuesto. En ambos se parte del modelo $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$, considerando diferentes factores de entrada y de salida. En cada análisis, se calcularon los coeficientes de sensibilidad S_i para determinar la sensibilidad del factor de salida, según los factores de entrada, aplicando el método más conveniente en cada caso. A continuación se describen los resultados obtenidos.

6.8.1. Análisis de sensibilidad de las elecciones metodológicas

Las elecciones metodológicas susceptibles a ser evaluadas han sido el método de normalización y el método de agregación, los cuales, en este primer análisis de sensibilidad, se consideraron como factores de entrada (X_1, X_2). El interés es medir el efecto de los factores de entrada sobre la posición que ocupan

las observaciones en los diferentes escenarios, esto es, la discrepancia (\bar{R}) que existe respecto a un *Ranking* de referencia; por lo tanto, \bar{R} es el factor de salida (Y).

Para la estimación de los coeficientes de sensibilidad S_i se consideró adecuado utilizar el método de Sobol, ya que los factores de entrada (métodos de normalización y de agregación) son independientes entre sí. El alcance del análisis de sensibilidad se estableció tomando como *Ranking_{referencia}* a las posiciones de las observaciones obtenidas en el escenario 1, para el cálculo de \bar{R} , aplicando la fórmula:

$$\bar{R} = \frac{1}{M} \sum_{c=1}^M |Ranking_{ref}(CI_c) - Ranking(CI_c)|$$

Los resultados de \bar{R} se presentan en la Tabla 6.15.

Tabla 6.15

Resultados de \bar{R} tomando como referencia al escenario 1

| | Escenario 1 | Escenario 2 | Escenario 3 | Escenario 4 | Escenario 5 | Escenario 6 |
|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| \bar{R} | 0 | 14.56179775 | 2.286516854 | 19.05617978 | 6.5 | 112.1685393 |

Fuente: elaboración propia

Se utilizó la técnica de Monte Carlo para realizar simulaciones en las que se consideraron combinaciones entre las dos entradas causantes de incertidumbre (método de normalización y método de agregación). Para generar las diferentes simulaciones, se asignó una PDF a cada una de las entradas causantes de incertidumbre. Así, pues, para el método de normalización se definió una PDF discreta, asignando el valor cero cuando se consideraban los datos sin normalizar, el valor uno al considerar los datos normalizados con min-max, y el valor dos al considerar datos normalizados con z-score. Por otro lado, para el método de

agregación, se definió una PDF para generar números continuos n entre cero y uno, asignando la agregación lineal cuando $0 < n \leq 0.5$, y la agregación geométrica cuando $0.5 < n < 1$.

Con tales valores, se generaron 1024 simulaciones combinando las opciones de normalización (0, 1 o 2) con las opciones de agregación (valores entre 0 y 1). El escenario 6 fue excluido debido a que se pueden encontrar cálculos inconsistentes para los valores negativos de la normalización.

Los efectos de los elementos considerados en el análisis (método de normalización y método de agregación) sobre el indicador compuesto son los siguientes:

Impacto de la normalización (S_1) = 0.0454

Impacto de la agregación (S_2) = 0.859

Esto quiere decir que del impacto total generado por estos dos elementos, la normalización tiene un efecto del 5%, y la agregación un 95% sobre \bar{R} . En otras palabras, el cambio del método de normalización elegido tiene un efecto muy pequeño sobre las posiciones de las observaciones en comparación con el que produce un cambio en el método de agregación.

6.8.2. Análisis de sensibilidad de la contribución de las dimensiones al indicador compuesto

En este análisis de sensibilidad, se utilizaron las dimensiones identificadas en el ACP como factores de entrada (X_1, X_2, \dots, X_9), y el indicador compuesto como factor de salida (Y). Puesto que existe cierta correlación (la correlación es distinta de cero) entre las diferentes dimensiones, es conveniente utilizar el metamodelo SDP para estimar los coeficientes de sensibilidad S_i . El objetivo de este segundo análisis de sensibilidad es estimar la contribución de las dimensiones al indicador compuesto.

En la etapa de ponderación se asigna un peso a cada indicador simple y a cada dimensión, determinado por alguna técnica de ponderación. Estos pesos

nominales intentan definir la importancia que cada elemento tiene en el IC. Sin embargo, sucede muchas veces que la importancia asignada en estos pesos nominales no corresponde con la que se refleja en el IC.

El efecto real o principal, también conocido como peso efectivo, de cada una de las dimensiones sobre el IC dependerá de aspectos como la transformación de los datos, la normalización, la imputación, la agregación, etc., y de la estructura de covarianza y correlación de los indicadores simples y/o dimensiones (Paruolo, Saisana, & Saltelli, 2013). Este análisis de sensibilidad ayuda a determinar qué indicadores simples o dimensiones son más importantes o tienen menos efecto sobre el IC, y cuáles menos.

Para cada dimensión se calcularon los efectos principales S_i (donde $i = 1..9$ representa a cada una de las dimensiones) para cada uno de los escenarios, utilizando la técnica SDP, introducida en la sección 5.6.1. Se presentan, nuevamente, en la Tabla 6.16 las dimensiones del estudio, así como el índice con el que se identificará su correspondiente coeficiente de sensibilidad S_i .

Tabla 6.16

Dimensiones del estudio

| Índice (i) | Dimensión |
|----------------|---|
| 1 | Comunicación |
| 2 | Pensamiento crítico y resolución de problemas |
| 3 | Habilidad técnica |
| 4 | Uso de TIC por profesorado |
| 5 | Gestión de información |
| 6 | Creatividad general |
| 7 | Creatividad técnica |
| 8 | Proyectos académicos |
| 9 | Uso de TIC por alumnado |

Fuente: elaboración propia

Debido a que las dimensiones del modelo presentan un cierto grado de correlación, se obtiene que $\sum_{i=1}^Q S_i > 1$, por lo que los efectos se normalizaron para que la suma fuera la unidad y se pudieran comparar con los pesos asignados de forma equitativa en la etapa de ponderación. Asimismo, se calculó el coeficiente de correlación del modelo aditivo (r^2), valor que para todos los escenarios resultó muy alto, indicando que el modelo aditivo explica prácticamente toda la variabilidad del indicador compuesto, es decir, que no hacen falta interacciones entre las distintas dimensiones. En la Tabla 6.17 se presentan estos valores para los cinco escenarios.

Tabla 6.17

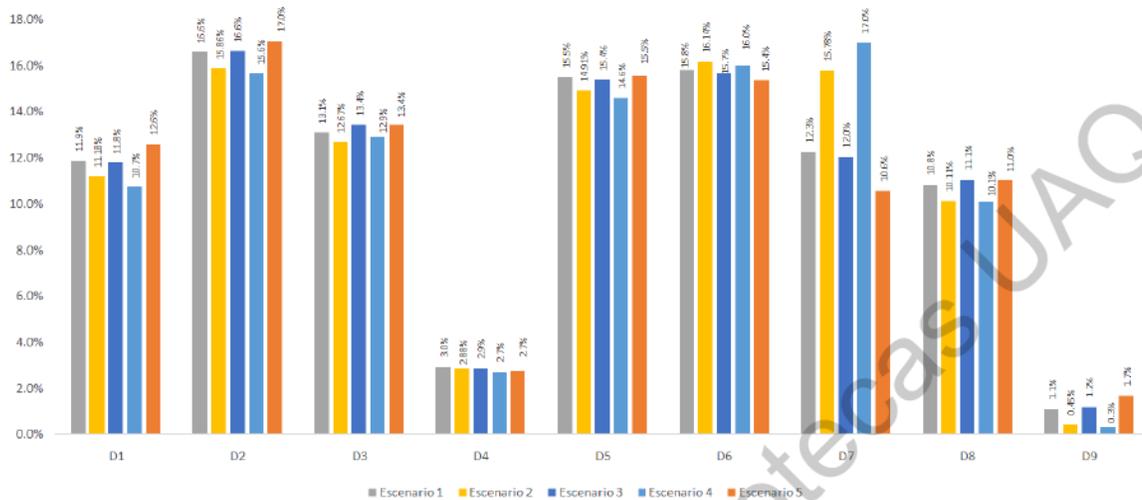
Coefficientes de sensibilidad calculados para cada dimensión en cada uno de los cinco escenarios evaluados

| S_i | Escenario 1 | | Escenario 2 | | Escenario 3 | | Escenario 4 | | Escenario 5 | |
|-------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|
| | S | S normal |
| S_1 | 0.4560 | 0.119 | 0.3945 | 0.112 | 0.4546 | 0.118 | 0.3663 | 0.107 | 0.4959 | 0.126 |
| S_2 | 0.6365 | 0.166 | 0.5595 | 0.159 | 0.6418 | 0.166 | 0.5337 | 0.156 | 0.6719 | 0.170 |
| S_3 | 0.5024 | 0.131 | 0.4470 | 0.127 | 0.5177 | 0.134 | 0.4401 | 0.129 | 0.5296 | 0.134 |
| S_4 | 0.1133 | 0.030 | 0.1016 | 0.029 | 0.1108 | 0.029 | 0.0927 | 0.027 | 0.1080 | 0.027 |
| S_5 | 0.5947 | 0.155 | 0.5259 | 0.149 | 0.5940 | 0.154 | 0.4976 | 0.146 | 0.6123 | 0.155 |
| S_6 | 0.6063 | 0.158 | 0.5694 | 0.161 | 0.6045 | 0.157 | 0.5458 | 0.160 | 0.6053 | 0.154 |
| S_7 | 0.4704 | 0.123 | 0.5566 | 0.158 | 0.4642 | 0.120 | 0.5797 | 0.170 | 0.4166 | 0.106 |
| S_8 | 0.4162 | 0.108 | 0.3567 | 0.101 | 0.4269 | 0.111 | 0.3441 | 0.101 | 0.4353 | 0.110 |
| S_9 | 0.0434 | 0.011 | 0.0159 | 0.005 | 0.0464 | 0.012 | 0.0119 | 0.003 | 0.0665 | 0.017 |
| r^2 | 0.9966 | | 0.9923 | | 0.9973 | | 0.9895 | | 0.9976 | |

Fuente: elaboración propia

En la Figura 6.5 se presenta de forma gráfica la importancia que, de acuerdo con el análisis de sensibilidad, posee cada dimensión en los cinco escenarios seleccionados.

Figura 6.5. Importancia de las dimensiones para cada uno de los escenarios



Fuente: elaboración propia

En todos los escenarios, en general, las dimensiones tienen un efecto muy parecido sobre el IC. Las dimensiones que menor efecto tienen son la 4 (*Uso de TIC por profesorado*) y la 9 (*Uso de TIC por alumnado*). Eso significa que aunque en la construcción del IC se le haya dado el mismo peso a esas dimensiones que al resto, su efecto sobre el IC no es el mismo, por lo que un cambio en alguno de sus indicadores no va a afectar tanto al IC como lo haría un cambio en las otras dimensiones.

De acuerdo a lo anterior, los pesos equitativos asignados inicialmente a las dimensiones no corresponden con el impacto real que tienen sobre el IC. Es decir, en la asignación de pesos iguales, cada dimensión tiene $\frac{1}{9}$ de peso sobre los resultados, pero en realidad, las dimensiones 4 y 9 tienen un impacto real menor que el resto. Como se explicará más adelante, el escenario que proporciona más robustez al IC es el número 5, por lo que se comparó el impacto real que en dicho escenario produce cada dimensión sobre el IC (el valor normalizado de S_i , visto en forma porcentual), contra el peso asignado originalmente de forma equitativa. Esta información se presenta en la Tabla 6.18.

Tabla 6.18

Impacto real de las dimensiones en el IC

| Factor | Peso asignado | Impacto real |
|---|---------------|--------------|
| Comunicación | 11.11 % | 12.6% |
| Pensamiento crítico y resolución de problemas | 11.11 % | 17.0% |
| Habilidad técnica | 11.11 % | 13.4% |
| Uso de TIC por profesorado | 11.11 % | 2.7% |
| Gestión de información | 11.11 % | 15.5% |
| Creatividad general | 11.11 % | 15.4% |
| Creatividad técnica | 11.11 % | 10.6% |
| Proyectos académicos | 11.11 % | 11.0% |
| Uso de TIC por alumnado | 11.11 % | 1.7% |

Fuente: elaboración propia

Los pesos asignados a las dimensiones no varían mucho del impacto real que ejercen sobre el IC, excepto en las dos dimensiones ya indicadas. Por ello, se decidió dejar el peso equitativo asignado inicialmente a las dimensiones; además, como se indicó anteriormente, esta es la primera aproximación sobre la construcción de un indicador sobre el tema de estudio y se consideró que es necesario realizar otras aplicaciones que permitan comparar los resultados de este análisis y, si fueran similares, analizar la posibilidad de asignar los pesos de acuerdo a ellos. Por lo pronto, el impacto real obtenido es un indicador de que el uso de las TIC en la institución de educación superior no se percibe con la importancia que el resto de las dimensiones.

6.9. Análisis de incertidumbre

Para el análisis de incertidumbre, se ha considerado que la fuente de incertidumbre son los pesos asignados a cada dimensión, pues es posible que se produzcan cambios en ellos, debido a nuevos planes estratégicos en las instituciones, a la decisión de asignar los pesos con técnicas diferentes, entre otros factores. El objetivo del análisis es hacer variar esos pesos en un rango

relativamente estrecho, e identificar las variaciones producidas en los resultados del IC para cada escenario de trabajo.

Utilizando la técnica de Monte Carlo, se realizaron 1024 simulaciones de combinaciones de pesos asignados a las dimensiones (se puede acceder a las simulaciones en <https://drive.google.com/open?id=1NcUghF-YgSAafVS-PuuLTS9ozfH2gQe3>).

Para generar estos pesos, se tomó en cuenta que la asignación de pesos se realizó de forma equitativa a cada una de las dimensiones, por lo que el peso de referencia para cada dimensión es de $\frac{1}{9}$ (aprox. 0.111111). Se consideró adecuado un rango de variación del 25% sobre los pesos de referencia, esto es, $(\frac{1}{9}) * 0.25 = 0.02777$ por debajo y por encima del peso de referencia $\frac{1}{9}$. Así, el rango de los pesos en las simulaciones iría de 0.0833 hasta 0.1388. Los pesos fueron normalizados para representar un porcentaje cuya suma de los pesos de las nueve dimensiones fuera la unidad.

Luego, en cada escenario se aplicó cada una de estas simulaciones a las 356 observaciones del estudio. Por lo tanto, para cada escenario se calcularon 1024 listas de resultados (similares a las de la Figura 6.4), en las cuales cada observación ocupó una posición determinada. Estos resultados se obtuvieron ejecutando una aplicación ad hoc, programada por el autor de esta tesis, en el lenguaje de programación Java, utilizando el entorno de desarrollo NetBeans, bajo la plataforma iOS. A las 1024 listas de resultados se les aplicó el método Copeland para determinar el valor del índice Copeland de cada observación, lo cual dio origen a una nueva lista de resultados. Se compararon las posiciones de esta nueva lista Copeland con la lista de posiciones de referencia, para obtener un promedio de variabilidad. Entre menor sea este valor, mayor es la coincidencia entre la lista calculada con Copeland (incluyendo la posible incertidumbre asignada a los pesos de las dimensiones) y la lista de referencia. El escenario que cumpliera esta característica se consideraría el más estable para la construcción

del IC. A continuación se presentan los resultados del análisis de incertidumbre para cada uno de los escenarios.

Escenario 1

Normalización: no aplicada – Agregación: lineal

El promedio de variación de posiciones de 0.37. La frecuencia de variación de posiciones entre las observaciones se presenta en la Figura 6.6.

Figura 6.6. Frecuencia de variación de posiciones del escenario 1 entre las posiciones de referencias y las obtenidas con el método Copeland

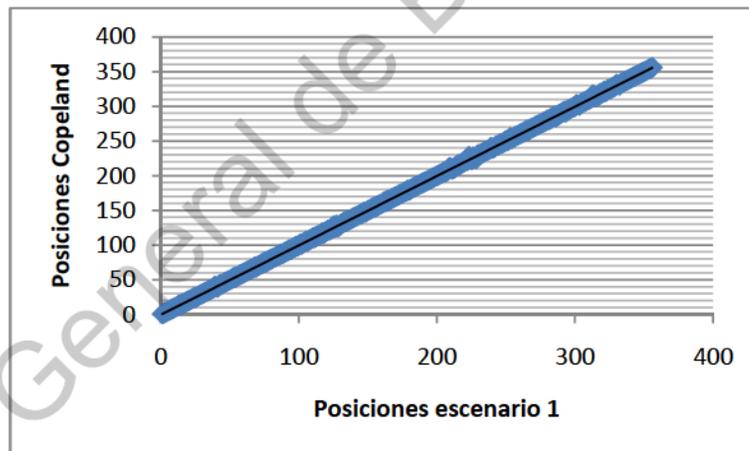


Fuente: elaboración propia

El diagrama de dispersión correspondiente se presenta en la

Figura 6.7.

Figura 6.7. Diagrama de dispersión para el escenario 1



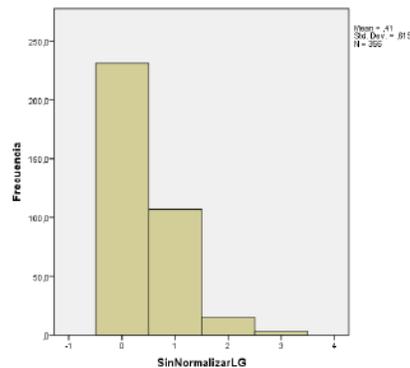
Fuente: elaboración propia

Escenario 2

Normalización: no aplicada - Agregación: geométrica

El promedio de variación de posiciones de 0.41. La frecuencia de variación de posiciones entre las observaciones se presenta en la Figura 6.8.

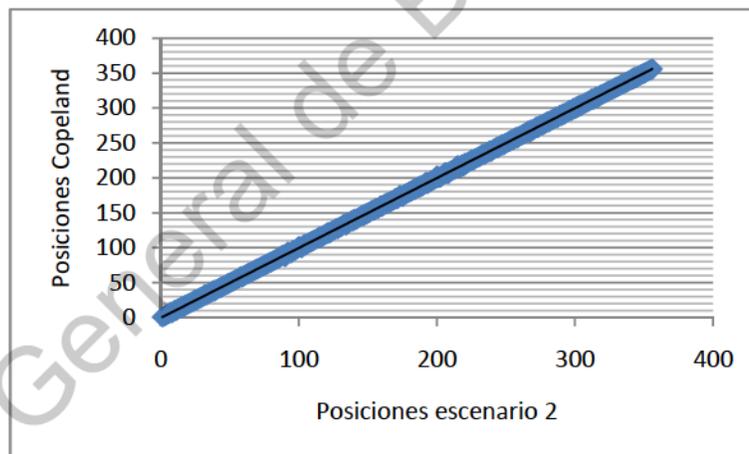
Figura 6.8. Frecuencia de variación de posiciones del escenario 2 entre las posiciones de referencias y las obtenidas con el método Copeland



Fuente: elaboración propia

El diagrama de dispersión correspondiente se presenta en la Figura 6.9.

Figura 6.9. Diagrama de dispersión para el escenario 2



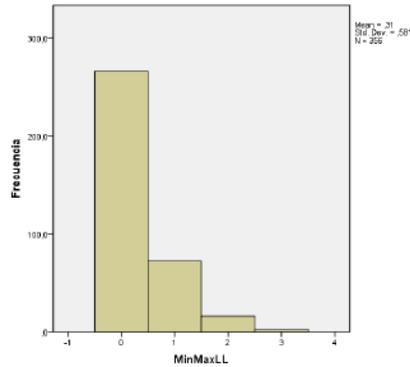
Fuente: elaboración propia

Escenario 3

Normalización: min-max - Agregación: lineal

El promedio de variación de posiciones de 0.31. La frecuencia de variación de posiciones entre las observaciones se presenta en la Figura 6.10.

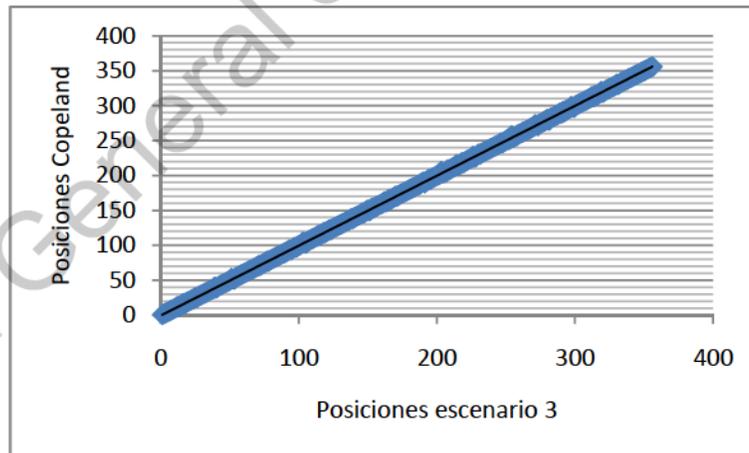
Figura 6.10. Frecuencia de variación de posiciones del escenario 3 entre las posiciones de referencias y las obtenidas con el método Copeland



Fuente: elaboración propia

El diagrama de dispersión correspondiente se presenta en la Figura 6.11.

Figura 6.11. Diagrama de dispersión para el escenario 3



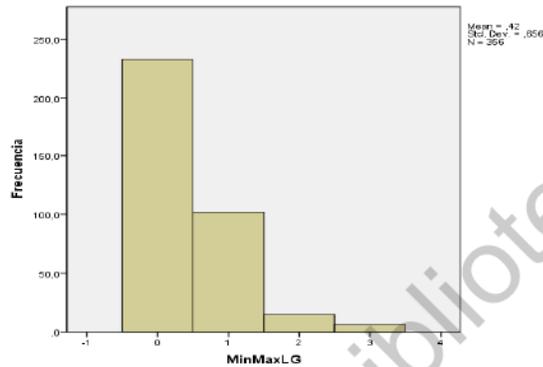
Fuente: elaboración propia

Escenario 4

Normalización: min-max - Agregación: geométrica

El promedio de variación de posiciones de 0.42. La frecuencia de variación de posiciones entre las observaciones se presenta en la Figura 6.12.

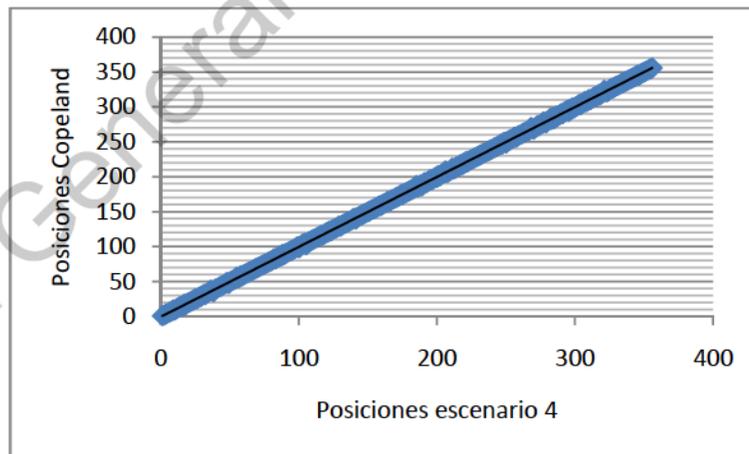
Figura 6.12. Frecuencia de variación de posiciones del escenario 4 entre las posiciones de referencias y las obtenidas con el método Copeland



Fuente: elaboración propia

El diagrama de dispersión correspondiente se presenta en la Figura 6.13.

Figura 6.13. Diagrama de dispersión para el escenario 4



Fuente: elaboración propia

Escenario 5

Normalización: z-score - Agregación: lineal

El promedio de variación de posiciones de 0.24. La frecuencia de variación de posiciones entre las observaciones se presenta en la Figura 6.14.

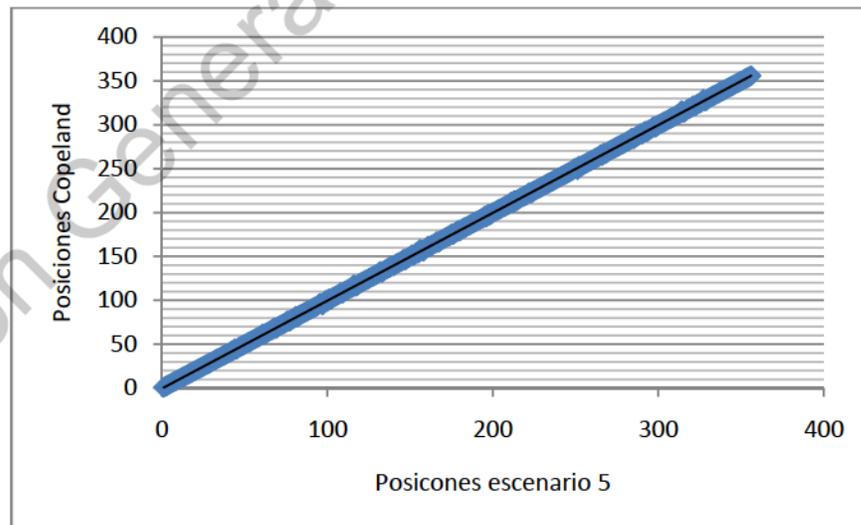
Figura 6.14. Frecuencia de variación de posiciones del escenario 4 entre las posiciones de referencias y las obtenidas con el método Copeland



Fuente: elaboración propia

El diagrama de dispersión correspondiente se presenta en la Figura 6.15.

Figura 6.15. Diagrama de dispersión para el escenario 5



Fuente: elaboración propia

Como puede observarse en las gráficas anteriores, los datos son muy similares entre todos los escenarios, sin embargo, es en los escenarios donde se

usa el método de agregación geométrica (escenarios 2 y 4) en donde la variabilidad es mayor (0.41 y 0.42, respectivamente). El escenario que tiene menos variabilidad en las posiciones de las observaciones es el número 5, con una media de variación de 0.24 unidades, a cuyos datos se aplicó la normalización z-score y la agregación lineal. Esto es, las posiciones que ocupan las observaciones normalizadas con z-score y con las dimensiones agregadas de forma lineal, variaron muy poco en relación al escenario de referencia, luego de aplicar el método Copeland a las simulaciones generadas en el análisis. Por eso, se determinó que el escenario 5 es el más estable en cuanto a las variaciones de pesos que las dimensiones puedan sufrir a lo largo del tiempo, es decir, que si el IC utiliza los métodos del escenario, los resultados del IC no cambiarán mucho si se producen cambios en las ponderaciones de las dimensiones.

6.10. Regreso a los datos

El objetivo de esta etapa es crear un perfil del desempeño de las observaciones, en este caso estudiantes, en el nivel del indicador para revelar qué está impulsando los resultados del indicador compuesto, de ser posible, a través de un estudio de correlación y causalidad. Las unidades de análisis tomadas en cuenta para la construcción del indicador son una muestra y no toda la población, ya que el objetivo del indicador no es obtener un vencedor, sino proporcionar información puntual sobre los constructos considerados. Así, la muestra fue estratificada, para que las conclusiones sobre los perfiles, en este caso de percepción, permitan delinearlos para cada estrato, es decir, para cada facultad de la universidad. Estos resultados se presentan en la sección 6.12.

Se consideró suficiente la correlación encontrada y definida en el análisis multivariante para no realizar estudios adicionales de correlación ni de causalidad, debido a que los análisis de sensibilidad e incertidumbre fueron bien fundamentados y proporcionan robustez al IC, además de brindar conclusiones sobre las dimensiones que integran al IC. En un futuro, podrían realizarse análisis

a través del Modelo de Ecuaciones Estructurales (SEM, por sus siglas en inglés) para complementar los resultados obtenidos en esta investigación.

6.11. Enlaces a otros indicadores

Esta etapa tiene la finalidad de encontrar correlaciones entre el indicador construido y otros indicadores publicados, así como identificar los vínculos a través de regresiones. Sin embargo, esta tesis contempla la construcción de un indicador compuesto sobre un tema del que no existen indicadores actualmente. Por ello, no es posible realizar este estudio estadístico, y se deja el presente indicador compuesto como un precedente que podrá ser utilizado para contrastar resultados de futuros indicadores.

6.12. Visualización de resultados

El desarrollo de las etapas anteriores permitió generar el indicador compuesto, objeto de este trabajo de investigación. Se utilizó la normalización z-score y la agregación lineal, métodos que integran al escenario elegido a partir de los resultados del análisis de incertidumbre. Por ello, la primera acción fue la normalización de los datos con el método z-score. Posteriormente, se definió la siguiente fórmula (que utiliza la agregación lineal), para calcular el valor del IC para cada observación:

$$IC_c = \sum_{i=1}^9 \frac{1}{9} \sum_{q=1}^{Q_i} \frac{I_{i,q,c}}{Q_i}$$

donde

$I_{i,q,c}$ es el valor normalizado del indicador simple q de la dimensión i para la observación c

Q_i es la cantidad de indicadores simples de la dimensión i

Considerando las nueve dimensiones del estudio (en el orden de la Tabla 6.16), la fórmula desarrollada final del IC es:

$$\begin{aligned}
IC_c = & \frac{1}{9} \left(\frac{I_{1,1,c}}{11} + \frac{I_{1,2,c}}{11} + \dots + \frac{I_{1,11,c}}{11} \right) + \frac{1}{9} \left(\frac{I_{2,1,c}}{16} + \frac{I_{2,2,c}}{16} + \dots + \frac{I_{2,16,c}}{16} \right) \\
& + \frac{1}{9} \left(\frac{I_{3,1,c}}{7} + \frac{I_{3,2,c}}{7} + \dots + \frac{I_{3,7,c}}{7} \right) + \frac{1}{9} \left(\frac{I_{4,1,c}}{7} + \frac{I_{4,2,c}}{7} + \dots + \frac{I_{4,7,c}}{7} \right) \\
& + \frac{1}{9} \left(\frac{I_{5,1,c}}{8} + \frac{I_{5,2,c}}{8} + \dots + \frac{I_{5,8,c}}{8} \right) + \frac{1}{9} \left(\frac{I_{6,1,c}}{7} + \frac{I_{6,2,c}}{7} + \dots + \frac{I_{6,7,c}}{7} \right) \\
& + \frac{1}{9} \left(\frac{I_{7,1,c}}{3} + \frac{I_{7,2,c}}{3} + \frac{I_{7,3,c}}{3} \right) + \frac{1}{9} \left(\frac{I_{8,1,c}}{4} + \frac{I_{8,2,c}}{4} + \frac{I_{8,3,c}}{4} + \frac{I_{8,4,c}}{4} \right) \\
& + \frac{1}{9} \left(\frac{I_{9,1,c}}{5} + \frac{I_{9,2,c}}{5} + \dots + \frac{I_{9,5,c}}{5} \right)
\end{aligned}$$

Para detalles sobre los indicadores de cada dimensión, ver la Tabla 6.11, la Tabla 6.12 y la Figura 6.3.

Los principales resultados brindados por el IC se presentan a continuación. La información recopilada incluyó algunos datos descriptivos sobre las personas encuestadas: la facultad donde estudian, la edad y el sexo. Se utilizó la siguiente nomenclatura para identificar a las diferentes facultades:

| | |
|------|---|
| FBA | Facultad de Bellas Artes |
| FCA | Facultad de Contabilidad y Administración |
| FCN | Facultad de Ciencias Naturales |
| FCPS | Facultad de Ciencias Políticas y Sociales |
| FDE | Facultad de Derecho |
| FEN | Facultad de Enfermería |
| FFIL | Facultad de Filosofía |
| FIF | Facultad de Informática |
| FING | Facultad de Ingeniería |
| FLL | Facultad de Lenguas y Letras |
| FMED | Facultad de Medicina |
| FPSI | Facultad de Psicología |

También se han considerado rangos de edad para algunos informes, categorizando los rangos de 19 a 22 años, de 23 a 27 años, de 28 a 34 años y de 35 en adelante (hasta los 43 años).

Debido a que el escenario elegido utiliza la normalización z-score, el resultado del IC para cada una de las observaciones puede ser positivo o negativo (ya que es la cantidad de desviaciones estándar hacia arriba o hacia debajo de la media), pero la media de todas las observaciones es cero y la desviación estándar, la unidad. Por ello, es posible realizar comparaciones de los promedios de los resultados a partir de criterios que no requieran de la totalidad de las observaciones. Cuando se necesite obtener el promedio de todas las observaciones, sin importar qué indicadores o dimensiones participen, siempre será cero, lo que imposibilita la obtención del resultado buscado.

Para solventar este problema, se realizó una transformación Box Cox, que justamente se utiliza cuando hay dificultades en el tratamiento de los promedios (principalmente cuando se tienen distribuciones no normales y estas se requieren para realizar cálculos). Un requerimiento para llevar a cabo la transformación Box Cox es que los datos sean positivos, por lo tanto, el primer paso fue *recorrer* la distribución al cuadrante de los números positivos, al sumar una cantidad a todos los valores que permitiera eliminar los negativos. Para ello, se buscó el valor más pequeño en los resultados normalizados, el cual fue -1.33677946. Para que este valor fuera positivo, se sumó una cantidad positiva mayor, y se decidió que fuera 1.4, es decir, redondear el número a un decimal.

Ya con los datos positivos, se realizó la transformación Box Cox, obteniendo nuevos valores, de los cuales es posible obtener el promedio de la totalidad de las observaciones sin ningún inconveniente. Se verificó que las posiciones que ocupaban las observaciones antes de la transformación fueran las mismas que ocuparan después de ella. Los datos transformados se pueden ver en

el archivo en línea <https://drive.google.com/file/d/1xa3lfEzYkM9IHrRJRjYbSCe1z3yu0ZseZ/view?usp=sharing>.

Debido a lo anterior, los resultados estadísticos mostrados a continuación se han dividido en aquellos obtenidos con los datos anteriores a la transformación (a los que se llamará *Resultados escenario*), que contiene negativos, y en aquellos en los que se utilizaron los datos transformados (*Resultados transformados*), que son solamente datos positivos. Las gráficas presentadas se realizaron con el software Power BI de Microsoft.

6.12.1. Resultados escenario

A continuación se muestran los resultados estadísticos en los que no fue necesario realizar una transformación de datos. Los valores utilizados están normalizados con z-score, a partir de la escala de Likert de 5 opciones. El valor máximo normalizado resultante fue 1.5900 y el menor fue -1.3368, por lo que los resultados se encontrarán en este rango.

Resultados por Facultad

La facultad con percepciones más altas es la de Informática y la que tuvo percepciones más bajas es la de Filosofía. La Figura 6.16 muestra los valores promedio que obtuvieron las y los estudiantes de cada facultad de la universidad.

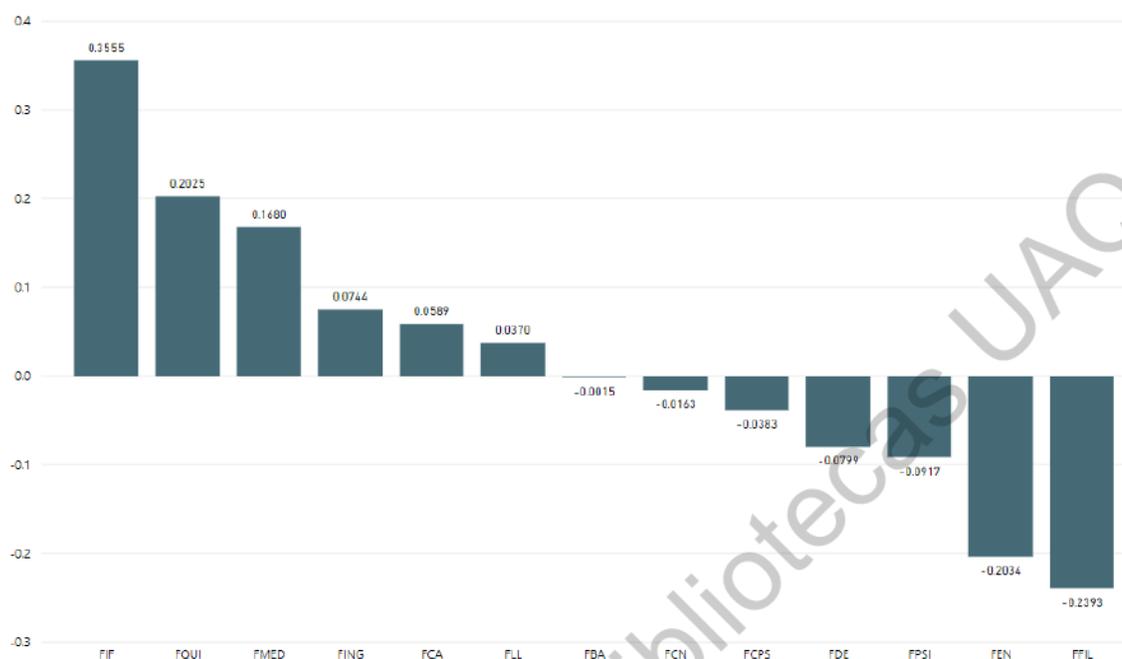
Figura 6.16. Resultados del indicador compuesto por facultad

| Facultad | Promedio de Resultado del IC |
|----------|------------------------------|
| FIF | 0.3555 |
| FQUI | 0.2025 |
| FMED | 0.1680 |
| FING | 0.0744 |
| FCA | 0.0589 |
| FLL | 0.0370 |
| FBA | -0.0015 |
| FCN | -0.0163 |
| FCPS | -0.0383 |
| FDE | -0.0799 |
| FPSI | -0.0917 |
| FEN | -0.2034 |
| FFIL | -0.2393 |

Fuente: elaboración propia

En la Figura 6.17 se pueden observar los mismos datos, pero en forma de gráfica de barras.

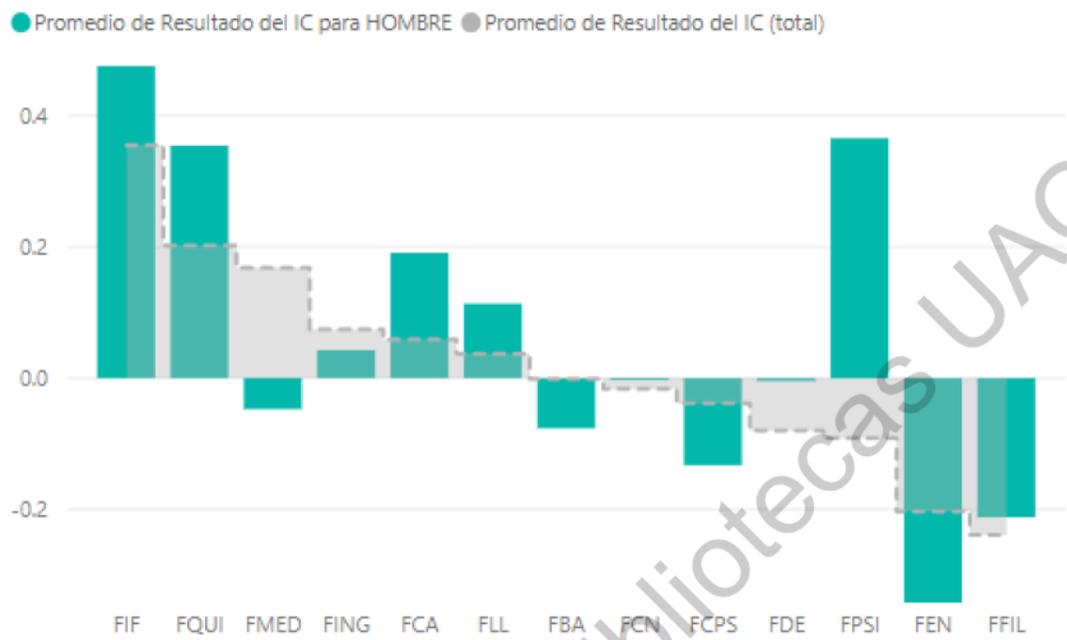
Figura 6.17. Resultados del indicador compuesto por facultad en gráfica de barras



Fuente: elaboración propia

El criterio que afecta más la distribución de los resultados por facultad es el sexo. La Figura 6.18 indica que los hombres de las facultades de medicina, derecho, psicología y enfermería son los que indicaron mayor contraste con los resultados promedio.

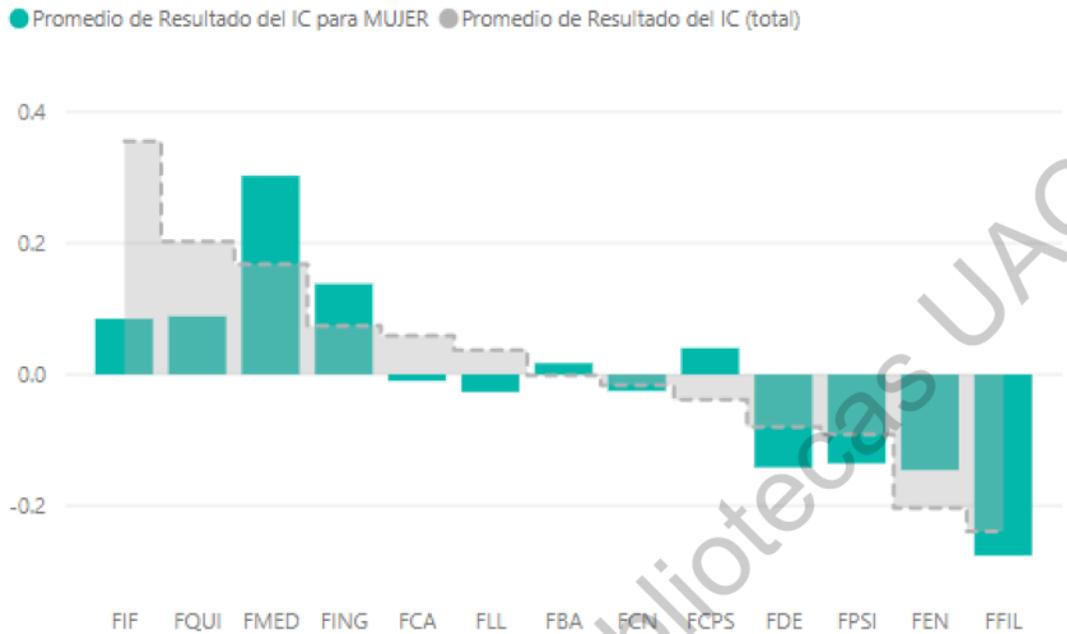
Figura 6.18. Impacto de los hombres sobre los resultados por facultad



Fuente: elaboración propia

La Figura 6.19 indica que las mujeres de las facultades de Informática, Química y Contabilidad y son las que indicaron mayor contraste con los resultados promedio.

Figura 6.19. Impacto de las mujeres sobre los resultados por facultad

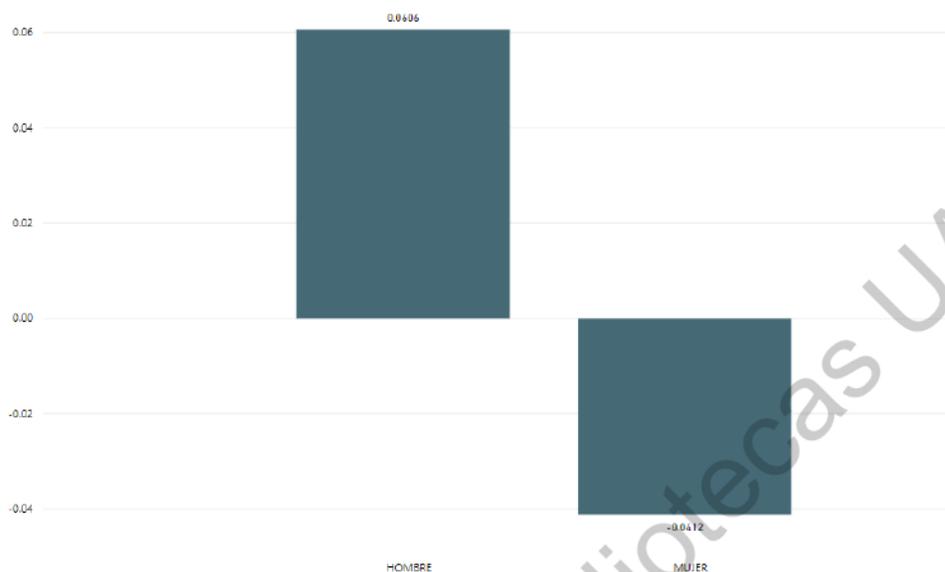


Fuente: elaboración propia

Resultados por Sexo

En cuanto al sexo, los hombres se perciben con mejores habilidades en sus habilidades digitales del siglo XXI que las mujeres (Figura 6.20)

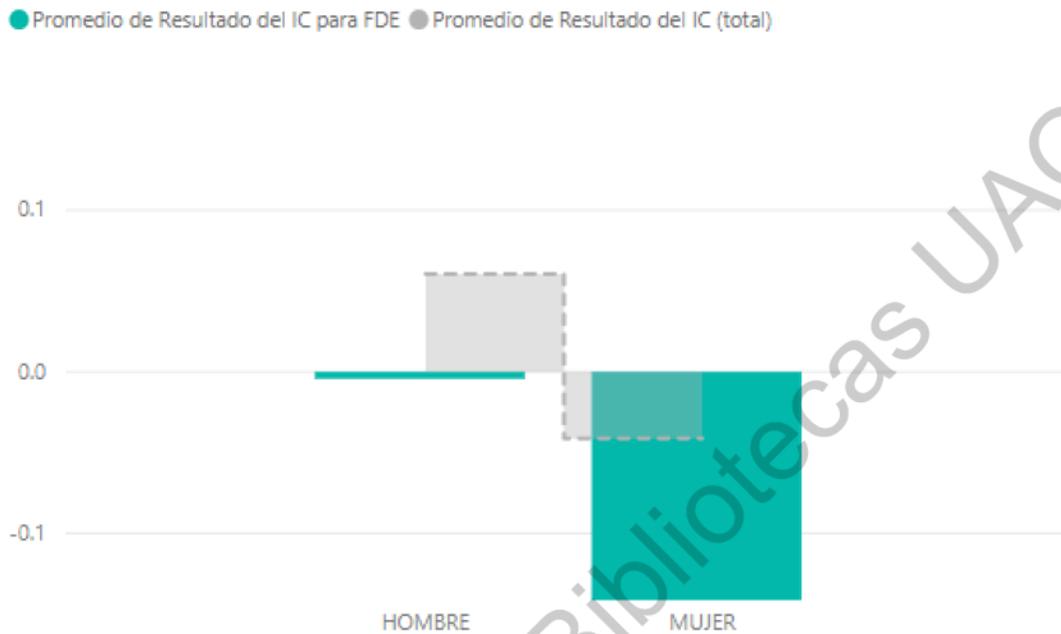
Figura 6.20. Resultados por sexo



Fuente: elaboración propia

Las facultades con mayores contrastes con respecto a los resultados obtenidos por el IC son las de Derecho, Contabilidad y Administración e Ingeniería. Es la Facultad de Derecho en donde tanto hombres como mujeres perciben muy diferentes sus habilidades del siglo XXI con respecto a las otras facultades. Ambos sexos están muy por debajo del promedio general, como se presenta en la Figura 6.21.

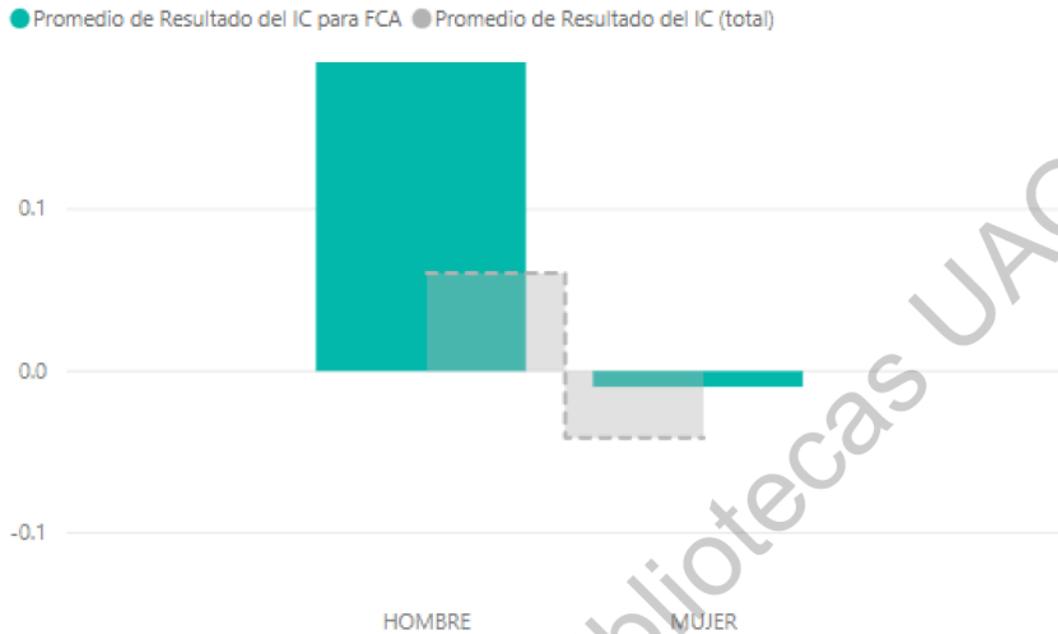
Figura 6.21. Contraste de los resultados por sexo con los resultados globales del indicador compuesto, en la Facultad de Derecho



Fuente: elaboración propia

En la Facultad de Contabilidad y Administración, los hombres se perciben mucho mejor que el promedio de toda la universidad y las mujeres también se perciben mejor, aunque no tanto como los hombres (Figura 6.22).

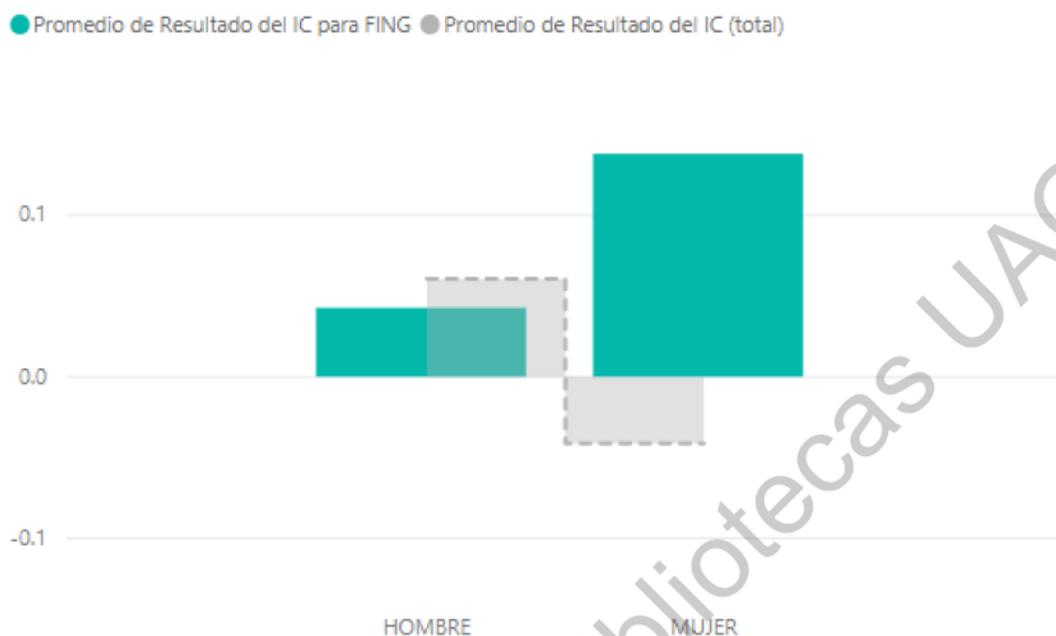
Figura 6.22. Contraste de los resultados por sexo con los resultados globales del indicador compuesto, en la Facultad de Contabilidad y Administración



Fuente: elaboración propia

En la Facultad de Ingeniería, la percepción de los hombres es menor que el promedio, pero las mujeres tienen percepciones mucho más altas que el promedio (Figura 6.23).

Figura 6.23. Contraste de los resultados por sexo con los resultados globales del indicador compuesto, en la Facultad de Contabilidad y Administración



Fuente: elaboración propia

Resultados por Edad

Se formaron cuatro grupos basados en la edad de las y los estudiantes encuestados. La mayor cantidad de ellos tenía entre 19 y 22 años, y solamente 2 estudiantes entre 34 y 43 años (específicamente uno de 35 y otro de 43). Justamente estos dos estudiantes son los que resultaron con las percepciones más bajas, y el grupo entre los 28 y 32 años, es el que tiene una percepción más alta. El grupo más joven tiene una percepción dominante promedio y el que incluye a estudiantes de entre 23 y 27 años está un poco por abajo (Figura 6.24).

Figura 6.24. Resultados por edad

| Edad (grupos) 2 | Promedio de Resultado del IC | Recuento de Edad (ubicaciones) |
|-----------------|------------------------------|--------------------------------|
| 19-22 | 0.0003 | 209 |
| 23-27 | -0.0092 | 133 |
| 28-32 | 0.1300 | 12 |
| 34-43 | -0.2022 | 2 |

Fuente: elaboración propia

Resultados por Sexo por Facultad

En la Figura 6.25 se muestran los resultados por sexo en cada facultad. Los mayores contrastes entre sexos se observa en las facultades de Medicina y de Psicología.

Figura 6.25. Resultados por Sexo por Facultad

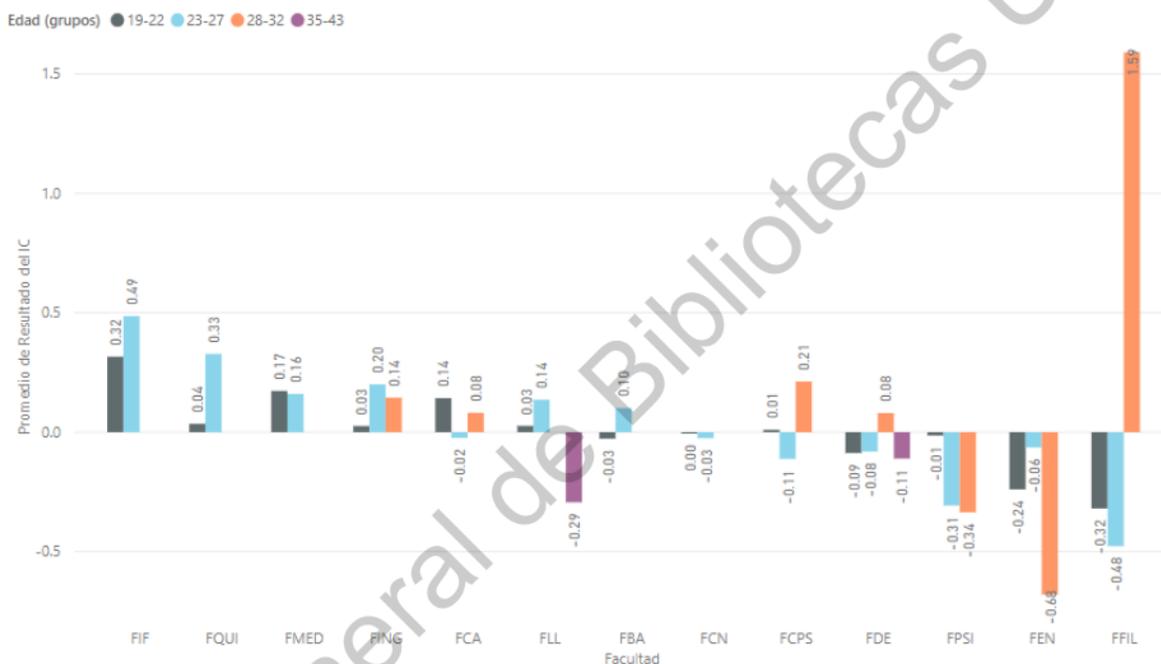


Fuente: elaboración propia

Resultados por Edad por Facultad

En la Figura 6.26 se muestran los resultados por edad en cada facultad. Los resultados son similares entre los rangos de edades en la mayoría de las facultades, excepto Lenguas y Letras, Enfermería y Filosofía.

Figura 6.26. Resultados por Edad por Facultad



Fuente: elaboración propia

6.12.2. Resultados transformados

A continuación se presentan los informes de los resultados sobre los que se realizaron cálculos de promedio sobre la totalidad de las observaciones. Como se explicó anteriormente, debido al tipo de normalización del escenario elegido, el promedio de la totalidad de las observaciones es cero, por lo que se hizo la transformación de los datos mediante el método Box Cox.

Resultados por Dimensión

La dimensión con promedio más alto es la *Proyectos académicos*, dejando con muy baja puntuación al *Uso de TIC por alumnado* y a la *Creatividad técnica*. Los resultados por dimensión se presentan en la Figura 6.27.

Figura 6.27. Resultados por Dimensión

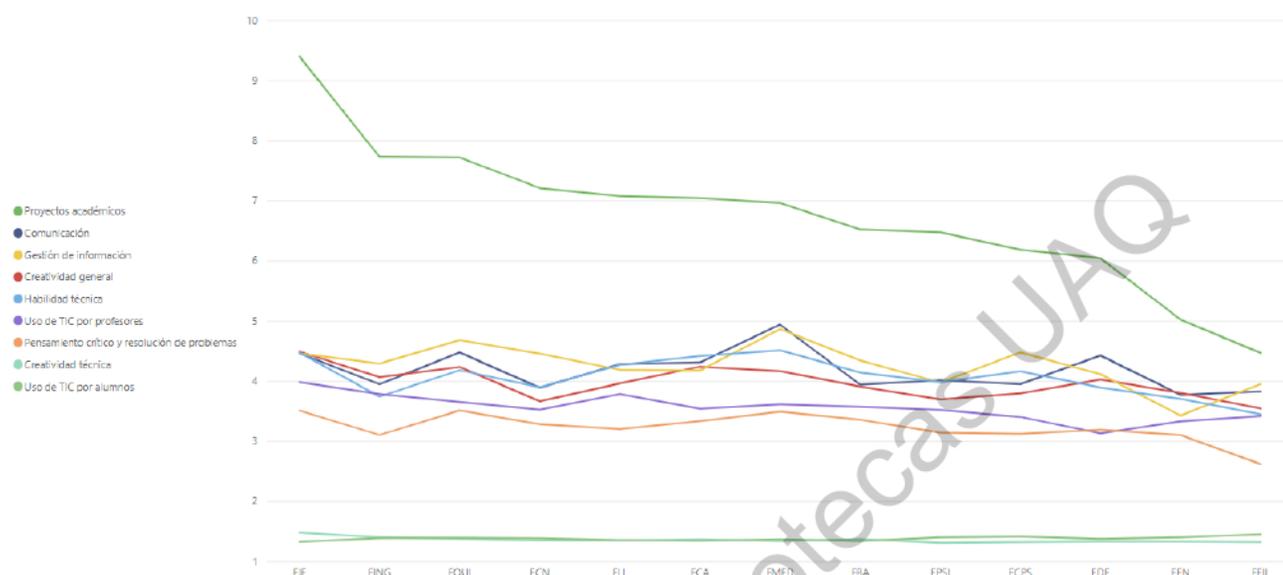


Fuente: elaboración propia

Resultados por Dimensión por Facultad

A continuación (Figura 6.28) se muestran los resultados obtenidos por facultad en cada una de las dimensiones del estudio. La dimensión de *Proyectos académicos* sobresale ampliamente del resto, excepto en la Facultad de Filosofía, en donde la diferencia no es tan grande. De manera consistente en todas las facultades, el *Uso de TIC por alumnado* y la *Creatividad técnica* están muy por debajo en la percepción del estudiantado.

Figura 6.28. Resultados por Dimensión por Facultad



Fuente: elaboración propia

Los promedios obtenidos en cada dimensión por facultad se presentan en la Figura 6.29.

Figura 6.29. Resultados por Dimensión por Facultad

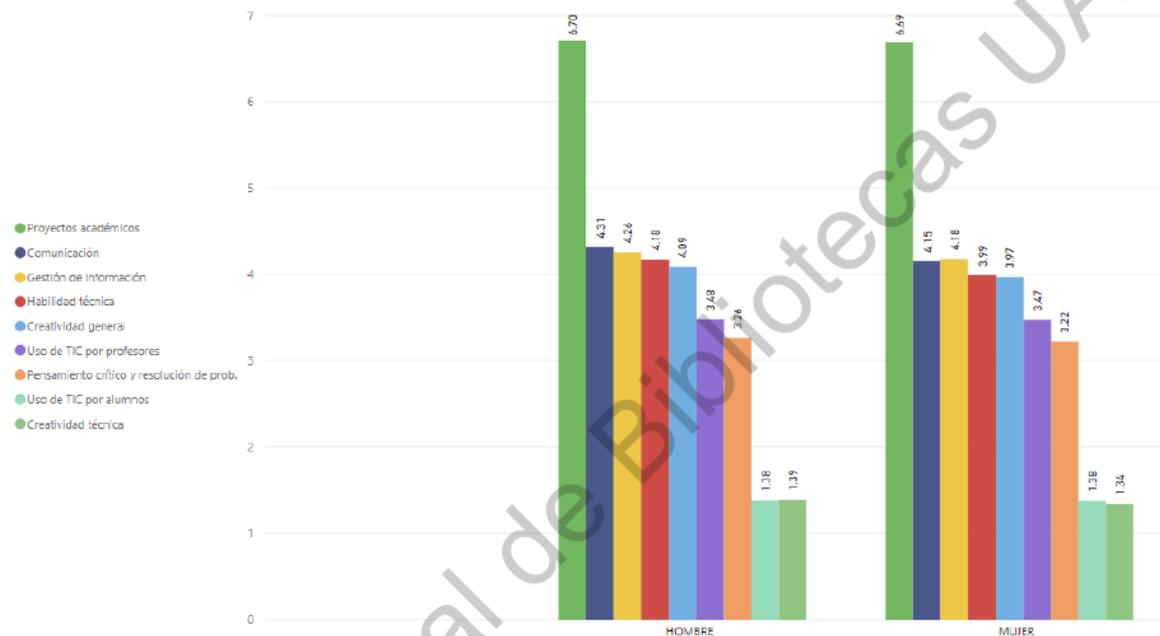
| Facultad | Proyectos académicos | Comunicación | Gestión de información | Creatividad general | Habilidad técnica | Uso de TIC por profesores | Pensamiento crítico y resolución de problemas | Creatividad técnica | Uso de TIC por alumnos |
|--------------|----------------------|--------------|------------------------|---------------------|-------------------|---------------------------|---|---------------------|------------------------|
| FIF | 9.40 | 4.47 | 4.46 | 4.49 | 4.48 | 3.89 | 3.51 | 1.46 | 1.33 |
| FING | 7.73 | 3.95 | 4.29 | 4.07 | 3.75 | 3.79 | 3.11 | 1.40 | 1.39 |
| FQUI | 7.72 | 4.48 | 4.58 | 4.24 | 4.18 | 3.66 | 3.52 | 1.39 | 1.40 |
| FCN | 7.21 | 3.89 | 4.46 | 3.67 | 3.90 | 3.53 | 3.29 | 1.55 | 1.39 |
| FLL | 7.08 | 4.29 | 4.19 | 3.96 | 4.28 | 3.79 | 3.20 | 1.55 | 1.36 |
| FCA | 7.05 | 4.31 | 4.18 | 4.24 | 4.42 | 3.54 | 3.34 | 1.37 | 1.35 |
| FMED | 6.96 | 4.94 | 4.57 | 4.17 | 4.52 | 3.61 | 3.50 | 1.35 | 1.37 |
| FBA | 6.52 | 3.94 | 4.35 | 3.91 | 4.14 | 3.57 | 3.36 | 1.36 | 1.35 |
| FPSI | 6.46 | 4.02 | 3.98 | 3.70 | 3.98 | 3.52 | 3.15 | 1.32 | 1.41 |
| FCPS | 6.19 | 3.95 | 4.48 | 3.80 | 4.17 | 3.41 | 3.13 | 1.33 | 1.42 |
| FDE | 6.05 | 4.43 | 4.12 | 4.03 | 3.90 | 3.13 | 3.20 | 1.34 | 1.38 |
| FEN | 5.02 | 3.78 | 3.43 | 3.81 | 3.71 | 3.33 | 3.11 | 1.34 | 1.41 |
| FFIL | 4.47 | 3.83 | 3.96 | 3.55 | 3.45 | 3.42 | 2.62 | 1.33 | 1.45 |
| Total | 6.09 | 4.22 | 4.21 | 4.02 | 4.06 | 3.47 | 3.24 | 1.36 | 1.38 |

Fuente: elaboración propia

Resultados por Dimensión por Sexo

En la figura Figura 6.30 se muestran los resultados obtenidos por sexo en cada una de las facultades de la Universidad. La distribución de los promedios por dimensión es similar entre hombres y mujeres.

Figura 6.30. Resultados por Dimensión por Sexo

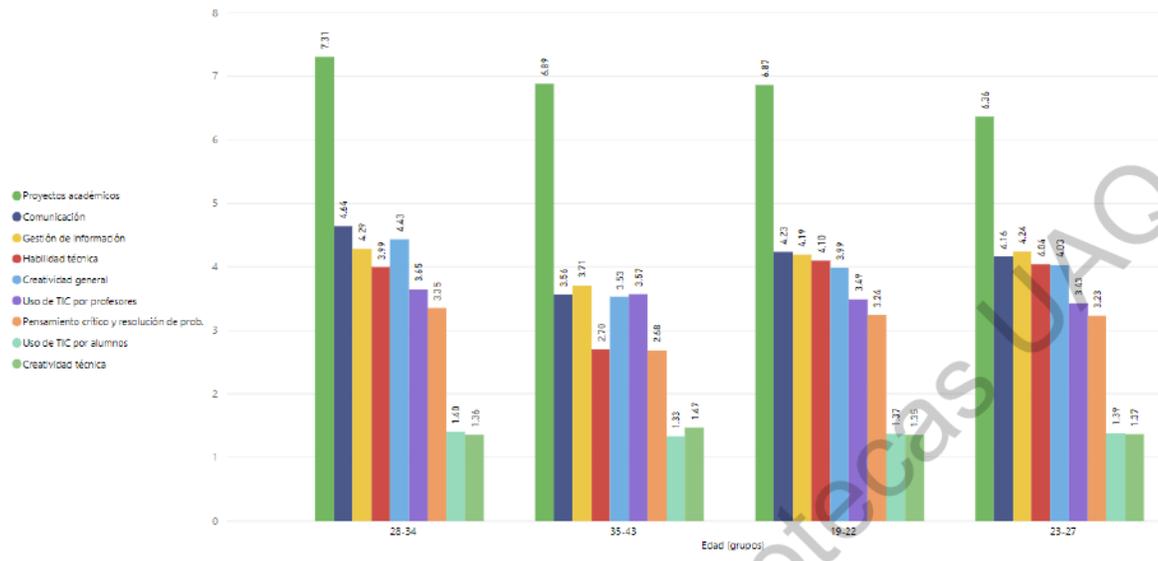


Fuente: elaboración propia

Resultados por Dimensión por Edad

En la Figura 6.31 se presentan los resultados obtenidos por rangos de edad en cada una de las facultades de la Universidad. La distribución muestra resultados similares en las dimensiones, independientemente del rango de edad. En el rango de los 35 a los 43 años (compuesto por solo dos estudiantes) se observan resultados un poco menores en las dimensiones *centrales*, excepto en la dimensión de *Comunicación*.

Figura 6.31. Resultados por Dimensión por Edad



Fuente: elaboración propia

Dirección General de Bibliotecas UAQ

7. CONCLUSIONES

La forma de trabajar y producir ha cambiado a lo largo del tiempo, y las TIC han jugado un papel determinante en ello desde varios lustros atrás. Asimismo, la necesidad de contar con trabajadores que generen conocimiento y que cuenten con habilidades del siglo XXI impera hoy. Las TIC han facilitado que las personas cuenten con tales habilidades, pero, adicionalmente, en un contexto digital. Es por ello que el concepto de habilidades digitales del siglo XXI ha surgido como la fusión entre las habilidades del siglo XXI y la presencia implícita de las TIC en ellas.

La investigación en cuanto a las habilidades digitales del siglo XXI representa un avance en la frontera del conocimiento. La figura de las instituciones de educación superior es el contexto en donde esta investigación ha obtenido información sobre su adquisición y desarrollo. En este trabajo se construyó un indicador compuesto para medir la percepción de estudiantes de nivel superior con relación a sus habilidades digitales del siglo XXI y al uso de las TIC en el contexto institucional. Se siguió la metodología para la construcción de indicadores compuestos de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, que consta de diez etapas: definición de un marco teórico, selección de indicadores, imputación de datos faltantes, análisis multivariante, normalización, agregación y ponderación, análisis de sensibilidad e incertidumbre, regreso a los datos, enlace a otros indicadores, y visualización de resultados.

En la definición de un marco teórico se tomó como base la investigación en la que se generó el concepto de habilidades digitales del siglo XXI, y fue complementada con constructos que resultaron de un estudio cualitativo basado en entrevistas semiestructuradas realizadas a directivos de la Universidad Autónoma de Querétaro. Entre los hallazgos que surgieron a partir de este estudio, se identificó que en la planeación de la UAQ se considera a las habilidades del siglo XXI en los alumnos, pero no a las habilidades digitales del siglo XXI; de forma general, excepto en la Facultad de Informática, las TIC aún

son vistas como herramientas de apoyo en un sistema tradicional de enseñanza-aprendizaje; el uso más próximo a las habilidades digitales es la educación a distancia, que es utilizada para impartir algunas carreras y asignaturas en la Universidad; y el desarrollo de proyectos se visualiza como un medio importante para acercar a los alumnos a las habilidades del siglo XXI y habilidades digitales del siglo XXI. Es evidente que hay conciencia de los beneficios del uso de las TIC en la UAQ para el desarrollo de habilidades del siglo XXI en los estudiantes, pero no hay acciones que, concretamente, se vinculen con ello.

La selección de los indicadores, segunda etapa del proceso de construcción, se realizó a través del diseño de un instrumento de medición (una encuesta de percepción), a la que se otorgó validez de contenido y validez de constructo. Esta última se logró a través de un análisis de componentes principales, el cual forma parte también de la etapa cuatro del proceso de construcción.

A partir del ACP se observó que los factores identificados son muy similares a los constructos que presenta el marco teórico que se tomó como base para generar el instrumento que recogió los datos. De hecho, el único factor que se generó fue el de *Creatividad técnica* y el único no resultante del ACP fue el correspondiente al constructo de *Colaboración con TIC*, de acuerdo al marco teórico. Los factores (dimensiones) identificados en el ACP fueron: *Comunicación*, *Creatividad general*, *Creatividad técnica*, *Gestión de información*, *Habilidad técnica*, *Pensamiento crítico y resolución de problemas*, *Proyectos académicos*, *Uso de TIC por profesorado* y *Uso de TIC por alumnado*.

El factor que explica la mayor cantidad de la varianza (28.62%) es el de *Comunicación*. Los porcentajes de varianza que explican los otros los factores son muy cercanos entre ellos. Los conceptos de pensamiento crítico y resolución de problemas se fusionaron en uno solo, confirmando que entre ellos existe una relación semántica muy fuerte, que ya se ha expresado en la investigación, por ejemplo, en un estudio del Bank World Institute se indica que se debe estimular el pensamiento crítico inherente a la resolución de problemas (WBI Development

Studies, 2007), Fullan y Langworthy las unen como una sola habilidad para el aprendizaje profundo (2013), el Foro Económico Mundial define al pensamiento crítico como “la capacidad de identificar, analizar y evaluar situaciones, ideas e información con el fin de resolver problemas” (World Economic Forum, 2015, p. 3), Vásquez y Findikoglu (2011) las definen a ambas como competencias cognitivas, junto con la lectura, escritura y aritmética, entre otros casos. El porcentaje de varianza que explica este factor, llamado *Pensamiento crítico y resolución de problemas*, es del 6.174%.

Un hallazgo interesante es la percepción del estudiantado sobre el constructo de colaboración con TIC, pues el ACP agrupó a los indicadores relativos a ella junto con los de habilidad técnica. Probablemente, el estudiantado concibió a la colaboración como la capacidad que se posee en el uso de las TIC en tareas que implican trabajar con otros, en lugar de contemplarla como una habilidad propiamente definida. Y, justamente, la *Habilidad técnica* es el siguiente en la lista de componentes principales, explicando el 5.088% de la varianza. Los otros seis factores resultantes del ACP explican en conjunto el 16.48% de la varianza total, desde el 3.82% explicado por el *Uso de TIC por profesorado* hasta el 1.93% explicado por el *Uso de TIC por alumnado*. Los factores ubicados entre ellos son *Gestión de información*, *Creatividad general*, *Creatividad técnica* y *Proyectos académicos*.

Otro hallazgo es la identificación de dos factores relativos a la creatividad: la *Creatividad en general* y la *Creatividad en actividades técnicas*. Un alto porcentaje de estudios sobre creatividad la miden en algún contexto específico, como en el aula de clases (Souza et al., 2018; Stana, 2017), en la ingeniería de software (Mohanani, Ram, Lasisi, Ralph, & Turhan, 2017), en el diseño colaborativo (Landoni & Diaz, 2015), e, incluso, meta-análisis de creatividad en la educación en tecnología e ingeniería (Yasin & Yunus, 2014). Sin embargo, en esta investigación, la creatividad auxiliada por las TIC delineó muy claramente la separación entre un factor que define a la creatividad en actividades técnicas en

las que las TIC toman un rol primario (creatividad técnica), y otro en el que las TIC son apoyo para el desarrollo creativo (creatividad en general).

Con relación a los datos faltantes, estos representaron menos del 1% del total, por lo que la técnica de imputación de sustitución simple por la media fue la que se utilizó, pues es el método recomendado en estos casos.

El hecho de ser el primer intento de medición de las habilidades digitales del siglo XXI fue la causa de que en la etapa de ponderación se asignaran pesos iguales, tanto a los indicadores dentro de cada dimensión como a las dimensiones que integran al indicador compuesto. Algunos indicadores que utilizan la ponderación equitativa a sus indicadores simples son *Environmental Sustainability Index* (World Economic Forum, Yale University, & Columbia University, 2001) y el *Summary Innovation Index* (European Commission, 2017). Se propone la posterior replicación del estudio para, en conjunto con los resultados obtenidos en este análisis, se decida la conveniencia de utilizar una técnica para elegir y aplicar una asignación de pesos diferente.

A partir del análisis de sensibilidad e incertidumbre se eligieron los métodos de normalización y agregación del indicador compuesto. La normalización elegida fue z-score y el método de agregación fue el lineal. Esta combinación conformó el escenario en el que una hipotética variación a los pesos asignados a las dimensiones produciría el cambio más pequeño, con relación a las otras combinaciones o escenarios. Los métodos utilizados en el análisis de sensibilidad e incertidumbre y las decisiones tomadas con base en los resultados obtenidos, permiten concluir que se ha construido un indicador compuesto sólido, capaz de soportar variaciones futuras en las interpretaciones sobre las dimensiones definidas en el mismo.

Los resultados del indicador compuesto generado permiten confirmar la hipótesis H planteada al inicio del trabajo: *bajo su percepción, los estudiantes de nivel superior poseen un nivel aceptable (medio) de habilidades digitales del siglo XXI*. Dentro de la escala Likert de 5 opciones utilizada, y obteniendo el promedio general de los datos obtenidos, el resultado general de percepción es de 3.5, por

lo que su percepción se ubica entre la escala *Media* y *Alta*. El escenario que dio lugar a la mejor configuración de métodos de normalización y agregación incluye a la normalización z-score y al método de agregación lineal. La normalización z-score produce una media igual a cero, lo cual obligó a realizar una transformación BoxCox para obtener datos estadísticos comparativos finales, sin embargo, la transformación tiende a generar una distribución normal, por lo que el promedio puede dar un resultado no correspondiente con los valores reales, que pueden tender hacia uno de los extremos.

Por otro lado, los resultados estadísticos indican que es en la Facultad de Informática en la que el estudiantado se percibe con mejores habilidades digitales y tiene una alta percepción respecto al uso de las TIC en la institución. Esto es congruente con el hecho de que las TIC no solo son una herramienta en las carreras que se cursan en la facultad, sino que son el medio de trabajo. También, de forma lógica, las facultades con registros más bajos son las que utilizan menos a las TIC en su preparación profesional, como Filosofía, Enfermería, Psicología, Derecho y Ciencias Políticas y Sociales. Reflexionar hasta qué punto la participación de estas áreas impacta en la transición a una economía del conocimiento merece la posibilidad de investigación.

Los resultados sugieren que la segunda brecha digital sigue vigente, pues los hombres tienen una percepción más alta que las mujeres en las habilidades digitales del siglo XXI. Trabajar en disminuirla y eliminarla es una tarea que merece la atención de las instituciones de educación superior.

El rango de edad en el que el estudiantado tiene más presencia (de los 19 a los 22 años) no registró una alta percepción, y más abajo aún se encuentran estudiantes de entre 23 y 27 años. Entre los 28 y 32 años se presenta una percepción mejor valorada, cuando parece que existe mayor madurez con respecto a las metas profesionales y al apoyo de las TIC en su vida diaria y laboral.

Los *Proyectos académicos* fueron la dimensión con mejor percepción registrada. Esto es consistente con la información obtenida durante el estudio

cualitativo de la primera etapa. Esto es, los directivos ven a los proyectos como el principal detonante del desarrollo de habilidades digitales del siglo XXI y el estudiantado como el contexto en el que se pueden obtener beneficios del uso de las TIC, y, por ende, en el que pueden desarrollar dichas habilidades.

También puede notarse buena autopercepción en la comunicación, la gestión de información, la habilidad técnica y la creatividad general. Esto indica que la percepción del estudiantado se inclina hacia sus propias habilidades en el uso de las TIC, y su capacidad natural de comunicarse mediante ellas, lo cual puede explicar que se sientan con alta capacidad en el desarrollo de proyectos académicos que implican la gestión de información digital.

Los factores con menores valores respecto a la percepción del estudiantado son los de creatividad técnica (en la que se perciben menos capaces), y el uso de TIC en el ambiente escolar, ya sea por parte del profesorado como por parte del alumnado. En cuanto a la creatividad, puede explicarse por la actual tendencia a tener las soluciones a la mano, lo cual ha etiquetado a la creatividad como una característica que solamente poseen unos cuantos, unos privilegiados que cuelgan sus soluciones y hallazgos en la red, y el resto se convierte en una comunidad pasiva consumista, y, a su vez, replicadora; es preocupante que estudiantes de nivel superior se perciban a sí mismos con baja habilidad creativa con TIC. Respecto al uso de las TIC por parte del profesorado, la percepción es que parece que las TIC no tienen gran impacto en la actividad cotidiana del profesorado en el proceso enseñanza-aprendizaje. Y en cuanto al uso de TIC por el propio alumnado, la percepción es incluso menor en ese sentido.

Lo anterior presenta un escenario en el que las y los estudiantes se perciben autosuficientes y capaces de obtener soluciones, pero sin necesidad de establecer un vínculo con el uso de las TIC en las instituciones de educación. Esto pudiera corresponder al concepto de que los *millennials* tienen poca fe en las organizaciones y poseen una alta autonomía (Alvarez, Najarro, & Paredes, 2017; Pardue & Morgan, 2008), por lo que las habilidades digitales del siglo XXI pueden ser desarrolladas a través del autoaprendizaje externo gracias a las capacidades

naturales que tienen en el uso de las TIC y que han adquirido con el cotidiano uso de dispositivos electrónicos, pues sus expectativas sobre las instituciones de educación pueden no corresponder a lo que estas les ofrecen (Oblinger, 2003). Esto cobra mayor relevancia si se considera que los datos fueron obtenidos de estudiantes matriculados en una institución de educación superior.

El indicador compuesto producto de este trabajo brindará información útil a los directivos de la UAQ, valorando el impacto de las TIC en las habilidades digitales de sus alumnos. Se buscará aplicarlo a otras instituciones de educación superior de la ciudad y del estado, con el objeto de generar un ranking que permita ubicar a cada una de ellas con respecto a las demás, para identificar sus fortalezas y debilidades, y dar la pauta para iniciar un trabajo colaborativo a nivel interinstitucional. Por el momento, y de acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo, es posible recomendar a las autoridades de la UAQ que, para apoyar al desarrollo de habilidades digitales del siglo XXI en los estudiantes de las diversas carreras que oferta, contemple de forma sistemática en el diseño curricular a la realización de proyectos académicos, y que continúe incentivando a su personal docente a capacitarse en el uso de las TIC, con el objeto de que sean utilizadas de forma conjunta con el estudiantado, para lograr el máximo aprovechamiento de las mismas.

Adicionalmente, será interesante generar un procedimiento de comparación entre este indicador compuesto y los instrumentos de medición de habilidades digitales del siglo XXI que han surgido y que surgirán en el futuro, con el objeto de mejorarlo.

8. REFERENCIAS

- Adedokun-Shittu, N. A., & Shittu, A. J. K. (2011). Critical Issues in Evaluating Education Technology. In M. S. Al-Mutairi & L. A. Mohammed (Eds.), *Cases on ICT Utilization, Practice and Solutions: Tools for Managing Day-to-Day Issues* (pp. 47–58). Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Nafisat_Adedokun-Shittu/publication/259499904_Critical_Issues_in_Evaluating_Education_Technology/links/00b7d52c4f6d47ef81000000/Critical-Issues-in-Evaluating-Education-Technology.pdf
- Adedokun-Shittu, N. A., & Shittu, A. J. K. (2013). ICT Impact Assessment Model: An Extension of the CIPP and Kirkpatrick Models. *International HETL Review*, 3(12). Retrieved from <https://www.hetl.org/ict-impact-assessment-model-an-extension-of-the-cipp-and-kirkpatrick-models/>
- Adedokun-Shittu, N. A., & Shittu, A. J. K. (2015). Assessing the impacts of ICT deployment in teaching and learning in higher education: Using ICT impact assessment model. *Journal of Applied Research in Higher Education*, 7(2), 180–193. <https://doi.org/10.1108/JARHE-02-2013-0012>
- Adedokun-Shittu, N. A., & Shittu, A. J. K. (2016). Managing and evaluating ICTs in higher education: A reassurance measure for sustainable investment. In *Fast Forwarding Higher Education Institutions for Global Challenges: Perspectives and Approaches*. https://doi.org/10.1007/978-981-287-603-4_4
- Alfaki, I. M. A. (2016). Assessment and Dynamic Modeling of the Size of Technology Transfer. *Knowledge Economy*, 7(2), 600–612. <https://doi.org/10.1007/s13132-014-0231-6>
- Alvarez, N. S., Najarro, M. M., & Paredes, F. A. (2017). *Competencias socioemocionales en la gestión de la empleabilidad de estudiantes universitarios: El estudio de caso de las carreras profesionales de gestión y alta dirección y de derecho de la Pontificia Universidad Católica del Perú en el 2017*. Retrieved from <https://bit.ly/2wuPo3b>

- Amor, M., Hernando-Gómez, Á., & Aguaded-Gómez, I. (2011). La integración de las TIC en los centros educativos: percepciones de los coordinadores y directores. *Estudios Pedagogicos*, 37(2).
- Anderson, J. (2010). *ICT Transforming Education: A Regional Guide*. Retrieved from <https://bit.ly/1dPldo9>
- Aretz, A. J., Bolen, M. T., & Devereux, K. E. (2014). *Critical Thinking Assessment of College Students*. (January 2015), 37–41. <https://doi.org/10.1080/10790195.1997.10850050>
- Arguelles, M., & Benavides, C. (2008). Conocimiento y crecimiento económico: una estrategia para los países en vías de desarrollo. *Revista de Economía Mundial*, (18), 65–77.
- Atkinson, R. D., & Nager, A. B. (2014). *2014 State New Economy Index*.
- Baller, S., Browne, C., Crotti, R., Di Battista, A., Drzeniek, M., Gómez, D., ... Verin, S. (2016). *The Global Competitiveness Report 2016-2017*. Retrieved from <https://bit.ly/2d8uv4W>
- Bas, M. del C. (2014). *Estrategias metodológicas para la construcción de indicadores compuestos en la gestión universitaria*. Universitat Politècnica de València.
- Bedford, D., Carlson, P., Wagner, C., & Ramanathan, J. (2015). *Architecture and Design of a Knowledge Index for Cities*. (3), 16–25. Retrieved from <https://search.proquest.com/openview/5b6e1c1dc679365d844ce62888d7b201/1.pdf?pq-origsite=gscholar&cbl=1796416>
- Beltrán del Rio, G. N., Spector, J. M., & Evangelopoulos, N. (2016). An analysis of educational technology publications from January 1995 to December 2014. *Proceedings - IEEE 16th International Conference on Advanced Learning Technologies, ICALT 2016*, 227–229. <https://doi.org/10.1109/ICALT.2016.14>
- Bøe, T., Gulbrandsen, B., & Sørrebø, Ø. (2015). How to stimulate the continued use of ICT in higher education: Integrating Information Systems Continuance Theory and agency theory. *Computers in Human Behavior*, 50, 375–384. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.03.084>

- Brinkley, I. (2006). Defining the knowledge economy. In *The Work Foundation*.
- Bronstein, L. R. (2002). Index of interdisciplinary collaboration. *Social Work Research, 26*(2), 113–123.
- Cabero, J. (2003). Replanteando la tecnología educativa. *Comunicar. Revista Científica de Comunicación y Educación, 23–30*.
- Camacho-Morles, J., Slep, G. R., Oades, L. G., Morrish, L., & Scoular, C. (2019). The role of achievement emotions in the collaborative problem-solving performance of adolescents. *Learning and Individual Differences, 70*(February), 169–181. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2019.02.005>
- Castro-Garcia, D., Olarte, F. A., & Corredor, J. (2016). Technology for communication and problem solving in the classroom. Effects on meaningful learning. *Digital Education Review, (30)*.
- Colás, M. P., & Buendía, L. (2012). *Investigación Educativa* (3a ed.). Sevilla, España: ALFAR.
- Conchado, A., Carot, J., & Bas, M. C. (2015). Competencies for knowledge management: development and validation of a scale. *Journal of Knowledge Management, 19*(4), 836–855. <https://doi.org/10.1108/JKM-10-2014-0447>
- Cooper, W. W., Seiford, L. M., & Zhu, J. (2011). *Handbook on Data Envelopment Analysis* (2nd ed.). <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6151-8>
- Creswell, J. W. (2007). Qualitative inquiry and research design: Choosing among five traditions. In *Qualitative Health Research* (2a ed., Vol. 9). Thousands Oaks, California: SAGE Publications.
- Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika, 16*3297–334.
- Croteau, A.-M., Venkatesh, V., Beaudry, A., & Rabah, J. (2015). The role of information and communication technologies in university students' learning experience: The instructors' perspective. *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences, 2015-March*. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2015.23>
- Cummings, L. ., & Bromiley, P. (1996). The Organizational Trust Inventory (OTI):

- Development and Validation. In R. M. Kramer & T. P. Cameron (Eds.), *Trust in Organizations*. Thousand Oaks, California: SAGE.
- Dahaner, M., Shoepf, K., Ater, A., & Bauld, J. (2018). Empowering Graduates for Knowledge. In F. Belqasmi, H. Harroud, M. Agueh, R. Dssouli, & F. Kamoun (Eds.), *Emerging Technologies for Developing Countries* (Vol. 206, pp. 220–225). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-67837-5>
- David, P., & Foray, D. (2002). Fundamentos económicos de la sociedad del conocimiento. *Revista de Comercio Exterior*, 52(6).
- Elster, J. (1990). *El cambio tecnológico: investigaciones sobre la racionalidad y la transformación social* (3a ed.). Barcelona: Gedisa.
- European Commission. (2017). *European Innovation Scoreboard. Methodology Report*. Retrieved from http://www.eurostat.eu/elementos/ele0014400/Methodology_Report_EIS_2017/inf0014422_c.pdf
- Flick, U. (2007). *Introducción a la investigación cualitativa* (2a ed.). Madrid: Morata.
- Floridi, M., Pagni, S., Falorni, S., & Luzzati, T. (2011). An exercise in composite indicators construction: Assessing the sustainability of Italian regions. *Ecological Economics*, 70(8), 1440–1447. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/227356033_An_exercise_in_composite_indicators_construction_Assessing_the_sustainability_of_Italian_regions
- Fu, J. S. (2013). ICT in Education: A Critical Literature Review and Its Implications. *International Journal of Education and Development Using Information and Communication Technology (IJEDICT)*, 9(1), 112–125.
- Fullan, M., & Langworthy, M. (2013). Towards a new end: New pedagogies for deep learning. In *Collaborative Impact*. Retrieved from Collaborative Impact website: <https://bit.ly/2cDgOY7>
- Given, L. M. (2008). *The SAGE Encyclopedia of qualitative research methods*. Thousand Oaks: SAGE Publications.
- Gobierno de México. (2014). Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2014-2018. In *Diario Oficial de la Federación*.

- González, J. C. (2008). TIC y la transformación de la práctica educativa en el contexto de las sociedades del conocimiento. *Revista de Universidad y Sociedad Del Conocimiento (RUSC)*, 5(2), 1–8.
- González, P. A. (2014). Innovación y economía del conocimiento. ¿Qué hay que aprender para México y cuál es el papel de las élites? *Revista Enfoques*, 12(20), 45–68.
- Hair, J. F., Anderson, R., Tatham, R., & Black, W. (2007). *Análisis Multivariante*. Madrid: Prentice Hall.
- Hepp, P., Hinostroza, E., Laval, E., & Rehbein, L. (2004). Technology in Schools: Education, ICT and the Knowledge Society. *World Bank Education Advisory Service*, (October), 94. Retrieved from <http://documents.worldbank.org/curated/en/546761468765300173/Technology-in-schools-education-ICT-and-the-knowledge-society>
- Hernández-Ramos, J. P., Martínez-Abad, F., García, F. J., Herrera, M. E., & Rodríguez-Conde, M. J. (2014). Teachers' attitude regarding the use of ICT. A factor reliability and validity study. *Computers in Human Behavior*, 31(1). <https://doi.org/10.1016/j.chb.2013.04.039>
- Hong, H.-Y., Lin, P.-Y., Chen, B., & Chen, N. (2019). Integrated STEM Learning in an Idea-centered Knowledge-building Environment. *Asia-Pacific Education Researcher*, 28(1), 63–76. <https://doi.org/10.1007/s40299-018-0409-y>
- Hsu, Y.-C., Hung, J.-L., & Ching, Y.-H. (2013). Trends of educational technology research: more than a decade of international research in six SSCI-indexed refereed journals. *Educational Technology Research and Development*, 61, 685–705. <https://doi.org/10.1007/s11423-013-9290-9>
- Instituto de estadística de la UNESCO. (2009). Medición de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en educación: manual del usuario. In *Documento técnico* (Vol. 2). Retrieved from <http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001883/188309s.pdf>
- Intel-Microsoft-Cisco Education Taskforce. (2009). *Transforming Education: Assessing and Teaching 21st Century Skills*. Retrieved from

<https://bit.ly/2NtrTSH>

- International Development Research Centre, & Fundación para la Educación Superior y el Desarrollo. (2016). *Construcción de Metodologías Comparativas e Indicadores para medir el uso de TIC y sus Impactos*. Retrieved from <http://www.fedesarrollo.org.co/wp-content/uploads/Libro-TIC.pdf>
- Kang, M., Heo, H., Jo, I.-H., Shin, J., & Seo, J. (2010). Developing an Educational Performance Indicator for New Millennium. *Journal of Research on Technology in Education*, 43(2), 157–170.
- Karamti, C. (2016). Measuring the Impact of ICTs on Academic Performance: Evidence From Higher Education in Tunisia. *Journal of Research on Technology in Education*, 48(4), 322–337. <https://doi.org/10.1080/15391523.2016.1215176>
- Kaufman, J. C., & Baer, J. (2012). Beyond New and Appropriate: Who Decides What Is Creative? *Creativity Research Journal*, 24(1), 83–91. <https://doi.org/10.1080/10400419.2012.649237>
- Kedrova, G., & Potemkin, S. (2015). New trends in implementation of ICT in higher education. *9th International Conference on Application of Information and Communication Technologies, AICT 2015*, 531–535. <https://doi.org/10.1109/ICAICT.2015.7338617>
- Kruchinina, G. A., Tararina, L. I., Sokolova, E. E., Limarova, E. V., Muskhanova, I. V., Arsaliyev, S. M., ... Tagirova, N. P. (2016). Information and communication technologies in education as a factor of students motivation. *International Review of Management and Marketing*, 6(2), 104–109.
- Kupers, E., Lehmann-Wermser, A., McPherson, G., & van Geert, P. (2018). Children's Creativity: A Theoretical Framework and Systematic Review. In *Review of Educational Research* (Vol. 89). <https://doi.org/10.3102/0034654318815707>
- Landoni, M., & Diaz, P. (2015). Creativity in collaborative design. *Proceedings of the 2015 ACM SIGCHI Conference on Creativity and Cognition*, 393–394. <https://doi.org/10.1145/2757226.2767187>

- Li, L., & Lu, Z. (2017). Variance-based sensitivity analysis for models with correlated inputs and its state dependent parameter solution. *Structural and Multidisciplinary Optimization*, 56(4), 919–937. <https://doi.org/10.1007/s00158-017-1699-z>
- Little, R. J. A., & Rubin, D. B. (2002). *Statistical Analysis with Missing Data*. <https://doi.org/10.1002/9781119013563>
- Liu, O. L., Mao, L., Frankel, L., & Xu, J. (2016). Assessing critical thinking in higher education: the HEIghten™ approach and preliminary validity evidence. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 41(5), 677–694. <https://doi.org/10.1080/02602938.2016.1168358>
- Malapile, S., & Keengwe, J. (2014). Information Communication Technology planning in developing countries. *Education and Information Technologies*, (19), 691–701. <https://doi.org/10.1007/s10639-013-9248-x>
- Marcelo, C. (2013). Las tecnologías para la innovación y la práctica docente. *Revista Brasileira de Educação*, 18(52), 25–47.
- Mazziotta, M., & Pareto, A. (2012). A Non-compensatory Approach for the Measurement of the Quality of Life. In F. Maggino & G. Nuvolati (Eds.), *Quality of Life in Italy. Research and Reflections* (pp. 27–40). <https://doi.org/10.1007/978-94-007-3898-0>
- Mohanani, R., Ram, P., Lasisi, A., Ralph, P., & Turhan, B. (2017). Perceptions of creativity in software engineering research and practice. *43rd Euromicro Conference on Software Engineering and Advanced Applications, SEAA 2017*, 210–217. <https://doi.org/10.1109/SEAA.2017.21>
- Naciones Unidas. (2017). International Telecommunication Union. Retrieved May 13, 2017, from <http://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/publications/mis2015/methodology.aspx>
- Nardo, M., Saisana, M., Saltelli, A., Tarantola, S., Hoffmann, A., & Giovannini, E. (2008). *Handbook on Constructing Composite Indicators. Methodology and user guide* (Vol. 4). Retrieved from <http://www.oecd.org/std/42495745.pdf>
- Nnebedum, C. (2019). The Value of Integrating 21st Century Skills into the

- Enterprise of Teaching Sociology. *Academic Journal of Interdisciplinary Studies*, 8(1), 37–44. <https://doi.org/10.2478/ajis-2019-0003>
- Oblinger, D. (2003). Boomers, Gen-Xers, and Millennials: Understanding the “New Students.” *EDUCAUSE*, 4, 38–47. Retrieved from <https://bit.ly/2uKGs8J>
- Olivares, K. M., Angulo, J., Torres, C. A., & Madrid, E. M. (2016). Las TIC en educación: metaanálisis sobre investigación y líneas emergentes en México. *Apertura*, 8(2), 100–115. <https://doi.org/10.18381/Ap.v8n2.866>
- Ordoñez, S. (2011). Fundamentos teóricos y ubicación histórica de la economía y sociedad del conocimiento. In G. Wolf & A. Miranda (Eds.), *Construcción colaborativa del conocimiento* (Primera, pp. 1–24). Retrieved from <https://seminario.edusol.info/seco3/legal.html>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. (2004). Innovación en la Economía del Conocimiento: Implicaciones para la Educación y los Sistemas de Aprendizaje. In *Informe*.
- Pardue, K., & Morgan, P. (2008). Millennials considered: A new generation, New Approaches, and Implications for Nursing Education. *Nursing Education Perspectives*, 29(2), 74–79. Retrieved from <https://bit.ly/2NzdznL>
- Paruolo, P., Saisana, M., & Saltelli, A. (2013). Ratings and rankings: Voodoo or Science? *Journal of the Royal Statistical Society*, 176(3), 609–634.
- Powell, W. W., & Snellman, K. (2004). The Knowledge Economy. *Annual Review of Sociology*, 30, 199–220. <https://doi.org/10.1146/annurev.soc.29.010202.100037>
- Quellmalz, E., & Zalles, D. R. (2002). *Integrative Performance Assessments of Technology*.
- Ramos, G. (2015). México: Políticas prioritarias para fomentar las habilidades y conocimientos de los mexicanos para la productividad y la innovación. In *Mejores Políticas*. Retrieved from <https://bit.ly/29dS4ZA>
- Reeves, T. C., & Oh, E. G. (2016). The goals and methods of educational technology research over a quarter century (1989–2014). *Educational Technology Research and Development*, 65(2), 325–339.

<https://doi.org/10.1007/s11423-016-9474-1>

- Ruiz, M. de los Á., Font, E., & Lazcano, C. (2015). El impacto de los intangibles en la economía del conocimiento. *Economía y Desarrollo*, 155(2), 119–132. Retrieved from http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0252-85842015000300009
- Saltelli, A., Tarantola, S., Campolongo, F., & Ratto, M. (2004). *Sensitivity Analysis in practice. A guide to assessing scientific models*. John Wiley & Sons, Ltd.
- Sanabria, S. A. (2011). Capitalismo del conocimiento y desigualdad económica entre países. *Logos, Ciencia y Tecnología*, 2(2), 166–185. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=517751800013>
- Sánchez, C., & Ríos, H. (2011). La economía del conocimiento como base del crecimiento económico en México. *Enl@ce. Revista Venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento*, 8(2), 43–60. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edo&AN=64735959&site=eds-live&scope=site>
- Schuschny, A., & Soto, H. (2009). Guía metodológica Diseño de indicadores compuestos de desarrollo sostenible. In *Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Documento de proyecto*. <https://doi.org/LC/W255>
- Severin, E. (2010). Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs) en Educación. Marco Conceptual e Indicadores. In *Banco Interamericano de Desarrollo. Notas técnicas* (Vol. 6). Retrieved from <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=35128349>
- Seyal, A. H., Poon, S. H., & Tajuddin, S. (2017). A preliminary evaluation of ICT centers performance using COBIT framework: Evidence from institutions of higher learning in Brunei Darussalam. In *Advances in Intelligent Systems and Computing. Computational Intelligence in Information Systems* (Vol. 532, pp. 235–244). https://doi.org/10.1007/978-3-319-48517-1_21
- Shields, R., & Chugh, R. (2018). Preparing Australian High School Learners with 21st Century Skills. *Proceedings of 2018 IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering, TALE 2018*, 1101–

1106. <https://doi.org/10.1109/TALE.2018.8615207>
- Sobol', I. M. (1993). Sensitivity analysis for non-linear mathematical models. *Mathematical Modelling and Computational Experiment*, 1(4), 407–414.
- Solar, M., Sabattin, J., & Parada, V. (2013). A Maturity Model for Assessing the Use of ICT in School Education. *Educational Technology & Society*, 16(1), 206–218. Retrieved from http://www.ifets.info/others/download_pdf.php?j_id=58&a_id=1328
- Solo, R. (1966). The Capacity to Assimilate an Advanced Technology. *The American Economic Review*, 56(1/2), 91–97.
- Sosu, E. M. (2013). The development and psychometric validation of a Critical Thinking Disposition Scale. *Thinking Skills and Creativity*, 9, 107–119. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2012.09.002>
- Souza, L., Leão, A., Carmona, V., Ruas, R., Carneiro-da-Cunha, J., Nassif, V., ... Nassif, V. M. J. (2018). A scale proposal for higher education creativity in the classroom. *International Journal of Business Innovation and Research*, 16(2), 208–226. <https://doi.org/10.1504/IJBIR.2018.091917>
- Stake, R. (2007). *Investigación con estudio de casos* (4a ed.). Madrid: Morata.
- Stana, I. (2017). Measuring creativity. *Proceedings of the 19th International Conference on Engineering and Product Design Education: Building Community: Design Education for a Sustainable Future*, 489–494. Retrieved from <https://bit.ly/2TT6bpJ>
- Tejedor, F. J., García-Valcárcel, A., & Prada, S. (2009). Medida de actitudes del profesorado universitario hacia la integración de las TIC | A scale for the measurement of university teachers' attitudes towards the integration of ICT. *Comunicar*, XVII(33), 115–124. <https://doi.org/10.3916/c33-2009-03-002>
- Toh, Y., & So, H.-J. (2011). ICT reform initiatives in Singapore schools: A complexity theory perspective. *Asia Pacific Education Review*, 12(3), 349–357. <https://doi.org/10.1007/s12564-010-9130-0>
- Uriel, E. (1995). *Análisis de datos. Series temporales y Análisis multivariante*. Madrid: Editorial AC.

- Usluel, Y. K., Aşkar, P., & Baş, T. (2008). A structural equation model for ICT usage in higher education. *Educational Technology and Society*, 11(2), 262–273.
- van de Ven, A., & Ferry, D. (2000). OAI Unit Member Questionnaire. In *Measuring and assessing organizations* (p. 552). Retrieved from <http://bit.ly/2YJTq4d>
- van Deursen, A., van Dijk, J., & Peters, O. (2012). Proposing a Survey Instrument for Measuring Operational, Formal, Information, and Strategic Internet Skills. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 28, 827–837. <https://doi.org/10.1080/10447318.2012.670086>
- van Laar, E., van Deursen, A. J. A. M., van Dijk, J. A. G. M., & de Haan, J. (2018). 21st-century digital skills instrument aimed at working professionals: Conceptual development and empirical validation. *Telematics and Informatics*, 35(8), 2184–2200. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2018.08.006>
- van Laar, E., van Deursen, A., van Dijk, J., & de Haan, J. (2017). The relation between 21st-century skills and digital skills: A systematic literature review. *Computers in Human Behavior*, 72, 577–588. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.03.010>
- Vásquez, M., & Findikoglu, M. N. (2011). ICTs in education: The influence of Modernization in developing countries. In G. Bradley, D. Whitehouse, & G. Singh (Eds.), *Proceedings of the IADIS International Conferences. ICT, Society and Human Beings 2011, Proceedings of the IADIS International Conference e-Democracy, Equity and Social Justice 2011* (pp. 101–108).
- Venkatesh, V., Croteau, A.-M., & Rabah, J. (2014). Perceptions of effectiveness of instructional uses of technology in higher education in an era of web 2.0. *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, 110–119. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2014.22>
- WBI Development Studies. (2007). *Building Knowledge Economies. Advanced strategies for development*. <https://doi.org/10.1596/978-0-8213-6957-9>
- Wegerif, R., & Mansour, N. (2010). A dialogic approach to technology-enhanced education for the global knowledge society. In M. S. Khine & I. M. Saleh

- (Eds.), *New Science of Learning: Cognition, Computers and Collaboration in Education* (pp. 325–339). https://doi.org/10.1007/978-1-4419-5716-0_16
- Wilkins, K. G., Bernstein, B. L., & Bekki, J. M. (2015). Measuring Communication Skills: The STEM Interpersonal Communication Skills Assessment Battery. *Journal of Engineering Education*, 104(4), 433–453. <https://doi.org/10.1002/jee.20100>
- World Economic Forum. (2015). *New Vision for Education Unlocking the Potential of Technology*.
- World Economic Forum, Yale University, & Columbia University. (2001). Environmental Sustainability Index. In *Environmental Law*.
- Yang, Y., Nguyen, H. B., & Jang, S. H. (2011). ICT in higher education: Evaluative views of teachers and students. In *Technologies for Enhancing Pedagogy, Engagement and Empowerment in Education: Creating Learning-Friendly Environments*. <https://doi.org/10.4018/978-1-61350-074-3.ch025>
- Yasin, R. M., & Yunus, N. S. (2014). A meta-analysis study on the effectiveness of creativity approaches in technology and engineering education. *Asian Social Science*, 10(3), 242–252. <https://doi.org/10.5539/ass.v10n3p242>
- Zahedi, F. (1986). The Analytic Hierarchy Process: A Survey of the Method and Its Applications. *Interfaces*, 16(4), 96–108.
- Zhao, J. (2019). Thinking Critically with Data: Technology, Curriculum and the Cases. *Proceedings - International Joint Conference on Information, Media and Engineering, ICIME 2018*, 274–277. <https://doi.org/10.1109/ICIME.2018.00064>
- Zheng, Y., & Xie, Y. (2016). Metamodel for evaluating the performance of ICT in education. In S. K. S. Cheung, L. Kwok, J. Shang, A. Wank, & R. Kwan (Eds.), *Blended Learning. Aligning Theory with Practices* (pp. 207–218). https://doi.org/10.1007/978-3-319-41165-1_19
- Zulkarnaen, R. H., Setiawan, W., Rusdiana, D., & Muslim, M. (2019). Smart city design in learning science to grow 21 st century skills of elementary school student. *Journal of Physics: Conference Series*, 1157(2019), 1–7.

<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1157/2/022021>

Dirección General de Bibliotecas UAQ

ANEXOS

Anexo 1. Instrumentos base

En este anexo se indican los instrumentos auxiliares (validados) que sirvieron como base para integrar los ítems correspondientes a las habilidades del siglo XXI, excepto para la resolución de problemas. Los ítems seleccionados de estos instrumentos fueron adaptados para considerar el aspecto digital, mediante la inclusión de las TIC.

Resolución de problemas

Existen numerosos instrumentos para medir la capacidad de resolver problemas, sin embargo, la inmensa mayoría establece el desarrollo de actividades prácticas para medir el desempeño de los participantes. Este enfoque consume muchos recursos, incluyendo tiempo y dinero. Por ello, esta habilidad es la única en la que no se utilizó un instrumento validado como complemento para la generación de los ítems correspondientes.

Colaboración

Existen algunos instrumentos para medir la colaboración, como el *Índice para la Colaboración Interdisciplinaria* (Bronstein, 2002), o el *Organizational Trust Inventory* (Cummings & Bromiley, 1996). Sin embargo, dentro del *Organizational Assessment Index* (van de Ven & Ferry, 2000) se presenta un instrumento, el *OAI Unit Member Questionnaire*, en el que se evalúa la colaboración entre los miembros de una unidad de trabajo. Este instrumento es el que se consideró para extraer las preguntas que aplicarán al instrumento. Se divide en dos partes:

- *La naturaleza de tu trabajo*
- *La organización y trabajo de tu unidad*

En la segunda es en donde se incluyen aspectos de colaboración, y es la que se consideró en nuestro instrumento, específicamente en la sección de *Coordinación del trabajo y actividades con otros*.

Se adaptaron los ítems tomados del instrumento, con base en los componentes clave del marco teórico de la presente investigación, los cuales son:

- *Generar significado a través de intercambios usando una gama de herramientas TIC contemporáneas.*
- *Usar las TIC para compartir ideas (por ejemplo, en plataformas en línea)*

El instrumento auxiliar (obtenido de la fuente original) sobre el que se tomaron y adaptaron los ítems es el siguiente:

472 OAI UNIT MEMBER QUESTIONNAIRE

JOB A

51. A job with very satisfying teamwork.

1-----2-----3-----4-----5
STRONGLY SLIGHTLY NEUTRAL SLIGHTLY STRONGLY
PREFER A PREFER A PREFER B PREFER B

52. A job which offers little or no challenge.

1-----2-----3-----4-----5
STRONGLY SLIGHTLY NEUTRAL SLIGHTLY STRONGLY
PREFER A PREFER A PREFER B PREFER B

A SELF-APPRAISAL OF YOUR JOB

NOW MAKE AN ASSESSMENT OF THE WAY YOUR JOB IS ORGANIZED. HOPEFULLY, THE QUESTIONS YOU HAVE ANSWERED SO FAR HAVE HELPED YOU THINK ABOUT THINGS YOU WANT TO SAY TO EACH QUESTION BELOW.

A. Describe what you like about the way your job is organized.

B. Describe what specific problems you experience with the way your job is organized.

C. Suggest some specific ways that the organization of your job could be improved.

JOB B

A job that allows you to use your skills and abilities to the fullest extent.

A job which requires you to be completely isolated from co-workers.

PART TWO

THE ORGANIZATION AND WORK OF YOUR UNIT

SO FAR YOU HAVE BEEN ASKED QUESTIONS ABOUT your work and your job. This next part asks how your unit is organized to do its work and achieve its performance goals. Please keep in mind that your unit consists of your immediate supervisor and all individuals (your co-workers) who report directly to your supervisor.

53. During the past 3 months, how many other people in your unit performed the same basic tasks as you did?

NONE ONLY ONE A FEW OTHERS MOST OTHERS ALL OTHERS
1 2 3 4 5

54. How many other people in your unit are qualified to do your tasks?

NONE ONLY ONE A FEW OTHERS MOST OTHERS ALL OTHERS
1 2 3 4 5

55. How easy would it be to rotate the jobs between unit members, so that each could do a good job performing someone else's tasks?

| | | | | |
|--|---|---|--|---|
| VERY DIFFICULT. MOST MEMBERS WOULD NEED EXTENSIVE RETRAINING | QUITE DIFFICULT. SOME MEMBERS WOULD NEED EXTENSIVE RETRAINING | SOMEWHAT DIFFICULT. A FEW MEMBERS WOULD NEED RETRAINING | QUITE EASY. SOME MEMBERS WOULD NEED RETRAINING | VERY EASY. NO MEMBERS WOULD NEED RETRAINING |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

56. How much say or influence do each of the following have in deciding what kinds of work or tasks are to be performed in your unit:

| | | | | | |
|--|---------------------------------------|--------|------|-------------|-----------|
| | AMOUNT OF SAY IN DECIDING UNIT'S WORK | | | | |
| | NONE | LITTLE | SOME | QUITE A BIT | VERY MUCH |
| a. People in line management or staff positions outside of your immediate work unit? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| b. Your unit supervisor? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

473

| | NONE | LITTLE | SOME | QUITE A BIT | VERY MUCH |
|---|------|--------|------|-------------|-----------|
| c. Unit members, individually? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| d. The unit supervisor and members as a group in unit meetings? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Criteria for Evaluating Unit Effectiveness.

CONSIDER NOW THE SPECIFIC CRITERIA OR MEASURES THAT ARE USED TO DETERMINE HOW EFFECTIVELY YOUR UNIT PERFORMS ITS WORK AND RESPONSIBILITIES.

Rank the importance of these three effectiveness criteria:
 1 = MOST IMPORTANT
 2 = SECOND MOST IMPORTANT
 3 = THIRD MOST IMPORTANT

51. List below the three most important criteria that are used to determine how well your unit performs its work.
- _____ RANK: _____
 - _____ RANK: _____
 - _____ RANK: _____

52. How much influence or say did each of the following have in deciding these performance criteria for your unit?

| | AMOUNT OF INFLUENCE IN DECIDING CRITERIA | | | | |
|--|--|--------|------|-------------|-----------|
| | NONE | LITTLE | SOME | QUITE A BIT | VERY MUCH |
| a. People in line management or staff positions outside of your immediate work unit? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| b. Your unit supervisor? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| c. Unit members, individually? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| d. Your supervisor and unit members as a group in unit meetings? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

53. How much do people in your unit agree that these are the three most important criteria for evaluating the performance of your unit?

| | NOT AT ALL | AGREE A LITTLE | AGREE SOMEWHAT | AGREE QUITE A BIT | AGREE VERY MUCH |
|---|------------|----------------|----------------|-------------------|-----------------|
| 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

60. Overall, how clearly have specific performance targets been set for your unit?

| | NO TARGETS WERE SET | TARGETS ARE VERY UNCLEAR | TARGETS ARE SOMEWHAT CLEAR | TARGETS ARE QUITE CLEAR | TARGETS ARE VERY CLEAR |
|---|---------------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------|------------------------|
| 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

61. How difficult is it for your unit to attain these performance targets?

| | NO TARGETS WERE SET | TARGETS VERY EASY TO ATTAIN | TARGETS QUITE EASY TO ATTAIN | TARGETS DIFFICULT TO ATTAIN | TARGETS VERY DIFFICULT TO ATTAIN | TARGETS IMPOSSIBLY DIFFICULT TO ATTAIN |
|---|---------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|--|
| 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |

62. How frequently do you receive information about how well your unit achieves these performance targets?

| | NO TARGETS WERE SET | NEVER | ONLY AT YEAR-END | EVERY MONTH | EVERY WEEK | EVERY DAY | SEVERAL TIMES DAILY |
|---|---------------------|-------|------------------|-------------|------------|-----------|---------------------|
| 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

63. Overall, what percent of these performance targets were attained by your unit last year?

| | NO TARGETS WERE SET | 0-20% | 21-40% | 41-60% | 61-80% | 81-90% | 91-100% | MORE THAN 100% |
|---|---------------------|-------|--------|--------|--------|--------|---------|----------------|
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |

64. How much do members of your unit do the following things:

| | HOW MUCH THIS HAPPENS | | | | |
|--|-----------------------|--------|------|-------------|-----------|
| | NOT AT ALL | LITTLE | SOME | QUITE A BIT | VERY MUCH |
| a. Compete with each other to achieve performance targets? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| b. "Gang-up" on the individual whose work is far below that of the others? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| c. "Gang-up" on the individual whose work far exceeds that of the others? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| d. Encourage individuals to excel and strive for increasingly higher levels of work performance? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| e. Try to get ahead at the expense of other unit members? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Rules, Policies, and Procedures for the Unit as a Whole

THINK ABOUT THE VARIOUS OPERATING RULES, POLICIES, AND PROCEDURES THAT ALL PERSONNEL IN YOUR UNIT ARE EXPECTED TO FOLLOW TO COORDINATE AND CONTROL ALL THE WORK ACTIVITIES PERFORMED IN YOUR UNIT. THESE RULES AND PROCEDURES MAY BE FORMAL OR INFORMAL, WRITTEN OR UNWRITTEN. HOWEVER, THEY ARE DIFFERENT FROM THOSE USED TO GUIDE EACH INDIVIDUAL IN PERFORMING HIS OR HER OWN JOB, BECAUSE THEY APPLY TO ALL PEOPLE IN YOUR UNIT, REGARDLESS OF THE PARTICULAR JOB EACH PERFORMS.

65. How specific or general are the rules, policies, and procedures in your unit for coordinating and controlling the work activities of all unit personnel?

| | THESE ARE NOT SET BELOW | VERY GENERAL | SOMEWHAT SPECIFIC | QUITE SPECIFIC | VERY SPECIFIC |
|---|-------------------------|--------------|-------------------|----------------|---------------|
| 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

66. How often did unit members violate or ignore these rules, policies, or procedures during the past three months?

| | NOT OFTEN | VERY RARELY | ABOUT HALF THE TIME | QUITE OFTEN | ALL THE TIME |
|---|-----------|-------------|---------------------|-------------|--------------|
| 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

67. How strictly are these operating rules, policies, or procedures enforced in your unit?

| | NOT AT ALL ENFORCED | VERY LOOSELY ENFORCED | SOMEWHAT ENFORCED | QUITE STRICTLY ENFORCED | VERY STRICTLY ENFORCED |
|---|---------------------|-----------------------|-------------------|-------------------------|------------------------|
| 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

68. How much influence or say did each of the following have in deciding upon the rules, policies, and procedures for your unit?

| | AMOUNT OF INFLUENCE IN DECIDING UNIT PROCEDURES | | | | |
|--|---|--------|------|-------------|-----------|
| | NONE | LITTLE | SOME | QUITE A BIT | VERY MUCH |
| a. People in line management or staff positions outside of your immediate work unit? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| b. Your unit supervisor? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| c. Unit members, individually? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| d. The unit supervisor and members as a group in unit meetings? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Coordination of Job and Unit Activities with Others

IN GENERAL, YOUR JOB AND YOUR UNIT DO NOT EXIST IN ISOLATION FROM OTHER PEOPLE IN THE ORGANIZATION. THE FOLLOWING QUESTIONS ASK HOW MUCH YOU DEPEND UPON AND COORDINATE WITH OTHERS TO DO YOUR WORK.

69. To obtain the materials, clients, or information needed to do your job, how much do you have to rely on each of the following people:

| | NOT AT ALL | LITTLE | SOME | QUITE A BIT | VERY MUCH |
|--------------------------------------|------------|--------|------|-------------|-----------|
| a. Your unit supervisor? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| b. Other unit members or co-workers? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| c. People outside of your unit? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

70. While doing your assigned tasks, how much do you have to depend on each of the following people:

| | NOT AT ALL | LITTLE | SOME | QUITE A BIT | VERY MUCH |
|--------------------------------------|------------|--------|------|-------------|-----------|
| a. Your unit supervisor? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| b. Other unit members or co-workers? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| c. People outside of your unit? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

71. After you finish your part of the work, how much do you have to rely upon each of the following people to perform the next steps in the process before the total task or service is completed:

| | NOT AT ALL | LITTLE | SOME | QUITE A BIT | VERY MUCH |
|--------------------------------------|------------|--------|------|-------------|-----------|
| a. Your unit supervisor? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| b. Other unit members or co-workers? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| c. People outside of your unit? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

72. During the past 3 months, to what extent did you experience problems in coordinating these work activities with each of the following people:

| | TO NO EXTENT | LITTLE EXTENT | SOME EXTENT | LARGE EXTENT | VERY GREAT EXTENT |
|--------------------------------------|--------------|---------------|-------------|--------------|-------------------|
| a. Your unit supervisor? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| b. Other unit members or co-workers? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| c. People outside of your unit? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

| 73. During the past 3 months, how often did you receive or send written reports or memos related to your work from or to each of the following people: | HOW OFTEN RECEIVED OR SENT WRITTEN REPORTS OR MEMOS IN PAST 3 MONTHS | | | | |
|--|--|-------------------------|------------------------|-----------------------|---------------------|
| | NOT ONCE | ABOUT 1-2 TIMES A MONTH | ABOUT 2-3 TIMES A WEEK | ABOUT 3-4 TIMES A DAY | ABOUT 5 TIMES A DAY |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| a. Your unit supervisor? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| b. Other unit members or co-workers? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| c. People outside of your unit? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

| 74. During the past 3 months, how often did you have work-related discussions (face-to-face or by telephone) with each of the following people: | HOW OFTEN HAD WORK DISCUSSIONS IN PAST 3 MONTHS | | | | |
|---|---|-------------------------|------------------------|-----------------------|---------------------|
| | NOT ONCE | ABOUT 1-2 TIMES A MONTH | ABOUT 2-3 TIMES A WEEK | ABOUT 3-4 TIMES A DAY | ABOUT 5 TIMES A DAY |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| a. Your unit supervisor? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| b. Other unit members or co-workers? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| c. People outside of your unit? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

| 75. During the past 3 months, how often were you involved in special group problem-solving meetings with: | HOW OFTEN WERE MEETINGS HELD IN PAST THREE MONTHS | | | | |
|---|---|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------------|
| | NOT ONCE | ABOUT 1-2 TIMES A MONTH | ABOUT 2-3 TIMES A WEEK | ABOUT 3-4 TIMES A WEEK | ABOUT 5 TIMES A WEEK OR MORE |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| a. Two or more people from your unit? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| b. Two or more people from outside of your unit? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

| 76. How often were regularly scheduled staff meetings held among people in your unit? | HOW OFTEN WERE REGULARLY SCHEDULED STAFF MEETINGS HELD AMONG PEOPLE IN YOUR UNIT? | | | | |
|---|---|-------------------------|------------------------|------------------------|----------------------|
| | NOT ONCE | ABOUT 1-2 TIMES A MONTH | ABOUT 2-3 TIMES A WEEK | ABOUT 3-4 TIMES A WEEK | ABOUT 5 TIMES A WEEK |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

| 77. During the past 3 months, how often did disagreements or arguments occur: | HOW OFTEN DISAGREEMENTS OR ARGUMENTS OCCURRED | | | | | |
|---|---|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | NOT ONCE | ABOUT 1-2 TIMES A MONTH | ABOUT 2-3 TIMES A WEEK | ABOUT 4-5 TIMES A WEEK | ABOUT 6-7 TIMES A WEEK | ABOUT 8-9 TIMES A WEEK |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| a. Between unit members and your supervisor? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| b. Among unit members? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| c. Between people in your unit and people outside of your unit? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |

| 78. In general, when these disagreements or arguments occurred, how often were they handled in each of the following ways during the past three months: | HOW OFTEN DISPUTES WERE HANDLED THIS WAY | | | | |
|---|--|---------------------|-----------------------|-----------------------|---------------|
| | ALMOST NEVER | ABOUT HALF THE TIME | ABOUT 3/4 OF THE TIME | ABOUT 4/5 OF THE TIME | ALMOST ALWAYS |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| a. By ignoring or avoiding the issues? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| b. By smoothing over the issues? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| c. By bringing the issues out in the open and working them out among the people involved? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| d. By having a higher-level supervisor resolve the issues between the people involved? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

| 79. Overall, to what extent did this conflict resolution help or hinder your unit's performance? | HOW MUCH DOES THIS CONFLICT RESOLUTION HELP OR HINDER YOUR UNIT'S PERFORMANCE? | | | | |
|--|--|-------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | HINDERS PERFORMANCE A LOT | HINDERS MORE THAN HELPS | NEITHER HELPS NOR HINDERS | HELPS MORE THAN HINDERS | HELPS PERFORMANCE A LOT |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

| 80. How much are unit members willing to give other members the support they need to do a good job? | HOW MUCH ARE UNIT MEMBERS WILLING TO GIVE OTHER MEMBERS THE SUPPORT THEY NEED TO DO A GOOD JOB? | | | | |
|---|---|--------|------|-------------|-----------|
| | NOT AT ALL | LITTLE | SOME | QUITE A BIT | VERY MUCH |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Comunicación

El instrumento auxiliar considerado para generar los ítems para medir la habilidad de comunicación es el *STEM Interpersonal Communication Skills Assessment Battery* (Wilkins et al., 2015), en el que se incluyen dos cuestionarios, uno para evaluar el conocimiento de comunicación interpersonal (*Interpersonal Communication Knowledge Assessment*) y otro para evaluar la autoeficacia (*Interpersonal Communication Coping Self-Efficacy Assessment*). Este último es el que se utilizó para combinar con el componente clave del marco teórico de la investigación, que considera el uso de las TIC en la comunicación de información e ideas, ya que al mediar las TIC el proceso de comunicación, la relación interpersonal no se ejerce directamente, pero sí se considera con qué autoeficacia se lleva a cabo.

El instrumento utiliza una escala de 5 grados de acuerdo. Como aquí se está manejando escala de elementos específica, se adaptaron las posibles respuestas, para darles mayor confiabilidad.

El instrumento auxiliar encaja en la parte de comunicar ideas de forma eficaz, y se agregó el concepto de las TIC para cumplir con la parte de múltiples audiencias usando una variedad de medios y formatos en línea, parte que también se cubre con las preguntas redactadas originalmente.

Se adaptaron los ítems tomados del instrumento, con base en el componente clave del marco teórico de la presente investigación, el cual es:

- *Usar las TIC para comunicar información e ideas de forma eficaz a múltiples audiencias usando una variedad de medios y formatos en línea.*

El instrumento auxiliar (obtenido de la fuente original) sobre el que se tomaron y adaptaron los ítems es el siguiente:

Table 4 Psychometric Properties of the Interpersonal Communication Coping Self-Efficacy Assessment

| Item | Factor loading | <i>M</i> | <i>SD</i> |
|--|----------------|----------|-----------|
| 1. Pay attention to the main point of a speaker's message even if s/he is being confrontational | .54 | 7.36 | 1.52 |
| 2. Communicate my discomfort in answering someone's question even if I feel pressure to do so | .66 | 6.50 | 1.93 |
| 3. Communicate my expectations even if the other person perceives me as unreasonable | .69 | 6.92 | 1.93 |
| 4. Acknowledge the feedback received and advance the discussion even if the speaker wants to dwell on the feedback | .69 | 7.31 | 1.63 |
| 5. Share my perspective with colleagues even if they attempt to put my ideas down | .77 | 6.80 | 1.97 |
| 6. Confidently discuss my ideas even if I recently received negative feedback from this person | .80 | 6.50 | 1.90 |
| 7. Articulate a clear reason for my request even if the listener appears disinterested in meeting my needs | .76 | 7.39 | 1.77 |
| 8. Bring attention to my needs even if I feel put down | .85 | 6.54 | 1.90 |
| 9. Challenge feedback that doesn't fit even if I feel intimidated by the other person | .77 | 6.52 | 2.05 |
| 10. Bring attention to my needs even if I expect an unwanted response | .78 | 6.91 | 1.85 |
| 11. Stand up for myself even if the other person seems intimidating | .82 | 7.09 | 2.00 |
| 12. Maintain consistency in what I am saying and how I am saying it even if I am having a difficult conversation | .70 | 7.21 | 2.00 |

Note. The instructions for this scale are "Please indicate your level of confidence in your ability to do each of the following successfully." Item response options range from 1 (no confidence) to 10 (complete confidence), with no midpoint.

Creatividad

Hay varios instrumentos para medir la creatividad. Sin embargo, realizan una gran división sobre los diversos aspectos en donde puede ser medida. De

entre todos, se utilizó el *Kaufman Domains of Creativity Scale (K-DOCS)* (Kaufman & Baer, 2012), específicamente en el aspecto de *Actividades de escritura creativa y logros*, como base para la extracción de ítems, debido a la forma general en que contempla a la creatividad, sin considerar especialidad alguna de las tantas en las que puede medirse la capacidad creativa.

Se adaptaron los ítems tomados del instrumento con base en el componente clave del marco teórico de la presente investigación, el cual es:

- *Usar las TIC para generar ideas o desarrollar nuevas formas de hacer las cosas*

El instrumento auxiliar (obtenido de la fuente original) sobre el que se tomaron y adaptaron los ítems es el siguiente:

Kaufman Domains of Creativity Scale (K-DOCS)

Instructions: Compared to people of approximately your age and life experience, how creative would you rate yourself for each of the following acts? For acts that you have not specifically done, estimate your creative potential based on your performance on similar tasks.

- 1 = Much less creative
- 2 = less creative
- 3 = neither more or less creative
- 4 = more creative
- 5 = much more creative

1. Finding something fun to do when I have no money _____
2. Helping other people cope with a difficult situation _____
3. Teaching someone how to do something _____
4. Maintaining a good balance between my work and my personal life _____
5. Understanding how to make myself happy _____
6. Being able to work through my personal problems in a healthy way _____
7. Thinking of new ways to help people _____
8. Choosing the best solution to a problem _____
9. Planning a trip or event with friends that meets everyone's needs _____
10. Mediating a dispute or argument between two friends _____
11. Getting people to feel relaxed and at ease _____
12. Writing a non-fiction article for a newspaper, newsletter, or magazine _____
13. Writing a letter to the editor _____
14. Researching a topic using many different types of sources that may not be readily apparent _____
15. Debating a controversial topic from my own perspective _____
16. Responding to an issue in a context-appropriate way _____
17. Gathering the best possible assortment of articles or papers to support a specific point of view _____
18. Arguing a side in a debate that I do not personally agree with _____
19. Analyzing the themes in a good book _____

20. Figuring out how to integrate critiques and suggestions while revising a work _____
21. Being able to offer constructive feedback based on my own reading of a paper _____
22. Coming up with a new way to think about an old debate _____
23. Writing a poem _____
24. Making up lyrics to a funny song _____
25. Making up rhymes _____
26. Composing an original song _____
27. Learning how to play a musical instrument _____
28. Shooting a fun video to air on YouTube _____
29. Singing in harmony _____
30. Spontaneously creating lyrics to a rap song _____
31. Playing music in public _____
32. Acting in a play _____
33. Carving something out of wood or similar material _____
34. Figuring out how to fix a frozen or buggy computer _____
35. Writing a computer program _____
36. Solving math puzzles _____
37. Taking apart machines and figuring out how they work _____
38. Building something mechanical (like a robot) _____
39. Helping to carry out or design a scientific experiment _____
40. Solving an algebraic or geometric proof _____
41. Constructing something out of metal, stone, or similar material _____
42. Drawing a picture of something I've never actually seen (like an alien) _____
43. Sketching a person or object _____
44. Doodling/Drawing random or geometric designs _____
45. Making a scrapbook page out of my photographs _____
46. Taking a well-composed photograph using an interesting angle or approach _____
47. Making a sculpture or piece of pottery _____
48. Appreciating a beautiful painting _____
49. Coming up with my own interpretation of a classic work of art _____
50. Enjoying an art museum _____

Habilidad técnica, Gestión de información

Para estas dos habilidades se utilizó el *Instrumento para medir habilidades operacionales, formales, de información y estratégicas de internet* (van Deursen et al., 2012), el cual contempla el uso de dispositivos para el acceso a internet y la gestión de la información obtenida de internet. Se consideró pertinente, pues componentes clave de estas dos habilidades se enfocan explícitamente al uso del dispositivo y gestionar la información obtenida en línea.

Los componentes clave del marco conceptual para habilidad técnica son:

- *Comprender las características de los dispositivos (móviles) o aplicaciones*
- *Realizar operaciones de aplicaciones básicas (móviles) y acceder a recursos de uso diario*
- *Evitar perder la orientación durante la navegación en línea.*

Los componentes clave del marco conceptual para gestión de información son:

- Usar las TIC para formular un enunciado de investigación para facilitar la búsqueda de información
- Usar las TIC para encontrar y recuperar información desde una variedad de recursos en línea
- Usar las TIC para juzgar la utilidad y suficiencia de información para un propósito específico
- Usar las TIC para organizar la información para poder encontrarla más adelante

El instrumento auxiliar (obtenido de la fuente original) sobre el que se tomaron y adaptaron los ítems es el siguiente:

| | <i>M</i> | <i>SD</i> | β | R^2 |
|---|----------|-----------|---------|-------|
| Operational Internet skills ($\alpha = .73$) | | | | |
| O1 - save files | 2.53 | 1.30 | .60 | .36 |
| O3 - use the refresh button | 3.38 | 1.57 | .57 | .33 |
| O4 - upload files to another computer | 3.96 | 1.22 | .66 | .43 |
| O5 - download programs | 3.99 | 1.10 | .61 | .38 |
| O7 - watch video files | 3.00 | 1.19 | .53 | .29 |
| Formal Internet skills ($\alpha = .79$) | | | | |
| F2 - find web sites to be confusing | 1.74 | 0.91 | | |
| F3 - navigate without getting lost | 1.34 | 0.68 | .80 | .64 |
| F4 - feel disoriented | 1.49 | 0.76 | .69 | .48 |
| F5 - experience difficulties with a web site's layout | 1.86 | 0.88 | .51 | .26 |
| F6 - know exactly where a link will take you | 1.47 | 0.88 | .62 | .38 |
| Information Internet skills ($\alpha = .87$) | | | | |
| I1 - check information retrieved on another web site | 2.86 | 1.01 | .84 | .70 |
| I2 - examine only the top results | 2.05 | 1.01 | .74 | .55 |
| I4 - find the information you were looking for | 1.97 | 1.06 | .75 | .56 |
| I6 - examine the results on subsequent result pages | 1.96 | 0.95 | .86 | .74 |
| I7 - use more than one search keyword | 1.97 | 1.06 | .67 | .45 |
| Strategic Internet skills ($\alpha = .81$) | | | | |
| S1 - make a decision based on retrieved information | 3.49 | 1.14 | .65 | .43 |
| S2 - use information about a specific subject from multiple sites | 3.17 | 1.08 | .60 | .36 |
| S4 - Benefit from using the Internet | 2.97 | 1.14 | .58 | .33 |
| S6 - use reference web sites | 3.42 | 0.99 | .83 | .54 |
| S7 - gain financial benefits | 2.51 | 1.23 | .74 | .69 |

Pensamiento crítico

A pesar de la extensa investigación sobre el pensamiento crítico, todavía hay incertidumbre en el concepto y definición del concepto (Liu, Mao, Frankel, & Xu, 2016, p. 678). Debido a lo complejo que es integrar una definición sobre el pensamiento crítico, el proceso de medición del mismo resulta también muy complejo. Existen trabajos que han propuesto mediciones (Aretz, Bolen, & Devereux, 2014; Liu et al., 2016), tomando en cuenta pruebas de desempeño. En ellos se generaron instrumentos para la medición del desempeño. Debido a la naturaleza de esta investigación, en la que el tiempo y los recursos son escasos, no era viable considerar este tipo de instrumentos.

Por ello, se eligió un instrumento validado que presenta una forma de medir el pensamiento crítico sin utilizar pruebas de desempeño: la *Escala para la medición de la disposición al pensamiento crítico* (Sosu, 2013).

Se adaptaron los ítems tomados del instrumento, con base en los componentes clave del marco teórico de la presente investigación, los cuales son:

- *Usar las TIC para formular y responder preguntas de aclaración relativas al problema*
- *Usar las TIC para juzgar lo apropiado de una fuente para un problema específico*
- *Usar las TIC para invocar argumentos para las afirmaciones con base en su consistencia con otras afirmaciones del conocimiento (por ejemplo, personal, memoria, testimonio, coherencia, racionalidad, replicación)*
- *Usar las TIC para vincular hechos, ideas y nociones*
- *Usar las TIC para sugerir nuevas ideas para la discusión*

El instrumento auxiliar (obtenido de la fuente original) sobre el que se tomaron y adaptaron los ítems es el siguiente:

The following preliminary suggestions can be used in deriving composite scores. The scores of the 11 items can be summed to provide an overall dispositional score for an individual with a range of 11–55. Scores between 11 and 34 will indicate low disposition; 35–44 moderate disposition; and 45–55 high disposition. A useful strategy should also include examination of subscale scores. The total score for the Critical Openness scale will range from 7 to 35 with the following cut-offs (7–21 low; 22–28 moderate; 29–35 high). Reflective Scepticism will have a range of 4–20 with cut-off ranges being 4–12 low; 13–16 moderate; and 17–20 high.

| Item no. | Critical Openness |
|-----------------------|---|
| N | I usually try to think about the bigger picture during a discussion |
| C | I often use new ideas to shape (modify) the way I do things |
| D | I use more than one source to find out information for myself |
| A | I am often on the lookout for new ideas |
| O | I sometimes find a good argument that challenges some of my firmly held beliefs |
| J | It's important to understand other people's viewpoint on an issue |
| E | It is important to justify the choices I make |
| Reflective Scepticism | |
| T | I often re-evaluate my experiences so that I can learn from them |
| S | I usually check the credibility of the source of information before making judgements |
| K | I usually think about the wider implications of a decision before taking action |
| U | I often think about my actions to see whether I could improve them |

Dirección General de Bibliotecas UAQ

Anexo 2. Instrumento de medición

INSTRUMENTO PARA MEDIR LA PERCEPCIÓN DE LAS ALUMNAS Y LOS ALUMNOS RESPECTO AL USO DE TIC EN EL PROCESO ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

Objetivo del instrumento

Obtener la *percepción de las alumnas y los alumnos* respecto al uso de las Tecnologías de Información y la Comunicación (TIC) en el proceso de enseñanza-aprendizaje, como parte de una investigación doctoral.

Instrucciones

Escribe los datos solicitados.

| |
|--------------|
| 1. Facultad: |
| 2. Carrera: |
| 3. Edad: |
| 4. Sexo: |

Instrucciones

En cada una de las siguientes planteamientos, marca la opción que represente tu percepción respecto a ellos. Por favor, no dejes sin contestar ninguno ni selecciones más de una opción para cada uno.

Sé lo más honesto posible, la información que proporciones será tratada de forma anónima, y es muy importante para la investigación.

| | Muy alta(o) | Alta(o) | Media(o) | Baja(o) | Muy baja(o) |
|---|-------------|---------|----------|---------|-------------|
| 5. Mi habilidad en usar las TIC para adquirir conocimiento sobre una problemática es ... | | | | | |
| 6. Mi habilidad en utilizar las TIC para aplicar mis conocimientos sobre un problema para encontrar una solución es ... | | | | | |
| 7. Mi comprensión de las características de los dispositivos móviles que utilizo es... | | | | | |
| 8. Mi comprensión de las aplicaciones que utilizo en mis dispositivos móviles es ... | | | | | |
| 9. Mi habilidad para realizar operaciones básicas (navegar por internet, descargar y subir archivos a la nube, reproducir videos, utilizar traductores y diccionarios) en mis dispositivos móviles, es ... | | | | | |
| 10. Cuando navego en la Web, mi sentido de orientación es ... | | | | | |
| 11. Cuando navego en la Web, la certeza que tengo sobre a dónde me llevará un enlace (link) es ... | | | | | |
| 12. Mi capacidad para generar significado (comprender y/o aplicar conceptos) a través del intercambio de información mediante las TIC es ... | | | | | |
| 13. Mi capacidad para compartir ideas a través de las TIC (por ejemplo, en plataformas en línea, foros, chats, blogs, videochat, videoconferencia, entre otras) es ... | | | | | |
| 14. ¿Has participado en actividades en las que tengas que colaborar con otras personas a través de las TIC (por ejemplo, la plataforma de la institución, otras plataformas en Moodle, Asana, Sirtaps, Google docs, etc.)? () Sí. Continúa en el ítem 15. () No. Pasa al ítem 19. | | | | | |
| 15. La confianza que tengo en las demás personas para solicitarles materiales e información a través de TIC es ... | | | | | |
| 16. Mi capacidad para resolver problemas de coordinación con los demás mediante TIC es ... | | | | | |

| | Muy alta(o) | Alta(o) | Media(o) | Baja(o) | Muy baja(o) |
|--|-------------|---------|----------|---------|-------------|
| 17. Mi habilidad en utilizar las TIC para recibir o enviar informes relacionados con mi trabajo a las demás personas es ... | | | | | |
| 18. Mi habilidad para participar en reuniones virtuales para dar seguimiento o resolver problemáticas es ... | | | | | |
| 19. Mi habilidad al usar las TIC para formular y responder preguntas de aclaración sobre un problema es ... | | | | | |
| 20. Mi habilidad al usar las TIC para juzgar qué tan apropiada es una fuente de información para resolver un problema es ... | | | | | |
| 21. Considero que la cantidad de fuentes que uso para encontrar información por mi cuenta a través de las TIC es ... | | | | | |
| 22. Mi habilidad en el uso de las TIC para verificar la credibilidad de una fuente de información antes de hacer un juicio basado en ella es ... | | | | | |
| 23. Mi habilidad en el uso de las TIC para buscar información que me sea útil para argumentar mis afirmaciones es ... | | | | | |
| 24. Mi capacidad para contrastar, con el apoyo de las TIC, un buen argumento que desafía algunas de mis creencias firmemente sostenidas es ... | | | | | |
| 25. Mi habilidad en usar las TIC para comprender el punto de vista de otras personas sobre un tema es ... | | | | | |
| 26. Mi capacidad para establecer vínculos entre hechos, ideas y nociones con el apoyo de las TIC es ... | | | | | |
| 27. Mi habilidad en el uso de las TIC para generar nuevas ideas que apoyen las discusiones en las que participo es ... | | | | | |
| 28. Cuando soy parte de una discusión, mi habilidad en usar las TIC para establecer una perspectiva amplia acerca del tema a tratar es ... | | | | | |
| 29. El grado de importancia que tiene utilizar las TIC para justificar las decisiones que tomo es ... | | | | | |
| 30. El apoyo que me brindan las TIC para re-evaluar mis experiencias y así poder aprender de ellas es ... | | | | | |
| 31. Mi capacidad en usar las TIC para apoyarme en evaluar las implicaciones más amplias de una decisión antes de ponerla en acción es ... | | | | | |
| 32. Mi habilidad en el uso de las TIC para generar ideas o desarrollar nuevas formas de hacer las cosas es ... | | | | | |
| 33. Mi creatividad para ayudar a otras personas por medio de las TIC a lidiar con una situación difícil es ... | | | | | |
| 34. Mi creatividad para, a través de las TIC, enseñar a alguien a hacer algo es ... | | | | | |
| 35. Mi creatividad para, con el apoyo de las TIC, generar nuevas formas de ayudar a la gente es ... | | | | | |
| 36. Mi creatividad en el uso de las TIC para mediar una disputa o discusión entre dos amigos es ... | | | | | |
| 37. Mi creatividad para analizar un libro mediante el uso de las TIC es ... | | | | | |
| 38. Mi creatividad para ofrecer comentarios constructivos usando las TIC basados en mi propia lectura de un artículo es ... | | | | | |
| 39. Mi creatividad para crear y subir un video divertido en Youtube es ... | | | | | |
| 40. Mi creatividad para arreglar una computadora "congelada" o con errores es ... | | | | | |
| 41. Mi creatividad para escribir un programa de computadora es ... | | | | | |
| 42. Mi creatividad para realizar o diseñar un experimento científico en el que estén implicadas las TIC es ... | | | | | |
| 43. Mi creatividad para crear un álbum de fotografías digitales es ... | | | | | |

| | Muy alta(o) | Alta(o) | Media(o) | Baja(o) | Muy baja(o) |
|--|-------------|---------|----------|---------|-------------|
| 44. Mi capacidad para comunicar información e ideas a múltiples audiencias utilizando las TIC es ... | | | | | |
| 45. La variedad de medios de TIC (como mail, chat, blogs, foros, teléfono, servicios de alojamiento como DropBox o Drive, entre otros) que uso para comunicar información es ... | | | | | |
| 46. La variedad de formatos que uso para comunicar información a través de las TIC es ... | | | | | |
| Para contestar los ítems 47 al 57, considera el escenario: Cuando me comunico a través de las TIC, ... | | | | | |
| 47. ... mi nivel de atención al mensaje del interlocutor, incluso si su punto de vista confronta al mío, es ... | | | | | |
| 48. ... mi capacidad para expresar mi inconformidad al responder a alguien, incluso si existe presión para ello, es ... | | | | | |
| 49. ... mi capacidad para expresar mis expectativas, incluso si la otra persona me percibe como irracional, es ... | | | | | |
| 50. ... mi capacidad para tomar en cuenta la retroalimentación y avanzar en una discusión, incluso si la otra persona persiste en continuar en la retroalimentación, es ... | | | | | |
| 51. ... mi capacidad para compartir mi perspectiva con los demás, incluso si han intentado desvalorizar mis ideas, es ... | | | | | |
| 52. ... la confianza con la que comparto mis ideas, incluso si he recibido comentarios negativos de ellas, es ... | | | | | |
| 53. ... la claridad con la que articulo mis razones para generar una pregunta, incluso si la otra persona no parece interesada en apoyarme en su respuesta, es ... | | | | | |
| 54. ... mi capacidad para desafiar la retroalimentación que no es adecuada, incluso si me siento intimidado(a) por la otra persona, es ... | | | | | |
| 55. ... la atención que otorgo a lo que necesito, incluso si recibo una respuesta que no deseo, es ... | | | | | |
| 56. ... mi capacidad para defenderme a mí mismo, incluso si la otra persona parece intimidante, es ... | | | | | |
| 57. ... mi capacidad para mantener la consistencia de lo que estoy diciendo y cómo lo estoy diciendo, incluso si tengo una comunicación difícil, es ... | | | | | |
| 58. Cuando tengo que buscar información, mi habilidad en el uso de las TIC para formular un enunciado de investigación que me facilite la búsqueda es ... | | | | | |
| 59. Mi habilidad en el uso de las TIC para encontrar y recuperar información desde varios recursos en línea es ... | | | | | |
| 60. La frecuencia con la que examino más allá de los primeros resultados de una búsqueda en línea es ... | | | | | |
| 61. Mi capacidad para juzgar la utilidad de la información que obtengo a través de las TIC es ... | | | | | |
| 62. Mi capacidad para juzgar si la información que obtengo a través de las TIC para un propósito específico es suficiente es ... | | | | | |
| 63. Mi habilidad para organizar información con TIC, de tal forma que pueda encontrarla después es ... | | | | | |
| 64. La frecuencia con la que utilizo las TIC en el desarrollo de proyectos académicos es ... | | | | | |
| 65. La utilidad de las TIC en el desarrollo de mis proyectos académicos es ... | | | | | |

| | Muy alta(o) | Alta(o) | Media(o) | Baja(o) | Muy baja(o) |
|--|-------------|---------|----------|---------|-------------|
| 66. El apoyo de las TIC en su forma básica (por ejemplo, procesadores de texto, comunicación entre miembros del equipo, hojas de cálculo, entre otras) en el desarrollo de mis proyectos académicos es ... | | | | | |
| 67. El apoyo de las TIC en forma especializada (por ejemplo, bases de datos, desarrollo de sitios web, diseño gráfico, identificación táctil, software especializado, entre otras) en el desarrollo de mis proyectos académicos es ... | | | | | |
| 68. El grado en que utilizo las redes sociales para atender conversaciones de mis círculos sociales mientras realizo actividades académicas es ... | | | | | |
| 69. El grado en que utilizo las TIC para jugar mientras realizo actividades académicas es ... | | | | | |
| 70. El grado en que las TIC desvían mi atención mientras desarrollo actividades académicas es ... | | | | | |
| 71. La frecuencia con la que utilizo las TIC para obtener actividades académicas y presentarlas cuando no pude finalizarlas por mi cuenta en tiempo y forma es ... | | | | | |
| 72. De todo el tiempo que utilizo las TIC, el porcentaje que le dedico al apoyo de actividades académicas es ... | | | | | |
| 73. Mi habilidad general en el uso de las TIC antes de iniciar mis estudios de licenciatura en la universidad era ... | | | | | |
| 74. El grado en que he mejorado mi habilidad para usar las TIC debido al desarrollo de mis estudios de licenciatura es ... | | | | | |
| 75. En general, la semejanza en el uso de las TIC entre mis docentes y yo es ... | | | | | |
| 76. En general, la capacidad de los profesores y las profesoras en el uso de las TIC en su labor docente es ... | | | | | |
| 77. La frecuencia con la que los profesores y las profesoras usan las TIC para comunicarse con las alumnas y los alumnos es ... | | | | | |
| 78. La capacidad de los profesores y las profesoras en el uso de las TIC para comunicarse con las alumnas y los alumnos es ... | | | | | |
| 79. La frecuencia con la que los profesores y las profesoras usan las TIC para impartir sus clases es ... | | | | | |
| 80. La dependencia de los profesores hacia las TIC para impartir sus clases es... (no considerar aquellas asignaturas en donde las TIC son parte implícita de las mismas, como programación de computadoras o diseño web) | | | | | |
| 81. En general, el grado de capacitación en el uso de TIC que requieren los profesores y las profesoras que me impartieron clase es ... | | | | | |

Instrucciones

Contesta las siguientes preguntas, considerando el desarrollo de tus estudios en la Universidad.

82. Aproximadamente, ¿en cuántos proyectos desarrollados en tus asignaturas utilizaste a las TIC como apoyo? Escribe una cantidad (omite respuestas como "Todos", "Pocos", "La mayoría", etc.)

83. Si además de los proyectos propios de tus asignaturas, participaste en otros proyectos como estudiante de la Universidad, indica en cuántos de ellos utilizaste a las TIC como apoyo. Escribe una cantidad (omite respuestas como "Todos", "Pocos", "La mayoría", etc.). Si no participaste en proyectos adicionales a los de tus asignaturas, no escribas nada sobre la línea.

¡Muchas gracias por tu participación!