

EXAMEN DE UBICACIÓN COMO APOYO AL PROCESO FORMATIVO DEL FUTURO INGENIERO

PLACEMENT EXAM TO SUPPORT THE TRAINING PROCESS OF THE FUTURE ENGINEER

C. García Franchini¹
M. Alvarado Arellano²
J. O. Laguna Cortes³
M. P. Torrijos Muñoz⁴

RESUMEN

Para el ingreso a las ingenierías de manera generalizada, los aspirantes presentan actividades de selección, dentro de las cuales, la más empleada es una evaluación de selección compuesta de ítems de opción múltiple. A partir del ordenamiento de mayor a menor de las calificaciones obtenidas se selecciona el nuevo ingreso, por lo que, es importante contar con un instrumento confiable y robusto, ya que, se considera que a una mejor calificación la probabilidad de que el estudiante culmine su ingeniería resulta más alta. Ante los cambios tecnológicos actuales, resulta importante que tal instrumento tome en cuenta a la tecnología asociada con las nuevas características a las que la sociedad 4.0 y 5.0 aspira. Adicionalmente, es importante considerar que el proceso de selección debe de considerar las acciones positivas que permitan evitar cualquier tipo de discriminación y que, adicionalmente, permita detectar las acciones académicas que se deben de aplicar posteriormente para mejorar el desempeño estudiantil mediante acciones propedéuticas. El presente trabajo inicia el proyecto *MicroCell* orientado a determinar acciones propedéuticas para la educación 2030, considerando inicialmente junto con otros factores sociales, tecnológicos y académicos determinantes. Esta investigación inicial se delimita a la evaluación de un instrumento de ubicación de calidad y el estudio de los resultados que arroja.

ABSTRACT

For admission to engineering in a general way, applicants present selection activities, among which the most used is a selection evaluation composed of multiple-choice items. Based on the ordering from highest to lowest of the grades obtained, the new entry is selected, so it is important to have a reliable and robust instrument, since it is considered that with a better grade, the probability that the student will complete their engineering is highest. Given the current technological changes, it is important that such an instrument consider the technology associated with the new characteristics to which society 4.0 and 5.0 aspire. Additionally, it is important to consider that the selection process must consider positive actions that allow avoiding any type of discrimination and that additionally allows detecting the academic actions that must be applied later to improve student performance through preparatory actions. This work begins the *MicroCell* project aimed at determining preparatory actions for education 2030, initially considering together with other social, technological, and academic determinants. This initial investigation is limited to the evaluation of a quality placement instrument and the study of the results it yields.

¹ Profesor de tiempo completo. Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico de Puebla. cgfranchini@gmail.com.

² Profesora de tiempo completo. Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico de Puebla. marare@yahoo.com.

³ Profesor de tiempo completo. Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico de Puebla. jose.laguna@puebla.tecnm.mx

⁴ Profesora de tiempo completo. Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico de Puebla. patricia.torrijos@puebla.tecnm.mx.

ANTECEDENTES

La selección de aspirantes de nuevo ingreso es una actividad importante en la mayoría de las instituciones de educación superior (IES), ya que, en lo general, la cantidad de aspirantes rebasa el cupo físico o virtual de las instituciones para asegurar la calidad de sus programas de ingeniería. Esta delimitación de la matrícula de nuevo ingreso depende de múltiples factores que pueden ser académicos, sociales, económicos o políticos, sin embargo, en la actualidad la propia selección implica un proceso que debe modular la justicia social y a su vez aplicar acciones positivas que busquen eliminar cualquier tipo de discriminación.

Por otro lado, la selección no solo implica el ingreso a una institución, sino que, también implica la decisión de un estudiante a ingresar a una carrera e incluso a una institución, por lo que, los factores económicos familiares orientan grandemente esta primera decisión. Según Sánchez et al. (2020), los procesos de admisión a la educación superior son evaluaciones sumativas de alto impacto para los aspirantes, por lo que, requieren evidencia de validez para que las inferencias que se hagan de los resultados sean apropiadas. Por tanto, las consecuencias de la selección generan efectos importantes en las personas y su familia, no solo de tipo económico, sino incluso con aspectos de la salud física y mental de los rechazados. En contraparte la buena selección acrecienta el prestigio institucional y mejora indicadores relacionados con el egreso y la deserción escolar.

En este mismo aspecto, señalan Torres et al. (2019, como se citaron en García et al., 2023) que, las características del perfil de ingreso de los estudiantes plantean la necesidad de generar estrategias de intervención para disminuir la deserción que pudiera existir, en cuanto que el nuevo ingreso al sistema universitario es un proceso progresivo que consiste en identificar, asimilar y seguir las pautas de comportamiento propias de las prácticas escolares en la educación superior.

Sin embargo, en acuerdo con Anderson et al. (2023), los aspectos tecnológicos en constante evolución han jugado un papel importante en el progreso humano, de la tal forma que, las nuevas tecnologías influyen a la sociedad, a sus actividades económicas y, sobre todo, a como se organizan y desarrollan sus procesos. En este aspecto el proceso educativo ha sufrido constantes cambios, de tal forma que, han surgido nuevos esquemas exitosos (Rider et al., 2021) para asegurar la calidad de la educación en todos sus niveles, pero sobre todo su rol en la sociedad del conocimiento preámbulos de la sociedad 4.0 y 5.0.

No se puede perder de vista, como se ha adelantado, que la selección puede ser tomada paralelamente como un proceso de equidad y no discriminación (Pineda y Mishra, 2022), ya que permite la asignación de cuotas a diferentes grupos sociales o étnicos (Cremonini et al., 2007), o para tratar de asegurar ordenamientos jurídicos, políticos o sociales relacionados con los desequilibrios sociales tratando de evitarlos o incluso para centrarse precisamente en ellos favoreciendo a alguna minoría (Dhawan et al., 2022), o bien aplicando la selección como una acción positiva en favor de estudiantes con capacidades diferentes, clases menos favorecidas económicamente, grupos migrantes, cuotas de género o incluso auxilio o preferencia por estudiantes de alto desempeño (van't Land et al., 2021).

En cualquiera de los casos se puede considerar que el objetivo de la selección debe ser orientado adicionalmente hacia la ubicación, es decir, que no solo permita obtener la lista

ordenada de aquellos que serán aceptados en la nueva generación, sino que aporte información para la detección de las deficiencias encontradas por cada estudiante y poder desarrollar estrategias o intervenciones educativas que le permitan recuperar las lagunas de conocimiento de los niveles educativos previos o incluso de su actual nivel educativo cuando ya es alumno de una IES.

Este es en gran medida, el objetivo del proyecto que se ha denominado *MicroCell* y para el cual se ha planteado como punto de partida, la revisión de los contenidos y calidad del propio instrumento de selección, para desde ahí, a partir de sus contenidos y resultados, conjuntamente con otros factores motores de esta investigación, motivar la propuesta y desarrollo de esas estrategias de intervención, por ello más que una selección generada por el instrumento en este documento se orientará como ubicación. El propósito final es relatar la experiencia y recomendaciones para la formación integral de ingenieros.

El objetivo de la investigación es verificar los contenidos, confiabilidad y fortaleza del instrumento de selección institucional. El estudio se justifica porque el instrumento fue diseñado de manera interna por profesores de la institución y pilotado con la población real previo a la pandemia, sin embargo, debido a tal periodo los resultados se presentan en este documento, en cuyo caso se planteó la pregunta de investigación: ¿es confiable y robusto el instrumento de selección diseñado y aplicado de manera interna?

El estudio fue factible ya que se refiere a recursos y procesos institucionales internos y se realizó con la población total de aspirantes del 2020 en el Instituto Tecnológico de Puebla y las conclusiones se obtuvieron en 2023, y es relevante ya permite justificar su futuro uso en la mejoría de los aspectos de ubicación buscados con el proyecto *MicroCell* que los recoge para beneficiar a las futuras generaciones de ingenieros.

METODOLOGÍA

Para Salazar et al. (2015) y Oviedo y Campos (2005), por su calidad y trascendencia, para las instituciones es importante contar con un instrumento de selección de aspirantes que sea confiable según la teoría clásica de la medición en donde la validez corresponde con la exactitud de la cuantificación y la confiabilidad se refiere a si el instrumento mide lo que dice y es estable en el tiempo, es decir, es robusto.

Si bien, la validez y la confiabilidad permiten justificar los elementos explicativos de porqué un estudiante no ha sido aceptado, buscando mitigar el impacto negativo al estudiante y sus familias (Sánchez et al., 2020), surgen interrogantes sobre el comportamiento de los sustentantes ante la estructura y dinámica del examen, así como, ¿realizan realmente los algoritmos? ¿infieren las respuestas?, o ¿simplemente seleccionan las respuestas al azar?

Estas interrogantes adicionales, permiten ser descritas mediante los resultados del proceso de selección y sí se cuenta con datos adicionales relacionados con la base de datos del Departamento de Servicios Escolares, se pueden asociar y enumerar características sociodemográficas (Guzmán y Serrano, 2011), las debidas a la masificación de la educación (van't Land et al., 2021) e incluso académicas de los aceptados por el proceso, o más aún, sobre la inferencia-conclusión de comportamiento de los sustentantes, o muchos otros aspectos estadísticos descriptivos o inferenciales como los descritos por Trejos et al. (2021),

o bien los relacionados con la teoría clásica de la medición (Salazar et al., 2015; Oviedo y Campos, 2005).

El instrumento de selección fue desarrollado por profesores de la institución y cubrió los doce componentes de validez de exámenes objetivos de la *American Educational Research Association* (AERA) (Sánchez et al., 2020): 1. Plan general y global del examen, 2. Definición del dominio y declaraciones que se harán sobre los resultados, 3. Especificaciones del examen, 4. Desarrollo de los ítems, 5. Diseño y montaje del examen, 6. Producción del examen, 7. Aplicación del examen, 8. Calificación del examen, 9. Establecimiento de punto de pase, 10. Reporte de resultados del examen, 11. Seguridad del examen y banco de reactivos y 12. Reporte técnico de la prueba.

En particular resalta el hecho de que el reporte técnico de la prueba incluyó una auditoría a la estructura del examen en el servidor del proveedor, así como, a su base de datos, de tal forma que antes de su lanzamiento se realizaron todas las correcciones necesarias para tener una presentación visualmente correcta de cada uno de los reactivos, así como, las correcciones de código necesarias para asegurar la notación científica adecuada para cada área del conocimiento, trabajo del cual se presentó Reporte que resume las acciones realizadas exitosamente en la plataforma del proveedor. Adicionalmente, se realizó el análisis de validez y confiabilidad (robusto) que corresponde a un análisis detallado que permita mostrar la integridad del examen, empleando pruebas estadísticas para justificar su fortaleza en la selección de los mejores aspirantes.

El sistema e instrumento de evaluación se aplicó a los aspirantes de todas las carreras por medio virtual y se compone de un conjunto de reactivos centrados en dos competencias básicas de inicio: Competencias matemáticas y Competencias de dominio de la Lengua, la duración es de tres horas y no tiene límite en el número de reactivos, es decir, el estudiante no tiene un máximo ni mínimo de reactivos por cubrir.

El instrumento cuenta con 375 reactivos, de los cuales 244 corresponden al área de matemáticas, 111 al área de dominio de la lengua y 20 al enfoque administrativo. De los 375 reactivos de matemáticas, 42 son exclusivos para los aspirantes de ingeniería y 202 están disponibles para ambas áreas: Ingeniería y Ciencias Económico-Administrativas. Los 111 reactivos del dominio de la Lengua se aplican a ambas áreas, y los 20 reactivos de enfoque administrativo son para aspirantes a Ciencias Económico-Administrativas y son considerados como parte del dominio de la lengua, para propósitos de análisis.

El tamaño de la población fue de 2296 aspirantes, de los cuales 2136 corresponde al área de ingeniería y 160 al área de Económico-Administrativas, lo que implica el análisis de 848,109 registros con 8 campos cada uno:

- Ficha aspirante. Código numérico asignado a cada aspirante.
- Reactivo. Código numérico secuencial asignado a cada reactivo.
- Área. Competencias Matemáticas o de la Lengua.
- Carrera. Uso del reactivo: Ingeniería, administración o ambas.
- Respuesta. Opción elegida por el estudiante como respuesta (A, B, C, D).
- Estatus. Correcta, incorrecta, omitida, no mostrada.
- Tiempo de inicio. Fecha y hora en que se muestra el reactivo.

- Tiempo final. Fecha y hora en que se cierra el reactivo.

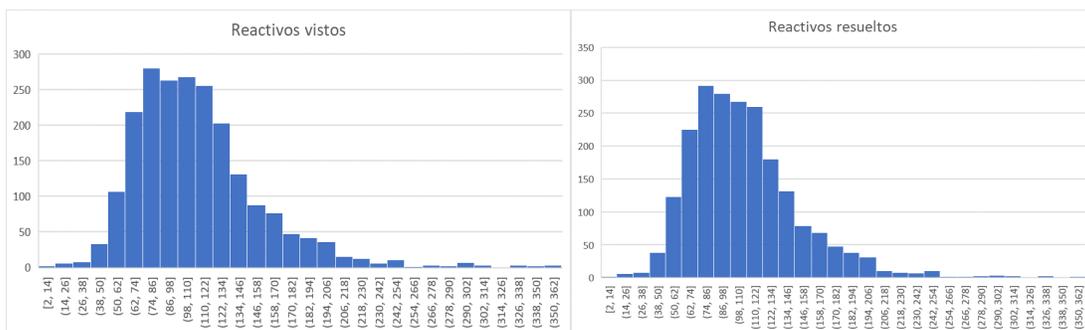
RESULTADOS

Debido a que los reactivos se despliegan aleatoriamente para cada estudiante, cuando un reactivo se le despliega, se asigna la categoría de Visto y se inicia el tiempo de reloj, de acuerdo con la acción del sustentante el estatus se fijará como Correcto o Incorrecto o bien como Omitido si lo pasa sin hacer una selección de opción.

La Figura 1a, muestra la distribución de frecuencias del número de reactivos vistos, cuya media es 112 reactivos desplegados, con una desviación estándar de 176.5. En la misma figura se muestra la clase modal (74,86] con moda 280, es claramente visible que el histograma tiene sesgo a la derecha, es decir, la mayor cantidad de alumnos en una clase vio alrededor de 82 reactivos. Se muestra la cola que comienza en la clase (242,242] que son casos anómalos e implican selección de respuesta al azar, que se verifica con los tiempos empleados en responder.

El número de reactivos resueltos correcta o incorrectamente se muestra en el histograma de la Figura 1b, tienen media 109.4 y desviación estándar 176.5, siendo éste un mejor estadístico que los reactivos vistos, sin embargo, el número de reactivos vistos y los resueltos es muy similar (112 a 109 respectivamente), por lo que su diferencia no es significativa. En el histograma de la Figura 2b, se muestra la clase modal (74,86] que coincide con la de los reactivos vistos, y ambos histogramas muestran el mismo tipo de sesgo, en donde a partir nuevamente de la clase (242,254] se observan casos anómalos.

Figura 1. Histograma de frecuencias de: (1a) reactivos vistos y (1b) reactivos resueltos

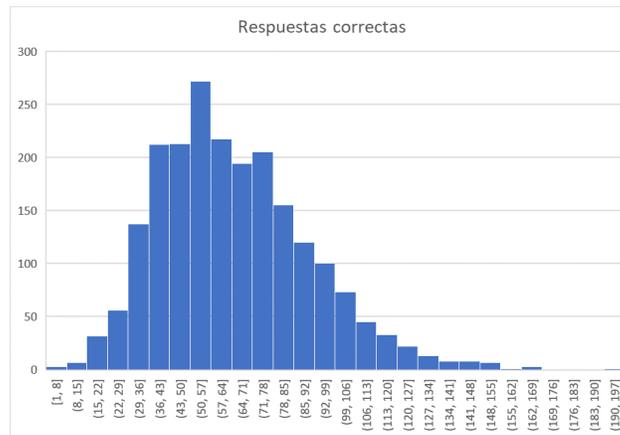


De acuerdo con los registros de tiempo de las preguntas respondidas el tiempo promedio empleado para la respuesta fue de 56.742 segundos (0.9457 min) con una desviación estándar de 19.9 segundos, la moda es la clase [0.426,0.497] e indica que aproximadamente 17,648 reactivos-alumno fueron resueltos entre 0.426 y 0.497 minutos.

El histograma de distribución de frecuencias del número de reactivos resueltos correctamente se presenta en la Figura 2, la clase modal es [57, 64], con media de 65 reactivos y desviación estándar 98, el histograma presenta sesgo a la derecha en la que se detectó el máximo número logrado de 197, siendo posiblemente anómalo o bien excepcional. La relación entre los reactivos omitidos por los aspirantes y el total de los Vistos genera la recta de regresión $y=0.0505x-2.9911$ y el coeficiente de correlación $r^2=0.0577$, que indica la baja probabilidad

de que los datos estén correlacionados, esto es existe una alta probabilidad de que los alumnos una vez que se le presenta un reactivo, elige una respuesta, de cada 100 reactivos vistos apenas 5 son omitidos por los sustentantes. Hay indicios de que alrededor de 20 estudiantes (9 de cada 1000) respondían al azar y solo dos los vieron casi todos, pero seleccionaban posiblemente los más fáciles.

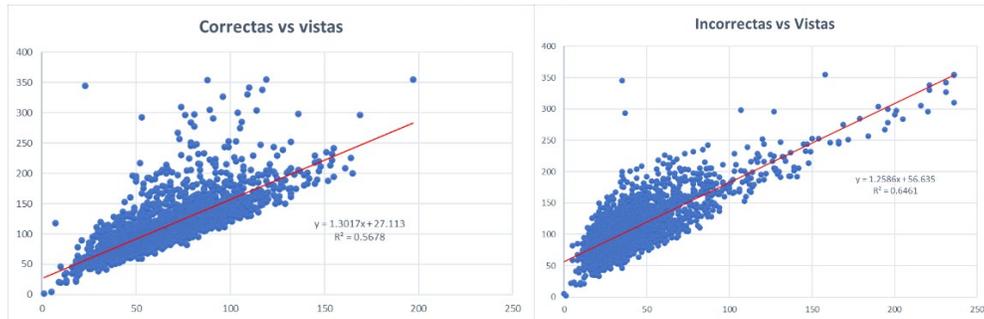
Figura 2. *Histograma de frecuencias del número de reactivos resueltos correctamente*



En el diagrama de dispersión de la Figura 3a, se muestra la correlación entre el número de reactivos vistos y los realizados de manera correcta, los datos permiten calcular una media de 59.18% de reactivos correctos y desviación estándar de 2.75% respecto de los reactivos vistos. La recta de regresión predice que de cada 130 reactivos vistos 100 son resueltos correctamente, esto es 77%.

La dispersión muestra que la eficiencia mejora cuando son vistos menos de 200 reactivos por los sustentantes. Esta discrepancia entre la media y lo previsto por la correlación, nos indica que no depende del azar, que los alumnos lograron resultados debido a los conocimientos mostrados. La Figura 3b muestra la dispersión de datos de reactivos incorrectos contra los reactivos vistos, existe una correlación al 64.61% entre los reactivos mal resueltos y los reactivos vistos. Se observa que estudiantes que vieron a lo más 200 reactivos en gran medida obtuvieron menos de 100 aciertos, ver más reactivos a dicha cantidad no les aportó en gran medida a su calificación, destaca el coeficiente 56.635 para la misma recta que indica que la gran mayoría de los sustentantes tuvieron al menos 56 reactivos incorrectos.

Figura 3. Diagrama de dispersión y recta de regresión de reactivos: (3a) correctos y (3b) incorrectos



El resumen de análisis de validez por reactivo se presenta bajo un formato uniforme que presenta diferentes elementos de manera resumida y que se ejemplifica para el reactivo 253 en la Figura 4.

1. Cabecera.
 - 1.1. Identificación del reactivo.
 - 1.2. Área de conocimiento que evalúa en dos posibilidades: Lenguas o Matemáticas.
 - 1.3. Sub-área, que identifica a las diferentes áreas de los dos dominios.
 - 1.4. Aplicación: Ingeniería, Administración o ambas.
2. Conteo de aplicación del reactivo
 - 2.1. Resueltos: número de estudiantes que resolvieron el reactivo, sin importar el estatus.
 - 2.2. Factor de uso: indicador que mide la proporción de aspirantes que resolvió el reactivo entre el total de aspirantes $N=2296$.
3. Deciles ingeniería.
 - 3.1. La tabla deciles de ingeniería. Decil 1 representa a los alumnos con más respuestas correctas y decil 10 alumnos con menos respuestas correctas. Se muestran gráficamente en un polígono de frecuencias y su recta de regresión.
4. Correctas cuartiles.
 - 4.1. Tabla y de polígono de frecuencias absolutas por cuartiles. El histograma “Correctas cuartiles”, incluye un histograma para sustentantes de ingeniería y otro para administración.
5. Análisis de dificultad
 - 5.1. Global, comprende los indicadores para todos los estudiantes sustentantes considerando el número total de sustentantes N , el número total de sustentantes que respondieron correctamente C_i^G y el factor de uso F_i .

$$p\text{-Pearson} = p_i^G = C_i^G / (NF_i)$$
 , identifica la proporción de alumnos que respondieron al reactivo correctamente. Mientras $d_i^G = 1 - p_i^G$, es el indicador de dificultad global del reactivo, que representa la proporción de sustentantes que respondieron incorrectamente al reactivo, un valor cercano a 1 indica un reactivo muy difícil, mientras si el valor es cercano a 0 el reactivo resultó muy fácil.

- 5.2. Administración, comprende los mismos indicadores que el numeral 5.1 pero solamente considerando a los sustentantes de Administración, en cuyo caso $N^A = 160$, $p\text{-Pearson} = p_i^A = C_i^A / (N^A F_i)$, $d_i^A = 1 - p_i^A$ indicador de dificultad diferenciado para sustentantes de Administración.
- 5.3. Ingeniería, comprende los mismos indicadores que el numeral 5.1, pero, solamente considerando a los sustentantes de Ingeniería, en cuyo caso $N^I = 2136$, $p\text{-Pearson} = p_i^I = C_i^I / (N^I F_i)$, $d_i^I = 1 - p_i^I$.

En este análisis de dificultad, el indicador considerado como fundamental es el índice de dificultad que se puede considerar como una escala de Likert, con la interpretación: ($0 \leq d < 0.20$, Muy fácil), ($0.20 < d \leq 0.40$, Fácil), ($0.40 < d \leq 0.60$, Mediana dificultad), ($0.60 < d \leq 0.80$, Difícil) y ($0.80 < d \leq 1.00$, Muy difícil).

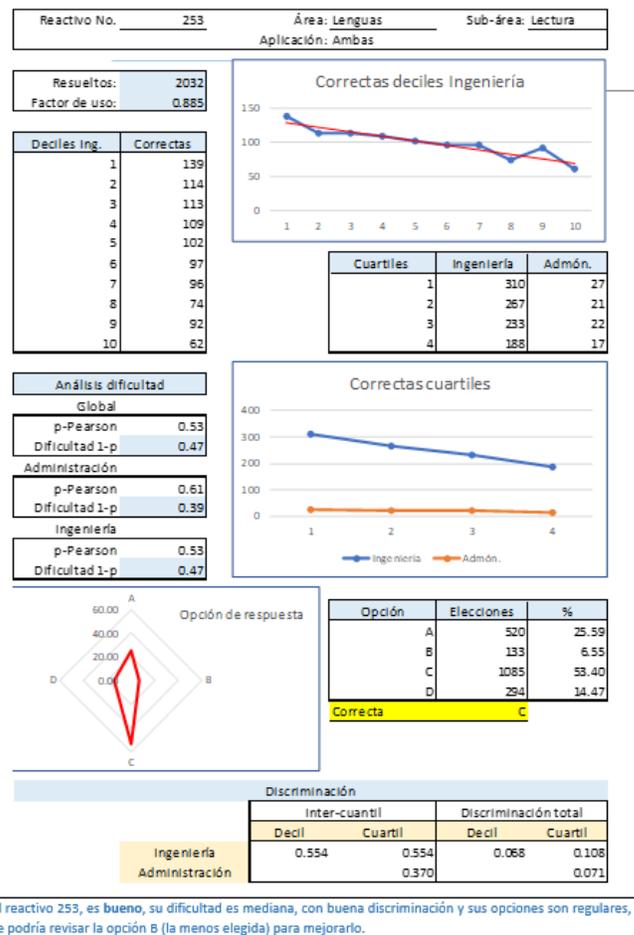
6. Calidad de los distractores de manera global
- 6.1. Cada reactivo tiene 4 opciones de respuesta que se despliegan de manera aleatoria, retirando esa aleatoriedad las opciones son A, B, C y D. El indicador elecciones muestra cuantos de los sustentantes eligieron cada opción y %elección (%e) lo muestra de manera porcentual. El balance ideal es que todas las opciones sean elegidas en la misma proporción incluida la opción correcta, pero puesto que la elección de la respuesta correcta depende de la dificultad del reactivo, se considera que la proporción balanceada corresponderá con la igualdad entre la %e de las opciones incorrectas. En este indicador se considera la interpretación cualitativa y la sugerencia dada: ($0.20 < \%e$, Opciones buenas) Aceptable, ($0.10 \leq \%e \leq 0.20$, Opciones regulares) y ($0 \leq \%e < 0.10$, Opciones Malas). En la misma figura 4 se presenta el análisis gráfico de elección de opciones (Opción de respuesta).
7. Análisis de discriminación del reactivo
- 7.1. La discriminación de un reactivo es un indicador de calidad, el primer indicador al respecto es la pendiente de la recta de regresión de los datos de deciles y cuartiles, en donde para el orden de mayor a menor elegido, la pendiente debe ser necesariamente negativa, en caso de ser positiva el reactivo es atípico, dicha pendiente dependerá del grado de dificultad de tal forma que la esperanza de reactivos correctos debe ser mayor en el decil 1 en comparación al decil 10 y de igual forma para las esperanzas en los cuartiles, de manera definitiva si la desigualdad está invertida el reactivo debe ser revisado o desechado.
- 7.2. El índice de discriminación inter-cuartil corresponde con $d_i^D = (D_i^1 - D_i^{10}) / D_i^1$, de acuerdo con la esperanza de los deciles debe ser estrictamente positivo, y en caso contrario el reactivo es atípico y deberá ser revisado e incluso eliminado sobre todo si su valor es menor a -0.1 . Representa la razón del diferencial entre los aspirantes de más alta calificación menos los de resultados más bajos, respecto de los obtenidos en el decil de los más altos. Este indicador está asociado también al grado de dificultad del reactivo. El índice inter-cuartil corresponde con $d_i^Q = (Q_i^1 - Q_i^4) / Q_i^1$, de acuerdo con la esperanza de los cuartiles debe ser estrictamente positivo, y en caso contrario el reactivo es atípico y deberá ser revisado drásticamente e incluso eliminado. El comportamiento e interpretación de d_i^Q es idéntico a d_i^D , pero d_i^D es una prueba más

ácida ya que compara el 10% más alto de calificaciones respecto del 10% más bajo, es decir, es más moderado o estable. Ambos se interpretan según: ($d < 0$, Muy mala) Modificar drásticamente el reactivo o definitivamente desechar, ($0 \leq d < 0.10$, Pobre) Modificar drásticamente el reactivo, ($0.10 \leq d < 0.30$, Regular) Revisar y modificar ligeramente el reactivo, ($0.30 \leq d < 0.40$, Buena) Revisar si se quiere modificar y ($0.40 \leq d$, Excelente) Reactivo excelente.

7.3. El índice de discriminación total es $dt_i^D = (D_i^1 - D_i^{10}) / N_i$ para deciles y $dt_i^Q = (Q_i^1 - Q_i^4) / N_i$ para cuartiles, y en ambos casos compara la razón de las respuestas correctas de cuartil más alto menos el del más bajo, respecto de los participantes totales del evento. Para interpretarlo cualitativamente se puede emplear el punto 7.2 con el cambio de escala 4 y 10 respectivamente. Este indicador suaviza la discriminación dependiendo del crecimiento de la población.

Al finalizar el formato resumen, con la información desplegada se presenta la conclusión del reactivo en el formato siguiente: El reactivo 253, es bueno, su dificultad es mediana, con buena discriminación y sus opciones son regulares, se podría revisar la opción B (la menos elegida) para mejorarlo.

Figura 4. Formato de análisis de validez por reactivo



CONCLUSIONES

La valoración estadística descriptiva del modelo de evaluación para aspirantes con motivo de selección muestra un proceso robusto (confiable), ya que, permite ordenar fácilmente a los estudiantes respecto de su logro sin la limitante de empates y falta de discriminación que generan instrumentos de número fijo de reactivos. La aleatoriedad de los reactivos propuestos a cada estudiante tiene la ventaja de que prácticamente cada estudiante presenta un examen diferente y éste tiene la oportunidad de incluso después de ver un reactivo omitirlo, sin embargo, la variable de reactivos omitidos no es importante porque los datos muestran que los estudiantes en más del 95% de los casos no hacen omisiones.

Un punto crítico en exámenes con reactivos de opción múltiple es la posibilidad de que el aspirante decida avanzar con una mayor cantidad de reactivos, respondiendo al azar, lo cual se muestra en aquellos casos en que el estudiante ve casi todos los reactivos, pero se ve obligado a responder al azar en la mayoría de ellos, hecho que no ocurrió. Las respuestas sí reflejan conocimiento, 9 de cada 1000 alumnos optó por el azar. Hasta este punto, no parece necesario incrementar el número de reactivos del instrumento y se recomienda aplicar el proceso señalado desde el diseño original.

Después del análisis de cada uno de los 375 reactivos que componen el Banco del examen de selección de aspirantes y un reporte de cerca de 400 páginas, se tiene:

1. Distribución del grado de dificultad: Muy fácil, 39,10%; Fácil, 88, 23%; Media, 105, 28%; Difícil, 135, 36% y Muy difícil, 8, 2%. Con base en el grado de dificultad que experimentaron los aspirantes se considera que es adecuada, ya que el porcentaje de los tres niveles más bajos representa el 62%, mientras, la media del número de respuestas de los estudiantes fue de 65 reactivos correctos de 109 resueltos, también como valor medio.
2. Distribución del grado de discriminación: Muy mala, 20, 5%; Pobre, 5, 1%; Regular, 19, 5%; Buena, 23, 6% y Excelente, 308, 82%. Con base en el grado de discriminación, se tiene un nivel excelente en el 82% de los casos y pobre o mala, apenas el 6% que se deben modificar.
3. Distribución de la calidad de las opciones de respuesta: Buenas, 183, 49%; Regulares, 160, 43% y Malas, 32, 9%. Apenas el 9% de los reactivos presenta opciones clasificadas como malas para los cuales se propone modificar alguna de las opciones para mejorar su calidad.
4. Distribución de la calidad general del reactivo: Excelente, 86, 23%; Buena, 219, 58%; Aceptable, 49, 13%; Mala, 21, 6% y Pésima, 0, 0%. De manera importante la calidad general de los reactivos permite utilizar los reactivos clasificados como aceptables, apenas el 6% clasificados como malos, esto son apenas 20 reactivos que deben modificarse.
5. La revisión más detallada de los reactivos clasificados con calidad mala, indica que hay inconsistencia sobre todo en el indicador de discriminación en contraste con la dificultad, visiblemente detectados por la pendiente negativa de la recta de regresión. Por lo que se sugiere no eliminarlos, porque son un indicador fuerte del nivel de deficiencia que presentan los estudiantes y que debe ser atendido en curso de nivelación, esto es la ubicación.
6. Debido a que la proporción de aspirantes de ingeniería (2136) es mucho mayor que la de administración (160), dicha cantidad de población afecta los cálculos de

discriminación de los reactivos. El objetivo de este reporte no consideró esta variable de segmentación, pero se puede revisar como parte del formato de cada reactivo.

Después de los diversos análisis realizados se permite concluir que el instrumento institucional de selección para aspirantes es válido, confiable y robusto, y se cubren la pregunta de investigación y el objetivo propuesto. Se aporta suficiente información en las aplicaciones para poder detectar las áreas de oportunidad para determinar las acciones de ubicación específicas por alumno.

Con este aporte del análisis de validez y confiabilidad del instrumento de selección, es viable considerar ampliarlo a una base mayor de estudiantes y mantenerlo de manera permanente en constante evolución, ya que mediante procesos adicionales de *BigData* y de ser necesaria la Inteligencia Artificial (IA) es viable establecer la ubicación individual para plantear estrategias de apoyo que permitan solventar las deficiencias individuales que es la orientación que pretende el proyecto *MicroCell*.

BIBLIOGRAFÍA

- Agnihotri, A., Madon, T., & Gadgil, A. (2023). What is Development Engineering? In T. Madon, A. Gadgil, R. Anderson, L. Casaburi, K. Lee, & A. Rezaee (Eds.), *Introduction to Development Engineering*. Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-86065-3?page=1#toc>
- Cremonini, L., Westerheijden, D., & Enders, J. (2008). Disseminating the right information to the right audience: cultural determinants in the use (and misuse) of rankings. *Higher Education*, vol. 55, pp. 373-395. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10734-007-9062-8>
- Dhawan, N., Belluigi, D., & Idahosa, G. (2022). There is a hell and heaven difference among faculties who are from quota and those who are non-quota: under the veneer of the “New Middle Class” production of Indian public universities. *Higher Education*, vol. 86, pp. 271-296. <https://doi.org/10.1007/s10734-022-00932-7>
- García, C., Alvarado, M. (22-24 de febrero de 2023). *Análisis de Validez de los Reactivos del Examen de Selección*. Congreso Internacional de Investigación, Academia Journals Puebla TecNM. Puebla, Puebla, México. <https://www.academiajournals.com/pueblatecnm>
- Guzmán, C., y Serrano, O. (2011). Las puertas del ingreso a la educación superior: el caso del concurso de selección a la licenciatura de la UNAM. *Revista de la Educación Superior*, vol. 40 (157), pp. 31-53. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-27602011000100002&lng=es&tlng=es
- Oviedo, H., y Campos, A. (2005). Metodología de investigación y lectura crítica de estudios. Aproximación al uso del Coeficiente alfa de Cronbach. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, vol. 34(4), pp. 572-580.

https://www.researchgate.net/publication/238755745_Metodologia_de_investigacion_y_lectura_critica_de_estudios_Aproximacion_al_uso_del_coeficiente_alfa

- Pineda, P., & Mishra, S. (2022). The semantics of diversity in higher education: differences between the Global North and Global South. *Higher Education*, vol. 85, pp. 865- 886. <https://doi.org/10.1007/s10734-022-00870-4>
- Rider, S., Peters, M., Hyvönen, M., & Besley, T. (Eds.) (2021). *World Class Universities. A Contested Concept*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-15-7598-3>
- Salazar, O., Vélez, C. y Zuleta, J. (2015). Evaluación de conocimientos con exámenes de selección múltiple: ¿tres o cuatro opciones de respuesta? Experiencia con el examen de admisión a posgrados médico-quirúrgicos en la Universidad de Antioquia. *Revista Médica IATREIA*, vol. 28(3), pp. 300-311. <https://doi.org/10.17533/udea.iatreia.v28n3a08>
- Sánchez, M., García, M., Martínez, A. y Buzo, E. (2020). El Examen de Ingreso a la Universidad Nacional Autónoma de México: Evidencias de validez de una prueba de alto impacto y gran escala. *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, vol. 13(2), pp. 107-128. <https://doi.org/10.15366/rie2020.13.2.006>
- Torres, A., Acuña, J., Acevedo, G. y Villanueva, J. (2019). Caracterización del perfil de ingreso a la universidad. Consideraciones para la toma de decisiones. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, vol. 9(18), 539-556. <https://doi.org/10.23913/ride.v9i18.435>
- Trejos, O., Muñoz, L. y Solarte, G. (2021). Aplicación del modelo 4Q para seleccionar aspirantes a Ingeniería de Sistemas a partir del perfil profesional y ocupacional. *Revista Entre Ciencia e Ingeniería*, vol. 15(29), pp. 37-45. <https://doi.org/10.31908/19098367.1703>
- van't Land, H., Corcoran, A., & Iancu, D. (Eds.) (2021). *The Promise of Higher Education, Essays in honor of 70 years of IAU*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-67245-4>