

EXPERIENCIA EN LA EVALUACIÓN DE COMPETENCIAS DE ESTUDIANTES DE PRIMER AÑO DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA POR MEDIO DE RÚBRICAS

EXPERIENCE ABOUT ASSESSMENT OF COMPETENCES OF ELECTRONIC ENGINEERING FRESHMEN USING RUBRICS

Jhon Jairo Ramírez Echeverry, Fredy Andrés Olarte Dussán
Universidad Nacional de Colombia – Bogotá (Colombia)

Resumen

Este artículo presenta una experiencia de evaluación de las competencias de expresión oral y escrita de estudiantes de primer año de la asignatura Introducción a la Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional de Colombia. Dichas competencias se trabajaron con el enfoque de formación en ingeniería CDIO, cuyo propósito es la formación integral del estudiante. La evaluación se realizó con rúbricas que permitieron cuantificar el desempeño de los estudiantes y hacer seguimiento del progreso que tuvieron a lo largo del curso en las competencias trabajadas. Primero se diagnosticó el nivel de desarrollo de los estudiantes en las competencias mencionadas y posteriormente se realizaron actividades para promoverlas. Las rúbricas señalaron los indicadores de desempeño en los que fue evidente una mayor evolución, así como aquellos en los que las actividades del curso no fueron suficientes para lograr los objetivos planteados. Esta información se usará como insumo para modificar las actividades del curso en semestres posteriores o futuras asignaturas que busquen promover las competencias de los estudiantes.

Palabras claves: desarrollo de competencias, comunicación interpersonal, evaluación formativa, progreso educativo, ingeniería electrónica.

Abstract

This paper presents an assessment experience of oral and writing expression competences for Universidad Nacional de Colombia freshmen in the Electronic Engineering introduction course. These competences were developed under an engineering teaching approach known as CDIO that pursues an integral student formation. The assessment was carried out using rubrics that allowed quantifying student's performance for each proposed activity as well as following their progress on the three mentioned competences during the course. Initially, a diagnostic evaluation tool was applied in order to determine student level on each competence at the beginning of the course. Subsequently, several activities were performed to foster that

particular level and evaluating them it was possible to gather measurements that, at the end of the term, allowed characterizing the student evolution during the semester. Additionally, rubrics were useful to detect aspects of each competence in which the students showed a better performance and those activities that were not effective enough to reach the proposed objectives. This information might be used as an input for introducing modifications on the activities oriented to promote the mentioned competences in the same course offered in the future or in other courses of the program.

Keywords: skills development, interpersonal communication, formative evaluation, educational quality, Electrical Engineering.

Introducción

La educación en ingeniería ha ido cambiando del enfoque de transmisión de conocimientos al de formación por competencias técnicas, sociales y de innovación (Marzo *et al.*, 2006). La formación de competencias le facilita al profesional su desempeño, inclusión social, realización personal y ejercicio activo de la ciudadanía (González *et al.*, 2009; Alonso *et al.*, 2009). En ingeniería las competencias que los estudiantes fomentan en su formación favorecen la productividad y el emprendimiento en una profesión basada en ambientes sistemáticos con procesos y productos que usan tecnologías cada vez más complejas (Letelier *et al.*, 2005).

La formación por competencias en educación superior se basa en iniciativas como la de “Competencias clave para el aprendizaje permanente. Un marco de referencia europeo” (Parlamento Europeo y Consejo de Europa, 2006); el Proyecto Tuning en Europa, que ofrece planteamientos para el desarrollo de planes de estudio enfocados a resultados de aprendizaje y competencias para diferentes disciplinas (The Tuning Project, 2008); The European Higher Education Area (EHEA) que plantea cambios de contenidos, denominaciones de los programas, equivalencia de créditos, métodos y estructuras de calificaciones para los profesionales con el fin de incrementar la competitividad del sistema de educación superior de Europa (Unión Europea, 1999; Unión Europea, 2010). Asimismo, en Estados Unidos, “The partnership for 21st century skills” propone una estructura de enseñanza aprendizaje para lograr resultados de aprendizaje en 21 competencias (Partnership for 21st Century Skills, 2009).

En las comunidades académicas, las investigaciones y prácticas generadas a partir de las anteriores

recomendaciones han permitido definir las competencias profesionales que se requiere fomentar, desarrollar métodos para promoverlas y evaluar el impacto de las intervenciones educativas que las han impulsado. En ingeniería se han definido como competencias importantes para sus profesionales (Lucena *et al.*, 2008; Robinson *et al.*, 2005) las capacidades para trabajar cooperativamente (Figl *et al.*, 2008; Pitrik *et al.*, 2008), encontrar información relevante (Hertzum *et al.*, 2000), resolver problemas con pensamiento creativo y crítico (Eder *et al.*, 2007), aprender a tomar decisiones (Eisenhardt, 1989), comunicarse efectivamente (Sageev *et al.*, 2001; Dannels, 2002; Brinkman *et al.*, 2003), administrar proyectos (Motschnig-Pitrik *et al.*, 2007), adelantar iniciativas y manejar riesgos (Hall, 1998) y facilidad de adaptación y flexibilidad en procesos de planeación y manejo del tiempo (Macan *et al.*, 1990; García-Ros *et al.*, 2012). En cuanto a propuestas de métodos para fomentar estas competencias se encuentran estudios para el aprendizaje cooperativo por pares (Delgado *et al.*, 2010), aprendizaje basado en proyectos (Rios *et al.*, 2010), aprendizaje activo (Bonwell *et al.*, 1991), aprendizaje basado en problemas (Felder *et al.*, 1988) y desarrollo de competencias centrado en el individuo con uso de herramientas virtuales (Vicent *et al.*, 2006; Vicent *et al.*, 2007). Los resultados de estos estudios indican que los estudiantes que cursan asignaturas o programas basados en los anteriores métodos mejoran sus procesos de aprendizaje y adquieren competencias transversales adicionales a los conocimientos disciplinares de su profesión.

En ingeniería, un enfoque que plantea objetivos y métodos para la formación integral de los ingenieros y que se destaca entre la comunidad ingenieril mundial es el de Concebir, Diseñar, Implementar y Operar (CDIO), propuesto por la Accreditation Board of Engineering and Technology (Crawley *et al.*, 2007).

Las primeras implementaciones de este enfoque fueron en la Universidad de Tecnología de Chalmers, en Gotemburgo; el Instituto Real de Tecnología (KTH) en Estocolmo; la Universidad de Linkping (LiU), y el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) (Berggren *et al.*, 2003). Actualmente, esta iniciativa se ha extendido a numerosos programas académicos en más de 25 países (Worldwide CDIO Initiative, 2012).

El CDIO propone tres objetivos de formación para los ingenieros: dominar con profundidad los fundamentos técnicos, liderar la creación y operación de nuevos productos, procesos y sistemas y, finalmente, entender la importancia y el impacto estratégico de la investigación y el desarrollo tecnológico en la sociedad (Berggren *et al.*, 2003). De esta manera, CDIO establece metas para que el estudiante de ingeniería desarrolle no sólo competencias específicas de la disciplina sino también competencias genéricas o transversales (Crawley, 2001).

En el programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional de Colombia, en Bogotá, se adoptó el CDIO como enfoque formativo desde 2007, a partir de una reforma académica, seleccionando 14 competencias transversales para los estudiantes durante sus estudios (Dirección de Área Curricular, Ingeniería Eléctrica y Electrónica, 2010).

Entre las competencias seleccionadas están las de comunicación oral y comunicación escrita, que los estudiantes deben fomentar desde el primer semestre del plan de estudios en la asignatura Introducción a la Ingeniería. Se espera que el estudiante aprenda y mejore métodos de preparación y presentación de exposiciones (comunicación oral) y desarrolle capacidad de síntesis por medio de la producción de resúmenes que comuniquen lo aprendido en la consulta de diversas fuentes acerca de un tema (comunicación escrita).

La evaluación del proceso de aprendizaje de estas competencias se realizó a través de rúbricas o matrices de evaluación, ya que éstas permiten describir los desempeños que se espera alcancen los estudiantes en las actividades propuestas (Marzano *et al.*, 1993), facilitan el planteamiento de criterios claros y consistentes de evaluación, mejoran el ambiente de aprendizaje y generan alta motivación (Reddy *et al.*, 2010).

En este artículo se presenta la experiencia de trabajo y evaluación, por medio de rúbricas, de las competencias de comunicación oral y comunicación escrita de los estudiantes de la asignatura Introducción a la Ingeniería Electrónica, durante un semestre. Se exponen los resultados de la evaluación formativa (proceso de aprendizaje) y de evaluación de resultado (logros de aprendizaje) (Taras, 2005; Bloom, 1971). Las rúbricas permitieron detectar los indicadores de desempeño en los que los estudiantes tuvieron una mayor evolución así como aquellos en los que las actividades de la asignatura no fueron suficientes para lograr los objetivos planteados. Esta información se usará como insumo para modificar las actividades de la materia en semestres posteriores o futuras asignaturas que busquen promover estas mismas competencias.

Método: evaluación de competencias en Introducción a la Ingeniería

Al inicio del semestre se diagnosticó el nivel de desarrollo de los estudiantes en las competencias de comunicación oral y escrita y posteriormente se realizaron actividades para promoverlas.

Competencia de comunicación escrita

Para promover esta competencia, durante el semestre los estudiantes elaboraron 13 resúmenes de 400 palabras cada uno, aproximadamente, propuestos por los docentes con una semana de anticipación a la fecha de entrega, en temas de ingeniería electrónica como optoelectrónica, microelectrónica, automatización de procesos, regulación de energía y ética en la ingeniería. La población de la asignatura estaba compuesta por 65 estudiantes de primer semestre de Ingeniería Electrónica. La mayoría de ellos acababan de terminar su bachillerato y habían pasado directamente del colegio a la universidad; unos cuantos contaban con experiencia universitaria previa.

El primer resumen lo elaboraron los estudiantes sin recibir ninguna orientación acerca del formato, la estructura o cualquiera otra condición. Se revisaron los 65 escritos con la colaboración de tres estudiantes de la carrera de Lingüística de la universidad, quienes participaron como monitores. El resultado de esta revisión sirvió de diagnóstico inicial de la habilidad

de los miembros del grupo para elaborar resúmenes y, con base en los resultados, los monitores dictaron tres talleres orientados a mejorar las deficiencias detectadas en dicho diagnóstico.

El proceso de evaluación de los siguientes escritos tuvo en cuenta los siguientes aspectos:

- La valoración dio más importancia a la estructura que al contenido técnico del texto, puesto que los estudiantes del grupo no tenían conocimientos previos de los temas.
- Leer y corregir 65 documentos cada semana no era factible; entonces se decidió seleccionar cada semana quince aleatoriamente. Después de corregidos, estos escritos se devolvían a los estudiantes para que, con base en las observaciones, elaboraran una versión corregida y la entregaran a la semana siguiente.
- Para la evaluación se utilizó una rúbrica de expresión escrita, previamente diseñada y dada a conocer a los estudiantes (anexo 1). Esta rúbrica tiene en cuenta nueve aspectos: idea principal, evidencia, estructura, audiencia, oraciones, mecánica, formato, vocabulario y ética, cada uno de los cuales podía ser calificado con uno de cinco niveles posibles: experto, competente, en desarrollo, principiante, inadecuado.
- El procedimiento de selección aleatoria de trabajos se cumplió hasta la octava semana del semestre académico, cuando se verificó que a algunos estudiantes nunca se les habían revisado sus resúmenes. En consecuencia, la escogencia aleatoria se cambió a partir de la novena semana con el fin de revisar resúmenes de estudiantes no evaluados hasta entonces.

Competencia de expresión oral

Los estudiantes hicieron cinco presentaciones durante el semestre académico, en equipos de trabajo de cinco integrantes, elegidos al azar. La primera presentación fue realizada sin que los estudiantes recibieran orientaciones acerca de cómo hacer una exposición con el fin de diagnosticar su nivel inicial en la competencia de comunicación a través de exposiciones orales. Antes de la segunda exposición todos los estudiantes participaron en un taller en el que recibieron información sobre cómo mejorar su expresión oral en público y trabajaron específicamente

en aspectos que habían sido detectados como débiles en el diagnóstico.

Las presentaciones giraron en torno a temas de ingeniería electrónica y se seleccionaron con base en el contenido temático de la asignatura, así: historia de la ingeniería electrónica, proyectos de ingeniería (innovación tecnológica), estudios de caso de problemas éticos en ingeniería electrónica e ideas de innovación tecnológica. La duración de cada presentación fue de quince minutos y se puso la condición de que todos los integrantes del equipo de trabajo debían exponer.

Se les sugirió a los estudiantes considerar en cada ejercicio de exposición tres fases: preparación, exposición y realimentación. En la preparación debían obtener los recursos necesarios para hacer su presentación. En caso de decidir usar ayudas audiovisuales, el grupo se comprometía a enviarlas al docente con un día de anticipación a la exposición. En la exposición cada equipo de trabajo se presentaba frente a los estudiantes y los docentes. El papel de éstos en esa fase era incentivar la escucha activa del auditorio, propiciar la reflexión por medio de preguntas y generar un ambiente de confianza para que los estudiantes comprendieran que se encontraban en un espacio de construcción de conocimiento, discusión académica y afianzamiento de su competencia para exponer; no tanto de carácter evaluativo del nivel de conocimiento de la temática que exponían. Para que los estudiantes fueran ganando seguridad a medida que hicieran sus presentaciones, al final de cada una se hacía una realimentación cualitativa y otra cuantitativa sobre las conductas observadas en los expositores y en el auditorio. En la evaluación cualitativa, los docentes y asistentes realizaban comentarios sobre las fortalezas y debilidades de los expositores en general, no de manera individual. Para la evaluación cuantitativa se empleó la rúbrica de expresión oral del anexo 2, conocida por los estudiantes antes de sus presentaciones, la cual evalúa nueve aspectos: contenido, organización, estilo (léxico y seguridad), conocimiento del tema, soportes usados (ejemplos, datos), contacto visual con el público, volumen de la voz, dominio del auditorio y ética (bibliografía y fuentes). A cada uno de estos aspectos se le asignaba una valoración: ejemplar, hábil, en desarrollo, principiante o desconocedor; con una nota cuantitativa de una unidad, entre 5,0 y 1,0 respectivamente. La evaluación cuantitativa valoraba el desempeño del equipo y al final era la misma para todos los integrantes.

Resultados de la experiencia

Competencia de expresión escrita

La figura 1 da una idea de la cantidad de estudiantes que obtuvieron un determinado desempeño (entre experto e inaceptable) para cada indicador de la rúbrica (ética, vocabulario, etc.). Esta gráfica se construyó a partir de las evaluaciones obtenidas por los quince estudiantes, seleccionados semanalmente, en cada indicador de la rúbrica de expresión escrita. La intensidad de la casilla representa el número de estudiantes que alcanzaron ese nivel: a mayor intensidad de gris mayor cantidad de estudiantes.

La figura 1 (a) corresponde a la primera semana, cuando se realizó un diagnóstico y no se exigió ningún formato específico, razón por la cual este indicador (fila) aparece en blanco. En aspectos como la ética, la organización e idea principal, se obtuvieron resultados cercanos al nivel inaceptable y principiante, lo que reflejaba el desconocimiento de los estudiantes sobre el uso de referencias, estructuración adecuada del escrito y problemas con la definición de una idea principal. En aspectos como gramática, vocabulario y soporte, la mayoría de los estudiantes obtuvieron desempeño en desarrollo (tercer nivel). Únicamente un estudiante alcanzó el nivel de experto en presentación, audiencia y organización del texto.

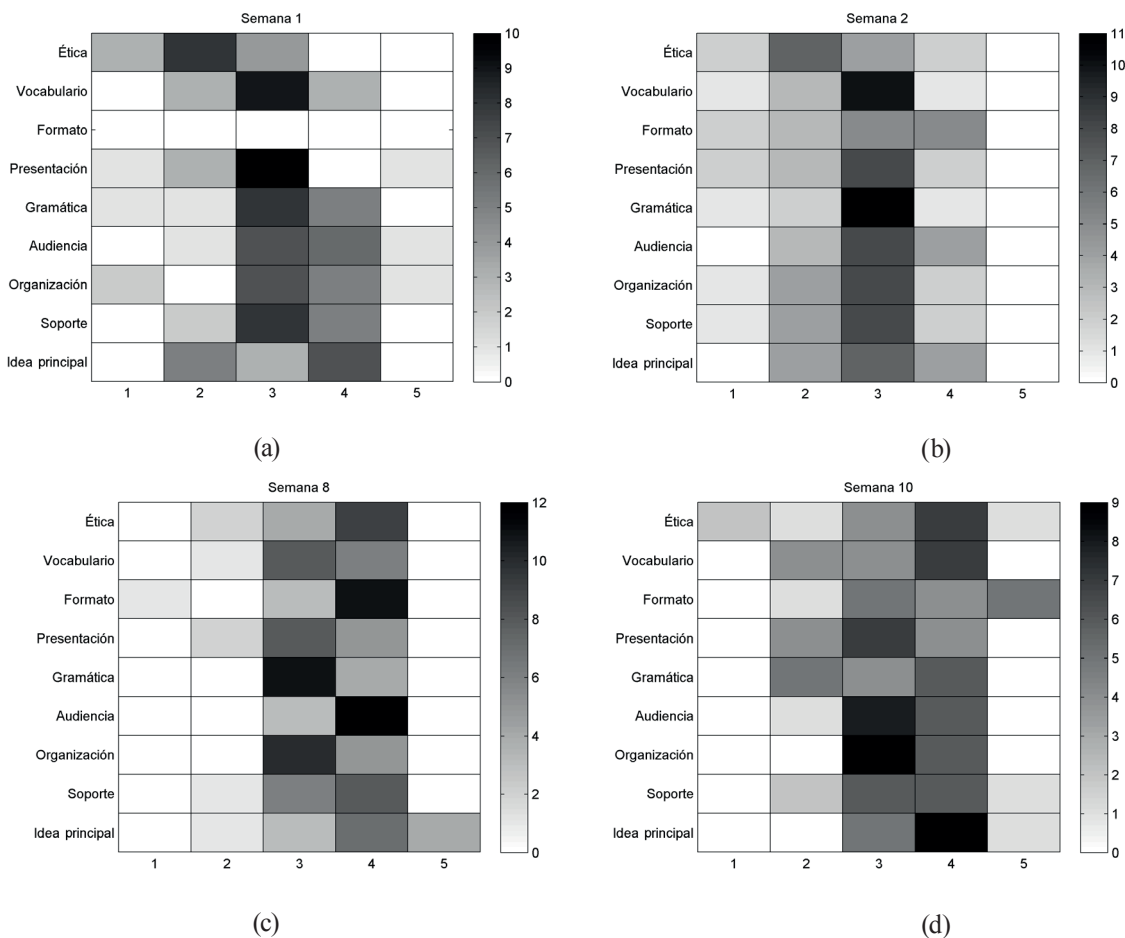


Figura 1. (a) Semana uno, (b) Semana dos, (c) Semana ocho, (d) Semana diez.

La figura 1 (a) insinúa alta diversidad en el grupo en estos ámbitos, dada la dispersión de los datos.

Los resultados del segundo resumen (semana dos) se muestran en la figura 1 (b). Las frecuencias exponen

un comportamiento muy similar al descrito en el párrafo anterior; los resultados se concentraron en el nivel en desarrollo y de principiante. Asimismo, algunos estudiantes obtuvieron niveles inaceptables en ética, formato y presentación. Ninguno de los

evaluados obtuvo nivel experto en alguno de los criterios de evaluación.

La figura 1 (c), ilustra la matriz de frecuencias obtenidas para el octavo escrito (semana ocho). Se observa un desplazamiento hacia el nivel competente en aspectos como formato, ética, soporte, idea principal y reconocimiento de la audiencia. Se nota que algunos estudiantes lograron el nivel experto en la idea principal. Exceptuando un estudiante, ningún aspecto fue evaluado como inaceptable y muy pocos en el nivel principiante. Del mismo modo, la dispersión de los resultados fue menor a la observada en las primeras semanas. Estos resultados sugieren que para la mitad del semestre ya era posible observar avances en la expresión escrita de los estudiantes del curso.

La figura 1 (d) se refiere a la décima semana. La dispersión de los datos de frecuencia hace que esta figura se asemeje más a los primeros escritos, lo que parece contradictorio teniendo en cuenta el avance que

se había observado en el octavo resumen. No obstante, este resultado se debe al hecho de que los estudiantes evaluados fueron aquellos que nunca habían recibido realimentación en sus escritos. Recuérdese que en la novena semana se decidió evaluar exclusivamente a aquellos estudiantes que no habían sido seleccionados aleatoriamente. En esta gráfica, la mayoría de los estudiantes se concentran en el nivel de desarrollo e incluso varios registran en el aspecto de ética en el nivel inaceptable. Este resultado sugiere que los estudiantes que no deben rehacer sus escritos y no reciben realimentación directa no progresan en su habilidad de expresión escrita, aun cuando participan en talleres de formación.

La figura 2 muestra el comportamiento de cada indicador de la rúbrica de expresión escrita en términos del promedio obtenido por todo el grupo (15 estudiantes) para cada semana de evaluación. Adicionalmente, se han incluido líneas horizontales punteadas que ilustran el promedio de cada factor durante todo el semestre.

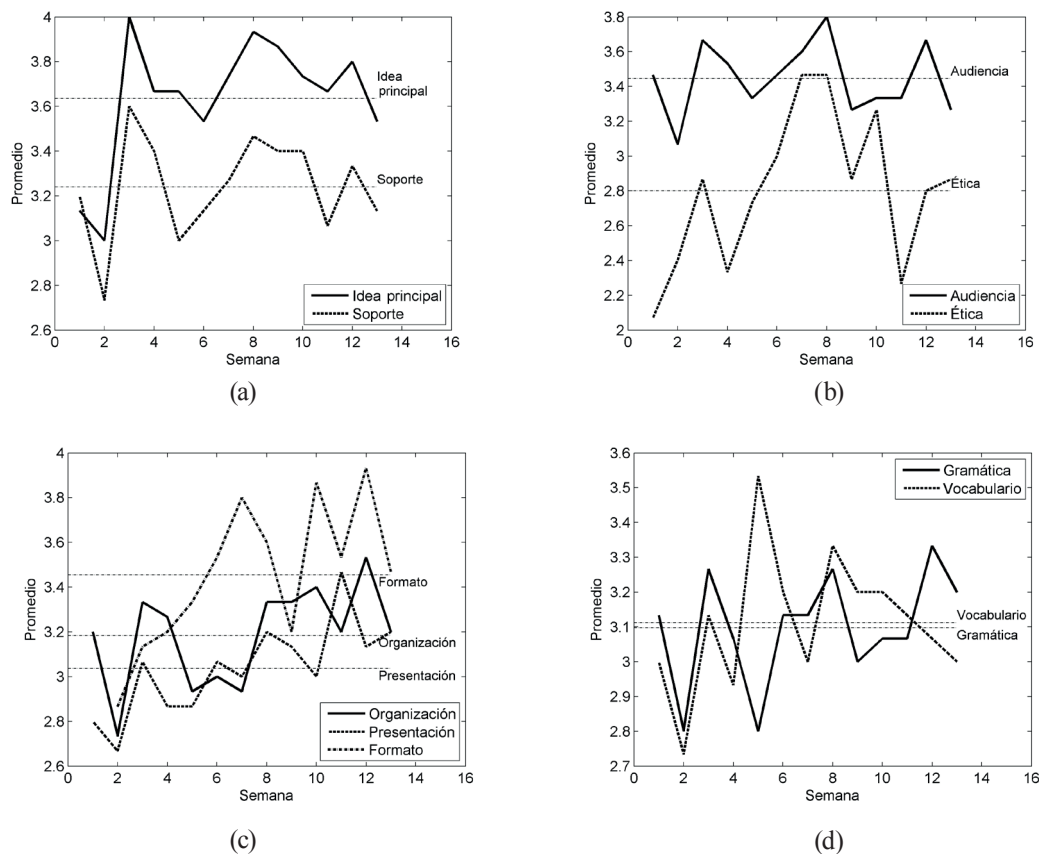


Figura 2 (a) Audiencia y ética, (b) Gramática y vocabulario, (c) Idea principal y soporte y (d) Organización, presentación y formato.

La figura 2 (a) representa las tendencias en los resultados de reconocimiento de la audiencia y uso adecuado de la voz de otros. El reconocimiento de la audiencia por parte de los estudiantes no tuvo una mejora apreciable durante el semestre. El valor inicial (3,45) fue casi idéntico al promedio al terminar el semestre. Nótese que en la octava semana (última de selección aleatoria) hubo una mejora leve en la calificación de este aspecto. No obstante, las siguientes tres calificaciones estuvieron por debajo del promedio. Respecto de la ética (uso adecuado de la voz de otros), el comportamiento fue muy distinto. Al iniciar el semestre la calificación fue de 2,0 y logró un máximo de 3,5 en la semana ocho. Sin embargo, nuevamente la selección de los estudiantes sin realimentación hizo decaer el valor de este parámetro hasta aproximadamente el mismo valor inicial, alrededor de 2,2. En términos generales, el promedio total de la evaluación en ética pasó a un valor inicial de 2,0 a 2,8, lo que apenas acercaría este criterio de principiante a en desarrollo.

En la figura 2 (b) se muestra el desempeño de la gramática y el vocabulario utilizado en los escritos. Si bien los ejercicios requerían semanalmente la lectura de fuentes bibliográficas sobre temas específicos de ingeniería electrónica, no se propusieron ejercicios dirigidos de forma específica a mejorar el vocabulario de los estudiantes. La línea punteada que se refiere a este aspecto osciló alrededor del promedio total del semestre (3,1), muy cercano al valor inicial de 3,0. La gramática presentó un comportamiento similar. No se indicó ningún patrón de progreso y mantuvo el mismo promedio durante el semestre.

La idea principal y el soporte, presentados en la figura 2 (c), mostraron un progreso más definido que los factores descritos anteriormente. Se observa que para la tercera semana el promedio de notas había pasado de 3,1 a 4,0. El promedio se mantuvo por encima del general en todas las entregas, con excepción de la semana seis. Este resultado muestra que el tema propuesto cada semana era claro para los estudiantes y que ellos identificaban correctamente la idea que debía desarrollarse en el texto. El soporte (evidencias utilizadas para el desarrollo del tema) tuvo un progreso menos definido. El valor inicial fue 3,2 y el máximo alcanzado 3,6; las restantes evaluaciones estuvieron restringidas a este rango sin una tendencia clara de aumento.

El comportamiento en los últimos tres indicadores (organización, formato y presentación) se ilustran en la figura 2 (d). Estos tres descriptores mostraron un avance a lo largo del semestre. El formato en el segundo informe tuvo una calificación promedio de 2,9 y aumentó a una unidad más (3,9) en los últimos informes. El promedio del semestre para este aspecto fue de 3,5. El manejo de la ortografía, los signos de puntuación y las mayúsculas mejoró, aunque levemente, desde un valor inicial de 2,8 a un valor promedio durante el semestre insuficiente para el manejo de la microestructura del idioma. Por último, el comportamiento de la evaluación de la organización del escrito sugiere un crecimiento a lo largo del semestre. No obstante, el valor promedio de esta característica fue muy similar al obtenido en el primer informe.

Competencia de expresión oral

La figura 3 presenta el promedio de la nota (eje Y) obtenida por todo el curso, en algunos indicadores evaluados, a medida que los estudiantes fueron haciendo las presentaciones del curso (eje X). La escala para la nota fue de 1,0 (mínima) a 5,0 (máxima). Es decir, se puede ver el comportamiento en el tiempo de las notas obtenidas en cada indicador evaluado en las exposiciones.

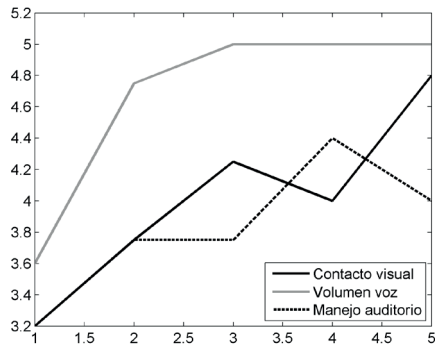
Las figuras 3 (a) y 3 (b) muestran que el contenido y manejo del auditorio son los únicos con comportamiento irregular: en las primeras exposiciones mejoraron pero al final del curso decaen. Aparentemente se contradice el supuesto de evolución a medida que se practican ejercicios de exposición, pero este comportamiento puede deberse a que las temáticas de las presentaciones fueron más complejas al final del curso y a que el peso de estas exposiciones en la nota final del curso fue menor, lo que pudo provocar que los expositores se interesaran más por preparar y atender las exposiciones de inicio y mitad de semestre. El volumen de voz y uso de referencias (figuras 3 (a) y 3 (d)) fueron las de más rápida mejoría. Desde la segunda presentación, la mayoría de los expositores obtuvo una nota promedio de 4,5 en estos aspectos, el cual se conservó hasta el final.

Hay indicadores en los que los expositores mostraron un avance significativo cada vez que hacían una nueva presentación, pero sin alcanzar la máxima nota: organización, actitud, conocimiento, contacto

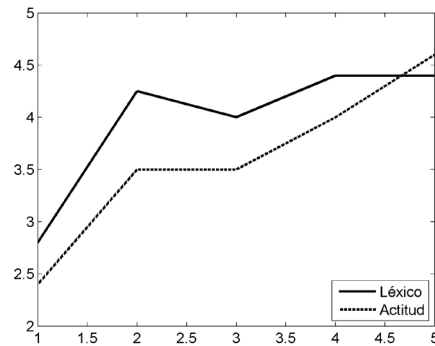
visual y diseño de ayudas audiovisuales. Se podría concluir que es conveniente que los estudiantes sigan ejercitándose en estos aspectos, en asignaturas de semestres siguientes, para llegar a “ejemplar” antes de finalizar su carrera.

El indicador de soporte (figura 3 (e)), consistente en uso de estadísticas, ilustraciones y analogías para

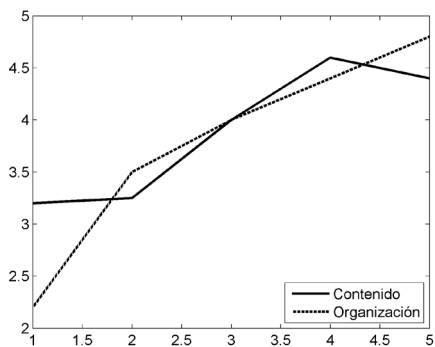
presentar el tema, tuvo un comportamiento constante: la nota promedio de los estudiantes en la primera presentación fue 3,5 y en la última, 4,0. Lo anterior podría tener como explicación que para mejorar este aspecto se requiere una preparación profunda o una fundamentación amplia en la temática que el expositor está presentando, lo cual no se encuentra en estudiantes de primer año.



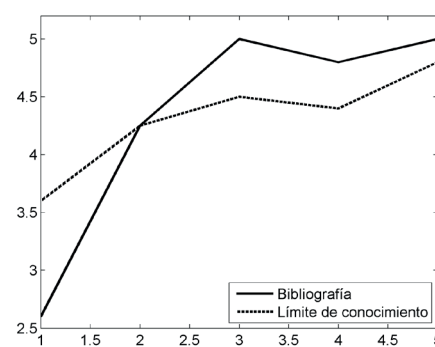
(a)



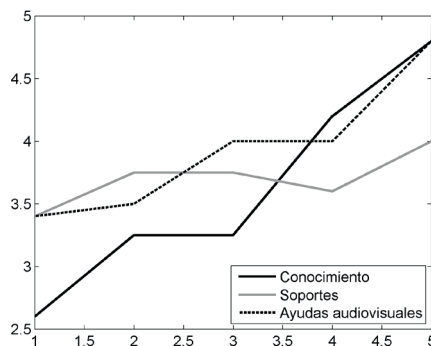
(b)



(c)



(d)



(e)

Figura 3. (a) Contacto visual, volumen de voz y manejo del auditorio, (b) Contenido y organización, (c) Léxico y actitud, (d) Bibliografía y límite del conocimiento y (e) Conocimiento, soportes, ayudas audiovisuales

Discusión de resultados

Se presentó una experiencia de evaluación de competencias por medio de rúbricas, en la asignatura de Introducción a la Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional de Colombia, en Bogotá. El seguimiento en la evolución del aprendizaje de las competencias permitió conocer el nivel con el que llegan los estudiantes al curso y con el que finalizan en habilidades de expresión oral y escrita. Esta información muestra la efectividad de las actividades de la asignatura para el aprendizaje de competencias, permite plantear modificaciones de las actividades y definir características de las intervenciones futuras. La competencia de expresión escrita se promovió a través de resúmenes semanales en los que se tenían en cuenta aspectos como el formato, el reconocimiento de una idea principal y el manejo adecuado de referencias. También fue claro que los estudiantes que no tuvieron realimentación directa sobre sus escritos no lograban un progreso perceptible en su habilidad de producir textos, a pesar de la participación en talleres de formación.

En cuanto a la competencia de expresión oral, el desempeño general pasó de los niveles “principiante”

y “en desarrollo” a los de “hábil” y “ejemplar”. La evolución no fue inmediata sino gradual, con lo que se demostró que esta competencia es adquirible y mejorable con base en la repetición de ejercicios y con la coevaluación de pares (estudiantes y docentes del curso). También se encontró que los indicadores de desempeño de esta competencia no presentan un comportamiento evolutivo uniforme: el volumen de voz y la citación de referencias tuvieron una mejora rápida; la organización, actitud, conocimiento, contacto visual y diseño de ayudas audiovisuales evolucionaron aunque no lograron desempeños máximos, y el indicador de “soporte” fue el de menor desempeño.

Aunque este artículo presentó una experiencia de evaluación con rúbricas del desempeño de estudiantes en dos competencias particulares, desde la caracterización inicial hasta la evaluación final (seguimiento), el ejercicio presentado puede ser aplicado a otras competencias del enfoque CDIO. Se destaca la utilidad de las rúbricas porque no sólo permitieron evaluar resultados finales en cada indicador de las competencias sino hacer seguimiento al proceso de aprendizaje y verificar la efectividad de las actividades.

Bibliografía

- Alonso Benito, L. E., Fernández Rodríguez, C. J., & Nyssen González, J. M. (2009). *El debate sobre las competencias: una investigación cualitativa en torno a la educación superior y el mercado de trabajo en España*. España: Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación.
- Berggren, K.-F., Brodeur, D., Crawley, E. F., Ingemarsson, I., Litant, W. T., Malmqvist, J., & Östlund, S. (2003). CDIO: an international initiative for reforming engineering education. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 2(1), 49-52.
- Bloom, B. (1971). *Handbook on formative and summative evaluation of student learning*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Bonwell, C., & Eison, J. (1991). *Active learning: Creating excitement in the classroom*. Washington: DC: School of Education and Human Development, George Washington University.
- Brinkman, G., & van der Geest, T. (2003). Assessment of communication competencies in engineering design projects. *Technical communication quarterly*, 12(1), 67-81.
- Crawley, E. F. (2001). *The CDIO Syllabus: a Statement of Goals for Undergraduate Engineering Education*. Tech. rep., Massachusetts Institute of Technology.
- Crawley, E., Malmqvist, J., Östlund, S., & Brodeur, D. (2007). *Rethinking engineering education: the CDIO approach*. Cambridge: Springer.
- Dannels, D. (2002). Communication across the curriculum and in the disciplines: speaking in engineering. *Communication Education*, 51(3), 254-268.
- Delgado, M. A., & Fonseca-Mora, M. D. (2010). The use of co-operative work and rubrics to develop competences. *Education for Chemical Engineers*, 5(3), e33 - e39.
- Dirección de Área Curricular Ingeniería Eléctrica y Electrónica. (2010). *Informe final: renovación de la acreditación del programa curricular de Ingeniería Eléctrica*. Bogotá.
- Eder, W., & Hosnedl, S. (2007). *Design engineering: a manual for enhanced creativity*. CRC Press.
- Eisenhardt, K. (1989). Making fast strategic decisions in high-velocity environments. *Academy of Management Journal*, 32(3), 543-576.

- Felder, R., & Silverman, L. (1988). Learning and teaching styles in engineering education. *Engineering Education*, 78(7), 674-681.
- Figl, K., & Motschnig, R. (2008). Researching the Development of Team Competencies in Computer Science Courses. *Frontiers in Education Conference. FIE 2008. 38th Annual* (págs. S3F-1). IEEE.
- García-Ros, R., & Pérez-González, F. (2012). Spanish Version of the Time Management Behavior Questionnaire for University Students. *The Spanish Journal of Psychology*, 15(3), 1485-1494.
- González, J., & Wagenaar, R. (2009). *Una introducción a Tuning Educational Structures in Europe. La contribución de las Universidades al proceso de Bolonia*. Bilbao: Publicaciones de la Universidad de Deusto.
- Hall, E. (1998). *Managing Risk: Methods for software systems Development*. Massachusetts: Addison Wesley Longman.
- Hertzum, M., & Pejtersen, A. (2000). The information-seeking practices of engineers: searching for documents as well as for people. *Information Processing & Management*, 36(5), 761-778.
- Letelier, M., López, L., Carrasco, R., & Pérez, P. (2005). Sistema de competencias sustentables para el desempeño profesional en ingeniería. *Revista Facultad de Ingeniería-Universidad de Tarapacá*, 13(2), 91-96.
- Lucena, J., Downey, G., Jesiek, B., & Elber, S. (2008). Competencies Beyond Countries: The Re-Organization of Engineering Education in the United States, Europe and Latin America. *Journal of Engineering Education*, 97(4), 433-447.
- Macan, T., Shahani, C., Dipboye, R., & Phillips, A. (1990). College student's time management: correlations with academic performance and stress. *Journal of Educational Psychology*, 82(4), 760-768.
- Marzano, R., Pickering, D., & McTighe, J. (1993). *Assessing Student Outcomes: Performance Assessment Using the Dimensions of Learning Model*. Alexandria: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Marzo, M., Pedraja, M., & Rivera, P. (septiembre de 2006). Las competencias profesionales demandadas por las empresas: el caso de los ingenieros. *Revista de Educación*, 341, 643-661.
- Motschnig-Pitrik, R., & Figl, K. (2007). Developing Team Competence as Part of a Person Centered Learning Course on Communication and Soft Skills in Project Management. *Frontiers In Education Conference-Global Engineering: Knowledge Without Borders, Opportunities Without Passports. FIE'07. 37th Annual* (págs. F2G-15). IEEE.
- Parlamento Europeo y Consejo de Europa. (2006). Recomendación del Parlamento Europeo y del Consejo de 18 de diciembre de 2006 sobre las competencias clave para el aprendizaje permanente. *Diario Oficial de la Unión Europea*, 30(12).
- Partnership for 21st Century Skills. (2009). *P21 Framework Definitions*. The Partnership for 21st Century Skills.
- Pitrik, R. M., & Figl, K. (2008). Researching the Development of Team Competencies in Computer Science Courses.
- Reddy, Y., & Andrade, H. (2010). A review of rubric use in higher education. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 35(4), 435-448.
- Rios, I., Cazorla, A., Díaz-Puente, J. M., & Yagüe, J. L. (January de 2010). Project-based learning in engineering higher education: two decades of teaching competences in real environments. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 1368-1378.
- Robinson, M., Sparrow, P., Clegg, C., & Birdi, K. (2005). Design engineering competencies: future requirements and predicted changes in the forthcoming decade. *Design Studies*, 26(2), 123-153.
- Sageev, P., & Romanowski, C. (2001). A message from recent engineering graduates in the workplace: results of a survey on technical communication skills. *Journal of Engineering Education*, 90(4), 685-693.
- Taras, M. (2005). Assessment - Summative and Formative - Some Theoretical Reflections. *British Journal of Educational Studies*, 53, 466-478.
- The Tuning Project. (2008). *Universities' contribution to the Bologna Process. An introduction* (2 ed.). (J. González, & R. Wagenaar, Edits.) Bilbao: Publicaciones de la Universidad de Deusto.
- Unión Europea. (1999). Declaración de Bolonia. Declaración conjunta de los ministros europeos de Educación. Bolonia.
- Unión Europea. (2010). Budapest-Vienna Declaration on the European Higher Education Area. Budapest-Vienna.
- Vicent, L., Àvila, X., Riera, J., Anguera, J., Badia, D., & Montero, J. (2006). Appropriateness of e-learning resources for the development of transversal skills in the new European Higher Education Area. *In Frontiers in Education Conference, 36th Annual* (págs. 6-11). IEEE.
- Vicent, L., Bou, G., Àvila, X., Riera, J., Anguera, J., & Montero, J. (2007). Which are the best e-learning tools for an Engineering Degree in the European Higher Education Area? En IEEE (Ed.), *In Advanced*

Learning Technologies, 2007. ICAIT 2007. Seventh IEEE International Conference on, (págs. 882-886). Niigata, Japan.

Worldwide CDIO Initiative. (2012). *CDIO Members*. Recuperado el 30 de abril de 2013 de <http://www.cdio.org/cdio-members>

Sobre los autores

Jhon Jairo Ramírez Echeverry

Ingeniero electrónico de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales (2000), magíster en Ingeniería de Telecomunicaciones de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá (2008). Profesor asociado del Departamento de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional de Colombia.

Fredy Andrés Olarte Dussán

Ingeniero electrónico de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas (2005), magíster en Ingeniería - Automatización Industrial de la Universidad Nacional de Colombia (2007). Doctor en Ingeniería Eléctrica de la Universidad Nacional de Colombia (2011). Profesor del Departamento de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional de Colombia.

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Anexo 1. Rúbrica de expresión escrita

	Competente				Principiante		Inaceptable	
	5 Puntos	4 Puntos	3 Puntos	2 Puntos	0 - 1 Puntos			
Idea principal	Se identifica una idea principal clara y un desarrollo completo.	Contiene una idea principal clara, aunque no es suficientemente concreta y su desarrollo está incompleto.	La idea principal es apenas distinguible y su desarrollo es precario.	La idea principal es débil, poco clara, demasiado amplia o únicamente soportada de forma indirecta.	La idea principal está ausente o no se identifica.			
Ideas, soporte y desarrollo (evidencia)	Los puntos principales están soportados con evidencia (ejemplos, estadísticas, analogías). Las ideas de soporte son válidas y específicas.	Las ideas están sustentadas suficientemente. Los soportes son sólidos, válidos y lógicos. Sin embargo, las ideas no funcionan como un conjunto unificado.	Las ideas de soporte no son suficientes o específicas, o son poco relevantes en los puntos principales.	Las ideas están soportadas sólo indirectamente. Frecuentes generalizaciones sin soporte o ilógicas.	Presenta una ausencia clara de soporte para los puntos principales.			
Estructura, organización	La organización es secuencial y apropiada. Los párrafos están bien desarrollados y divididos adecuadamente. Las ideas están unidas con transiciones suaves y efectivas.	La organización es competente sin sofisticación. La estructura del párrafo es adecuada, pero carece de transiciones efectivas.	Los intentos de organizar el texto alrededor de la idea principal son limitados. La mayoría de los párrafos no tienen conexión entre ellos, sin transiciones evidentes.	Aunque se percibe alguna organización, no es exitosa. Es confusa y dispersa. La estructura del párrafo es débil; no hay transiciones, son inapropiadas o ilógicas.	El párrafo no tiene estructura o es incoherente. El documento es una serie de párrafos aislados.			
Audiencia, tono y punto de vista	Diferenciación clara de la audiencia. El tono y el punto de vista son apropiados (formal, directo, simple, sin clichés o exageraciones).	Identifica en forma efectiva y precisa la audiencia. Tono y punto de vista satisfactorios, aunque poco refinados.	Poco o inconsistente sentido de la audiencia. Tono y punto de vista poco refinados o inconsistentes.	No muestra casi ningún reconocimiento de la audiencia. Revela un tono y punto de vista no apropiado para la tarea encomendada.	No identifica la audiencia. El tono es completamente inapropiado.			
Estructura de las oraciones (gramática)	Cada oración está estructurada efectivamente. Las oraciones son ricas en variedades, estilos y longitudes.	Las oraciones son efectivas y variadas. Si hay errores se debe a falta de revisión detallada. Si existen errores de sintaxis refleja el uso de coloquialismos.	Las oraciones están escritas en patrones tediosos o repetitivos. Muestra algunos errores en la construcción de las oraciones. Uso no estándar de la sintaxis.	Oraciones simples se usan de forma excesiva y casi exclusivamente. Frecuentes errores en la estructura de la oración.	Contiene problemas múltiples y serios en la estructura de la oración: por ejemplo, fragmentos. Incapaz de escribir oraciones simples.			
Mecánica y presentación	Prácticamente sin errores de puntuación, ortografía y mayúsculas.	Contiene sólo errores ocasionales de puntuación, ortografía y mayúsculas (la mayoría comunes).	Contiene algunos errores de puntuación, ortografía y mayúsculas (la mayoría comunes).	Contiene muchos y serios errores de puntuación, ortografía y mayúsculas. Los errores interfieren con el significado en algunas ocasiones.	Errores frecuentes de ortografía y mayúsculas. Puntuación imprecisa. La comunicación se entorpece.			
Formato	El formato es adecuado para el tipo de documento solicitado.	Pocos errores en el formato. Los errores probablemente se deben a falta de revisión.	Hay algunos errores en el formato o éste es inconsistente.	El formato es incorrecto en la mayoría del texto.	El formato no es apropiado y obstaculiza la lectura del texto.			
Vocabulario y uso de las palabras	Rango de vocabulario excepcional. Uso efectivo, preciso y correcto de las palabras.	Buen rango de vocabulario y precisión en su uso.	Rango de vocabulario corriente. Algunos términos son de uso únicamente local.	Vocabulario extremadamente limitado. La selección carece de sentido, su uso es impreciso.	La sintaxis y la selección de las palabras hacen que el documento sea muy confuso.			
Ética (uso de referencias)	Las referencias son completas, precisas y correctamente presentadas.	Las referencias utilizadas son precisas y completas. Hay algunos errores en la forma de presentación.	Aunque reconoce la necesidad de las referencias y las utiliza, su presentación no permite identificar la fuente bibliográfica.	Presenta referencias sólo eventualmente. La información presentada es insuficiente para determinar la fuente bibliográfica.	No reconoce la voz de otros. No presenta referencias bibliográficas.			

Anexo 2. Rúbrica de expresión oral

Aspecto	Ejemplar	Hábil	En desarrollo	Principiante	Desconocedor
Contenido	El mensaje central está apropiadamente señalado, recalado y memorable.	El tema central es claro y consistente.	El tema central es presentado ligeramente y algunos de sus aspectos son recordables.	El tema central puede ser deducido, pero no ha sido expresado en la presentación.	El tema central no es presentado ni puede ser deducido fácilmente.
	La estructura de la exposición (introducción, cuerpo y conclusiones) es clara y observable, y permite ver una presentación continua (secuencial).	La estructura de la exposición es clara y observable y permite ver secuencias en la mayoría de la presentación.	La estructura de la exposición (introducción, cuerpo y conclusiones) es observable pero no permite ver continuidad entre las secciones de la presentación.	La estructura de la exposición (introducción, cuerpo y conclusiones) es desordenada en la mayoría de las secciones y hace perder el enfoque.	La estructura de la presentación no existe. No se permite al auditorio encontrar una secuencia para comprender el tema.
Estilo	Todos los expositores usan léxico adecuado.	La mayoría de los expositores usan léxico adecuado.	Pocos expositores usan léxico adecuado.	El léxico usado por los expositores no es formal.	El léxico usado por los expositores es no formal y desdibuja el mensaje central.
	Los expositores transmiten seguridad y confianza.	La mayoría de los expositores transmiten seguridad y confianza.	Pocos expositores transmiten seguridad y confianza.	Los expositores muestran incomodidad e inseguridad.	La incomodidad e inseguridad de los expositores no permite entender la presentación.
Conocimiento	Los expositores reflejan conocimiento de todas las ideas que están presentando.	La mayoría de los expositores reflejan conocimiento de las ideas que están presentando.	Algunos expositores reflejan conocimiento de todas las ideas que están presentando.	Los expositores sólo saben algunos aspectos del tema que están presentando.	Los expositores no saben del tema que están presentando.
	Los datos presentados están soportados (explicaciones, ejemplos, ilustraciones, estadísticas) con gran variedad de fuentes confiables y aportan a la presentación.	Los datos presentados (explicaciones, ejemplos, ilustraciones, estadísticas, analogías) y aportan en la mayoría de los casos a la presentación.	Los datos presentados (explicaciones, ejemplos, ilustraciones, estadísticas, analogías) y aportan eventualmente a la presentación.	Los datos presentados eventualmente están soportados (explicaciones, ejemplos, ilustraciones, estadísticas, analogías) y no aportan a la presentación.	Los datos presentados no están soportados (explicaciones, ejemplos, ilustraciones, estadísticas, analogías).
Preparación	Las ayudas audiovisuales son claras, de fácil lectura y dan soporte a la presentación.	Las ayudas audiovisuales son claras, de fácil lectura y aportan en la mayoría de los casos a la presentación.	Las ayudas audiovisuales son de difícil lectura pero aportan en la mayoría de los casos a la presentación.	Las ayudas audiovisuales son de difícil lectura y aportan poco a la presentación.	Las ayudas audiovisuales no permiten transmitir las ideas.
	Todos los expositores hacen contacto visual con el auditorio.	La mayoría de los expositores miran a la audiencia.	Algunos de los expositores miran a la audiencia.	Los expositores eventualmente miran a la audiencia.	Los expositores no miran a la audiencia.
Presentación	Todos los expositores usan un volumen de voz adecuado para el recinto.	La mayoría de los expositores usan un volumen de voz adecuado para el recinto.	Algunos de los expositores usan un volumen de voz adecuado para el recinto.	Los expositores eventualmente usan un volumen de voz adecuado para el recinto.	Los expositores no usan un volumen de voz adecuado, lo cual impide transmitir las ideas del tema.
	Los expositores logran interesar al auditorio.	Los expositores logran interesar al auditorio la mayor parte del tiempo.	Los expositores interesan al auditorio en algunas ocasiones.	Los expositores no logran interesar al auditorio en ninguna de las secciones de la exposición.	El auditorio permanece distraído y centra su atención en otras actividades.
Ética	En las diapositivas se indica la bibliografía de todos los datos y figuras externas al trabajo de los expositores.	En las diapositivas se indica la bibliografía de la mayoría de los datos y figuras externas al trabajo.	En las diapositivas se indica, eventualmente, la bibliografía de los datos y figuras externas al trabajo.	En las diapositivas no se indica la bibliografía de los datos y figuras presentados, pero se señalan las fuentes de manera verbal.	Los expositores no señalan bibliografía.
	Los expositores reconocen el límite de su conocimiento al no presentar temas que sobrepasan su nivel de formación.	La mayoría de los expositores reconocen el límite de su conocimiento al no presentar temas que sobrepasan su nivel de formación.	Pocos expositores reconocen el límite de su conocimiento.	Ningún expositor reconoce el límite de su conocimiento, presentando información que no conocen y de manera descontextualizada, pero con datos verdaderos.	Ningún expositor reconoce el límite de su conocimiento y presenta datos que desconocen con afirmaciones equivocadas.