

DESARROLLO DE COMPETENCIAS DE INGENIERÍA EN LA VIRTUALIDAD DURANTE LA PANDEMIA POR COVID 19

DEVELOPMENT OF ENGINEERING SKILLS IN VIRTUALITY DURING THE COVID 19 PANDEMIC

J. V. Bernal Olvera¹
M. B. Bernal Pérez²

RESUMEN

La pandemia por COVID-19 ha traído como consecuencia que las actividades de enseñanza-aprendizaje sean de manera virtual en los programas presenciales de ingeniería como medida de emergencia de distanciamiento social y sana distancia. Tanto estudiantes como maestros se han tenido que adaptar a esta nueva forma de interacción. Sin embargo, no se sabe con certeza si este cambio de modalidad ha tenido una diferencia menor de forma significativa en la adquisición de los conocimientos y habilidades de los cursos en condiciones virtuales con grupos de alumnos que tienen una naturaleza de interacción presencial. Este trabajo presenta los resultados de un estudio sobre dichas diferencias en los aprendizajes por competencias en la formación de ingenieros, ocasionado por la transición en la modalidad de interacción ante la emergencia sanitaria de la pandemia. Para esto, se considera un caso de estudio tomando como referencia el programa de Ingeniería Industrial del Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli en el Estado de México.

ABSTRACT

COVID-19 pandemic has resulted in virtual teaching-learning activities in face-to-face engineering programs. Both students and teachers have had to adapt to this new form of interaction. However, it is not known with certainty whether this change in modality has had a significant low difference in the acquisition of knowledge and skills of these courses in virtual conditions with groups of students that have a face-to-face nature of interaction. This work presents the results of a study on these differences in learning by competencies in the training of engineers, caused by the transition in the interaction modality in the face of a health emergency of the pandemic. For this, a case study is considered taking as a reference the industrial engineering program of Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli, located in the State of Mexico.

ANTECEDENTES

El COVID 19, enfermedad pandémica provocada por el virus SARS – COV 2 comenzó a detener mundo a finales del año 2019. En México, negocios, eventos sociales, deportivos y escuelas comenzaron a cerrar a partir de marzo de 2020. Estas últimas, tuvieron que adaptar medidas emergentes para continuar con la impartición de cursos y no perder el avance que se tenía en ese momento, en todos los niveles. La educación superior también se vio afectada por el confinamiento y distanciamiento social ordenado por las autoridades sanitarias, por lo que, se tuvieron que diseñar estrategias para atender las labores de enseñanza aprendizaje. A medida que ha avanzado el confinamiento, las clases se han impartido de forma virtual. Pero la pregunta es ¿existe evidencia científica que pueda respaldar que la formación de competencias en clases en línea tiene, al menos, el mismo nivel que de manera presencial?

Las competencias, según García (2011) es la combinación de destrezas, conocimientos, aptitudes y actitudes, y a la inclusión de la disposición para aprender, además del saber sobre

¹ Profesor de Tiempo Completo. Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli. juan.bo@cuautitlan.tecnm.mx

² Profesor de Tiempo Completo. Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli.
monica.bp@cuautitlan.tecnm.mx

el cómo, consideradas por Frade (2009), como parte de la capacidad adaptativa cognitivo - conductual que es inherente al ser humano, las que son desplegadas para responder a las necesidades específicas que las personas enfrentan en contextos sociohistóricos y culturales concretos, lo que implica un proceso de adecuación entre el sujeto, la demanda del medio y las necesidades que se producen, con la finalidad de poder dar respuestas y/o soluciones a las demandas planteadas, y que aplica no solo para niveles básicos, sino que se consideran y desarrollan a niveles de estudios superiores.

Aunque el término ha sido utilizado en espacios laborales, su incursión al ámbito educativo ha permitido transmitir la esencia de su utilización. Al respecto Perrenoud (1999) sostiene que la entrada de las competencias al aula no significa que nos se aborden los contenidos de orden conceptual; al contrario, éstos son indispensables para el profesor, con el fin de orientar las actividades hacia la mejor comprensión por parte de los estudiantes, pero también para que uno de los puntos de articulación en el proceso pase por la generación de conceptos, de formulaciones abstractas con las que se pueda aplicar el conocimiento a otras situaciones o problemas, dentro o fuera del campo de formación en el que se esté trabajando en el aula en esos momentos (Díaz – Barriga, 2016).

La educación superior, dentro de este espacio, enfrenta el desafío de la profesionalización y la innovación. Los modelos educativos basados en competencias precisan una formación orientada al logro y al desempeño (Farías, 2010). Delors (1996) establece cuatro directrices para la formación de los estudiantes: aprender a ser, a conocer, a hacer y a convivir. Se generan algunas clasificaciones para distinguirlas: unas centradas en el sujeto, entre las que destacan las básicas, personales y profesionales, y otras que engloban áreas temáticas, considerando las genéricas y específicas (Saenz de Acedo, 2016). Dentro de las genéricas se organizan tres grupos: instrumentales, que tienen funciones cognitivas, metodológicas tecnológicas y lingüísticas; interpersonales, relacionadas con interacciones sociales y de cooperación; y sistémicas que implican comprensión, conocimiento y sensibilidad (González y Wagenaar, 2003).

Este estudio se realiza dentro del Tecnológico Nacional de México, en su plantel del Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli, que se encuentra ubicado a 30 km al norponiente de la Ciudad de México. Es un organismo público descentralizado del Gobierno del Estado de México, que cuenta con 8 carreras de ingeniería, una licenciatura en Contaduría Pública, y 2 programas de posgrado con enfoque hacia la investigación tecnológica. Siete de las 8 carreras de ingeniería cuentan con acreditaciones internacionales, quedando solo una por ser de reciente creación.

Fue inaugurado en 1998, contando en la actualidad con una matrícula superior a 5,000 estudiantes, e infraestructura compuesta por edificios de aulas, laboratorios, áreas verdes, deportivas y de recreación. La carrera de Ingeniería Industrial es de la División con mayor número de estudiantes, cerca del 20%, que se dividen en dos turnos, matutino y vespertino. Sus procesos de enseñanza aprendizaje tiene un enfoque de formación por competencias, teniendo capacitaciones constantes a su planta docente en formación pedagógica (Bernal, *et. al.*, 2010; Cordero y Bernal, 2017). Los cursos son por seis meses, en el primer periodo de febrero a julio y, el segundo de agosto a enero del siguiente año.

El semestre febrero – julio de 2020 concluyó con actividades y evaluaciones virtuales, informándose que el siguiente curso se llevaría a cabo bajo la misma modalidad. La capacitación intersemestral para el cuerpo docente incluyó técnicas de formación y evaluación usando medios virtuales, además de incluir un curso sobre el uso de plataformas de interacción en línea, específicamente Classroom de Google Suite para el semestre agosto 2020 a enero 2021. Es en este periodo que se contextualiza el presente estudio.

METODOLOGÍA

El presente estudio tiene un alcance descriptivo. Se usa la metodología basada en el enfoque sistémico – transdisciplinario que cubre los siguientes aspectos: a) Investigación de campo y focalización de la situación a estudiar; b) el objeto de estudio; c) Desarrollo experimental; y d) Impactos en el mundo real.

Investigación de campo y focalización del problema. Se utilizan los datos generados en una asignatura impartida en las dos modalidades. La materia es Investigación de Operaciones II. En el semestre de agosto de 2020 a enero de 2021 se impartió a tres grupos de manera virtual, que se denominan grupo 1, 2 y 3 para efectos de este estudio; las medias de calificaciones por cada grupo y sus desviaciones estándar son 89.58, 3.5698, 89.43, 6.7858, y 90.59, 4.8009, respectivamente. Para determinar si la adquisición de competencias por este método virtual es correcta, las calificaciones finales registradas en los cursos se deben comparar con algún referente que se haya dado de en una interrelación directa entre grupo y profesor. Dicho referente se considera la misma materia impartida por el mismo docente para reducir variaciones en el modo de enseñanza aprendizaje. Se impartió de manera presencial en el segundo semestre de agosto de 2019 a enero de 2020 y tuvo una participación de 25 estudiantes inscritos, que obtuvieron una calificación promedio de 79.08 con una desviación estándar de 3.5698. Los datos generales se concentran en la Tabla 1.

Tabla 1. Registro de calificaciones del estudio

ALUMNO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	
PRESENCIAL	75	78	79	79	83	78	84	80	73	79	82	81	79	76	79	77	78	80	83	80	71	85	81	73	84														
GRUPO 1 VIRTUAL	97	86	96	93	89	93	92	85	93	83	88	81	59	92	92	90	91	87	91	97	83	83	93	93	91	86	97	91	97	93	96	95	93	91	83	90	91	86	
GRUPO 2 VIRTUAL	90	90	92	77	97	86	89	90	90	89	97	80	80	92	93	91	87	89	93	77	96	97	87	87	91	93	91	93	87	97	88	78	89	93	92	92	86		
GRUPO 3 VIRTUAL	97	88	85	92	97	93	93	91	93	95	92	87	81	92	96	92	96	93	71	86	91	88	96	93	85	89	89	93	90	94	88	91	86	94	92	88	87		

La Figura 1 muestra la gráfica de cajas y bigotes con los resultados de la distribución de los datos de las calificaciones del grupo presencial, antes de la pandemia, y los tres grupos atendidos de manera virtual, durante la etapa del confinamiento social. Los promedios de las calificaciones obtenidas en el curso virtual son mayores a la obtenida en el curso presencial, lo que sugiere que se obtuvieron mejores resultados en la adquisición de competencias a distancia, pero esta afirmación tiene que ser postulada como una hipótesis que se pueda probar con rigurosidad científica.

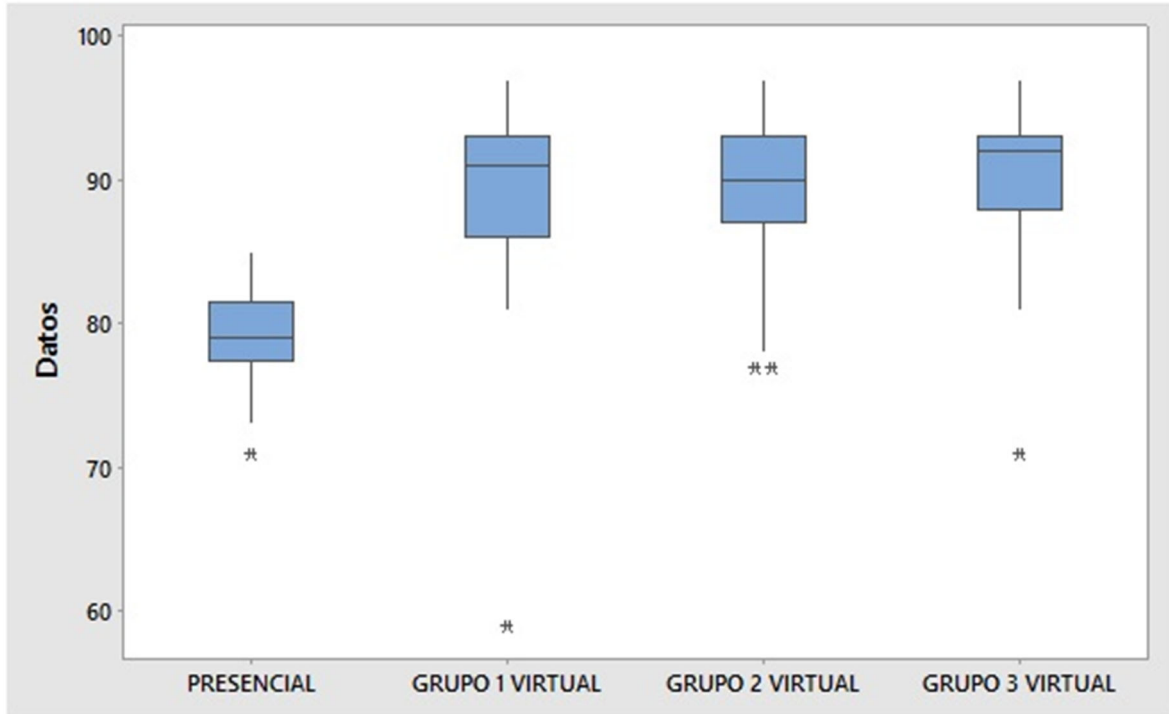


Figura 1. Gráfica de cajas y bigotes para las calificaciones del grupo presencial y los tres grupos de forma virtual

Objeto que se estudia. Para realizar la prueba se tomará una muestra de 25 calificaciones de los tres grupos atendidos de manera virtual, para tener el mismo tamaño con el presencial; se deben tomar 8 calificaciones por cada uno de los tres grupos virtuales para tener 24 y, el último se determina mediante un modelo de simulación Montecarlo para definir aleatoriamente el elemento 25; para esto, la probabilidad de elegir cada uno de los tres grupos es la misma, por lo que se asigna una probabilidad del 33%, que permite determinar los espacios de elección.

Desarrollo experimental. El grupo 1 inicia con 0 y termina con 0.3333, considerando una probabilidad expresada con una precisión de cuatro decimales; el grupo 2 se ubica de 0.3334 hasta 0.6666 y el grupo 3 de 0.6667 hasta 0.9999, como se muestra en la Tabla 2. Para determinar el grupo del que se obtendrá la última calificación se genera un número aleatorio con Excel, que para este caso es 0.2509, que se ubica en el espacio del grupo 1, por lo que el grupo 1 aportará 9 calificaciones.

Tabla 2. Modelo Montecarlo para determinar el elemento 25 de la muestra de prueba

PROBABILIDAD	OPCIÓN	ALEATORIO	ELECCIÓN	
0	0.3333	GRUPO 1 VIRTUAL	0.2509	GRUPO 1 VIRTUAL
0.3334	0.6666	GRUPO 2 VIRTUAL		
0.6667	0.9999	GRUPO 3 VIRTUAL		

Para el proceso de insaculación, se generan números aleatorios para cada grupo, para determinar el número de la calificación por alumno que se usará en la prueba. Los resultados se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Resultados del proceso de insaculación para las muestras del proceso de prueba de hipótesis

Número de la muestra	GRUPO 1		GRUPO 2		GRUPO 3	
	Alumno	Calificación	Alumno	Calificación	Alumno	Calificación
1	28	91	21	96	25	85
2	8	85	14	92	36	88
3	33	93	9	90	10	95
4	27	97	29	87	25	85
5	3	96	33	89	37	87
6	26	86	16	91	9	93
7	31	96	22	97	30	94
8	28	91	11	97	6	93
9	31	96				

Se considera adecuada la aleatoriedad del modelo generado mediante Excel para dar la certeza de que los números seleccionados no tienen tendencia que muestre ruido en la prueba, por lo que se considera que estos números provienen de un generador de números aleatorios que funciona adecuadamente. Con estos datos se genera la Tabla 4, proporciona la información para llevar a cabo la prueba para validar la hipótesis objeto de este estudio. Para someter a prueba la hipótesis nula se considera realizar una prueba de igualdad de medias, con varianzas iguales y no conocidas. Como requisito esencial, se debe probar que las desviaciones estándar son iguales; para esto, se considera que las muestras vienen de poblaciones normales e independientes, condiciones mostradas en la Figura 2.

Tabla 4. Obtención de datos para formar la muestra del grupo virtual, así como los cálculos de media, desviación estándar y varianza

ALUMNO	CALIFICACIÓN CURSO	
	PRESENCIAL	VIRTUAL
1	75	91
2	78	85
3	79	93
4	79	97
5	83	96
6	78	86
7	84	96
8	80	91
9	73	96
10	79	96
11	82	92
12	81	90
13	79	87
14	76	89
15	79	91
16	77	97
17	78	97
18	80	85
19	83	88
20	80	95
21	71	85
22	85	87
23	81	93
24	73	94
25	84	93
MEDIA	79.0800	91.5424
VARIANZA	12.7433	16.8619
DESV EST	3.5698	4.1063

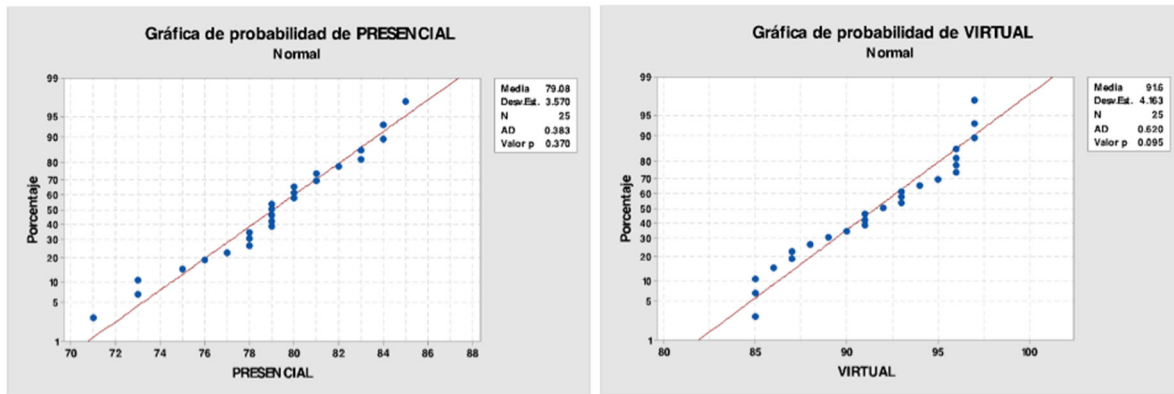


Figura 2. Gráficas de normalidad para las muestras poblacionales de las calificaciones de presencial y virtual

Formulando una hipótesis nula para esta igualdad de varianzas como $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$, y una hipótesis alternativa $H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$, con un nivel de significancia del 5%, la varianza de las calificaciones de presencial es $s_1^2 = 12.7433$, y de virtual es $s_2^2 = 16.8619$, con $n_1 - 1 = n_2 - 1 = 25 - 1 = 24$ grados de libertad, por lo que el estadístico de prueba, denotado como $F_0 = \frac{12.7433}{16.8619} = 0.7557$ que, comparado con el criterio de rechazo, solo si $F_0 > F_{0.05,24,24} = 1.98$, o si $F_0 < F_{0.05,24,24} = 0.5051$, se concluye no rechazar la hipótesis nula, por lo que queda demostrado que las desviaciones estándar de las dos muestras no tienen variación significativa con un 90% de confiabilidad.

Ahora, es posible realizar la prueba de diferencia de medias para dos muestras con varianzas iguales y desconocidas, tomando en cuenta el procedimiento de 8 pasos que describen Montgomery y Runger (2003) cuyos resultados se presentan en la Figura 3, en el que la media μ_1 corresponde a la población que participó en el curso presencial, y la media μ_2 referida a la muestra de la modalidad virtual.

1. Parámetro de interés es la diferencia de medias de las calificaciones de forma virtual y presencial.
2. $H_0: \mu_1 \leq \mu_2$
3. $H_0: \mu_1 > \mu_2$
4. $\alpha = 0.05$
5. Estadístico de prueba $t_0 = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - 0}{s_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$
6. Criterio de rechazo: rechazar H_0 si $t_0 > t_{0.05,48} = -1.6772$
7. Cálculos:

$$s_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} = \sqrt{\frac{(25 - 1)(12.7433) + (25 - 1)(16.8619)}{25 + 25 - 2}} = 14.8026$$

$$t_0 = \frac{79.08 - 91.5424 - 0}{14.8026 \sqrt{\frac{1}{25} + \frac{1}{25}}} = -2.9766$$

8. Conclusión: Como $t_0 = -2.9766 < t_{0.05,48} = -1.6772$, no existe evidencia estadística para rechazar H_0 .

Figura 3. Prueba de diferencia de medias para la comprobación de la hipótesis de prueba

Mediante el software Minitab, se realiza un análisis de varianza con los datos de las calificaciones de clases presenciales y virtuales, llegando a similares resultados, al rechazar la hipótesis nula sobre la igualdad de las medias, considerando que al menos una media es diferente, información que se muestra en la Figura 4, ya que el *valor de p* es menor al nivel de significancia $\alpha=0.05$.

```

Método

Hipótesis nula      Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna  Por lo menos una media es diferente
Nivel de significancia   $\alpha = 0.05$ 

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor Niveles  Valores
Factor      2  PRESENCIAL, VIRTUAL

Análisis de Varianza

Fuente  GL  SC Ajust.  MC Ajust.  Valor F  Valor p
Factor   1  1959.4    1959.38   130.29   0.000
Error   48    721.8     15.04
Total   49   2681.2

```

Figura 4. Resultados de la prueba de hipótesis mediante el software Minitab, incluyendo análisis de varianza

Impactos en el mundo real. Ahora se tiene una mayor claridad de que los esfuerzos de las clases virtuales en nada demeritan la adquisición de competencias, por lo que su impacto se estima pueda afectar en el ámbito académico, científico y tecnológico. La primera, por su interacción en el espacio de la enseñanza – aprendizaje y su conexión con nuevas formas de comunicación; en la segunda, por el análisis de los datos de un mayor número de experimentos que pongan a prueba la certeza de estos resultados y se valide con una población mayor; la tercera y última, por el soporte y apoyo a una manera de generar procesos educativos bidireccionales usando software y hardware que impulsen esta sinergia.

RESULTADOS

Con respecto a la prueba de diferencia de medias, los resultados estadísticos muestran que no se puede afirmar que las calificaciones de las clases virtuales son menores a las de presencial, lo que muestra que la adquisición de competencias en el programa de ingeniería Industrial del Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli, no se vio afectada por el confinamiento debido a la pandemia por COVID 19, por el contrario, parece indicar que fue bien aceptado y recibido con base en las calificaciones obtenidas y su comparación contra la modalidad presencial. Esta veracidad está justificada con un nivel de significancia del 5%, lo que provoca un nuevo nivel de atención a los estudiantes de una forma diferente; pero hay que considerar tres aspectos fundamentales: el primero, que es relativo a los estudiantes y su manera de aprender por medios virtuales; segundo, el profesor y su adaptación a los medios virtuales de comunicación e interacción en sus clases; y tercero, la infraestructura de la escuela en materia de conectividad y equipos que ponga a disposición durante este proceso.

CONCLUSIONES

Con este estudio se genera evidencia científica que permite establecer que las competencias adquiridas por los estudiantes durante las clases en línea, motivados por el confinamiento social, debido a la pandemia por COVID 19 no mostró reducción en los resultados finales de este estudio, por el contrario, se muestra un aumento en los promedios de los grupos que llevaron el curso virtual, en comparación con los que se obtuvieron en la modalidad presencial, justo antes del evento pandémico citado. Habrá que tener en consideración que se deben reforzar las actividades de capacitación para lograr que los docentes y estudiantes, en general, tengan las habilidades y conocimientos homogéneos para vivir este aprendizaje por medios virtuales.

Ahora se abre el panorama para un aprendizaje híbrido, en el que se deben conjugar armónicamente las interacciones presenciales con el apoyo de medios en línea que pueden potencializar el aprendizaje. El camino todavía no está completamente hecho, hay mucho que explorar en este campo, pues las posibilidades son infinitas. Lo que es un hecho, este panorama adverso ha contribuido a fortalecer positivamente la evolución de los procesos de enseñanza aprendizaje.

BIBLIOGRAFÍA

- Bernal, J., Martínez, A., Molina, E. y Paredes, M., (2010). Planeación y evaluación de asignaturas en el modelo de aprendizaje basado en competencias (MABC). Memorias del 4º Foro Nacional de Ciencias Básicas. *Selección y perfeccionamiento de profesores*, Ciudad de México. https://nanopdf.com/download/planeacion-y-evaluacion-de-asignaturas-en-el-modelo-de_pdf
- Cordero, M., y Bernal, J. (2017). Los estudiantes aplicando el PERMA en la formación de ingenieros por competencias en México. *Revista ANFEI Digital*, No. 6. <https://www.anfei.mx/revista/index.php/revista/article/view/345>
- Delors, J. (1996). *La Educación encierra un tesoro, informe a la UNESCO sobre la Educación para el Siglo XXI* (compendio). Ediciones UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000109590_spa
- Díaz – Barriga, A. (Coord.). (2016). *La Reforma Integral en educación Básica: Perspectivas docentes y directivos de primaria*. IISUE UNAM. <https://www.iisue.unam.mx/publicaciones/libros/la-reforma-integral-de-la-educacion-basica-perspectivas-de-docentes-y-directivos-de-primaria>
- Farias, G. (2010). Espacios de Aprendizaje en Educación Superior: de la profesionalización a la innovación para la transformación social. *Apertura*, Vol. 2(2). <http://www.udgvirtual.udg.mx/apertura/index.php/apertura/article/view/138/153>
- Frade, L. (2009). *Desarrollo de competencias en educación: desde preescolar hasta el bachillerato* (2ª Ed.). Inteligencia Educativa. <https://zona71sector5.files.wordpress.com/2013/09/desarrollodecompetencias-laurafraderuboio1.pdf>

- García, J. (2011). Modelo educativo basado en competencias: importancia y necesidad. *Revista electrónica "Actualidades Investigativas en Educación"*, Vol. 11(3). <https://www.redalyc.org/pdf/447/44722178014.pdf>
- González, J., y Wagenaar, R. (2003). *Tuning Educational Structures in Europe. Informe final. Fase I*. Universidad de Deusto. <https://revistas.unav.edu/index.php/estudios-sobre-educacion/article/view/26536>
- Montgomery, D., y Runger, G. (2003). *Probabilidad y Estadística Aplicada a la Ingeniería* (2ª Ed.). Editorial Limusa
- Perrenoud, P. (1999). *Construir competencias desde la escuela* (1ª Ed.). Dolmen Ediciones
- Sanz de Acedo, M. (2016). *Competencias Cognitivas en Educación Superior*. Ediciones Narcea