

El diseño conceptual en proyectos integradores en cursos para técnicos superiores universitarios en mecatrónica

Conceptual design in integrative projects in courses for higher university technicians in mechatronics

Gonzalo González Rey<sup>1</sup>, Guadalupe Alejandra Herrera Pérez<sup>2</sup>, Liliana del Carmen Oramas Escamilla<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Internacional de la Florida. Colegio de Ingeniería y Computación. Miami, Florida. EE. UU.

1Correo electrónico: gogonzal@fiu.edu.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7091-5586>

<sup>2</sup>Universidad Tecnológica de Aguascalientes. Aguascalientes, AGS, México.

Correo electrónico: aherrera@utags.edu.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2409-4967>

<sup>3</sup>Universidad Tecnológica de Aguascalientes. Aguascalientes, AGS, México.

Correo electrónico lilliana.oramas@utags.edu.mx ,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6026-0689>

Recibido: 23 de noviembre de 2020

Aceptado: 2 de marzo de 2021

## Resumen

Las competencias profesionales pueden ser potenciadas durante la formación profesional con la introducción en el proceso educativo de los proyectos integradores que requieren de los estudiantes una integración creadora de los conocimientos adquiridos en clases. En ocasiones, esa integración es difícil para los estudiantes debido a la poca experiencia del trabajo en equipo, por desconocer técnicas de generación de nuevas ideas y métodos activos para mejorar los procesos de toma de decisión. El presente trabajo tiene el objetivo de mostrar la implementación del análisis morfológico y la técnica de evaluación de múltiples criterios en la orientación y desarrollo de proyectos integradores en los cursos de Integradora de estudiantes de técnicos superiores universitarios de la Universidad Tecnológica de Aguascalientes. Algunas de las técnicas con mayor implementación en el desarrollo de la etapa conceptual del diseño de ingeniería son presentadas, pero se hace mayor énfasis en las técnicas de análisis morfológico y evaluación de soluciones con múltiples criterios de calidad.

Estas técnicas implementadas en los proyectos de ingeniería han permitido que los alumnos amplíen las soluciones a un problema multivariable que deben resolver en los referidos proyectos, con mejores herramientas para generar ideas creadoras y establecer una evaluación de índices comparativos que permiten definir el mejor concepto para la solución del proyecto.

Palabras clave: Proyecto de ingeniería, análisis morfológico, selección de mejor solución, aprendizaje basado en proyecto.

#### Abstract

Professional competencies can be enhanced during undergraduate professional study programs by introducing integrative projects to the learning process which require that students creatively integrate the knowledge acquired in classes. Sometimes, this creative integration is difficult for students due to poor teamwork experience and lack of skills to apply techniques for generating new ideas and active methods to improve decision-making processes. The objective of the present paper is to show the application of morphological analysis and multi-attribute rating technique in classes of engineering during the orientation and development of mechatronic engineering projects at the Aguascalientes Technological University. Some of the techniques with greater implementation during the conceptual stage of the engineering design, are presented, but emphasis is made on those related to morphological analysis and the evaluation of solutions with multiple quality criteria. The implementation of these techniques in engineering projects have allowed students to widen the solutions to a multivariable problem they have to solve in the above mentioned projects, with better tools to generate creative ideas and establish an evaluation based on comparative indicators for defining the best concept for the solution of the project.

Keywords: Engineering project, morphological analysis, best solution, Project-based learning

Licencia Creative Commons



## Introducción

Como competencias profesionales deficitarias en los egresados de Técnicos Superior Universitarios (TSU), los autores y otros como Lluch, Ruiz y Jiménez [1,2,3], reconocen la dificultad para integrar de forma creadora los conocimientos adquiridos en los diferentes contenidos de las materias del TSU, la escasa experiencia del trabajo en equipo, el poco dominio de técnicas de generación de nuevas ideas y métodos activos para mejorar los procesos de toma de decisión.

Según ha mostrado Álvarez Pérez [4], el actual paradigma de formación profesional en los programas de los TSU se apoya, sobre todo, en el proceso de aprendizaje del alumnado, lo que exige de éste una participación activa para que sea el motor de su propio proceso formativo. Dicho aprendizaje debe tenerse, no sólo en los entornos académicos habituales del aula, sino también que debe extenderse a otros contextos socio-profesionales como puede ser el entorno familiar y la propia casa, el vecindario o un centro de trabajo, entre otros. Este aprendizaje en contextos socio-profesionales puede tener como una vía de implementación el desarrollo de proyectos integradores en la solución de problemas prácticos de la profesión.

En general, los proyectos integradores se incorporan a la educación como una estrategia curricular que permite generar una nueva vía para que los estudiantes desarrollen competencias, lo que significa que debe de contemplar oportunidades para aprender a actuar de forma integral y no individualizada. Todo proyecto busca abordar problemas en el contexto, y en ese sentido es la estrategia más integral para la formación y evaluación de las competencias [5].

Los trabajos de los estudiantes en proyecto integradores representan un alineamiento entre la práctica y la teoría, principalmente cuando la resolución de problemas genera un producto que integra las competencias profesionales demandadas por el sector productivo, el proyecto ético de vida y los procesos de emprendimiento creativo, satisfaciendo la creciente demanda de sostenibilidad exigida a los nuevos productos en el contexto actual de nuestra sociedad [6].

Varios promotores de las nuevas metodologías de diseños [7,8,9] reconocen la etapa conceptual, o proyecto conceptual, como una parte importante en la estructuración de los proyectos de ingeniería, donde se profundiza sobre la idea preliminar de solución al problema y conocer las posibles variables técnicas y económicas que inciden en el proyecto y determinan su viabilidad.

Actualmente, en los cursos de Integradora I y II los estudiantes de TSU de Mecatrónica de la Universidad Tecnológica de Aguascalientes reconocen y aplican técnicas de generación de nuevas ideas y criterios para valorar índices comparativos que permiten definir el mejor concepto para el desarrollo del proyecto. Al final de este artículo, en los resultados del trabajo, son listados algunos proyectos desarrollados por grupos de alumnos TSU de Mecatrónica en el curso de Integradora I donde se evidencia el aporte social de las soluciones de los proyectos integradores.

El presente trabajo tiene el objetivo de mostrar la implementación del análisis morfológico y la técnica de evaluación de múltiples criterios en la orientación y desarrollo de proyectos de ingeniería en los cursos de Integradora de estudiantes de técnicos superiores universitarios de la Universidad Tecnológica de Aguascalientes. En el desarrollo de los proyectos de ingeniería y particularmente en la etapa conceptual, se hace énfasis en la aplicación de técnicas de generación de conceptos para la solución y valoración de la mejor solución a problemas.

## Desarrollo

Para cumplir con el desarrollo de los sistemas de objetivos y acciones previstas en el plan de estudio de Técnicos Superiores Universitarios de Mecatrónica en la Universidad Tecnológica de Aguascalientes, los autores valoran de muy positiva la ejecución de proyectos integradores de ingeniería en los cursos de Integradora I y II con base a dar solución por los estudiantes de algún problema técnico-profesional existente y con impacto social, económico y productivo en el territorio de Aguascalientes.

En el desarrollo de sus proyectos integradores los estudiantes, unificando sus capacidades en equipos de trabajo, aplican conocimientos adquiridos en sus estudios precedentes, además de otros que logren de forma autodidacta mediante el estudio de algún tema específico o experiencias adquiridas mediante la interrelación con expertos, usuarios o clientes durante la ejecución del proyecto.

Cuando los estudiantes pasan del aula a entornos profesionales y se enfrentan a situaciones diferentes a las estudiadas en clase, a menudo les resulta difícil saber por dónde empezar. Por tal motivo, a los alumnos se les orienta que la resolución de problemas complejos en proyectos de ingeniería comienza con estructurar el problema y proponer soluciones preliminares que posteriormente serán valoradas con índices de calidad y viabilidad.

Una típica estructura de los procesos en un proyecto de ingeniería incluye 4 etapas. Una primera denominada (1) definición del problema donde es identificada una necesidad, evaluada su posible satisfacción con una solución práctica y se escriben las especificaciones del proyecto donde se declaran los límites de la solución, los criterios de evaluación, donde será aplicada y alcance, entre otros aspectos. En una segunda etapa, nombrada (2) diseño conceptual, se produce la generación de varias ideas o conceptos de solución, que son desarrollados y evaluados conformes las especificaciones del proyecto. De estas diferentes posibles soluciones se selecciona el mejor concepto para satisfacer la necesidad del problema. Una tercera etapa, reconocida como (3) diseño en detalle, ejecuta el desarrollo de las partes que conforma la solución del problema de acuerdo con la solución aceptada como el mejor concepto. En esta etapa nuevamente se comprueba el cumplimiento de las especificaciones del proyecto. Finalmente, la cuarta etapa corresponde con la (4) implementación del proyecto, donde son desarrollados prototipos, se comprueba una vez más el resultado con las especificaciones del proyecto y son elaborados los documentos correspondientes para la buena implementación del proyecto.

En el proceso de desarrollo del proyecto de ingeniería, la etapa de diseño conceptual es caracterizada por la generación de tantas ideas o conceptos de solución del problema como sea posible. Estas ideas, aunque pueden ser generadas por la experiencia y el conocimiento, usualmente son potenciadas cuando son aplicadas técnicas para promover la creatividad.

Aunque existen varios tipos de técnicas creativas de resolución de problemas, los autores en las clases de proyectos integradores consideraron conveniente para estudiantes de ingeniería hacer referencia de aquellas técnicas utilizadas por grupos (equipo de trabajo), sin importar el uso de estímulos problemáticos relacionados o no relacionados de acuerdo con la clasificación que ha propuesto VanGundy [7]. Algunas de estas técnicas son aplicadas por alumnos que cursan la materia de Integradora del TSU de Mecatrónica en la Universidad Tecnológica de Aguascalientes. A continuación, se explican brevemente algunas de ellas.

#### Pensamiento analógico creativo

El pensamiento analógico como técnica de creatividad permite la búsqueda de soluciones transitando por terrenos poco frecuentados en la solución clásica de los problemas. Esta técnica basa la promoción de la creatividad tomando ideas de un contexto y aplicándolas en otro nuevo contexto. En el caso del diseño de proyectos de ingeniería, se recomienda

considerar soluciones a problemas similares fuera del campo de la ingeniería. Por ejemplo: las soluciones a los problemas podrían analizarse teniendo en cuenta la naturaleza y el cuerpo humano. Algunas de las soluciones a problemas presentadas a los alumnos obtenidas mediante el pensamiento analógico incluyen los brazos robóticos [10], el vuelo de los aviones y las juntas velcro.

#### Pensamiento inverso

Esta técnica considera la posibilidad de estudiar las soluciones a los problemas desde diferentes ángulos. Por lo general, pensar por inversión se considera lo contrario a lo obvio. Pensar por inversión te obliga a considerar aspectos de una situación que a menudo están ocultos. Dos preguntas que generalmente ayudan con la aplicación de esta técnica son: 1) ¿Qué pasa si analizo el problema de una forma diferente a la que se analiza normalmente?, 2) En lugar de preguntar cómo hacer algo, se debe preguntar ¿cómo no hacerlo? Varios ejemplos de solución de problemas pueden ser referidos, pero los más aceptados por los alumnos son los que motivaron el desarrollo del cono de helado comestible [11] y la fotografía.

#### Seis sombreros pensantes

Esta técnica promueve un pensamiento paralelo, o ver un problema desde diferentes perspectivas, dependiendo de qué "sombrero" llevas puesto. Es una técnica que ayuda a las reuniones de trabajo de los grupos de diseño a ser más productivas. Los miembros del equipo de manera separada pensarán en seis categorías diferentes y desde ellas enfrentarán las soluciones propuestas [12]. Cada categoría se identifica con el color de "sombrero pensante". Los sombreros pueden ser rojo (sentimental y emotivo, toma en consideración posibles daños a la naturaleza, las personas y animales), negro (crítico, encuentra problemas y dificultades en las soluciones), amarillo (optimista, ve las posibilidades de aplicar las soluciones), verde (creativo, es el que propone las soluciones), blanco (informado y creativo, presenta la aplicación real de las ideas en base a la experiencia) y azul (líder de la discusión).

#### Análisis morfológico

Esta técnica es una buena herramienta para generar alternativas de solución a problemas abiertos, sin única solución [13] y generalmente es aplicada en conjunto con la técnica de tormenta de ideas [14]. El análisis morfológico es especialmente útil para la generación de varios conceptos de solución cuando se desarrolla un nuevo producto. Esta técnica promueve considerar un gran volumen de información relevante antes de aplicar un análisis crítico especializado para el rechazo de soluciones poco prácticas.

El fundamento de esta técnica es establecer una correlación entre los requerimientos funcionales de la solución (producto) y las formas de solución para garantizar respuestas viables al problema. A partir de correlacionar exhaustivamente los requisitos funcionales y formas de solución pueden ser definidas soluciones al problema. La figura 1 muestra un ejemplo de análisis morfológico del desarrollo de una nueva silla de ruedas. Observe que la silla de ruedas funciona "bien" cuando cumple con los requisitos funcionales de moverse, dirigirse y detenerse. La forma en que se logren los requisitos funcionales puede ser diferentes, pero unidas a otras formas de soluciones el diseñador puede proponer posibles soluciones, algunas que antes fueran impensables, pero que después del análisis morfológico pueden ser respuesta al problema que se plantea.

Luego ser aplicadas algunas de las técnicas referidas anteriormente los equipos de trabajo deben presentar una propuesta con al menos 5 soluciones al problema del proyecto integrador y deben decidir objetivamente y con base en las especificaciones técnicas cuál es la mejor solución al problema del diseño.

Técnica de evaluación de múltiples criterios.

En el proyecto integrador los estudiantes deben enfrentar un problema con solución abierta y multiparamétrico que debe ser satisfecho y valorado por un conjunto de criterios de calidad. En los cursos Integradores I y II los alumnos estudian y aplican una técnica de matrices de evaluación numérica, identificada como Técnica de Evaluación de Múltiples Criterios (en inglés: MART/Multi-Attribute Rating Technique). A continuación, se explica brevemente esta técnica.

Requisitos Funcionales	Formas de solución			
<b>Movimiento</b>	 Empujar manual	 autopropulsado	 empujar	
<b>Dirección</b>	 (izquierda) (derecha) Motor	 Gira una rueda	 Frenos en ruedas	 Frenado manual
<b>Parada</b>	 Movimiento inverso en ruedas	 Freno en ruedas	 Se interrumpe la potencia	 Parada manual

Figura 1 – Ejemplo de una tabla de análisis morfológico de una silla de ruedas.

Un problema con múltiples criterios que deben ser valorados es frecuente en los problemas de diseño y proyectos de ingeniería, y en ellos se hace difícil y complicada la toma de decisión sobre la mejor solución al problema del proyecto. En estos casos, la Técnica de Evaluación de Múltiples Criterios (MART) es perfectamente aplicable debido a su enfoque racional que intenta tener en cuenta todos los diferentes criterios de decisión, y puede usarse como una herramienta para promover la toma de decisiones en equipo en la etapa del diseño conceptual de los proyectos integradores [15].

A continuación, se explica la técnica MART con base en un ejemplo que pretende decidir sobre la mejor opción para que un alumno se transporte a la universidad. Este mismo ejemplo, es el primero que se presenta en los cursos de Integradora en el contenido correspondiente a la etapa de Diseño Conceptual en el proyecto integrador.

Problema: ¿Mejor opción para el transporte de estudiantes a la universidad?

1er Paso: Soluciones potenciales obtenidas mediante análisis morfológico.

Lista de diferentes opciones de solución (pueden ser más):

- 1- Auto
- 2- Motocicleta
- 3- Transporte público

2do Paso: Establecer los criterios de calidad para la evaluación de las soluciones:

Lista de criterios de calidad (pueden ser considerados otros).

- a) Costo (más barato mejor)
- b) Estatus
- c) Estacionamiento (menos requerimientos de estacionamiento es mejor)
- d) Impacto ambiental (menos impacto negativo al ambiente es mejor)
- e) Libertad de movimiento

3er Paso: Ponderación de los criterios de calidad

Se evalúa la importancia de cada criterio de calidad con respecto a los otros criterios. Los diferentes criterios se comparan por parejas. La pregunta es: ¿Cuál de los dos es el más importante? Regla de puntuación: el más importante obtiene 2 puntos, el menos importante obtiene 0; Si ambos criterios se consideran igualmente importantes, o no se puede tomar una decisión, ambos califican 1 punto.



La tabla 1 muestra la matriz de ponderación de criterios del problema de decisión multicriterio.

Tabla 1- Ponderación de criterios de calidad para valorar soluciones del problema.

Criterios de calidad		Criterios de calidad					Ponderación
		a	b	c	d	e	
a	Costo		2	2	2	2	8
b	Estatus	0		0	1	0	1
c	Estacionamiento	0	2		1	0	3
d	Impacto ambiental	0	1	1		2	4
e	Libertad de movimiento	0	2	2	0		4

4to Paso: Relación entre criterio de calidad y solución alternativa.

Para cada solución alternativa del problema de ingeniería se debe determinar cuánto satisface cada uno de los diferentes criterios. La pregunta que se realiza es: ¿Qué tan bien satisface la opción de solución el criterio de calidad? Las puntuaciones se distribuyen en una escala de 0 a 4, otorgándose 4 puntos: el concepto cumple el criterio perfectamente; 3 puntos: el concepto cumple bien el criterio; 2 puntos: el concepto cumple el criterio satisfactoriamente; 1 punto: el concepto cumple el criterio pobremente y 0 Punto: el concepto es inútil con respecto al criterio.

La tabla 2 muestra la matriz de evaluación del cumplimiento de la opción de solución con los criterios de calidad.

Tabla 2 - Cumplimiento de las opciones de solución con los criterios de calidad.

Criterio de calidad		Valor conceptual de las opciones de solución		
		Auto	Motocicleta	Transporte publico
a	Costo	1	3	3
b	Estatus	4	2	1
c	Estacionamiento	0	3	4
d	Impacto ambiental	1	3	2
e	Libertad de movimiento	3	3	1

5to Paso: Evaluación del desempeño de las soluciones según criterios de calidad.

En esta etapa se determina la calificación general de cada opción de solución. Las clasificaciones de desempeño de las opciones de solución se determinan multiplicando el valor conceptual de las opciones de solución por la ponderación obtenida de evaluar los criterios de calidad. Las calificaciones de desempeño de cada concepto se suman para determinar la calificación general de la opción de solución. La opción de solución al problema del proyecto con la calificación más alta es la mejor solución. La tabla 3 muestra la matriz de evaluación del desempeño de las opciones de solución al problema (¿Cuál es la mejor opción para el transporte de estudiantes a la universidad?).

En este ejemplo, el resultado de aplicar la técnica MART muestra que la opción de transporte con motocicleta en correspondencia con los criterios de calidad elegidos y su valoración, pero esta solución puede ser diferente en otros contextos de análisis pues depende de los criterios de calidad impuestos, que muchas veces tienen fuerte dependencia con las condiciones iniciales del problema y las demandas del usuario.

Tabla 3 – Matriz de evaluación del desempeño de las soluciones con criterios de calidad.

Criterio de calidad	Ponderación (peso)	Auto		Motocicleta		Transporte publico	
		Valor	Valor x Peso	Valor	Valor x Peso	Valor	Valor x Peso
Costo	8	1	8	3	24	3	24
Estatus	1	4	4	2	2	1	1
Estacionamiento	3	0	0	3	9	4	12
Impacto ambiental	4	1	4	3	12	2	8
Libre movimiento	4	3	12	3	12	1	4
<b>Calificación general</b>			<b>28</b>		<b>59</b>		<b>49</b>

## Resultados y discusión

Se pretende, como aspecto final, mostrar una lista de proyectos integradores de ingeniería enfrentados por estudiantes de TSU de Mecatrónica en las Materias Integradora I y II con el objetivo de que pueda ser apreciado en su justa medida el trabajo realizado por los

El diseño conceptual en proyectos integradores en cursos para técnicos superiores universitarios en mecatrónica.

estudiantes en el estado de Aguascalientes al brindar soluciones a problemas de la comunidad y empresas del territorio, como una forma de corresponder con sus conocimiento y buena voluntad al desarrollo de nuestros coterráneos y hacer de Aguascalientes un mejor lugar para vivir.

Con el objetivo de conocer el impacto y la calidad de las soluciones a los problemas desarrollados en los proyectos fue aplicada la técnica de encuesta sustentada mediante documentos registrados al inicio y final del trabajo de investigación de los estudiantes. Todos los proyectos de ingeniería con autoría de los alumnos son registrados e inscritos en la universidad con la aprobación del profesor y del responsable de la entidad donde será ejecutado el proyecto. Luego de ejecutado el proyecto con reporte escrito e implementación práctica se realiza una evaluación de satisfacción de cumplimiento por el responsable de la entidad, quien fue la persona que solicito y aprobó la solución de un problema en su entidad. Los documentos que informan sobre la aprobación inicial del proyecto y su evaluación final son mostrados en la figura 2. Finalmente, los equipos de estudiantes hacen una defensa ante tribunal de sus proyectos de ingeniería.

**REGISTRO DE PROYECTO ESCUELA-PRACTICA**

Universidad Tecnológica de Aguascalientes  
Secretaría de Vinculación

Formulario con campos para: IDENTIFICACION DEL GRUPO, ABONATURA (E), NOMBRE DEL PROFESOR (E) DE LA(S) ABONATURA (S) Y LIDER DEL PROYECTO, NOMBRE DE LA EMPRESA, DIRECCION, TELEFONO, NOMBRE Y CARGO DEL RESPONSABLE DEL PROYECTO POR LA EMPRESA, NOMBRE DE LOS ALUMNOS PARTICIPANTES, NOMBRE DEL PROYECTO, CUATRO DEL PROYECTO, IMPACTO ESPERADO, PLAN DE TRABAJO (Actividades a realizar) con columnas para FECHA, ETAPA, and ACTIVIDAD, and sections for FIRMA DE ACEPTACION and SEGUIMIENTO AL PROYECTO.

**EVALUACIÓN DE SATISFACCIÓN DE PROYECTO ESCUELA-PRACTICA**

Instrucciones de llenado: Marque sus respuestas con una cruz (X) en cada reactivo, seleccionando el nivel de satisfacción que Usted tiene respecto a la realización del proyecto de Escuela-Práctica. (Use letra y letra de móvil).

Licitamientos Generales: 1 El grado de satisfacción del(a) empresario(a) se evalúa de acuerdo a los criterios señalados en el formato. 2 El cuestionario se aplica una vez terminado el proyecto de Escuela-Práctica. 3 El cuestionario se aplica por el(a) profesor(a) de la signatura correspondiente.

Escala de evaluación: E = Excelente, B = Buena, R = Regular, M = Malo, P = Pésimo.

Tabla de evaluación con 6 reactivos y 5 niveles de satisfacción.

Formulario de datos de la empresa: Nombre de la empresa, Nombre del(a) responsable en la empresa, Cargo, Nombre del proyecto, Nombre del(a) profesor(a), Nombre del(a) estudiante(s), Programa Educativo, Fecha.

Formulario de resultados: ¿Concluyó el proyecto de acuerdo a lo planeado? (Sí/No), Descripción breve del resultado obtenido, Firma de quien llena el cuestionario o sello de la empresa.

Figura 2 – Planillas de inscripción inicial y cumplimiento final del proyecto.

Los proyectos de ingeniería desarrollados por los estudiantes, y con aceptación por las personas demandantes de respuesta a los problemas enfrentados, son en general valorados como positivos por las empresas y personas favorecidas del territorio.

La siguiente es una lista de proyectos desarrollados por los estudiantes con empleo de la técnica de análisis morfológico en la generación de soluciones y aplicación de la técnica de evaluación de múltiples criterios en la decisión final de la solución de los proyectos de ingeniería.

Lista de proyectos integradores de alumnos de TSU de Mecatrónica, Universidad Tecnológica de Aguascalientes:

1. Casa segura (proyecto en casa habitacional, AGS)
2. Automatización de ventanas (proyecto en casa habitacional, AGS)
3. Sistema de alarma (proyecto en casa habitacional, AGS)
4. Sistema automático para suministro de agua (proyecto en Departamentos de Suite Ejecutivas La Libertad, AGS)
5. Mejora de la fiabilidad en máquina de estampado (proyecto en Empresa Federal Mogul; AGS)
6. Mejora en la fabricación de válvulas de MCI en máquina especial (proyecto en Empresa Federal Mogul, AGS)
7. Criadero de pollos (proyecto en granja de pollos en AGS)
8. Incubadora de huevos (proyecto en Gallinero Feliz, Tenayuca, Zacatecas)
9. Sistema de control y localización de refacciones en área de sensores (proyecto en Empresa Sensata Technologies, AGS)
10. Elevador automático de concreto (proyecto en Construcciones Delgado Rojas, Calvillo)
11. Trazabilidad de conjuntos de partes para ensambles diferentes en una misma línea (Proyecto en Empresa Corping, AGS)
12. Sistema de alarma inteligente. (proyecto en D´Marys, Empresa productora de pantalones de mezclilla, Lomas del Mirador. AGS)
13. Sistema para ahorro de energía hasta 15% en máquinas cortadoras de madera. (proyecto en Maderas y Materiales para Construcción Los Pinos).
14. Sistema de velocidad variable para máquinas rotatorias de carpintería (proyecto en Carpintería "Hermanos Saucedo", AGS).
15. Sistema de iluminación y efectos especiales en la exhibición de las Momias de la Casa Vieja. (proyecto en Casa de la Cultura en Jesús María, AGS).
16. Puerta de cortina con accionamiento automático (proyecto en Diseños de Vanguardias María, Jesús María, AGS).

17. Sistema automatizado de regadío (proyecto en Vivero Ojo Caliente, AGS).
18. Sistema de izaje con control automático (proyecto en Estructuras Emmanuel, Fracc. Morelos, AGS).
19. Puerta de cortina con accionamiento automático (proyecto en Diseños de Vanguardias María, Jesús María, AGS).

## Conclusiones

Las competencias profesionales pueden ser potenciadas durante la formación profesional con la introducción en el proceso educativo de los proyectos integradores, tal y como está previsto en los programas de estudio de TSU Mecatrónica en la Universidad tecnológica de Aguascalientes. En general, los autores y usuarios de los productos derivados de los proyectos de ingeniería valoran de muy positiva la ejecución de proyectos en los cursos de Integradora con base a dar solución por los estudiantes de algún problema técnico-profesional existente y con impacto social, económico y productivo en el territorio de Aguascalientes.

Conociendo la dificultad de nuestros estudiantes para integrar de forma creadora los conocimientos adquiridos en los diferentes contenidos de las materias del TSU, la poca experiencia del trabajo de calidad en equipo, del desconocimiento general sobre técnicas de generación de nuevas ideas y métodos activos para mejorar los procesos de toma de decisión, en este trabajo se presentó la experiencia de los autores en la implementación del análisis morfológico y la técnica de evaluación de múltiples criterios en la orientación y desarrollo de proyectos integradores liderados por los estudiantes. En estos proyectos integradores los estudiantes proponen y ejecutan soluciones a problemas reales del territorio donde ellos viven y/o trabajan, de manera que los estudiantes una vez que hacen uso de sus habilidades para brindar soluciones a problemas generales y frecuentes de la profesión, tengan la vivencia de contribuir con sus capacidades a crear mejores condiciones de vida y trabajo para los ciudadanos de Aguascalientes y patentar su responsabilidad social al retribuir con su inteligencia y trabajo creador al desarrollo del territorio y a la felicidad de la sociedad aguascalentense.

## Referencias bibliográficas

1. Lluch ML, Fernández FM, Pons SL, Cano GE. Competencias profesionales de los egresados universitarios: estudio de casos en cuatro titulaciones. Revista Currículum [Internet]. 2017 [citado 18 enero 2021]; Marzo(30): 49 – 64. Disponible en: <https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/6135>

2. Ruiz LE. Los técnicos superiores universitarios. Diferenciación educativa, estratificación social y segmentación del trabajo. *Revista Mexicana de Sociología* [Internet]. 2009 [citado 18 enero 2021]; 71(3): 557 – 558. Disponible en: <http://revistamexicanadesociologia.unam.mx/index.php/rms/article/view/17762/16942>
3. Jiménez RMA. Las competencias en el TSU: Su desarrollo bajo un enfoque de educación humanista. *Revista de Sistemas y Gestión Educativa*. 2017 [citado 18 enero 2021]; 4(11): 49 – 59. Disponible en: [https://ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Sistemas\\_y\\_Gestion\\_Educativa/vol4num11/Revista\\_de\\_Sistemas\\_y\\_Gestion\\_Educativa\\_V4\\_N11\\_1.pdf](https://ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Sistemas_y_Gestion_Educativa/vol4num11/Revista_de_Sistemas_y_Gestion_Educativa_V4_N11_1.pdf)
4. Álvarez PR. La tutoría como eje articulador del proceso de aprendizaje del alumnado. *Revista Currículum* [Internet]. 2013 [citado 18 enero 2021]; Marzo(26): 73 – 87. Disponible en: <https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/4440>
5. DGEST. Proyectos integradores para el desarrollo de competencias profesionales en el SNIT. Guía de referencia [Internet]. Edo de Mexico: Dirección General de Educación Superior Tecnológica, Coordinación Sectorial Académica. Dirección de docencia; 2013 [citado 18 enero 2021]. Documento orientativo de la SEP; 58. Disponible en: <http://www.ittoluca.edu.mx/difusion/Proyectos%20Integradores%20Toluca.pdf>
6. Galeano BCJ, Zamudio PWH, Duro NV, Martínez QAF. El potencial pedagógico del proyecto integrador como estrategia de aula; estudio de caso en el programa de tecnología industrial de la Universidad de Santander. *Ingeniería Solidaria* [Internet]. 2017 [citado 18 enero 2021]; 13(22): 153 – 169. Disponible en: <https://revistas.ucc.edu.co/index.php/in/article/view/1851>
7. VanGundy AB. *Idea Power: Techniques & Resources to Unleash the Creativity in Your Organization*. Association. New York: AMACOM Books; 1992.
8. Sándorová Z, Repáková T, Palenčíková Z. Design thinking - A revolutionary new approach in tourism education? *Journal of Hospitality, Leisure, Sport & Tourism Education*. 2020; 26(June). <https://doi.org/10.1016/j.jhlste.2019.100238> .
9. Bourgeois BS, Buisineb S, Vandendriessche C. Engineering students' use of creativity and development tools in conceptual product design: What, when and how? *Thinking Skills and Creativity*. 2017; 24(June): 104–117. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tsc.2017.02.016>
10. Law MV, Jeong J, Kwatra A, Jung MF. Negotiating the creative space in human-robot collaborative design. In *Designing Interactive Systems Conference (DIS 19)*. San Diego, 2019;. June 23-28. p. 645 – 657. [citado 20 enero 2021]; Disponible en: <file:///C:/Users/17868/Downloads/p645-law.pdf>
11. Valvona A (inventor). Office USP, assignee. Apparatus for baking biscuit cups for ice cream. England/Manchester. US patent 701,776. 1902 June 3. [citado 20 enero 2021]; Disponible en: <https://patentimages.storage.googleapis.com/35/8d/56/0cac135193b1fe/US701776.pdf>
12. De Bono E. *Six thinking hats*. 3ed. Penguin Life editor. London: Penguin Books Ltd; 2016. ISBN 9780241257531

13. Smith G, Richardson J, Summers JD, Mocko GM. Concept Exploration Through Morphological Charts: An Experimental Study. *Journal of mechanical design*. 2012 May; 134(5): 051004 (10 pages).

14. Caeiro RM, Fernández IMJ. Buscando soluciones innovadoras: de la tormenta de ideas al desarrollo de concepto. Reporte técnico. Vigo: Universidade de Vigo, Departamento de Ingeniería Telemática; 2020. Report No: M3HG6; 16. [citado 20 enero 2021]; Disponible en: <https://osf.io/sk7bj/>

15. Siregar D, Arisandi D, Usman A, Irwan D. Research of Simple Multi-Attribute Rating Technique for Decision Support. In *International Conference on Information and Communication Technology (IconICT)*. Utara, Indonesia, 2017; August 25–26. p 1-6. Published in *Journal of Physics: Conference Series*, Vol 930 *Journal of Physics: Conference Series* [citado 20 enero 2021]; Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/930/1/012015/pdf>

#### Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses, tanto personales como institucionales.

#### Contribución de autoría

La tutoría y concepción metodológica de los proyectos integradores referidos como experiencias en el artículo fueron realizadas en conjunto por Gonzalo González Rey, Guadalupe Alejandra Herrera Pérez y Liliana del Carmen Oramas Escamilla.

Las coordinaciones con las empresas y dueños de pequeños negocios para el desarrollo de los proyectos fueron realizadas por Guadalupe Alejandra Herrera Pérez y Liliana del Carmen Oramas Escamilla.

La redacción/revisión y aprobación del contenido final del manuscrito fue realizada por todos los autores.

#### Autores

Gonzalo González Rey. Ingeniero Mecánico. Doctor en Ciencias Técnicas. Profesor adjunto de la Universidad Internacional de la Florida en EE. UU. Miembro Académico de la Asociación Americana de Fabricantes de Engranajes (AGMA).

Guadalupe Alejandra Herrera Pérez. Ingeniera bioquímica. Maestría en enseñanza de las ciencias. Profesora de Tiempo Completo en la Universidad Tecnológica de Aguascalientes en México. Coordinadora de la asignatura de Integradora de TSU de Mecatrónica.

Liliana del Carmen Oramas Escamilla. Ingeniera química. Maestría en enseñanza de las ciencias. Profesora de Tiempo Completo en la Universidad Tecnológica de Aguascalientes en México.

