



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DESARROLLO DE LA INTEGRACIÓN DE CONTENIDOS DE NANOTECNOLOGÍA EN EL
ÁREA DE MATERIALES PARA EL FORTALECIMIENTO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA
MECÁNICA, FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC**

Moris Uxlab Pineda Cardona

Asesorado por el Ing. José Manuel Prado Abularach

Guatemala, febrero de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DESARROLLO DE LA INTEGRACIÓN DE CONTENIDOS DE NANOTECNOLOGÍA EN EL
ÁREA DE MATERIALES PARA EL FORTALECIMIENTO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA
MECÁNICA, FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

MORIS UXLAB PINEDA CARDONA

ASESORADO POR EL ING. JOSÉ MANUEL PRADO ABULARACH

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, FEBRERO DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez
EXAMINADOR	Ing. Juan José Peralta Dardón
EXAMINADOR	Ing. Francisco Arturo Hernández Arriaza
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DESARROLLO DE LA INTEGRACIÓN DE CONTENIDOS DE NANOTECNOLOGÍA EN EL
ÁREA DE MATERIALES PARA EL FORTALECIMIENTO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA
MECÁNICA, FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Mecánica Industrial, con fecha 27 de abril de 2016.



Moris Uxlab Pineda Cardona



Guatemala, 5 de septiembre de 2016

Ingeniero

Juan José Peralta Dardón

Director de Escuela

Ingeniería Mecánica Industrial

Por este medio hago constar que he leído y asesorado el trabajo de graduación titulado, **"DESARROLLO DE LA INTEGRACIÓN DE CONTENIDOS DE NANOTECNOLOGÍA EN EL ÁREA DE MATERIALES PARA EL FORTALECIMIENTO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA, FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC"** presentado por el estudiante de Ingeniería Mecánica Industrial Moris Uxlab Pineda Cardona, quien se identifica con carné No. 201114245.

Me permito informarle que considero que cumple con los requisitos que establecen los estatutos universitarios por lo que recomiendo su aprobación e impresión.

Atentamente,

A handwritten signature in black ink, appearing to read "José Manuel Prado Abularach", written over a horizontal line.



José Manuel Prado Abularach
Ingeniero Mecánico Industrial
Colegiado Activo No. 867



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DESARROLLO DE LA INTEGRACION DE CONTENIDOS DE NANOTECNOLOGÍA EN EL ÁREA DE MATERIALES PARA EL FORTALECIMIENTO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA, FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC**, presentado por el estudiante universitario **Moris Uxlab Pineda Cardona**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Inga. Rosa Amarilis Dubón Mazariegos
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, noviembre de 2016.

/mgp



REF.DIR.EMI.019.017

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **DESARROLLO DE LA INTEGRACIÓN DE CONTENIDOS DE NANOTECNOLOGÍA EN EL ÁREA DE MATERIALES PARA EL FORTALECIMIENTO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA, FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC**, presentado por el estudiante universitario **Moris Uxlab Pineda Cardona**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. José Francisco Gómez Rivera
DIRECTOR a.i.

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, febrero de 2017.

/mgp

Universidad de San Carlos
de Guatemala

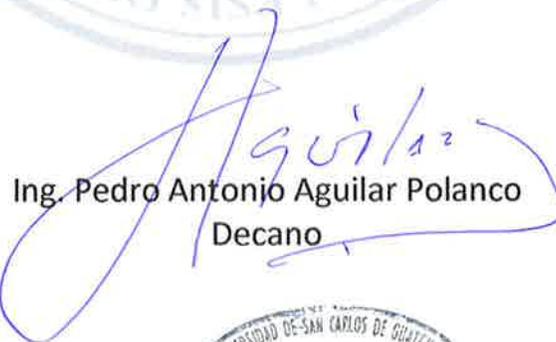


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 097.2017

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DESARROLLO DE LA INTEGRACIÓN DE CONTENIDOS DE NANOTECNOLOGÍA EN EL ÁREA DE MATERIALES PARA EL FORTALECIMIENTO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA, FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC,** presentado por el estudiante universitario: **Moris Uxlab Pineda Cardona,** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, febrero de 2017



/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por estar conmigo en cada etapa de mi vida, por todas sus bendiciones, que sin él nada hubiera sido posible; por permitirme cumplir esta meta y también por brindarme la fortaleza para superar las dificultades.

Mi madre

Delmy Cardona, por toda su lucha y esfuerzo y por apoyarme en cada momento; por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su gran amor.

Mi padre

Moris Gilberto Pineda, que a pesar que dejó físicamente este mundo, siento que está conmigo siempre, y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntos, sé que este momento hubiera sido especial para él como lo es para mi.

Mi hermano

Daniel Pineda, por acompañarme en mi camino y por los buenos momentos que hemos vivido.

Mi familia

En general, por estar siempre pendientes de mi y ser fuente apoyo constante e incondicional a lo largo de mis estudios.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi alma mater, por brindarme la educación, y otorgarme valores con sentido social.
Facultad de Ingeniería	Por darme la oportunidad de desarrollarme académicamente y formarme como profesional de la ingeniería.
Ing. José Manuel Prado Abularach	Por su asesoría y brindarme apoyo, motivación y consejos en el desarrollo de mi trabajo de graduación.
Ing. Jorge Iván Cifuentes	Por compartir su conocimiento y constante apoyo y asesoramiento en el desarrollo de mi trabajo de graduación.
Escuela de Ingeniería Mecánica	Por abrir sus puertas para realizar parte del estudio e investigación en sus instalaciones.
Departamento de Matemáticas	Por haberme dado la oportunidad de desempeñarme como auxiliar de cátedra. En especial a los ingenieros con quien trabajé y a mis compañeros de trabajo por haberme brindado sus conocimientos, apoyo y su buena amistad.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. Universidad de San Carlos de Guatemala	1
1.1.1. Misión	1
1.1.2. Visión	1
1.1.3. Reseña histórica	1
1.1.4. Organización	2
1.2. Facultad de Ingeniería	2
1.2.1. Reseña histórica	2
1.2.2. Misión	5
1.2.3. Visión	5
1.2.4. Organización	6
1.2.4.1. Escuela de Ingeniería Mecánica	6
1.2.4.1.1. Misión	8
1.2.4.1.2. Visión	8
1.2.4.1.3. Organigrama	9
1.2.4.1.4. Política de Calidad	9
1.3. Generalidades de la Nanotecnología	10
1.3.1. Áreas de investigación y desarrollo	13

1.3.2.	Las Nanotecnologías como sector industrial.....	14
1.3.3.	La importancia de la Nanotecnología. El caso de los materiales	15
1.3.4.	Nanomateriales	16
1.3.4.1.	Importancia.....	17
1.3.4.2.	Tipos de nanomateriales.....	18
1.3.4.3.	Métodos de obtención.....	21
1.3.4.4.	Métodos de caracterización o análisis	24
1.3.5.	Nanoingeniería	30
2.	SITUACIÓN ACTUAL	31
2.1.	Escuela de Ingeniería Mecánica	31
2.1.1.	Proceso de acreditación	32
2.1.2.	Líneas de específicas de investigación.....	33
2.1.3.	Áreas de estudio.....	33
2.2.	Área de materiales de ingeniería mecánica.....	34
2.2.1.	Contenidos de los cursos del área.....	38
2.2.2.	Limitaciones	41
2.3.	Aplicación de la Nanotecnología a nivel nacional	42
2.3.1.	Requerimientos académicos	45
2.3.2.	Formación y capacitación	46
2.3.3.	Sectores involucrados	52
2.3.4.	Capacidades científicas-tecnológicas	53
2.3.5.	Análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA)	55
2.4.	Análisis de mercado	57
2.4.1.	Interacción entre la industria y la academia	59

2.4.2.	Factores económicos en la aplicación de Nanotecnología.....	62
2.4.2.1.	Aceptación de la Nanotecnología en la industria.....	62
2.4.2.2.	Aplicaciones viables para la Nanotecnología.....	62
2.5.	Factores que condicionan el desarrollo industrial de la Nanotecnología	64
3.	PROPUESTA PARA LA INTEGRACIÓN DE CONTENIDOS DE NANOTECNOLOGÍA EN EL ÁREA DE MATERIALES	65
3.1.	Proceso de integración del contenido propuesto	65
3.2.	Objetivos de la propuesta	66
3.3.	Áreas temáticas	67
3.3.1.	Ciencias de los materiales	68
3.3.1.1.	Fundamentos de la Nanotecnología.....	68
3.3.1.1.1.	Contenido.....	69
3.3.1.1.2.	Competencias específicas	69
3.3.1.2.	Nanomateriales	69
3.3.1.2.1.	Contenido.....	70
3.3.1.2.2.	Competencias específicas	70
3.3.1.3.	Caracterización de objetos a nanoescala.....	70
3.3.1.3.1.	Contenido.....	71
3.3.1.3.2.	Competencias específicas	71
3.3.2.	Procesos de manufactura 1	71

3.3.2.1.	Métodos de medición a nanoescala.....	72
3.3.2.1.1.	Contenido	72
3.3.2.1.2.	Competencias específicas.....	73
3.3.2.2.	Manufactura a nivel nano.....	73
3.3.2.2.1.	Contenido	73
3.3.2.2.2.	Competencias específicas.....	74
3.3.3.	Procesos de manufactura 2.....	74
3.3.3.1.	Manufactura con aditivos y nanocompuestos	74
3.3.3.1.1.	Contenido	75
3.3.3.1.2.	Competencias específicas.....	75
3.3.3.2.	Aplicaciones de la Nanotecnología en la industria	76
3.3.3.2.1.	Contenido	76
3.3.3.2.2.	Competencias específicas.....	77
3.3.4.	Metalurgia y Metalografía	77
3.3.4.1.	Nanometalurgia	78
3.3.4.1.1.	Contenido	78
3.3.4.1.2.	Competencias específicas.....	79
3.3.4.2.	Microscopía de materiales	79
3.3.4.2.1.	Contenido	80
3.3.4.2.2.	Competencias específicas.....	80
3.4.	Actividades de aprendizaje.....	81

3.5.	Programas de curso actualizados	83
3.6.	Recursos didácticos.....	84
3.7.	Bibliografía y e-grafía sugerida	88
4.	DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	91
4.1.	Diagrama de flujo del proceso de integración	91
4.2.	Estudio administrativo y legal para su desarrollo	92
4.3.	Apoyo	93
4.3.1.	Institucional.....	94
4.3.2.	Sector privado.....	95
4.4.	Localización.....	96
4.5.	Recursos humanos.....	96
4.5.1.	Capacitación	97
4.6.	Recursos materiales	99
4.6.1.	Material didáctico	99
4.7.	Recursos financieros	100
4.8.	Criterios de evaluación del proyecto	103
4.8.1.	Análisis costo-eficiencia	104
5.	SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUA.....	107
5.1.	Monitoreo y seguimiento.....	107
5.2.	Resultados del seguimiento y su presentación	108
5.3.	Laboratorio de Nanotecnología de materiales.....	110
5.4.	Metodología para futuras actualizaciones	115
	CONCLUSIONES.....	117
	RECOMENDACIONES.....	121
	BIBLIOGRAFÍA.....	125
	APÉNDICES.....	127

ANEXOS 132

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama	9
2.	Esquema de los enfoques <i>top-down</i> y <i>bottom-up</i>	22
3.	Clasificación general de los métodos de obtención de nanomateriales de acuerdo al enfoque <i>bottom-up</i>	24
4.	Esquema del funcionamiento de un AFM	25
5.	Líneas específicas de investigación del área de materiales de ingeniería mecánica	35
6.	Diagrama de causa y efecto, limitaciones del área de materiales	41
7.	Producción de nanociencia a nivel mundial.....	59
8.	Nanotechnologies: Principles, Applications, Implications and Hands-on Activities	86
9.	Unidad Didáctica Nanociencia y Nanotecnología. Entre la ciencia ficción del presente y la tecnología del futuro	87
10.	Diagrama de flujo del proceso de integración del contenido propuesto	91

TABLAS

I.	Equipos empleados en un laboratorio de Nanotecnología.....	28
II.	Relación de contenidos de las asignaturas del área de materiales de ingeniería con los atributos del perfil del egresado	36
III.	Metodología enseñanza aprendizaje por asignatura del área de materiales de Ingeniería.....	37

IV. Curso de Ciencia de los materiales	38
V. Curso de Metalurgia y metalografía	39
VI. Curso de Procesos de manufactura 1	39
VII. Curso de Procesos de manufactura 2.....	40
VIII. Programa de actividades congreso “Nanotecnología y Tecnologías Futuras Para el Desarrollo Sostenible” 2015.....	48
IX. Programa de actividades seminario para estudiantes “Ingeniería de los materiales y Nanotecnología para el desarrollo sostenible”	50
X. Programa de actividades seminario para docentes, investigador y profesional “Ingeniería de los materiales y Nanotecnología para el desarrollo sostenible”	51
XI. Análisis FODA	55
XII. Actividades de aprendizaje	81
XIII. Costos de la propuesta de integración de contenidos de Nanotecnología en el Área de Materiales de la Escuela de Ingeniería Mecánica	101
XIV. Número estimado de estudiantes beneficiados.....	104
XV. Presupuesto de equipo para el Laboratorio de Nanotecnología de materiales	111

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
\$	Dólar, moneda estadounidense
®	Marca comercial registrada
m	Metro
ml	Mililitro
mm	Milímetro
nm	Nanómetro
oz	Onza
%	Porcentaje
Q	Quetzal, moneda guatemalteca

GLOSARIO

ASME	American Society of Mechanical Engineers (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos).
EIM	Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería.
FIUSAC	Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
Nano	Prefijo que indica $1 \cdot 10^{-9}$ unidades de medida.
Nanociencia	Ciencia que estudia la materia a escala nanométrica.
Nanómetro	Escala métrica que representa $1 \cdot 10^{-9}$ metros.
Nanotecnología	Estudio, diseño, creación, síntesis, manipulación y aplicación de materiales, equipo y sistemas funcionales a través del control y explotación de fenómenos y propiedades de la materia a nanoescala.

RESUMEN

El objetivo principal del presente trabajo de graduación, está enfocado en fortalecer y actualizar los actuales programas de estudio del área de materiales de la Escuela de Ingeniería Mecánica. A partir de esto, se desarrollará una propuesta para la integración de contenidos de Nanotecnología en los cursos de Ciencia de los Materiales, Procesos de Manufactura 1, Procesos de Manufactura 2 y Metalurgia y Metalografía.

Para cumplir con los objetivos establecidos, se efectúa inicialmente un análisis de la situación actual del Área de materiales de la Escuela de Ingeniería Mecánica, así como también un diagnóstico situacional del desarrollo, aplicación y divulgación de la Nanotecnología en el país. En base a la información obtenida de los análisis situacionales, se propone estructurar una guía temática que abarque la integración de contenidos de Nanotecnología, esta integración de nuevo contenido en los programas de curso se desarrolló de tal forma, que los principales fundamentos que conforman el ámbito cognoscitivo de la Nanotecnología sea introducida, acorde con los contenidos de los programas de curso actuales, cuidando la coherencia en la sucesión en que todos los temas serán impartidos.

El desarrollo de la propuesta también aborda lo referente al proceso de implementación de las actualizaciones curriculares propuestas, se analizan los recursos y los estudios administrativos y legales necesarios que conllevan su implantación y, por último, se proponen metodologías de seguimiento y actualización para la mejora continua del programa de estudio.

OBJETIVOS

General

Proponer el desarrollo de la integración de contenidos de Nanotecnología en el área de materiales de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Universidad de San Carlos de Guatemala

Específicos

1. Promover el fortalecimiento de la investigación en Ciencia y Tecnología Aplicada, dentro de la Escuela de Mecánica.
2. Introducir mejoras en el plan de estudios de la carrera de Ingeniería Mecánica, y carreras afines, específicamente en el Área de Materiales de ingeniería, acordes con los avances de la ciencia y la tecnología y las necesidades del país.
3. Divulgar a los diferentes sectores académicos el alcance en aspectos prácticos que la Nanotecnología tendrá en la industria guatemalteca.
4. Estructurar una propuesta que sirva como guía temática de los contenidos de Nanotecnología en los diferentes cursos del área de materiales de la Escuela de Ingeniería Mecánica.
5. Detallar los recursos mínimos necesarios para llevar a cabo la propuesta.

6. Definir el proceso de implementación de los contenidos de Nanotecnología en los cursos del Área de Materiales de la Escuela de Ingeniería Mecánica.
7. Establecer un seguimiento estratégico para la mejora continua del contenido propuesto.

INTRODUCCIÓN

La Nanotecnología es el estudio, diseño, creación, síntesis, manipulación y aplicación de materiales, equipo y sistemas funcionales a través del control y explotación de fenómenos y propiedades de la materia a nanoescala. La Nanotecnología es una de las áreas más activas de investigación que abarca una gran cantidad de disciplinas incluyendo el área de los materiales. El potencial uso de la Nanotecnología en el desarrollo industrial está en la etapa de desarrollo y crecimiento, los avances e invenciones logrados en el ámbito nanotecnológico han permitido conocer y estudiar el comportamiento de diversos materiales a escala nanométrica, lo cual ha hecho posible modificar y mejorar a escala atómica las características y propiedades mecánicas de los mismos.

En Guatemala, el uso de la Nanotecnología podría solucionar problemas en áreas como el agua, agricultura, nutrición, salud, energía y medio ambiente. Recientemente en el país se han iniciado varias investigaciones relacionadas con la mejora de los materiales disponibles. En el ámbito industrial se han observado algunos avances, aunque todavía son escasos y se encuentran en una etapa temprana de investigación y desarrollo, para la creciente necesidad de desarrollo industrial que el país demanda. Por lo que es necesario que el país empiece a establecer políticas de desarrollo industrial que específicamente incorpore a la Nanotecnología como una herramienta para el fomento de la productividad y competitividad del sector.

Es necesario despertar el interés del sector académico nacional en temas de investigación y desarrollo en Nanotecnología, para poder generar mayor

investigación en dicho campo, es indispensable elevar el nivel de capacitación de los ingenieros y científicos nacionales, así como también elevar el nivel educativo de los estudiantes de carreras científicas y tecnológicas, para ello las universidades deben incluir en sus actuales programas de estudio, bases teóricas y científicas que incluyan nuevos conceptos, leyes y teorías que conforman el ámbito cognoscitivo de la Nanotecnología; estos conocimientos científicos no están contemplados por ejemplo dentro de los objetivos educativos de los programas de estudio de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala. El presente trabajo toma como punto de partida a la Escuela de Ingeniería Mecánica, con lo que se pretende dar un nuevo enfoque que actualice los contenidos actuales de los cursos específicos del Área de materiales de dicha escuela, siendo estos; Ciencias de los materiales, Procesos de Manufactura 1, Procesos de Manufactura 2 y Metalurgia y Metalografía, a efecto de introducirle mejoras acordes a los avances de la ciencia y la tecnología; esto a través de integrar contenidos de Nanotecnología en los cursos antes mencionados, para fortalecer la investigación en ciencia y tecnología en el Área de Materiales así como también contribuir en la continua actualización tecnológica del actual programa de estudios.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Universidad de San Carlos de Guatemala

1.1.1. Misión

En su carácter de única universidad estatal, le corresponde con exclusividad dirigir, organizar y desarrollar la educación superior del estado y la educación estatal, así como la difusión de la cultura en todas sus manifestaciones. Promoverá por todos los medios a su alcance la investigación en todas las esferas del saber humano y cooperará al estudio y solución de los problemas nacionales.

1.1.2. Visión

La Universidad de San Carlos de Guatemala es la institución de educación superior estatal, autónoma, con cultura democrática, con enfoque multi e intercultural, vinculada y comprometida con el desarrollo científico, social, humanista y ambiental, con una gestión actualizada, dinámica, efectiva y con recursos óptimamente utilizados, para alcanzar sus fines y objetivos, formadora de profesionales con principios éticos y excelencia académica.

1.1.3. Reseña histórica

La fundación de la Universidad de San Carlos de Guatemala se llevó a cabo el 31 de enero de 1676, el Monarca Español Carlos II promulgó la Real Cédula de Fundación de la Universidad; documento que llegó a Guatemala el

26 de octubre de 1676, lo que se tradujo en alegría y júbilo en el Reyno de Guatemala. Las primeras siete cátedras impartidas en la Universidad fueron: a) Teología Escolástica, b) Teología Moral, c) Cánones, d) Leyes, e) Medicina y f) Dos cátedras de lenguas siendo estas, latín y kakchikel.

1.1.4. Organización

La Estructura Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se encuentra integrada por unidades de decisión superior, unidades de apoyo funcional y las unidades ejecutoras del desarrollo de las funciones de docencia, investigación y extensión de la Universidad.

1.2. Facultad de Ingeniería

La Facultad de Ingeniería se dedica a la formación de profesionales de prestigio, cuyos conocimientos contribuyen al progreso científico y tecnológico de Guatemala.

En esta unidad académica se desempeñan seis escuelas facultativas de pregrado que disponen de doce carreras, una escuela de postgrado con carácter regional centroamericano; además, del Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII), de manera que su proyección es amplia hacia diversas actividades económicas y sociales del país.

1.2.1. Reseña histórica

En 1879 se estableció la Escuela de Ingeniería en la Universidad de San Carlos de Guatemala; por decreto del Gobierno, pero en 1882, se tituló como Facultad dentro de esa institución y se separó de la Escuela Politécnica.

En 1930 se reestructuraron los estudios y se reestableció la carrera de Ingeniería Civil. Este hecho marcó el inicio de la época "moderna" de esta Facultad.

En 1966 en la Facultad de Ingeniería se estableció el primer programa regional (centroamericano) de estudios de posgrado, mediante la creación de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y la Maestría en Ingeniería Sanitaria. Estos estudios son reconocidos internacionalmente. Después, ese programa se amplió con la Maestría en Recursos Hidráulicos.

La Escuela de Ingeniería Química, que desde 1939 funcionaba en la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, en 1967 se integró a la Facultad de Ingeniería, en ese año también se creó la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial que tuvo a su cargo las carreras de Ingeniería Industrial, Ingeniería Mecánica y la combinada de Ingeniería Mecánica Industrial.

La Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica se creó en 1968; a su cargo quedaron las carreras de ingeniería eléctrica y la combinada de Ingeniería mecánica eléctrica. En 1970 se creó la carrera de Ingeniería en Ciencias y Sistemas con grado de Licenciatura.

Al final de la década de 1960 se realizaron estudios para la reestructuración y modernización del plan de estudios de la Facultad. En 1971 se inició la ejecución del Plan de Reestructuración de la Facultad de Ingeniería (PLANDEREST), que impulsaba la formación integral de sus estudiantes para una participación cada vez más efectiva de la ingeniería en el desarrollo del país. El Plan incluía la aplicación de un pénsum flexible que permite la adaptación al avance tecnológico y a las necesidades de desarrollo productivo del país, así como a la vocación de los estudiantes.

En 1974 se fundó la Unidad de Ejercicio Profesional Supervisado para todas las carreras de la Facultad de Ingeniería. En 1975 se crearon los estudios de posgrado en Ingeniería de Recursos Hidráulicos; con tres opciones: calidad del agua, hidrología e hidráulica.

Las licenciaturas en Matemática Aplicada y Física Aplicada se crearon en el periodo de 1976 a 1980, mediante la creación de la Escuela de Ciencias, que atiende la etapa básica común para las diferentes carreras de ingeniería.

En 1984 se creó el Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM) que inició sus actividades con un programa de estudios de hidrocarburos y varios cursos sobre exploración y explotación minera, geotecnia, pequeñas centrales hidroeléctricas e investigación geotérmica; contó con el apoyo del Ministerio de Energía y Minas.

Con el fin de mejorar su administración docente, en 1986, se fundó la Escuela de Ingeniería Mecánica, por consiguiente, la carrera de Ingeniería Mecánica se separó de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial.

Debido al avance tecnológico en las ramas de ingeniería eléctrica, en 1989, se creó la carrera de Ingeniería Electrónica a cargo de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica.

En 1994 se creó la unidad académica de Servicio de Apoyo al Estudiante (SAE) y de Servicio de Apoyo al Profesor (SAP), conocida por sus siglas SAE-SAP, cuyo fin es prestar apoyo al estudiante por medio de la ejecución de programas de orientación y tutorías en el plano académico, administrativo y social y para facilitar la labor docente y de investigación de los profesores, dando origen a la Plataforma SAE/SAP, que permite configurar los cursos en la

web, con sus respectivos programas, sitios preferenciales para cada curso, comunicación con los alumnos, orientación del profesor a los alumnos bibliografía digital, trabajos, casos, etc.

Durante el período comprendido de 2001 a 2005 se iniciaron las maestrías de ciencias de ingeniería vial, gestión industrial, desarrollo municipal y mantenimiento industrial. Y en 2007 se creó la carrera de Ingeniería Ambiental, con grado de Licenciatura.

En los años siguientes se establecieron convenios con universidades europeas como la de Cádiz, de Almería y la Tecnológica de Madrid; con la norteamericana *Florida International University*, para la realización de intercambios estudiantiles. En ese año concluyó el proceso que le otorgó la acreditación a la carrera de Ingeniería Química. Además, en ese período se inició el proceso en busca de la acreditación de la carrera de Ingeniería Civil.

1.2.2. Misión

Formar profesionales en las distintas áreas de la ingeniería que, a través de la aplicación de la ciencia y la tecnología, conscientes de la realidad nacional y regional, y comprometidos con nuestras sociedades, sean capaces de generar soluciones que se adapten a los desafíos del desarrollo sostenible y los retos del contexto global.

1.2.3. Visión

Ser una institución académica con incidencia en la solución de la problemática nacional; formamos profesionales en las distintas áreas de la ingeniería, con sólidos conceptos científicos, tecnológicos, éticos y sociales,

fundamentados en la investigación y promoción de procesos innovadores orientados hacia la excelencia profesional.

1.2.4. Organización

La Facultad de Ingeniería está organizada en: escuelas facultativas, centros, departamentos, unidades académico-administrativas.

También integran la Facultad de Ingeniería: Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII), Centro de Cálculo e Investigación Educativa, Biblioteca “Ing. Mauricio Castillo C.”, Unidad de Ejercicio Profesional Supervisado, Unidad de Servicio de Apoyo al Estudiante y de Apoyo al Profesor, (SAE-SAP)

Asimismo, las unidades administrativas de apoyo a la función docente y de investigación que dependen de la secretaría académica y las unidades de administración general.

1.2.4.1. Escuela de Ingeniería Mecánica

La Ingeniería Mecánica, es una de las carreras que ha ofrecido la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, desde el siglo pasado en el año 1968, como oportunidad de estudios superiores en la República de Guatemala. La Escuela de Ingeniería Mecánica tiene una historia relativamente reciente como tal, debido a que, en los inicios, la carrera era administrada por la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial. Nació como independiente en el mes de octubre de 1986 al separarse de la Escuela mencionada, por resolución de Junta Directiva a petición de estudiantes y catedráticos de aquella época, siendo el principal visionario el Coordinador de la Carrera de aquel entonces, el Ing. Jorge Raúl Soto Obediente (QEPD) y los

estudiantes de aquel entonces, Rigoberto Fong, Leonel Ramírez y Sergio Castro, entre otros.

Esta separación fue necesaria dada la necesidad de desarrollar una rama de la ingeniería en forma separada, siendo la primera carrera en contar con un área exclusiva para que los catedráticos desarrollaran sus actividades y atendieran a los estudiantes, ya que esto no era posible en buena forma siendo un área de la Escuela en mención. Se diseñó un modelo de organización que permitiera desarrollar las funciones administrativo-docentes con las limitaciones presupuestarias del momento y se solicitó la infraestructura mínima de oficinas para dar cabida al personal de la carrera. De esta manera, en el año 1987, teniendo como Coordinador de la Carrera al Ing. Jorge Raúl Soto Obediente, entró a funcionar con personal administrativo y docente en forma efectiva la Carrera de Ingeniería Mecánica, considerando poner en marcha proyectos para alcanzar la excelencia académica, localizando su sede en el edificio T-7 del complejo de la Facultad de Ingeniería, que en aquel entonces era área de bodegas que utilizaba la facultad, existiendo ya los laboratorios de procesos de manufactura I y II, metalurgia y metalografía y motores de combustión interna, los cuales se desarrollaban en un ambiente inadecuado.

Fue hasta el año 1991, siendo el Coordinador el Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma, que la Carrera de Ingeniería Mecánica se divide en las áreas de: Térmica, Diseño, Materiales de Ingeniería, Complementaria, Laboratorios, y las Coordinaciones de Exámenes Generales, públicos y privados. Se convierte en la primera carrera en contar con un reglamento de exámenes privados y la única en contar con una línea de teléfono directo, compartido en ese entonces con el departamento de mantenimiento de la Facultad. En aquel entonces la Carrera realizaba todas las funciones administrativo-docentes de una Escuela no facultativa como las otras de la Facultad de Ingeniería.

En el año 2004, en la época del Director de la carrera el Ing. Arturo Estrada Martínez, la Junta Directiva le concede a la carrera la categoría de Escuela de Ingeniería Mecánica con presupuesto separado.

1.2.4.1.1. Misión

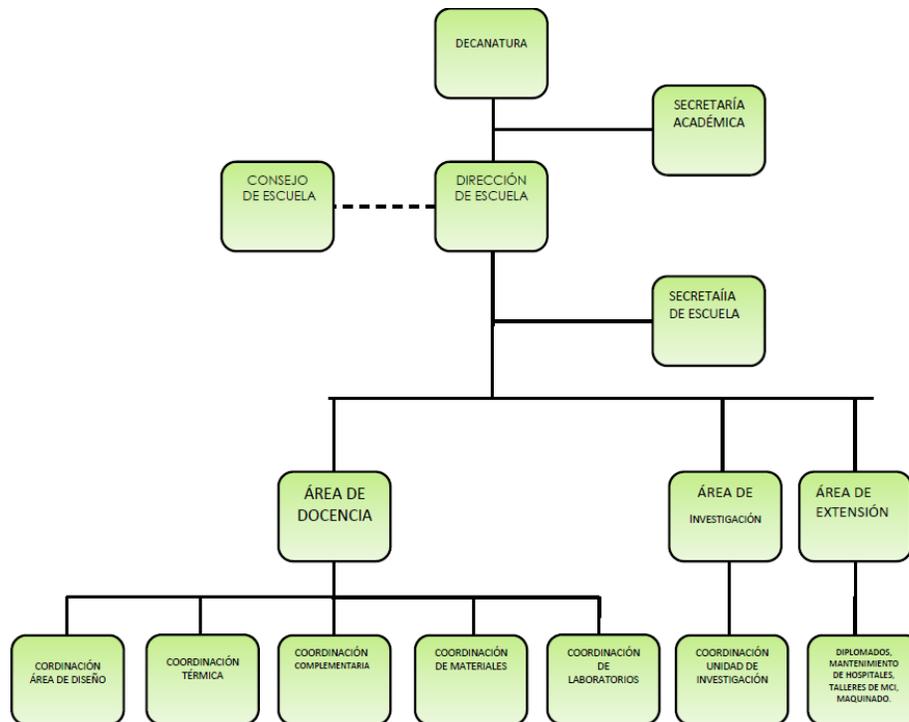
Formamos profesionales de la Ingeniería Mecánica, con valores éticos y morales, capaces de generar y adaptarse a los cambios del entorno, conscientes de la realidad nacional y el avance tecnológico, comprometidos con su sociedad, para que a través de la aplicación de la ciencia y la tecnología apropiada contribuyan al bien común y desarrollo económico y sostenible del país y la región.

1.2.4.1.2. Visión

Ser una de las mejores Escuelas de Ingeniería Mecánica en Educación Superior, de reconocimiento nacional e internacional por la calidad de profesionales que forma, por sus resultados dentro de la competitividad del mercado laboral cambiante tomando en cuenta el impacto de las nuevas tecnologías, de las necesidades y expectativas de sus estudiantes.

1.2.4.1.3. Organigrama

Figura 1. Organigrama



Fuente: Escuela de Ingeniería Mecánica. *Autoestudio del programa de Ingeniería Mecánica*. p 225.

1.2.4.1.4. Política de Calidad

La Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica consciente de las tendencias que paulatinamente se van introduciendo en la Universidad de la sociedad del conocimiento, ha considerado como política de la calidad universitaria, el compromiso a desarrollar sus actividades bajo el esquema del mejoramiento continuo integrado en todos los aspectos de docencia, gestión, investigación y extensión que se realizan para desempeñar las funciones de

generación, transmisión y transferencia de conocimiento en Ingeniería Mecánica y garantizar así los requerimientos de la sociedad por la vía de sus estudiantes, graduados, docentes, investigadores y empleadores en la búsqueda permanente de la más alta calidad, considerando esta como la búsqueda de la excelencia en: a) los procesos de formación de profesionales, académicos y científicos; b) en las condiciones institucionales que sostienen a la universidad pública en el marco de su autonomía, responsabilidad social, pluralismo ideológico y respeto por los valores democráticos; y c) en las dinámicas de integración y articulación del sistema educativo entre niveles e instituciones. Todo lo anterior basado en los compromisos y recomendaciones surgidas en el marco del proceso de acreditación de la Escuela.

1.3. Generalidades de la Nanotecnología

El marco de la llamada próxima revolución industrial, la Nanotecnología, se introdujo gracias a Richard Feynman, ganador del premio Nobel de Física 1965, fue el primero en hacer referencia a las posibilidades de la Nanociencia y la Nanotecnología en el célebre discurso que dio en el Caltech del Instituto Tecnológico de California el 29 de diciembre de 1959, titulado *En el fondo hay espacio de sobra*, originalmente titulado *There's Plenty of Room at the Bottom*.

El prefijo nano en la palabra Nanotecnología significa milmillonésima parte de un metro (1×10^{-9}). La Nanotecnología trata sobre las diferentes estructuras de la materia con dimensiones del orden nanométrico. Aunque la palabra Nanotecnología es relativamente nueva, la existencia de dispositivos y estructuras funcionales de dimensiones nanométricas no lo es; además tales estructuras han existido en la Tierra desde el mismo origen de la vida.

“Conceptualmente, la Nanotecnología se refiere a las actividades científicas y tecnológicas llevadas a cabo a escala atómica y molecular, y a los principios científicos y a las nuevas propiedades que pueden ser comprendidos y controlados cuando se interviene a dicha escala. Estas propiedades pueden ser observadas y explotadas tanto a escala microscópica como macroscópica, por ejemplo, para el desarrollo de materiales e instrumentos con nuevas funciones y prestaciones.”¹

Un nanómetro es la unidad de longitud que equivale a una milmillonésima parte de un metro. En esta escala, las propiedades físicas, químicas y/o biológicas de los materiales, objetos, sistemas, etc., difieren de manera fundamental de las propiedades de los mismos a tamaño micro o macroscópico, por lo que la investigación y desarrollo de la Nanotecnología se orienta a la comprensión y creación de materiales mejorados, dispositivos y sistemas que exploten estas nuevas propiedades. En este sentido, la Nanotecnología promete una mejor comprensión de la naturaleza y de la vida misma, en donde el tamaño y la forma son importantes.

Las estrategias de investigación utilizadas para el desarrollo en este tema se enfocan en los métodos *Top Down* y *Bottom Up*.

- *Top-down*: Reducción de tamaño. Literalmente desde arriba (mayor) hasta abajo (menor). Los mecanismos y las estructuras se miniaturizan a escala nanométrica. Los materiales se van fragmentado, por molienda, irradiación, disolución, etc. Este tipo métodos han sido los más frecuente utilizados hasta la fecha.

¹ Comunicación de la Comisión Europea, *Hacia una estrategia europea para las Nanotecnologías*, Bruselas, 12.5.2014.

- *Bottom-Up*: De abajo hacia arriba. En este método se parte de pequeñas unidades de tamaño nanométrico que se van ensamblando para formar un nanomaterial o un nanodispositivo con nuevas propiedades. Este método es nuevo y está siendo desarrollado para diferentes aplicaciones. Se han desarrollado métodos de autoensamblaje, tratando de copiar a la naturaleza.

La Nanotecnología se puede aplicar positivamente en varias industrias como la de la medicina, la automotriz, la textil, la de envasado de alimentos, la industria de la construcción entre otras, la aplicación de la Nanotecnología en la industria genera productos con características únicas que solo se pueden alcanzar por medio de la nanomodificación. La aplicación de estas novedosas tecnologías produce beneficios como: estructuras más ligeras, compuestos estructurales más fuertes, menor consumo de energía por lo tanto un enfoque más ecológico y sostenible, la reducción de la tasa de transferencia térmica de fuego por medio de compuestos retardantes y aislantes, entre otros.

De acuerdo a la definición establecida por la *U.K. Royal Society & Royal Academy of Engineering*.

“Nanociencia, es el estudio del fenómeno y la manipulación de materiales a escalas atómicas, moleculares y macromoleculares donde las propiedades difieren significativamente de estas a escala mayor. Nanotecnologías, son el diseño, caracterización, producción y aplicación de estructuras, instrumentos y sistemas a través del control de la forma y el tamaño a nanoescala.”²

Se prevé que, en los próximos años, la Nanotecnología tendrá un profundo impacto en las ramas industriales demandantes de materiales como la

² The Royal Society & The Royal Academy of Engineering (RS&RSE). *Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties*. RS Policy. London. (2004, Julio). p 5.

aeroespacial, automovilística, de recubrimientos, construcción, cosméticos, cerámicos, agrícola, detergentes, moldes, medicinas, fertilizantes, alimentos, energéticos, producción de combustibles, lubricantes, quirúrgicos, metales, equipo óptico, pintura, papel, farmacéuticos, polímeros, sensores, herramientas y textiles, por nombrar unos pocos solamente.

En el mercado se encuentran ya disponibles aplicaciones de esta naturaleza.

“ Por ejemplo, los materiales nanoestructurados ya son utilizados en productos de lujo como bolas de tenis, golf o boliche (a modo de reducir el número de giros que dan las mismas); en la fabricación de neumáticos de alto rendimiento (nanopartículas); la fabricación de telas con propiedades anti-manchas o antiarrugas (nanofibras); en cosméticos, fármacos y nuevos tratamientos terapéuticos (nanoestructuras); en filtros/membranas de agua nanoestructurados y remediaciones medioambientales; en la mejora de procesos productivos mediante la introducción de materiales más resistentes o eficientes (tanto industriales como agroindustriales); o en el diseño de nuevos materiales para usos que van desde la electrónica, la aeronáutica y prácticamente toda la industria del transporte, hasta para su uso en armas más sofisticadas y novedosas (explosivos, balística, etcétera); etcétera.”³.

1.3.1. Áreas de investigación y desarrollo

La Nanotecnología y sus aplicaciones están cada vez más presentes en nuestra vida cotidiana, aunque hasta hace poco tiempo se consideraban ciencia ficción. La medicina, la ingeniería, la informática, la mecánica, la física o la química son sólo algunas de las disciplinas que ya se están beneficiando o pronto lo harán de las posibilidades que ofrece la Nanotecnología. Las

³ RAMOS, Gian Carlo Delgado. et al. *Nanotecnología, paradigma tecnológico de vanguardia. Contribuciones a la Economía*, 2007, no 2007-02.

posibilidades que ofrece son múltiples y ya hay en el mercado productos aplicados en la medicina y la cirugía como la detección precoz de enfermedades, en las farmacéuticas (fabricación de medicamentos), en la informática (la potencia de las computadoras ha aumentado y lo seguirá haciendo), la alimentación (suministro de energía, tratamiento y conservación de alimentos), la construcción de edificios (cementos, pinturas especiales), los cosméticos, tejidos textiles y sistemas para purificación y desalinización de agua, en la industria agrícola (detección y control de plagas, mejora productiva), almacenamiento, producción y conversión de energía, entre muchas otras aplicaciones.

1.3.2. Las Nanotecnologías como sector industrial

La Nanotecnología puede ser aplicada para el diseño y construcción de procesos en una diversidad de áreas, la Nanotecnología genera productos que poseen características únicas. Entre las principales áreas de aplicación se pueden mencionar las siguientes:

- **Área de Materiales:** La Nanotecnología puede aportar considerables beneficios en el sector de los materiales de ingeniería, el diseño de nuevos materiales, es el área de mayor desarrollo y de impacto de este nuevo campo de la ciencia. Además, la Nanotecnología está permitiendo desde el desarrollo de aplicaciones cotidianas, como materiales más resistentes y flexibles.
- **Electrónica:** La aplicación de la Nanotecnología en la electrónica permite reducir el tamaño de los *chips* y ampliar las memorias. Se está trabajando en semiconductores y hasta en los llamados ordenadores “orgánicos”, que

permitirían almacenar información y procesarla sin intervención de otros elementos electrónicos, similar al comportamiento del cerebro humano.

- Medicina: Es un área en la cual la Nanotecnología todavía está en la etapa de desarrollo, pero sus verdaderos resultados se verán a más largo plazo, puesto que, por ejemplo, el ensayo de nuevos fármacos requiere sus propios tiempos. Se han estado realizando investigaciones acerca de fármacos dirigidos específicamente a la zona enferma del cuerpo o en el desarrollo de “tejidos” artificiales que funcionen como los orgánicos.
- Energía: La Nanotecnología ha incursionado en esta área de aplicación, en el desarrollo de nuevas fuentes menos contaminantes y más eficientes, así como en nuevas formas de almacenamiento de energía.

1.3.3. La importancia de la Nanotecnología. El caso de los materiales

Una de las áreas de la ciencia que ha tenido mayor crecimiento en los últimos años es el de la Nanotecnología. Si bien es cierto, las aplicaciones y los productos concebidos y realizados sobre su base apenas han empezado a desarrollarse y a ingresar en el mercado, los ámbitos de uso son extremadamente variados y podrían suponer grandes volúmenes de producción destinada a satisfacer todo tipo de necesidades. Es por ello que existe una necesidad latente de desarrollo y evolución del uso de esta tecnología en las industrias actuales.

La Nanotecnología es considerada como una tecnología de plataforma puesto que tiene el potencial para transformar por completo el estado actual de múltiples sectores industriales. Además, promete beneficios de todo tipo, desde aplicaciones médicas hasta soluciones a problemas ambientales. Incursiona en

campos como la electrónica y la industria de los semiconductores y circuitos integrados; en la industria química, puede desarrollar nuevos catalizadores y sensores físicos, químicos y biológicos; en la industria de transporte y aeroespacial permite la fabricación de vehículos más livianos, veloces y seguros, así como también la construcción de puentes, autopistas, tuberías y rieles más durables, confiables y eficientes. También se vislumbra la posibilidad de mejorar la actividad agrícola optimizando los sistemas de filtración y desalinización, haciéndolos más económicos y menos contaminantes.

En general, en los próximos años, las tecnologías convergentes en la nanoescala revolucionarán el diseño y la fabricación de nuevos materiales en todos los sectores industriales.

1.3.4. Nanomateriales

Los nanomateriales o también llamados materiales nanoestructurados, son aquellos en los que el tamaño de sus partículas es del orden de 1-100 nm de tamaño, en términos generales su preparación se realiza a partir de un proceso de síntesis, en la llamada aproximación *bottom-up*, los nanomateriales tienen algunas propiedades que con frecuencia son superiores a los materiales tradicionales disponibles comercialmente. Estas características pueden incluir la resistencia mecánica, la dureza, la ductilidad, la resistencia al desgaste y a la corrosión, adecuados para aplicaciones estructurales (soporte de carga) y no estructurales, en combinación con propiedades eléctricas, magnéticas y ópticas únicas.

La composición de un nanomaterial puede ser cualquier combinación de elementos químicos; entre las composiciones de mayor importancia están los carburos, los óxidos, los nitruros, los metales y sus aleaciones, los polímeros

orgánicos y varios materiales compuestos. Los métodos de síntesis incluyen la condensación por gas inerte, la síntesis de plasma, la electrodeposición, la síntesis sol-gel, y la aleación mecánica o de molino de bolas.

Los polvos sinterizados se consolidan en bloques y otras formas comerciales mediante varias técnicas; una de ellas es la compactación y el sinterizado. Están disponibles en una diversidad de formas y se identifican de muchas maneras, por ejemplo, materiales nanocristalinos, materiales nanoestructurados, materiales nanofase, nanopolvos, nanoalambres, nanotubos, nanopelículas, entre otros. Dado que las síntesis de estos productos se efectúan a nivel atómico, su pureza, su homogeneidad, y la uniformidad de su microestructura se controlan de cerca, como resultado sus propiedades mecánicas, físicas y químicas también pueden ser controladas con precisión.

Las propiedades que cambian con la utilización de las Nanotecnologías son las llamadas intensivas, es decir características de cada material, y cuyo valor no depende de la cantidad de material. Por ejemplo, la dureza, el color, el brillo, el punto de magnetización, el punto de fusión, etc.

1.3.4.1. Importancia

En los últimos años, los avances científicos y tecnológicos han permitido crear y modificar una amplia variedad de nanomateriales que poseen propiedades físicas, químicas o mecánicas superiores a los materiales convencionales. En el caso de los materiales y estructuras de escala nanométrica, el tamaño da lugar a que los fenómenos cuánticos no sólo se manifiesten, sino que se vuelvan decisivos, y conduzcan a un comportamiento completamente distinto al que se observa en los materiales volumétricos. La

Nanotecnología explota las nuevas propiedades, fenómenos, procesos y funcionalidades que surgen asociadas con la escala nanométrica y persigue el desarrollo de diferentes tipos de aplicaciones, tales como: catalizadores de alta reactividad, aislantes mejorados, pantallas planas de bajo costo, eliminación de contaminantes, herramientas de corte más tenaces y duras, sensores de alta sensibilidad, imanes de alto campo, revestimientos con mejor resistencia a la corrosión, etc.

1.3.4.2. Tipos de nanomateriales

- Nanotubos de carbono:

En 1991, el físico japonés Sumio Iijima, del laboratorio de investigaciones fundamentales NEC en Tsukuba, Japón, observó, usando un microscopio electrónico, la existencia de moléculas tubulares en el hollín formado a partir de una descarga de arco usando grafito. Investigaciones posteriores determinaron que estos tubos eran macromoléculas formadas por átomos de carbono puro de alrededor de un micrómetro de largo, y de entre 1 y 100 nanómetros de diámetro, que poseían semiestructuras de fullerenos en sus extremos, por lo cual fueron llamados apropiadamente como nanotubos de carbono de pared múltiple, *multiwall nanotubes* (MWNT). En 1993 se consiguieron los primeros nanotubos de carbono de pared sencilla, gracias a la adición de cobalto, níquel u otros metales en el ánodo. Los nanotubos de carbono están constituidos por redes hexagonales de carbono curvadas y cerradas formando tubos de carbono nanométrico. El tamaño nanométrico de los nanotubos de carbono, así como las propiedades químicas de los átomos de carbono a lo largo de sus paredes formando una estructura de panal, son responsables de una serie de propiedades fascinantes que explican el gran interés que han despertado en numerosos campos de la ciencia.

A partir de su descubrimiento los científicos buscaron la forma de producirlos en el laboratorio. Desde entonces se ha avanzado mucho en los distintos métodos de síntesis que han ido surgiendo, así como en los de caracterización, purificación y separación.

Los nanotubos de carbono se pueden clasificar de acuerdo al número de capas en:

- Nanotubos de carbono de capa única (SWCNT): Están constituidos por átomos de carbono dispuestos en una red hexagonal cilíndrica de forma que su estructura es la misma que se obtendría si se enrollara sobre sí misma una lámina de grafito. Sus extremos pueden estar cerrados por media esfera de fullereno o pueden estar abiertos.
- Nanotubos de carbono de capa múltiple (MWCNT): Tienen una estructura similar a varios Nanotubos de carbono de capa única (SWCNT) concéntricos con diferentes diámetros. En ambos casos su principal característica, que dará lugar a un buen número de propiedades excepcionales, es que muestran una relación longitud/diámetro muy elevada: su diámetro es del orden de los nanómetros y su longitud puede variar desde unas micras hasta milímetros e incluso algunos centímetros.

Los nanotubos de carbono de acuerdo a una clasificación genérica son:

- Nanotubos *chiral*: no tiene simetría de reflexión y no son isomorfos.

- Nanotubos *no-chiral* (*zigzag* y *armchair*): poseen simetría de reflexión y son isomorfos.
- Los fullerenos (*fullerenes* o *buckyballs*)

Son sólidos moleculares compuestos de carbono que presentan una estructura a base de poliedros formados por pentágonos y hexágonos de átomos de carbono ensamblados entre sí.

Tienen propiedades antioxidantes, presentan una alta tolerancia a sistemas biológicos y son superconductores a temperaturas muy bajas. Actualmente en cuanto a aplicaciones prácticas se están utilizando en lubricantes, así como también en la fabricación de prototipos de células fotovoltaicas orgánicas, donde se utilizan compuestos de carbono en lugar de silicio, entre otras aplicaciones.

- Las nanocápsulas

Se pueden definir como nanopartículas huecas, en las que se pueden añadir distintos tipos de sustancias. Una de sus principales aplicaciones se dirige hacia la administración de fármacos, con la ventaja de llegar exactamente al objetivo marcado y, por lo tanto, evitar posibles efectos no deseados de los fármacos en células sanas.

- Materiales nanoporosos

Tienen como características principales que son catalizadores, absorbentes y adsorbente. Actualmente se utilizan filtros con nanoporos

incorporados en los vehículos, ya que pueden reducir la contaminación y el consumo de combustible.

- Dendrímeros (*dentrimers*)

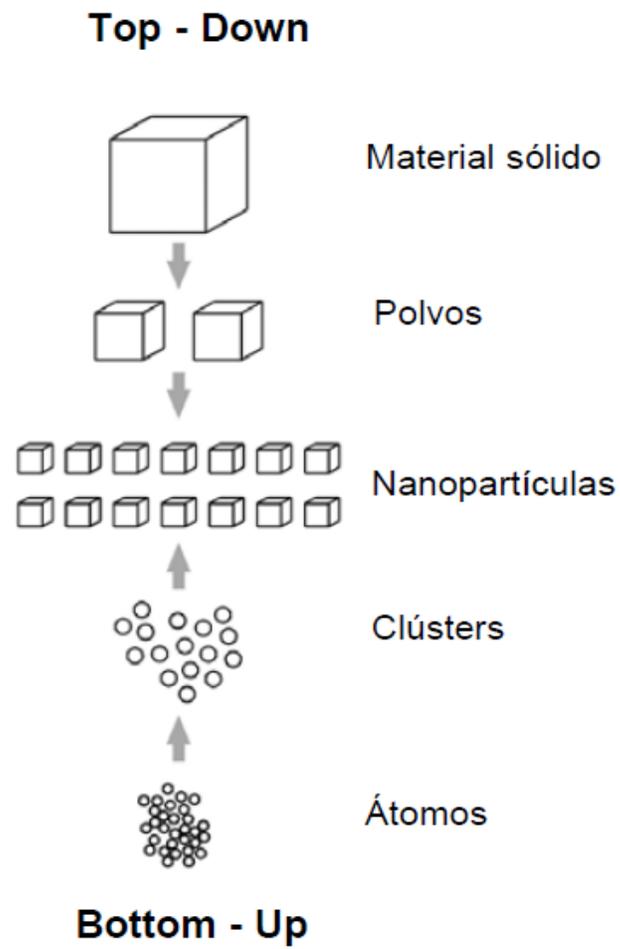
Son moléculas sintéticas formadas a partir de un proceso de fabricación a nanoescala, cuya estructura tridimensional muy ramificada permite muchas funcionalidades diversas y una gran versatilidad. Actualmente este nanomaterial se está investigando para su aplicación en la protección del medio ambiente, ya que tiene la capacidad de atraer los iones de metal que son contaminantes, y así limpiar el agua o el aire. También se está estudiando la utilización de los dendrímeros como vehículos para la administración de fármacos.

1.3.4.3. Métodos de obtención

Las técnicas disponibles para la producción de materiales comunes son distintas a las empleadas para la obtención de nanopartículas. Generalmente las partículas de tamaño macro y micrométrico son obtenidas mediante métodos de trituración y molienda, como por ejemplo el cemento.

Por otra parte, los métodos utilizados para la producción de materiales nanoparticulados se desarrollan dentro de dos enfoques: de arriba hacia abajo (*top-down*) o de abajo hacia arriba (*bottom-up*). El enfoque *top-down* (descendente) tiene como fin obtener nanopartículas a partir de materiales sólidos de gran tamaño mediante procesos termo-mecánicos que incluyen molienda, pulido y corte o técnicas más sofisticadas como el atinado por haz de iones. Por el contrario, el enfoque *bottom-up* (ascendente) permite obtener partículas con tamaño nanométrico a partir de sus átomos o moléculas e involucra procesos de deposición física y química.

Figura 2. Esquema de los enfoques *top-down* y *bottom-up*.



Fuente: GUERRERO, Victor. et al. *Nuevos materiales: aplicaciones estructurales e industriales*.

p 165.

- Métodos *top-down*

Existe una serie de procesos *top-down* que se pueden utilizar para producir nanomateriales, entre los que se destacan: la atricción mecánica, la litografía y tratamientos térmicos.

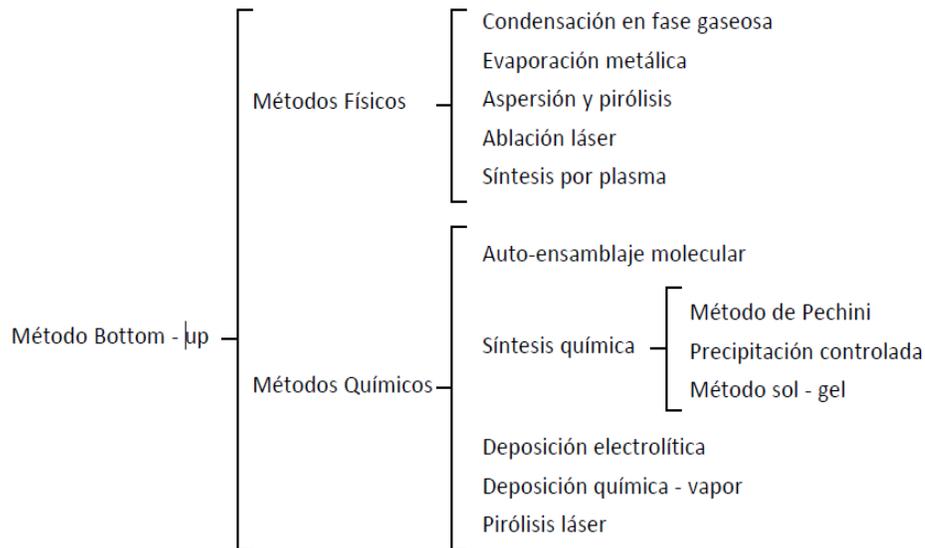
La ventaja de estos métodos con respecto a los procesos *bottom-up* reside en su costo. Sin embargo, las partículas que se obtienen presentan imperfecciones en su estructura, baja pureza, geometrías diferentes y tamaños variados, lo cual incide de forma directa en las propiedades físicas y en la química de superficie de las nanoestructuras.

- Métodos *bottom-up*

La mayoría de métodos *bottom-up* que se han desarrollado para la obtención de nanoestructuras y nanomateriales se pueden agrupar en métodos físicos y métodos químicos. Los métodos físicos involucran reacciones en fase gaseosa mientras que los métodos químicos involucran reacciones en fase líquida.

Los métodos que engloba el enfoque *bottom-up* son los más usados en la fabricación y procesamiento de nanomateriales ya que presentan múltiples ventajas, entre ellas que permiten obtener nanoestructuras con menos defectos, composición química homogénea, estructura cristalina predeterminada y una mayor pureza. Además, es posible tener un mejor control sobre el tamaño y la morfología de las partículas.

Figura 3. **Clasificación general de los métodos de obtención de nanomateriales de acuerdo al enfoque *bottom-up***



Fuente: GUERRERO, Victor. et al. *Nuevos materiales: aplicaciones estructurales e industriales*. p 167.

1.3.4.4. Métodos de caracterización o análisis

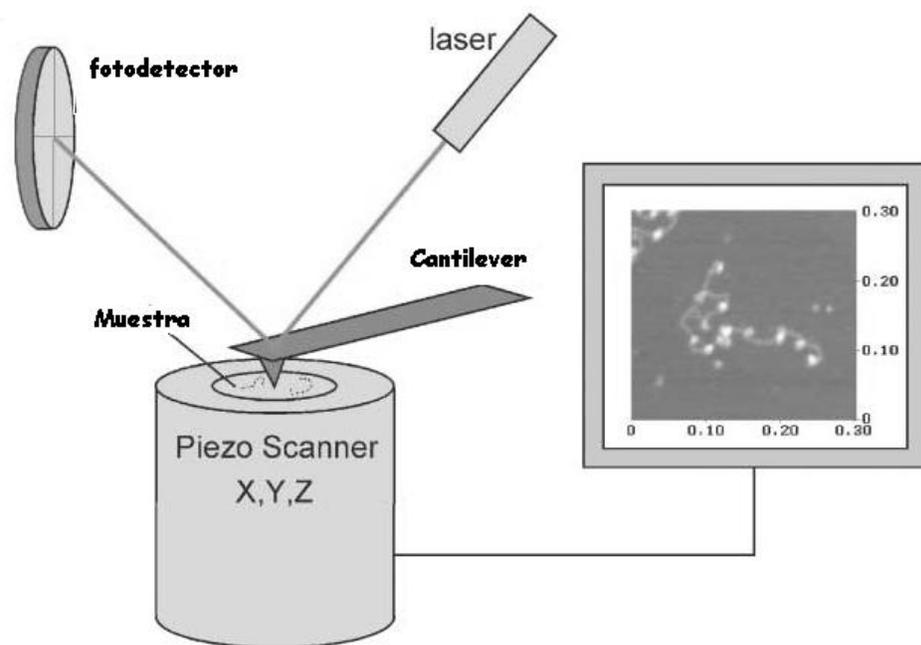
- Instrumentos de detección de barrido

La característica principal de los instrumentos de detección de barrido es que una punta a nano-escala se deslice o también una barra por encima de la superficie analizada, y son usadas para investigar la estructura a nivel nano-escala por la medición de fuerzas, corrientes, identidad química u otras propiedades específicas.

Ejemplo de este tipo de instrumentos puede ser la microscopía de fuerza atómica (AFM), en la cual se sondea la superficie de una muestra con una

punta fina, de varias micras de longitud y menos de 100 de diámetro; la punta está en el extremo libre de un soporte, de 100 a 200 micras de longitud. Fuerzas entre la punta y la superficie de la muestra, o la muestra es movida debajo de la punta.

Figura 4. **Esquema del funcionamiento de un AFM**



Fuente: HAFNER, J. H. et al. *Structural and functional imaging with carbon nanotube AFM probes*. p 76.

En la microscopía de barrido de túnel (STM), la superficie de la muestra se barre en un rastreo programado mediante una punta metálica muy fina; la punta se mantiene a una distancia constante por encima de la superficie durante todo el barrido. El movimiento de la punta hacia arriba y hacia abajo refleja, por tanto, la topografía de la superficie. Para mantener constante, la corriente por

efecto túnel se genera mediante un voltaje, que se aplica entre la muestra y la punta.

También existen otros tipos de microscopía de barrido en la que se puede mencionar la microscopía de fuerza magnética (MFM), donde la punta que barre a través de la superficie es magnética y es usado para percibir la estructura magnética local en una superficie.

- Microscopía electrónica

La microscopía electrónica se basa en el uso de electrones más bien luminosos, para examinar la estructura y el comportamiento del material. Los electrones son acelerados y pasados a través de la muestra. Así los electrones encuentran el núcleo y otros, se esparcen. Al coleccionar los electrones que no se esparcieron, se puede construir una imagen que describa en donde estaban las partículas que no atravesaron los electrones.

La microscopía de transmisión electrónica (TEM) es un claro ejemplo de microscopía electrónica, el TEM tiene la resolución suficiente para ver átomos individuales, el TEM también tiene algunas limitantes pues solo puede medir estructura física, no fuerzas como la de los campos magnéticos o eléctricos.

- Electroquímica

Los aparatos electroquímicos más comunes son las baterías que producen energía proveniente de reacciones químicas. La espectroquímica es ampliamente usada en la manufactura de nano-estructuras, pero también tiene la funcionalidad para ser empelada en su análisis. Por medio del uso de la electroquímica, se puede medir directamente la naturaleza de un arreglo de

átomos superficiales, así mismo, a menudo se emplean técnicas avanzadas de electroquímica tanto para la construcción, así como para la investigación de nanoestructuras.

- Espectroscopia: Se refiere al efecto de la luz brillante sobre una muestra y por medio de ella observar la dispersión, absorción u otras propiedades del material bajo esas condiciones. La espectroscopia es de gran importancia para la caracterización de estructuras en masa, pero tiene la limitante que la mayoría de clases de espectroscopios no explican acerca de la estructura a nivel nano.

Los métodos espectroscópicos se basan en las transiciones que se producen entre los diferentes estados energéticos de los átomos o las moléculas como consecuencia de la interacción entre la materia y una radiación electromagnética de determinada energía. Entre los espectrómetros utilizados se encuentran: Espectrómetro de fluorescencia de rayos X (XRF), espectrómetro fotoelectrónico de rayos X (XPS), espectroscopia RAMAN.

- Resonancia magnética nuclear:

La resonancia magnética nuclear (RMN) utiliza una combinación de imanes grandes, radiofrecuencias y una computadora para producir imágenes detalladas de los órganos y las estructuras de la muestra. El campo magnético, junto con una radiofrecuencia, altera el alineamiento natural de los átomos de hidrógeno en la muestra y posteriormente se usan computadoras para formar imágenes bidimensionales de la estructura de la misma basándose en la

actividad de los átomos de hidrógeno. Para detectar más detalles, se pueden obtener vistas transversales. La RMN no utiliza radiación.

Tabla I. **Equipos empleados en un laboratorio de Nanotecnología**

Sigla	Equipo	Definición	Aplicaciones
STM	Microscopio de Efecto de Túnel	Microscopio de gran eficiencia que permite ver y manipular las superficies a escala atómica	Se utiliza para aplicaciones físicas, químicas, biológicas y de ciencia de los materiales
AFM	Microscopio de Fuerza Atómica	Obtiene imágenes basadas en el funcionamiento de barrido de una punta a distancias atómicas de la muestra. Las deflexiones de la punta que resulta de este contacto adquieren información sobre las características físicas de la superficie.	Se utiliza en la caracterización de materiales, películas, etc. es un ensayo no destructivo. Permite medir la fuerza superficial sobre una muestra del material.
TEM	Microscopio Electrónico de Transmisión	Obtiene imágenes de alta resolución por medio de electrones, se utiliza mayormente en estudio de materiales y superficies	Ciencia de los Materiales, Geología, Morfología, Estructuras Cristalinas, composición Química, muestras biológicas.
XRF	Espectroscopía Fluorescencia de Rayos X	Técnica que permite conocer la composición elemental de una muestra, analizando la emisión de rayos X	Se utiliza para determinar contaminantes en: agua, aceite, gasolina, polímeros, concretos. Además, en mineralogía, geología, cerámica, cementos, metales, etc

Continuación de la tabla I.

XPS	Espectroscopía de Fotoelectrones de rayos X	En esta técnica los fotones incidentes causan la emisión de electrones, en energías características de un nivel atómico particular.	Se utiliza para analizar químicamente y cuantitativamente la superficie de materiales, presenta la composición química de materiales.
RS	Espectroscopía Raman	Técnica que hace pasar un haz de luz a través de un medio, cierta cantidad de la luz se dispersa y puede detectarse efectuando observaciones en sentido perpendicular al haz incidente.	Puede procesar muestras, acuosas, sólidas, gaseosas, transparentes u opacas. Se utiliza para caracterización en ciencia de los materiales, medicina.
NMR	Resonancia Magnética Nuclear	Técnica que utiliza un campo magnético estático que permite que los spines nucleares distintos de cero, absorban energía cuando se irradian con una fuente de energía de radiofrecuencia	Se utiliza para realizar análisis cualitativos y cuantitativos, (moléculas orgánicas e inorgánicas), la principal limitación de esta técnica es su escasa sensibilidad. Se utiliza para caracterizar materiales

Fuente: MORÁN, Rodas, *Compilación Monográfica de Información para un Proyecto de Desarrollo de la Nanotecnología en Guatemala*. Guatemala, 2008. p 175.

1.3.5. Nanoingeniería

La nanoingeniería es una de las ramas de la ingeniería cuya característica principal es que aplica la Nanotecnología para el diseño de productos y sistemas a nanoescala. Su nombre deriva del nanómetro, la unidad de medidas equivalente a un metro dividido mil millones de veces (a 1×10^{-9} en notación científica).

La nanoingeniería tiene la capacidad de inventar, diseñar y utilizar una gran variedad de nuevos materiales y nuevos dispositivos en aplicaciones innovadoras que no han podido ser posibles con las tecnologías pasadas. Es un campo emergente de desarrollo tecnológico con un empuje fuerte a nivel internacional. Se prevé un impacto en prácticamente todos los sectores importantes de la ingeniería, como se pueden mencionar el campo de los bienes de consumo, el cuidado de la salud y la medicina, la alimentación, la agricultura, la tecnología espacial, las telecomunicaciones, el medio ambiente y energía, entre otros.

2. SITUACIÓN ACTUAL

2.1. Escuela de Ingeniería Mecánica

Actualmente la Escuela de Ingeniería Mecánica ha decidido someterse a planes de mejora continua; hace algún tiempo la Universidad de San Carlos sabiendo su rol de única Universidad estatal ha decidido crear políticas que ayuden a las facultades a elevar su *estándar* académico a otro nivel para ser reconocida no solamente a nivel nacional sino a nivel Centroamericano.

En abril del 2008 finaliza el diagnóstico de la Escuela de Ingeniería Mecánica. El proyecto se trabajó a través de un estudio e investigación, que tiene como ejes principales el desarrollo de dos factores: factor egresados y factor empleador. Se consideró que el estudio realizado a los egresados y empleadores debe integrarse en un plan de mejoras, a través de su incorporación al sistema de toma decisiones y cambios que se realicen dentro de la Escuela de Ingeniería Mecánica.

En el año 2011 finaliza el estudio de estudiantes, profesores y personal de apoyo, de la Escuela de Ingeniería Mecánica, integrando a estudiantes, profesores, personal de apoyo de la Escuela, considerando: Su formación universitaria, sus habilidades, metodologías por parte de los maestros, bibliografías, EPS, reglamentos de evaluación, mercado laboral nacional, centroamericano e internacional, investigación, actividades extracurriculares y apoyo de la institución, objetivos y finalidad de la carrera. Los estudiantes y profesores concluyeron que se debe mejorar en todas aquellas debilidades encontradas.

El día 12 de abril de 2011 se realizó el *Taller de diagnóstico y retroalimentación para la reforma curricular* donde se obtuvo información de egresados y empleadores respecto a los programas del plan de estudios de los Ingenieros Mecánicos y las competencias de los graduados.

A mediados del año 2016 la Escuela de Ingeniería Mecánica obtuvo la acreditación a nivel regional que otorga la Agencia Centroamericana de Acreditación de Arquitectura y de Ingeniería (ACAAI).

2.1.1. Proceso de acreditación

Como parte del mejoramiento de la calidad educativa de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, la Escuela de Ingeniería Mecánica obtuvo la acreditación a nivel regional que otorga la Agencia Centroamericana de Acreditación de Arquitectura y de Ingeniería (ACAAI).

La Escuela de Ingeniería Mecánica ha decidido someterse a la Acreditación a nivel Centroamericano en aras de ofrecer a los ofertantes como a los ofertados un programa que muestre grandes expectativas. Para dar inicio la Escuela está haciendo un estudio minucioso del programa observando sus debilidades y fortalezas y adaptándolas al formato que la agencia de acreditación ACAII exige.

En el actual estudio interno se toma en cuenta a los empleadores, estudiantes, profesores, autoridades locales para hacer un análisis de su apoyo al programa. Se recopila historial, se buscan documentos que amparen la creación del programa, se crean políticas de información para el estudiantado, se llevan registros de lo acontecido durante el semestre en cada curso y otros.

2.1.2. Líneas de específicas de investigación

La Escuela de Ingeniería Mecánica tiene sus líneas de investigación vinculadas a sus principales áreas de estudio en las cuales se desarrolla el actual pensum de estudios, siendo estas; el área térmica, área de diseño, área de materiales y el área complementaria.

Las áreas mencionadas anteriormente constituyen los principales ejes de investigación, estas a su vez se subdividen en líneas de investigación, de estas se derivan los diversos temas de investigación.

Además de los ejes relacionados con las áreas de estudio de la carrera, se incluye un eje relacionado a la Enseñanza en la Ingeniería Mecánica, con la línea de investigación relacionada a Innovaciones Metodológicas.

Las actuales líneas de investigación de la Escuela de Ingeniería Mecánica son:

- Generación y aprovechamiento de energía
- Diseño mecánico
- Materiales de ingeniería mecánica
- Procesos industriales
- Enseñanza de la Ingeniería Mecánica

2.1.3. Áreas de estudio

Las principales áreas de estudio en las cuales se desarrolla el pénsum de estudios de la carrera, siendo estas:

- Área térmica: el área térmica comprende los siguientes cursos profesionales: Termodinámica 1, Termodinámica 2, Refrigeración y Aire Acondicionado, Plantas de vapor y Motores de combustión interna.
- Área de diseño: el área de diseño comprende los siguientes cursos profesionales: Dibujo técnico mecánico, Diseño de máquinas 1, Diseño de máquinas 2, Diseño de máquinas 3, Mecanismos y Vibraciones.
- Área de materiales: el área de materiales comprende los siguientes cursos profesionales: Metalurgia y Metalografía, Procesos de manufactura 1, Procesos de manufactura 2 y Ciencia de los materiales.
- Área complementaria: el área complementaria comprende los siguientes cursos profesionales: Instrumentación mecánica, Instalaciones mecánicas, Montaje y Mantenimiento de equipo, Mantenimiento de hospitales 1, Mantenimiento de hospitales 2, y Mantenimiento de hospitales 3.
- Laboratorios: esta área comprende los siguientes laboratorios: Laboratorio de Control Numérico Computarizado CNC, Laboratorio de Procesos de Manufactura 1, laboratorio de Procesos de Manufactura 2, laboratorio de Refrigeración y Aire Acondicionado, Laboratorio de Instalaciones mecánicas, Laboratorio de Máquinas hidráulicas, Laboratorio de Motores de combustión interna.

2.2. Área de materiales de ingeniería mecánica

Actualmente el área de materiales de la Escuela de Ingeniería Mecánica comprende los siguientes cursos profesionales: Metalurgia y Metalografía,

Procesos de manufactura 1, Procesos de manufactura 2 y Ciencia de los materiales.

Los ejes de investigación que se derivan del área de materiales de ingeniería mecánica son: Ciencias de los materiales, Metalurgia, Metalografía, que a su vez se subdividen en líneas de investigación vinculadas a los cursos del pensum, de las cuales derivan los diversos temas de investigación.

Figura 5. **Líneas específicas de investigación del área de materiales de ingeniería mecánica**



Fuente: http://emecanica.ingenieria.usac.edu.gt/sito/?page_id=460. Consulta: 18 de marzo 2016.

Tabla II. **Relación de contenidos de las asignaturas del área de materiales de ingeniería con los atributos del perfil del egresado**

AREA CURRICULAR: Materiales de Ingeniería	CURSOS			
PERFIL DE EGRESO	Metalurgia y Metalografía	Procesos de manufactura 1	Procesos de manufactura 2	Ciencia de los materiales.
Diseñar procedimientos de soldadura y tratamientos térmicos.	X			X
Diseñar y/o rediseñar procedimientos de fabricación de elementos de máquinas y mecanismos.	X	X	X	
Organizar sistemas de mantenimiento, determinar la cantidad de personal, materiales, herramienta y equipo.		X	X	
Crear maquinaria más compleja para facilitar las actividades del ser humano.		X	X	

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Metodología enseñanza aprendizaje por asignatura del área de materiales de Ingeniería**

AREA CURRICULAR		METODOLOGÍAS							
Materiales de Ingeniería									
CÓDIGO	NOMBRE DE LA ASIGNATURA	DOCENCIA POR MEDIO DE PRÁCTICAS DE:							
		CLASES MAGISTRALES	CLASES PRÁCTICAS	TRABAJO EN EQUIPO	TALLERES	TUTORIAS	LABORATORIOS	VISITAS TECNICAS	OTROS
45 2	Ciencias de los Materiales	X	X	X					
52 0	Procesos de Manufactura 1	X	X		X				
52 2	Procesos de Manufactura 2	X	X	X		X	X	X	
45 4	Metalurgia Y Metalografía	X	X	X			X	X	

Fuente: Escuela de Ingeniería Mecánica. *Autoestudio del programa de Ingeniería Mecánica.*

p 89.

2.2.1. Contenidos de los cursos del área

Tabla IV. Curso de Ciencia de los materiales

Ciencia de los materiales	
Código: 452	Créditos: 5
Escuela: Mecánica	Área: Materiales
Prerrequisito: Física 2	Postrequisito: Procesos de manufactura 1; Metalurgia y metalografía; Diseño de máquinas 1; Mecanismos
Objetivo General	
Introducir al estudiante en el área de materiales de Ingeniería.	
Objetivos Específicos	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Incentivar el deseo de investigación del estudiante acerca de las propiedades de los materiales para que él mismo pueda hacer deducciones de su comportamiento y empleo. 2. Estudiar la micro y macroestructura de los materiales cristalinos. 3. Definir los diagramas de equilibrio o de fases de aleaciones isomorfas. 4. Estudiar las leyes de Fick y su aplicación en los tratamientos termoquímicos. 5. Definir los tipos de corrosión. 	
Contenido	
<ul style="list-style-type: none"> • Unidad 1. Introducción a los materiales de ingeniería • Unidad 2. Repaso de la teoría atómica y de la estructura molecular • Unidad 3. Elementos de las estructuras cristalinas • Unidad 4. Imperfecciones en los materiales cristalinos • Unidad 5. Movimiento de los átomos en los materiales • Unidad 6. Ensayos de materiales • Unidad 7. Deformación, endurecimiento por trabajo y recocido • Unidad 8. Solidificación y aleación • Unidad 9. Materiales cerámicos • Unidad 10. Polímeros • Unidad 11. Materiales compuestos • Unidad 12. Corrosión y desgaste 	

Fuente: Escuela de Ingeniería Mecánica.

http://emecanica.ingenieria.usac.edu.gt/sitio/?page_id=199. Consulta: junio 2016.

Tabla V. **Curso de Metalurgia y metalografía**

Metalurgia y metalografía	
Código: 454	Créditos: 6
Escuela: Mecánica	Área: Materiales
Prerrequisito: Ciencia de los materiales	Postrequisito: ninguno
Objetivo General	
Proporcionar al estudiante de Ingeniería Mecánica los conceptos y procedimientos más importantes de obtención y producción de los metales puros y aleaciones, el estudio de sus estructuras internas, sus propiedades y características físicas y mecánicas, además de sus aplicaciones dentro del campo industrial.	
Contenido	
<ul style="list-style-type: none"> • Unidad 1. Conceptos generales • Unidad 2. Diagrama de equilibrio • Unidad 3. Aplicación del diagrama de equilibrio para el sistema hierro-carbono 	

Fuente: Escuela de Ingeniería Mecánica.

http://emecanica.ingenieria.usac.edu.gt/sitio/?page_id=132. Consulta: junio 2016.

Tabla VI. **Curso de Procesos de manufactura 1**

Procesos de manufactura 1	
Código: 520	Créditos: 3
Escuela: Mecánica	Área: Materiales
Prerrequisito: Ciencia de los materiales	Postrequisito: Procesos de manufactura 2; Montaje y mantenimiento de equipo
Objetivo General	
Que el estudiante conozca el funcionamiento de las máquinas herramientas y los principios de corte de metales.	
Contenido	
<ul style="list-style-type: none"> • Unidad 1. Generalidades del proceso metal mecánico • Unidad 2. Acabados superficiales • Unidad 3. Procesos en máquinas herramientas <ul style="list-style-type: none"> ○ Torno ○ Taladro ○ Cepillo ○ Fresadora 	

Fuente: Escuela de Ingeniería Mecánica.

http://emecanica.ingenieria.usac.edu.gt/sitio/?page_id=134. Consulta: junio 2016.

Tabla VII. **Curso de Procesos de manufactura 2**

Procesos de manufactura 2	
Código: 522	Créditos: 3
Escuela: Mecánica	Área: Materiales
Prerrequisito: Procesos de manufactura 1	Postrequisito: ninguno
Objetivo General	
El curso de Procesos de Manufactura II enfoca en forma teórica los distintos procesos de manufactura que se realizan a partir de la deformación de metales, así como los procesos más importantes conocidos en Guatemala y su relación con otros procesos productivos de la tecnología moderna aplicada.	
Objetivos Específicos	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Distinga los diversos tipos de formado de metales para obtener un producto terminado 2. Distinga los procesos de formado en frío y caliente. 3. Conozca las principales operaciones de soldadura industrial. 4. Conozca los principales procesos productivos guatemaltecos. 	
Contenido	
<ul style="list-style-type: none"> • Unidad 1. Repaso de la ciencia de los materiales • Unidad 2. Procesos de formado en frío y en caliente de los metales • Unidad 3. Procesos de unión (soldadura) • Unidad 4. Procesos de manufactura 	

Fuente: Escuela de Ingeniería Mecánica.

http://emecanica.ingenieria.usac.edu.gt/sitio/?page_id=137. Consulta: junio 2016.

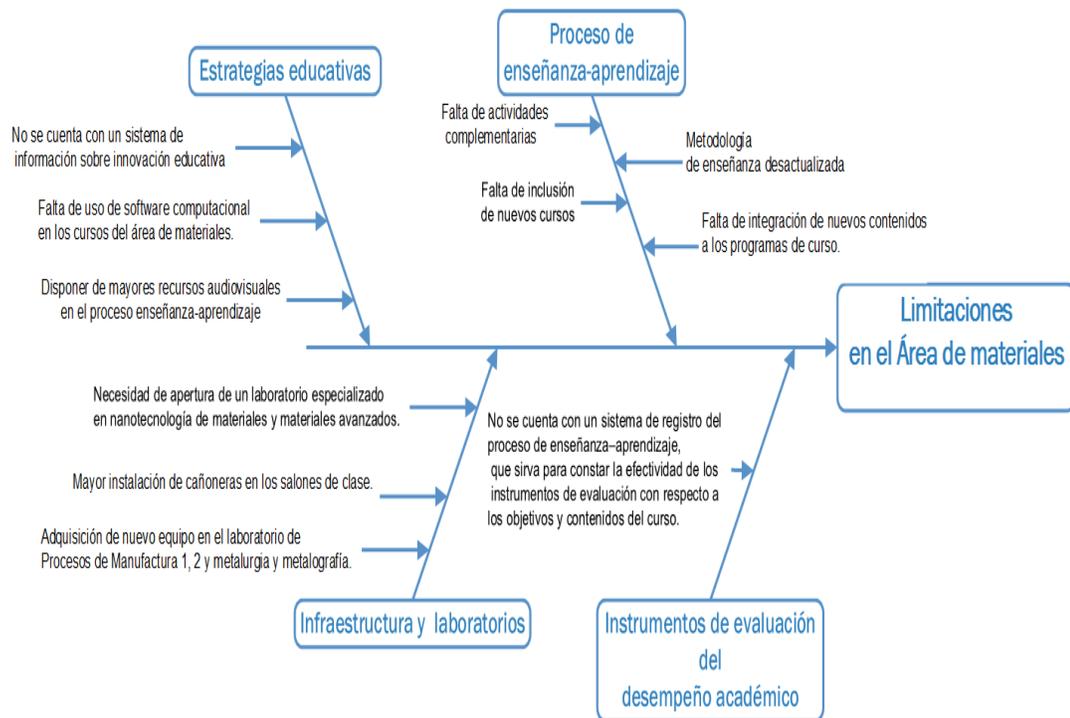
El área de materiales de ingeniería cuenta con los siguientes laboratorios, talleres y centros de práctica:

- Laboratorio de Metalurgia y metalografía
- Laboratorio de Procesos de manufactura 1
- Laboratorio de Procesos de manufactura 2
- Laboratorio de CNC

2.2.2. Limitaciones

Para analizar las limitantes del área de materiales de la Escuela de Ingeniería Mecánica se presenta un diagrama causa-efecto, analizado desde el punto de vista de los egresados de dicha Escuela.

Figura 6. Diagrama de causa y efecto, limitaciones del área de materiales



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

2.3. Aplicación de la Nanotecnología a nivel nacional

“La mayoría de los países de América Latina plantean explícitamente el objetivo de acelerar el desarrollo y la integración de la Nanotecnología en la industria y el comercio, a fin de incrementar la competitividad nacional.”⁴

Una de las características más importantes, para el desarrollo científico y tecnológico de América Latina y el Caribe, es la formación del Consejo Latinoamericano de Investigación Científica (CLIC), integrado por representantes de las cinco subregiones de la red (cono sur, sector andino, Centroamérica, Caribe y México) para crear una plataforma regional de investigación científica, en 10 líneas prioritarias. Entre las líneas prioritarias, se encuentran la Nanotecnología y nuevos materiales.

La mayoría de países centroamericanos cuentan, con un Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. Entre los países centroamericanos que cuentan con la Nanotecnología dentro de sus Programas o Planes, se encuentra, Guatemala, El Salvador, Costa Rica y Panamá. Aunque entre estos países, Costa Rica es el más avanzado en materia de nanociencia y tecnología. Cuenta con el primer laboratorio especializado en Nanotecnología, en el Istmo y uno de los pocos en Latinoamérica. El LANOTEC (Laboratorio Nacional de Nanotecnología, Microsensores y Materiales Avanzados) es un centro de excelencia en el estudio para la investigación, diseño, desarrollo e innovación en materias, como Nanotecnología, microtecnología y ciencia de los materiales, en complemento a las existentes en las universidades de dicho país.

⁴ FOLADORI, Guillermo. *Nanotechnology in Latin America at the crossroads. Nanotech. L. & Bus.*, 2006, vol. 3, p. 205.

El Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2005-2014, de Guatemala se realizó consultando y revisando Planes Nacionales de Ciencia y Tecnología, de países como Canadá, México, España, Brasil, Costa Rica, Chile entre otros. De estos planes surgió la inquietud de incorporar las nuevas tecnologías (Biotecnología, Materiales Finos, Nanotecnología y Tecnologías de la Información y Comunicación). Los primeros pasos en el desarrollo de la Nanociencia y Tecnología en Guatemala, fueron impulsados por el Dr. Hugo Figueroa, Asesor de Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYT), quien ha mostrado interés en que las universidades de Guatemala impulsen un proyecto conjunto que viabilice la creación de un Laboratorio de Nanociencia y Tecnología. La Universidad de San Carlos de Guatemala, dentro de su política de investigación ha respaldado al Programa Universitario de Investigación en Desarrollo Industrial de la Dirección General de Investigación (PUIDI-DIGI), quien ha tomado esta iniciativa. La Coordinación del PUIDI ha colaborado para realizar reuniones de trabajo que permitan vincular academia e industria, formalizando dicha intención.

En base al informe final de los talleres para la difusión de la Nanotecnología y sus aplicaciones, realizados en el año 2008 por el Consejo nacional de ciencia y tecnología (CONCYT) se identificaron que los primeros pasos para el inicio de la aplicación de la Nanotecnología en Guatemala, incluyen la formación de recursos humanos y la necesidad de capacitación. Además de la necesidad de incluir especializaciones de post grado en el extranjero con el compromiso de regresar al país para compartir los conocimientos adquiridos. Otra acción fundamental es realizar gestiones para obtener ayuda y equipo a través de convenios con entidades públicas y privadas, lo cual permitiría tener acceso al equipo necesario para un adecuado desarrollo de la Nanotecnología en el país.

Dentro de las actividades que se han llevado a cabo en la Universidad de San Carlos, con el fin de impulsar la formación y capacitación en Nanotecnología en Guatemala, siendo las actividades más importantes:

- Dos Talleres de Nanotecnología, coordinados por la Dirección General de Investigación (DIGI) con el apoyo de la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT). Los talleres, se llevaron por medio de un proyecto en la línea de Fondo de Apoyo a la Ciencia y Tecnología (FACYT) titulado Talleres para la difusión de la Nanotecnología y sus aplicaciones, (Proyecto FACYT No. 35-2006).
- Primer Simposio en Educación de Nanotecnología (NANOSIMP), llevado a cabo, también por un proyecto en la línea de Fondo de Apoyo a la Ciencia y Tecnología (proyecto FACYT No. 40-2008)
- Primer Curso de Especialización en Nanotecnología a nivel de posgrado,
- Creación y coordinación de la primera Red Nacional para la Implementación de la Nanotecnología en Guatemala –REDNANOTEG.
- En el 2013 se impartió un Diplomado de Nanociencia y Nanotecnología con el apoyo de la Facultad de Ingeniería y un proyecto FACYT presentado en la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología CONCYT coordinado por las Ingenieras. Dubón y Arrechea.
- En el 2015 el congreso en Nanotecnología enfocado en cuatro áreas de investigación: Energías Renovables, Nanomedicina, Nanoelectrónica y Nanomateriales, con el apoyo financiero de Rectoría, DIGED, Facultad de Ingeniería y Facultad de Medicina USAC, Cementos Progreso, Fulbright y Universidades extranjeras participantes.
- En el año 2016, está programado el diplomado “Ingeniería de los materiales y Nanotecnología para el desarrollo sostenible”.
- En el transcurso del año 2017, con el apoyo de SENACYT, se tiene programada la realización, de dos congresos; el IV Congreso

Centroamericano de Nanociencia y Nanotecnología, así como el II Congreso de Nanotecnología y tecnologías futuras para el desarrollo sostenible (CONANOTEC). Además, está programado el simposio “Ingeniería de los materiales para el desarrollo sostenible”, en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería de la USAC.

2.3.1. Requerimientos académicos

La Nanotecnología tiene un carácter multidisciplinario, por ende es necesaria la interacción interdisciplinaria de académicos, investigadores y otros grupos de profesionales especializados y afines para así formar las bases y estructuras necesarias para el desarrollo y fomento de la Nanotecnología en Guatemala, en este mismo contexto la creación de una red interdisciplinaria formada por científicos e investigadores, y la creación de un instituto de investigación especializada, contribuiría de gran manera en la instauración de este tipo de tecnologías.

Para aplicar la Nanotecnología en el país es fundamental que se reestructuren los actuales pñsum de estudios de las carreras afines a esta ciencia en cada uno de sus niveles, para así formar a los estudiantes, investigadores y catedráticos en esta rama nueva de la ciencia, se debe de fomentar un sistema educativo enfocado en la investigación en ciencia y tecnología, dicha reestructuración tiene que tener como primer paso tener una etapa de divulgación e información entre las distintas unidades académicas, acerca de los conceptos básicos y generales de la nanociencia y Nanotecnología que permita dar a conocer estas innovadoras ramas de la ciencia al sector académico.

Para que la Nanotecnología sea adoptada adecuadamente hay que pasar por un proceso de reforzamiento de la bases teóricas y capacitación a través de trabajo experimental, en particular de las ciencias puras y aplicadas de Química, Biología, Física, Matemática e Ingenierías relacionadas(Ingeniería Mecánica, Ingeniería Química e Ingeniería Electrónica), se debe de integrar a los profesores interesados en trabajar en el área, incentivar a los estudiantes que generen propuestas relacionadas a la aplicación de la Nanotecnología, y que a su vez mejoren la investigación y generación de conocimiento nuevo.

2.3.2. Formación y capacitación

El plan nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2005-2014 de la Secretaria Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT) del Gobierno de Guatemala, promueve el impulso y apoyo a la Nanotecnología dentro de las áreas temáticas. La Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala (DIGI) con el apoyo de la Secretaria Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT), ha desarrollado dos seminarios sobre Nanotecnología, obteniendo un grupo multidisciplinario de profesionales (50 personas). En el 2009 la DIGI, la Facultad de Ingeniería (FI-USAC) y la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala con el apoyo del Laboratorio Nacional de Salud, la Asociación de Exportadores de Guatemala (AGEXPORT), Universidad Rafael Landívar, Universidad Mariano Gálvez y Universidad del Valle de Guatemala; realizaron un proyecto para el fortalecimiento del proceso de implementación de la Nanotecnología en Guatemala, con el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYT) y el Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología (FONCYT). Implementaron la primera Especialización en Nanotecnología a nivel de postgrado, en Centroamérica, apoyado por profesores guatemaltecos y extranjeros.

En el 2013 se impartió un Diplomado de Nanociencia y Nanotecnología con el apoyo de la Facultad de Ingeniería y un proyecto FACYT presentado en la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología CONCYT coordinado por las Ingenieras. Dubón y Arrechea. El Diplomado contó con la participación de los profesores nacionales mencionados anteriormente y los profesores internacionales: Doctora Margarita Suarez de la Universidad de la Habana Cuba, el Doctor Fernando Langa, Director del Instituto de Nanociencia, Nanotecnología y Materiales Moleculares de la UCLM, España, y de Costa Rica el Doctor Sergio Madrigal, Profesor, Universidad Nacional de Heredia, el Dr. Federico Muñoz Doctor en Ciencia de los materiales e investigador de UCR, el Doctor José Vega, Director del Laboratorio Nacional de Nanotecnología. El curso tuvo la participación de cincuenta y tres estudiantes. En julio 2013 se firmó un convenio entre la UCLM y la Facultad de Ingeniería (FI-USAC) para becar a un profesional para realizar el máster en Nanotecnología. El primer año fue seleccionada la Ingeniera Gabriela Morán. En 2014 fue seleccionado el Ingeniero Max Salazar y en 2015 el Ingeniero Pablo Aldana (estudiante con premio a la excelencia académica).

Por todas las iniciativas mencionadas anteriormente se llevó a cabo a inicios del 2015 el Congreso “Nanotecnología y Tecnologías Futuras Para el Desarrollo Sostenible” enfocado en cuatro áreas de investigación: Energías Renovables, Nanomedicina, Nanoelectrónica y Nanomateriales el cual tuvo el programa de actividades distribuido en cuatro módulos siendo estos:

Tabla VIII. Programa de actividades congreso “Nanotecnología y Tecnologías Futuras Para el Desarrollo Sostenible” 2015

Módulo 1: Energías Renovables		
No.	Conferencia	Expositor
1	Nanotecnología y sus Aplicaciones	Dr. Fernando Langa Director del INAMOL, UCLM, Toledo, España.
2	Nuevos materiales para aplicación en células solares de heterounión masiva	M.Sc. Susana Arrechea Alvarado UCLM, Toldo, España.
3	Foro Energía renovable Microgrids Proyecto Fulbright NEXUS 2014-2016	Dr. Artur de Souza Moret Dra. Claudia Rahmann Dr. Enrique Javier Carvajal M.Sc. Susana Arrechea
Módulo 2: Electrónica y Ciencia de los materiales		
1	Nanomateriales	Dr. Federico Muñoz Universidad de Costa Rica
2	Nanoelectrónica del futuro Propiedades mecánicas de nanohilos metálicos	Dr Pedro Serena Investigador CSIC Madrid, España
3	Nanocelulosa	Dr. Enrique Javier Carvajal Barriga Pontificia Universidad Católica de Ecuador
4	<i>Controlling the self-assembling of materials from nano – to micro – scale</i>	Dr. Reza Dabirian Ecuador
5	<i>Nanocomposites</i>	M.Sc. Jorge Iván Cifuentes
Módulo 3: Nanobiomedicina		
1	Nanopartículas para el tratamiento del cáncer e infecciones bacterianas	Dr. Sergio Madrigal Carballo Director CEnibiot
2	Biomédica	Prof. Universidad de Pennsylvania
3	Simulaciones de proteínas en grafeno	Dr. Pedro Serena España
4	Cicatrización de heridas y el recubrimiento de dispositivos biomédicos.	Dr. Sergio Madrigal Carballo Director CEnibiot Costa Rica
5	Células madre y bionanotecnología	Dr. Erwin Calgua
Módulo 4: Nanobiomedicina		
1	<i>Analisando e Discutindo o Desenvolvimento da Nanociencia e da Nanotecnologia a Partir dos Referenciais Habermasianos</i>	Dr. Paulo Noronha Divulgacion Profesor, Brasil
2	Implementación de proyectos de investigación en Nanotecnología en Costa Rica	Dr. José Vega Director LANOTEC Costa Rica

Continuación de la tabla VIII.

3	Fortalecimiento de la Nanotecnología en Guatemala	Inga. Rosa Amarilis Dubón Guatemala
---	---	-------------------------------------

Fuente: http://especializacionnan.wixsite.com/nanotecnologiaguatemala/about_us Consulta: 5 de noviembre 2016.

En este congreso participaron más de 300 personas y se alcanzó el objetivo principal de capacitar e a profesionales y estudiantes universitarios guatemaltecos en conocimientos y destrezas de tecnologías futuras para el desarrollo sostenible, enfocado en el área de energías renovables, nanomedicina y nanomateriales, para proyectarse como entes multiplicadores del conocimiento de alta tecnología en el país.

Así también los participantes conocieron la composición, estructura y propiedades de los materiales nanoestructurados y moleculares, con aplicaciones en diversas ramas desde construcción de carreteras, casas, teléfonos móviles, computadoras, entre otras, fortalecer el conocimiento en las temáticas de diagnóstico y tratamientos de enfermedades y liberación de fármacos utilizando nanomedicina. Esta actividad fomentó el intercambio entre las diferentes ramas de los profesionales asistentes a través de una red de colaboraciones enfocada en la investigación de cada una de las escuelas de la Facultad de Ingeniería y departamentos de las diversas facultades participantes, para comprender nuevas técnicas de difusión, divulgación y vinculación de nanociencia y Nanotecnología en diferentes escalas desde niños de colegio hasta profesionales egresados e Identificar la tendencia y aplicaciones de la Nanotecnología y otras tecnologías futuras para el desarrollo sostenible en el mundo.

En el año 2016, se tienen varias actividades previstas para continuar con la difusión y divulgación de la Nanotecnología en Guatemala, a partir de mediados de agosto, se tiene programado realizar el diplomado “Ingeniería de los materiales y Nanotecnología para el desarrollo sostenible”. El cual está enfocado en continuar con la capacitación y formación de estudiantes, docentes e investigadores. Este diplomado se distribuyó en dos partes, la primera enfocada específicamente en estudiantes el cual fue una serie de conferencias y la segunda parte enfocada en profesionales, docentes e investigadores.

Tabla IX. **Programa de actividades seminario para estudiantes “Ingeniería de los materiales y Nanotecnología para el desarrollo sostenible”**

No.	Conferencia	Expositor
1	Nanociencia y Nanotecnología: Principios y aplicaciones	Dra. Susana Arrechea Guatemala
2	Nanomateriales y <i>nanocomposite</i>	M.Sc. Jorge Iván Cifuentes Guatemala
3	Técnicas de caracterización	M.Sc. Max Salazar Guatemala
4	Nanoformas de Carbono	M.Sc. Max Salazar M.Sc. Pablo Aldana
5	Nanotecnología Ambiental	M.Sc. Rosa Dubón

Fuente: <http://especializacionnan.wixsite.com/2016nanogt/seminario-para-estudiantes> Consulta:

5 de noviembre 2016.

Tabla X. **Programa de actividades seminario para docentes, investigador y profesional “Ingeniería de los materiales y Nanotecnología para el desarrollo sostenible”**

Módulo 1
<ul style="list-style-type: none"> • Nuevas tecnologías para caracterización de materiales nanoestructurados • Materiales funcionales y sus aplicaciones • Bio-prospección y materiales bio-inspirados
Módulo 2
<ul style="list-style-type: none"> • Transporte electrónico en nanomateriales • Nanotecnología y sus aplicaciones en materiales de construcción
Módulo 3
<ul style="list-style-type: none"> • Nanomateriales en construcción: La revolución científica de las nanoestructuras de carbono • Introducción a la Nanotecnología para Ingenieros y Nuevos Materiales Bidimensionales • Una mirada a los átomos y moléculas • Nanotecnología, nanomateriales y sus aplicaciones en la industria.

Fuente: http://especializacionnan.wixsite.com/2016nanogt/about_us Consulta: 5 de noviembre 2016.

Con el apoyo de SENACYT, se tiene programado para el año 2017, dos congresos; el IV Congreso Centroamericano de Nanociencia y Nanotecnología, así como el II Congreso de Nanotecnología y tecnologías futuras para el desarrollo sostenible (CONANOTEC), así como también el simposio “Ingeniería de los materiales para el desarrollo sostenible”, en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería de la USAC.

2.3.3. Sectores involucrados

Los sectores que deben estar involucrados en el desarrollo del mercado de la Nanotecnología en Guatemala son:

- Sector privado: la Asociación Guatemalteca de Exportadores (AGEXPORT). Es una entidad privada no lucrativa que en Guatemala surge con la visión de promover y desarrollar las exportaciones del país, lo que contribuye al crecimiento económico y social del país.
- Sector académico: integrado por las diferentes universidades del país. La Universidad de San Carlos de Guatemala por su parte integra la Red de Macro universidades de América Latina, dicha red tiene entre sus objetivos servir de mecanismo de interlocución para el intercambio, cooperación e integración entre los países de la región latinoamericana y caribeña, entre las áreas de investigación regional de importancia mundial, se encuentra la Nanotecnología y los nuevos materiales. Entre las Universidades que apoyan el desarrollo de la Nanotecnología en Guatemala, se encuentra la Universidad Nacional de Puerto Rico, la Universidad Nacional de Costa Rica y la Universidad Nacional de Colombia.
- Sector Público: Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT), es la responsable de apoyar y ejecutar las decisiones que emanen del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYT) y de dar seguimiento a sus respectivas acciones; constituye el vínculo entre las instituciones que integran el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Entre sus estructuras, se encuentra la Comisión Técnica Sectorial de Industria de la SENACYT que promueve la generación, transmisión y transferencia del conocimiento en el proceso de industrialización en el Sistema guatemalteco de desarrollo científico,

tecnológico y de innovación para mejorar la competitividad y el nivel de vida de los guatemaltecos.

2.3.4. Capacidades científicas-tecnológicas

La investigación y desarrollo de nuevas tecnologías en países como Guatemala está limitado. Para poder desarrollar adecuadamente este campo, se requiere de inversiones elevadas de capital, tanto humano como de recursos físicos y financieros, especialmente relacionadas con infraestructura, capacitación humana, costos, nivel de educación de la población y contexto político.

En Guatemala, una de las líneas prioritarias del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología es buscar acelerar el desarrollo y la integración de la Nanotecnología en la industria y el comercio, a fin de incrementar la competitividad nacional. Una iniciativa relevante en este aspecto es la gestión y creación del primer curso de Nanotecnología a nivel de posgrado realizado en las instalaciones de la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos DIGI-USAC.

Actualmente el país está haciendo esfuerzos para contar con personal especializado en el área de Nanotecnología, el cual se busca que tenga la capacidad para fortalecer el proceso de implementación de este tipo de avances científicos y tecnológicos.

La Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT), ha estado apoyando para el pronto desarrollo de la Nanotecnología, desde el 2009 Las instituciones de estudio superior del país disponen con diversidad de textos que

detallan la aplicación de la Nanotecnología, como una disciplina necesaria de aprendizaje en distintas ramas científicas.

Los distintos materiales didácticos cuentan con una versión electrónica. La entrega del material educativo a los representantes de las universidades, instituciones del sector público y sector privado fue realizada en la Universidad de San Carlos por el Fondo Múltiple de Apoyo al Plan Nacional de Ciencia y Tecnología (MULTICYT).

El país todavía necesita de laboratorios especializados e instrumentación para caracterización de nanosistemas para mejorar la aplicación de la Nanotecnología, existen planes para la generación de un proyecto para la creación de un Parque Tecnológico en Guatemala que desarrolle productos y servicios basados en Nanotecnología.

Para un pronto despegue de este tipo de desarrollo científico es vital que el país busque las alianzas estratégicas en términos de cooperación para la investigación y desarrollo con entidades de otros países pues las mismas son esenciales para lograr el crecimiento y desarrollo de iniciativas como la de parques tecnológicos y científicos.

Otro punto que es de suma importancia es la elaboración de leyes y reglamentos específicos de tal forma que se obtenga certeza jurídica y el marco regulatorio necesario para la aplicación de la Nanotecnología.

2.3.5. Análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA)

Tabla XI. Análisis FODA

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES	DEBILIDADES	AMENAZAS
<p>El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología tiene como línea prioritaria buscar acelerar el desarrollo y la integración de la Nanotecnología en la industria y el comercio a fin de incrementar la competitividad nacional.</p>	<p>La Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala (DIGI) con apoyo de SENACYT, ha desarrollado dos seminarios sobre Nanotecnología, obteniendo un grupo multidisciplinario de profesionales</p>	<p>Carencia de un programa o iniciativa nacional de Nanotecnología</p>	<p>Ampliación de la brecha tecnológica con respecto a países más avanzados</p>
<p>Con el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYT) y el Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología (FONCYT). Implementaron la primera Especialización en Nanotecnología a nivel de postgrado, en Centroamérica.</p>	<p>La Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos cuenta con profesionales con especialización en el área de Nanotecnología, entre los cuales se pueden mencionar: M.Sc. Jorge Iván Cifuentes, M.Sc. Susana Arrechea, M.Sc. Pablo Aldana, M.Sc. Max Salazar, M.Sc. Mayra Queme</p>	<p>Escaso presupuesto gubernamental para el desarrollo de ciencia y tecnología</p>	<p>Pérdida de ventajas competitivas ante la competencia de países del área como México, Costa Rica, Panamá, etc. debido a la falta de desarrollo tecnológico.</p>

Continuación de la tabla XI.

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES	DEBILIDADES	AMENAZAS
	<p>El plan nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2005-2014 de la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT) del Gobierno de Guatemala, promueve el impulso y apoyo a la Nanotecnología dentro de las áreas temáticas.</p>	<p>Falta de incorporación de catedráticos en actividades de capacitación e investigación</p>	<p>No existe relación con entes investigadores de otras universidades nacionales y/o extranjeras.</p>
	<p>Acceso a fuentes internacionales de financiamiento</p>	<p>El país todavía necesita de laboratorios especializados e instrumentación para caracterización de nanosistemas para mejorar la aplicación de la Nanotecnología.</p>	<p>Poca relación en el desarrollo de investigaciones con entes externos a la universidad.</p>
		<p>Falta de incorporación de catedráticos en la presentación y ejecución de proyectos de investigación financiados.</p>	<p>Falta de un marco legal y regulatorio el cual es necesario para la aplicación de la Nanotecnología.</p>

Fuente: elaboración propia.

2.4. Análisis de mercado

Las grandes expectativas que la Nanotecnología ha creado han propiciado su impulso por parte de gobiernos y empresas de todo el mundo.

Existen cientos de aplicaciones que la Nanotecnología provee al mercado internacional, en los laboratorios de todo el mundo continuamente se proponen cientos de estrategias que podrían saltar a los centros productivos, si son económicamente rentables. Las industrias del futuro basarán su estrategia productiva en adecuadas combinaciones de técnicas tanto ascendentes como descendentes, buscando productos novedosos, la optimización de los recursos y el abaratamiento de los costes de producción.

Sin embargo, la Nanotecnología y su aplicación en el mercado actual, requiere aún de una etapa de maduración, que permita superar los problemas que aparecen cuando se desea pasar desde el modelo o prototipo que se desarrolla en un laboratorio a la producción a escala industrial.

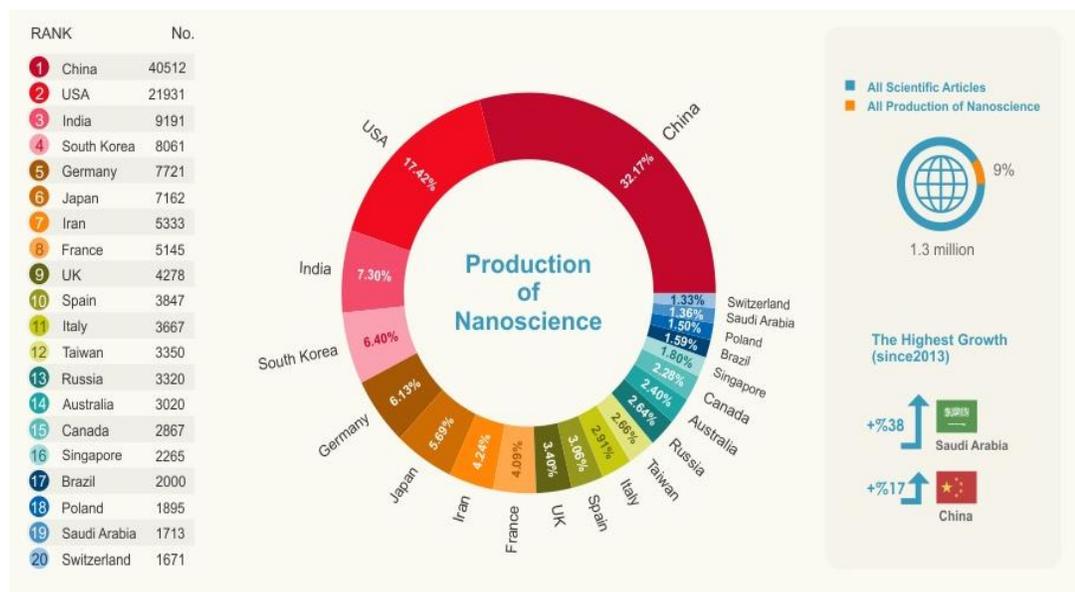
Todavía falta un largo y difícil camino por recorrer para que la Nanotecnología sea un negocio considerable, actualmente los beneficios de su aplicación se concentran en empresas de los países que lideran la investigación y que apuestan por su transferencia al sector productivo. Las grandes expectativas que la Nanotecnología ha creado han propiciado su impulso por parte de gobiernos y empresas de todo el mundo.

La Iniciativa Nacional de Nanotecnología (NNI) de EE.UU., fue el primer programa de grandes dimensiones que ha permitido que dicho país haya alcanzado un reconocido liderazgo en este campo. Iniciativas y programas similares han sido puestas en marcha en la mayor parte de los países desarrollados o con economías emergentes, tanto por los gobiernos como por

empresas. La Unión Europea ha incluido de forma preferente la Nanotecnología en sus dos últimos “Programas Marco” y también le da un lugar preferente en el próximo, denominado “Horizonte 2020”, este plan consagra la Nanotecnología como una de las seis líneas claves de la investigación para que Europa logre mantener una industria competitiva. Sin embargo, merece la pena destacar la irrupción de China tanto en el escenario económico como científico-tecnológico. Desde el año 2008 China, lidera la producción de artículos de Nanotecnología a nivel mundial, así como producción de nanociencia, esta información se puede observar con mayor detalle en la figura 7.

Planes similares, más o menos ambiciosos, se han dado en países de Iberoamérica como Brasil, Argentina, México, Venezuela, Chile, Costa Rica y Cuba. La llegada al mercado de bienes de consumo basados en la Nanotecnología se va a encontrar en su camino con problemas relacionados con aspectos éticos, medioambientales, sanitarios, de seguridad laboral, legales, etc. Pues existe un marco legal muy pobre o inexistente con temas relacionados a la Nanotecnología.

Figura 7. Producción de nanociencia a nivel mundial



Fuente: StatNano. <http://statnano.com/>. Consulta: 17 de mayo de 2015.

2.4.1. Interacción entre la industria y la academia

La Red para el Establecimiento de la Nanotecnología en Guatemala está integrada por AGEXPORT, SENACYT, la USAC, así como también universidades privadas (UVG, URL, UMG) y el LABORATORIO NACIONAL DE SALUD (LNS) esta red tiene como principal objetivo establecer un mecanismo de vinculación, interacción e intercambio virtual de componentes que apoyen el establecimiento de la nanociencia y Nanotecnología en Guatemala.

La Universidad de San Carlos de Guatemala, cuenta con la Dirección General de Investigación (DIGI), que a su vez contribuye con un aporte a la sociedad guatemalteca por medio del Programa Universitario de Investigación en Desarrollo Industrial (PUIDI).

El PUIDI apunta a desarrollar estrategias simultáneas de relacionamiento, que involucran a diferentes espacios y sectores generando sinergias de cooperación dentro del Programa. Entre los principales actores que con los que cuenta son: La Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT), es la responsable de apoyar y ejecutar las decisiones que emanen del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, (CONCYT) y de dar seguimiento a sus respectivas acciones; constituye el vínculo entre las instituciones que integran el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Además, la Universidad de San Carlos de Guatemala forma parte de la Red de Macro universidades de América Latina que tiene entre sus objetivos servir de mecanismo de interlocución para el intercambio, cooperación e integración entre los países de la región latinoamericana y caribeña. Entre las áreas de investigación regional de importancia mundial, se encuentra la Nanotecnología y los nuevos materiales (Temática X).

El Proyecto, MULTICYT 04-2008, “Fortalecimiento a la Implementación de la Nanotecnología en Guatemala” en el cual están vinculadas varias facultades de la Universidad de San Carlos de Guatemala, así como AGEXPORT, el Laboratorio Nacional de Salud (LNS). Este proyecto tiene como finalidad facilitar la vinculación entre los sectores academia-industria para producir cartas de entendimiento, cooperaciones y convenios con el sector nacional e internacional, Gestiona fondos que apoyen la implementación de la Nanotecnología en Guatemala, a través de proyectos de inversión, y acercamiento con sector privado, nacional e internacionalmente, y además busca coordinar la organización multisectorial de un centro de documentación en Nanociencia y Nanotecnología.

La Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala –FI-USAC- cuenta con la unidad de vinculación y de propiedad intelectual, la cual funciona como un enlace entre la Facultad de Ingeniería y todos los sectores de la sociedad, dicha unidad brinda apoyo mediante la transferencia de conocimiento e innovaciones, programas de consultoría, asesoría, investigación, prestación de servicios técnicos e inserción de los futuros profesionales en los diversos campos de acción de la Ingeniería. Entre los objetivos de esta unidad están los de apoyar al fortalecimiento de lo relacionado a la innovación y el emprendimiento, realizar alianzas estratégicas con el sector público y privado del país para desarrollar proyectos en conjunto, apoyar a las Escuelas de la Facultad de Ingeniería en el vínculo con instituciones, organizar charlas, seminarios y cursos enfocados al tema de emprendimiento, apoyar a los estudiantes para la incorporación a las empresas para la realización de prácticas, tesis o EPS, y fortalecer el vínculo de la Facultad con otras facultades de la USAC y universidades privadas.

La Escuela de Ingeniería Mecánica por su parte tiene un ofrecimiento de cooperación en investigación con el Instituto Nacional de Ciencias Forenses INACIF. Se está iniciando la vinculación academia-industria para realizar proyectos de investigación relacionada a la Nanotecnología en conjunto con unidades de investigación de empresas privadas, de fabricación de cemento y materiales de construcción y empresa multinacional de fabricación de bebidas, agua pura y licores.

2.4.2. Factores económicos en la aplicación de Nanotecnología

2.4.2.1. Aceptación de la Nanotecnología en la industria

En Guatemala, las empresas que tienen la mayor posibilidad de interés en el desarrollo de la Nanotecnología, ya sea por el tipo de maquinaria y el proceso de continua innovación, son las dedicadas a la producción de materiales de construcción como el caso de la industria del cemento y los plásticos, la industria farmacéutica; también hay otros sectores interesados, entre los que podemos mencionar las empresas de pinturas y adhesivos.

2.4.2.2. Aplicaciones viables para la Nanotecnología

Ante el crecimiento industrial que el país está siendo objeto, es de suma importancia aplicar procesos de fabricación innovadores para desarrollar la industria, es por ello que a continuación se analizan las aplicaciones en las que la Nanotecnología puede incursionar con mayor viabilidad para ser aplicada son:

- Área de Materiales: las aplicaciones posibles de la Nanotecnología en esta área, pueden ser en tres diferentes aplicaciones, en el desarrollo de polímeros, brindando propiedades únicas al plástico, como degradación siendo más amigable al medio ambiente, otorgándole mayor resistencia, etc. En el desarrollo de materiales compuestos, llamados *composites*, dando mejores propiedades mecánicas y físicas con baja densidad, etc. Y por

último y no menos importante en materiales de construcción como el acero y el concreto.

La caracterización y producción de nanomateriales puede ser de interés comercial para Guatemala, existen docenas de aplicaciones potenciales. Por ejemplo, los nanomateriales pueden mejorar el desempeño estructural tanto del acero como del concreto, mejorando sus propiedades mecánicas, permitir la fabricación de nuevos materiales resistentes al fuego, y con mejores propiedades mecánicas, esto, de importancia en un país con vulnerabilidad a la actividad sísmica. La Nanotecnología puede aplicarse efectivamente en la industria del cemento y concreto, la cual es bastante grande en el país, con la adición de nanotubos de carbono, mejoraría las propiedades mecánicas del concreto.

- Nanomedicina: la industria farmacéutica, estaría interesada en el desarrollo de productos innovadores, la manufacturación de nanotransportadores de fármacos, los cuales se activarían únicamente en los sitios de interés, serían posibles gracias a la Nanotecnología.
- Nanobiotecnología: Guatemala es un país principalmente agrícola, es por ello que es importante el desarrollo de productos relacionados con la industria agrícola, la cual tiene a su vez una gran demanda a nivel internacional, este desarrollo podría atraer capital extranjero y nacional.

2.5. Factores que condicionan el desarrollo industrial de la Nanotecnología

- La lenta reestructuración en los diferentes pánsum de estudios de las carreras afines a la Nanotecnología, en sus diferentes niveles, acelerar esta serie de procesos que conlleva la reestructuración curricular; otorgaría a los estudiantes un enfoque orientado a la investigación en ciencia y tecnología, así como también se formaría a los estudiantes, investigadores y catedráticos en esta nueva rama de la ciencia. dicha reestructuración debe de tener como primer paso, una etapa de divulgación e información entre las distintas unidades académicas, acerca de los conceptos básicos y generales de la Nanociencia y Nanotecnología que permita dar a conocer estas innovadoras ramas de la ciencia al sector académico.
- La poca integración de los sectores interesados en el desarrollo de la Nanotecnología en el país; es necesario un acercamiento de académicos, investigadores, empresarios y otros grupos profesionales, especializados en la materia, para así formular las bases y estructuras necesarias para el desarrollo de la Nanotecnología en Guatemala.
- Carente apoyo en la generación y desarrollo de proyectos relacionados con el tema de nanociencia. Es necesario crear apoyo para la conformación de redes de información, comunicación y transferencia científico-tecnológica que incluyan a universidades, industria y otras instituciones afines, tanto nacionales como extranjeras.

3. PROPUESTA PARA LA INTEGRACIÓN DE CONTENIDOS DE NANOTECNOLOGÍA EN EL ÁREA DE MATERIALES

3.1. Proceso de integración del contenido propuesto

La integración de contenidos relacionados a la Nanotecnología en el actual pénsum de estudio de la Escuela de Ingeniería Mecánica, tiene como objetivo primordial, fortalecer el Área de Materiales, las modificaciones propuestas, darán un enfoque más moderno e introducirán mejoras no solo en el plan de estudios de la carrera de Ingeniería Mecánica, sino además en las carreras de Ingeniería Industrial y Mecánica Industrial, dichas mejoras serán acordes con los avances de la ciencia, la tecnología y las necesidades del país.

El objetivo principal de estas actualizaciones está enfocado en introducir al estudiante los principales conceptos de la Nanociencia y la Nanotecnología. Se pretende que, con la integración de este tipo de contenido en los cursos del área de materiales, permita al estudiante otorgarle las herramientas cognoscitivas necesarias para comprender los fundamentos de la Nanotecnología y el conocimiento de las propiedades que presentan los materiales a escala atómica, molecular y macromolecular y de cómo se pueden observar, manipular o sintetizar los materiales en esta escala.

Por otra parte, se pretende explicar el concepto de Nanotecnología como herramienta que permite aplicar la Nanociencia, haciendo énfasis en la innovación y en el impacto en áreas tan diversas como la medicina, la biotecnología, la industria química, las tecnologías de la información y la comunicación, en la producción y el almacenaje de energía, síntesis y

fabricación de nuevos materiales, etc. También se busca que el estudiante se concientice de la formación multidisciplinar que se debe adquirir para trabajar en este campo y de las implicaciones éticas, sociales y económicas que puede acarrear esta nueva disciplina.

3.2. Objetivos de la propuesta

- Fortalecer el área de materiales, integrando contenidos relacionados a la Nanotecnología en todos sus cursos.
- Actualizar los contenidos actuales de los cursos del Área de Materiales a efecto de introducirle mejoras acordes a los avances en los campos de la ciencia y tecnología.
- Introducir en los cursos del área de materiales de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de forma coherente y dinámica, un conjunto de nuevos conceptos, leyes y teorías que conforman el ámbito cognoscitivo de la Nanotecnología.

Los objetivos específicos de las acciones formativas en las distintas áreas temáticas son:

- Conocer los principios y prácticas generales relacionadas con la Nanotecnología.
- Conocer la influencia del tamaño en relación con las propiedades y comportamiento de la materia a escala nanométrica.
- Ser capaz de explicar el fundamento de las propiedades físicas y químicas más relevantes de distintos tipos de nanoestructuras.
- Conocer las técnicas experimentales más frecuentes en la formación y estudio de nanosistemas.

- Comprender los fundamentos y aplicaciones de materiales de escala nanométrica a nivel avanzado.
- Adquirir la capacidad de analizar, evaluar e interpretar conceptos teóricos/prácticos relacionados con la Nanotecnología.
- Comprender la potencialidad y las limitaciones de la Nanotecnología.

3.3. Áreas temáticas

Las áreas temáticas que comprende el desarrollo de la integración de contenidos de Nanotecnología en el Área de Materiales de la Escuela de Ingeniería Mecánica, son en esencia un conjunto de propuestas de contenidos académicos puestos a disposición del claustro docente, que tienen como objetivo enriquecer los contenidos actuales de los cursos de Ciencia de los materiales, Procesos de manufactura 1, Procesos de manufactura 2 y Metalurgia y Metalografía.

La implementación de este nuevo contenido se plantea que sea adquirido de forma coherente y dinámica, todas las áreas temáticas propuestas son un conjunto de nuevos conceptos, leyes y teorías que conforman el ámbito cognoscitivo de la Nanotecnología.

La distribución de las áreas temáticas en los distintos cursos del área de materiales se plantea de tal manera que el ordenamiento dentro de los programas de los cursos no se vea afectada, además cuidando que los temas propuestos estén relacionados con cada curso y mantengan una línea de orden para mantener coherencia en la sucesión de todos los temas que serán impartidos.

3.3.1. Ciencias de los materiales

El curso de Ciencia de los materiales tiene como objetivo introducir al estudiante en los campos de los materiales metálicos, cerámicos, polímeros, compuestos, semiconductores y con memoria, de tal forma que adquiera el conocimiento necesario para poder utilizar razonablemente los recursos disponibles en la elaboración de productos. Tomando en cuenta lo anterior, la integración de contenido relacionado con la Nanotecnología no se aparta de la finalidad del curso, puesto que se pretende integrar tres unidades temáticas, que introducirán al estudiante en el nuevo campo de los nanomateriales y su impacto en el campo de los actuales materiales utilizados en la industria, las unidades que se van a integrar son: Fundamentos de la Nanotecnología, Nanomateriales y Caracterización de Objetos a Nanoescala.

3.3.1.1. Fundamentos de la Nanotecnología

Esta unidad temática tiene como objetivo que el estudiante tenga una clara perspectiva de todos los fundamentos necesarios para comprender adecuadamente la base teórica-conceptual de esta nueva actividad científica.

Los objetivos específicos de las acciones formativas de esta unidad son:

- Definir de manera clara y simple los términos clave en Nanotecnología.
- Contrastar objetos a la nanoescala con otras formas de materia de tamaños mayores y menores.
- Describir las características físicas y químicas que cambian en la escala nano.

3.3.1.1.1. Contenido

- Introducción a la nanociencia y la Nanotecnología
 - Introducción y revisión histórica de la Nanotecnología
 - Impacto de la Nanotecnología en la sociedad.
- Propiedades dependientes del tamaño.
- Aplicaciones de Nanotecnología en áreas trascendentales de la industria y el sector académico.

3.3.1.1.2. Competencias específicas

Las competencias específicas de este curso, deben permitir al estudiante:

- Comprender como se comportan los fenómenos físicos a escala nanométrica, donde las propiedades mecánicas, electrónicas y magnéticas cambian respecto del caso microscópico.
- Comprender la mayoría de factores que involucra aplicar la Nanotecnología en la industria actual.
- Desarrollar trabajos de investigación bibliográfica acerca de aplicaciones de la Nanociencia y Nanotecnología.

3.3.1.2. Nanomateriales

La unidad, Nanomateriales, tiene como objetivos específicos, describir los principales tipos de nanomateriales que se están produciendo en la actualidad, enumerando sus propiedades, potenciales beneficios de su utilización en la industria. Y explicar las maneras en que las propiedades de los nanomateriales difieren a los de las partículas a escala microscópica o molecular.

3.3.1.2.1. Contenido

- Definición de nanomaterial
- Tipos de nanomateriales
- Importancia del uso de nanomateriales
- Características y propiedades de los nanomateriales
- Aplicaciones
- Síntesis, preparación y fabricación de nanomateriales y nanoestructuras

3.3.1.2.2. Competencias específicas

Al finalizar la unidad, Nanomateriales, el estudiante debe tener la capacidad de:

- Analizar, evaluar, predecir y entender las diferentes respuestas mecánicas que pueden presentar los materiales desde el punto de vista nanométrico y compararlas con las obtenidas de materiales no nanométricos.
- Conocer los fundamentos de las técnicas de estudio y fabricación de materiales nanoestructurados, nanopartículas y nanodispositivos.

3.3.1.3. Caracterización de objetos a nanoescala

Esta unidad se enfoca en describir la instrumentación necesaria para el estudio de las propiedades de la materia a nivel nanoscópico, así como su utilización en procesos de nanofabricación.

3.3.1.3.1. Contenido

- Instrumentos de detección de barrido
- Espectroscopía
- Microscopía electrónica
- Electroquímica
- Resonancia magnética nuclear

3.3.1.3.2. Competencias específicas

- Al finalizar la Unidad, Caracterización de objetos a nanoescala, el estudiante debe tener la capacidad de entender y reconocer la instrumentación necesaria para la caracterización de objetos a nanoescala.
- Conocimiento de las principales herramientas analíticas y de simulación de nanoestructuras y nanodispositivos en diversos ámbitos de aplicación, con énfasis en ciencia de los materiales.

3.3.2. Procesos de manufactura 1

El curso de Procesos de manufactura 1 tiene como objetivo la enseñanza del funcionamiento de las máquinas herramientas y los principios del proceso metal mecánico. En este curso se plantea ampliar el objetivo educativo que tiene actualmente, proporcionando una serie de nuevas tecnologías que se están usando en países con mayor desarrollo industrial, y las cuales son importantes que el alumno aprenda para empezar a desarrollar la industria nacional, las unidades que se pretenden introducir son: métodos de medición de objetos a nanoescala, y manufactura a nivel nano. Dichas unidades pretenden dar un enfoque más moderno al programa de curso actual, las mejoras van relacionadas con la enseñanza de nuevas tecnologías de

manufactura, así como también ampliar la Unidad de, métodos de medición, enseñando nuevas técnicas que se están utilizando en el campo de la Nanotecnología, así como también dar a conocer las principales técnicas para la caracterización de fenómenos a escala nanométrica.

3.3.2.1. Métodos de medición a nanoescala

Esta unidad se enfoca en la enseñanza de las principales técnicas instrumentales de análisis de fenómenos que ocurren a escala nanométrica, el desarrollo gradual de este tipo de técnicas de caracterización ha permitido obtener mayor información sobre los fenómenos a nanoescala.

Los métodos de caracterización juegan un papel importante en los procesos de síntesis de nanopartículas, ya que permiten determinar si se están obteniendo los resultados deseados en cuanto a forma, composición y distribución de tamaños.

3.3.2.1.1. Contenido

- Nanometrología
- Métodos de caracterización de nanoestructuras
 - Instrumentos de detección por barrido
 - Espectroscopia
 - Electroquímica
 - Microscopia electrónica

3.3.2.1.2. Competencias específicas

- Familiarización de los conceptos clave que involucra la Nanometrología.
- Conocimiento de las principales técnicas de caracterización de nanoestructuras.
- Identificar los componentes de los diferentes instrumentos utilizados en la caracterización de nanoestructuras.

3.3.2.2. Manufactura a nivel nano

Esta unidad se enfoca en la enseñanza de las técnicas experimentales utilizadas para la producción de nanoestructuras, las dos alternativas para la producción de materiales nanoestructurados, son los métodos *bottom-up* y *top-down*. Se explican cómo los instrumentos de detección de barrido como el STM o el AFM no solo sirven para visualizar las estructuras, sino también se pueden utilizar para manipularlas.

3.3.2.2.1. Contenido

- Herramientas para fabricar nanoestructuras
 - Instrumentos de detección por barrido
- Nanofabricación
 - Métodos *bottom-up*
 - Nanoladrillos y construcción de bloques
 - Métodos *top-down*
 - Síntesis química
 - Autoensamblaje.
 - Polimerización.

3.3.2.2. Competencias específicas

- Conocimiento de las principales técnicas de fabricación de nanoestructuras.
- Conocimiento de los aspectos prácticos necesarios para poder aplicar los conocimientos aprendidos en materia de Nanotecnología al desarrollo de productos en la industria.
- Familiarización de los documentos técnicos característicos de las Nanotecnologías de fabricación.

3.3.3. Procesos de manufactura 2

El curso de Procesos de manufactura 2 está enfocado en dar de forma teórica los procesos de producción más importantes y conocidos en Guatemala y su relación con otros procesos productivos de la tecnología moderna aplicada. En este curso se pretende integrar dos unidades temáticas las cuales son: Manufactura con aditivos y nanocompuestos, en la que se pueden dar a conocer muchos nuevos procesos de manufactura que están revolucionando los procesos de manufactura actuales y la otra unidad; Aplicaciones de la Nanotecnología en la industria, pretende proporcionar al estudiante la capacidad de identificar los campos en los que mejor se aplique la Nanotecnología en el contexto nacional.

3.3.3.1. Manufactura con aditivos y nanocompuestos

El objetivo de esta unidad es presentar una visión global de la fabricación aditiva, que abarca desde los fundamentos hasta las aplicaciones y las principales tendencias tecnológicas en este campo como lo es la incursión de la impresora 3D. además pretende dar a conocer los principios de la fabricación

aditiva de polímeros, pinturas, metales y cerámica, y cómo las capacidades de proceso (velocidad, coste, calidad) están determinados por las características del material.

Esta unidad además de la metodología teórica se plantea la integración de sesiones de laboratorio en donde el estudiante se identifique con el funcionamiento de la impresora 3D, así como se tiene prevista la programación de exposiciones impartidas por empresas expertas en el tema, que proporcionen experiencias prácticas con una variedad de impresoras 3D de escritorio.

3.3.3.1.1. Contenido

- Nanocompuestos (*nanocomposites*)
 - Tipos de matrices, características y propiedades
 - Métodos de preparación
 - Aplicaciones
- Fabricación aditiva
 - Impresora 3D
 - Campos de aplicación de la impresora 3D

3.3.3.1.2. Competencias específicas

- Aprendizaje de los fundamentos de la fabricación aditiva de polímeros, pinturas, metales y cerámica, junto con el de materiales emergentes (por ejemplo, los nanocompuestos).

- Experiencia práctica con las impresoras 3D de escritorio y comprender el proceso completo mediante el diseño, la fabricación, y la medición de referencia de componentes.
- Comprensión de los principios de "diseño para la fabricación aditiva" y comparar y capacidad para contrastar los procesos aditivos con los métodos de fabricación convencionales, como el mecanizado y moldeado en términos de velocidad, la calidad, el coste y la flexibilidad.

3.3.3.2. Aplicaciones de la Nanotecnología en la industria

Esta unidad pretende abordar los campos más importantes de la aplicación de las Nanotecnologías en el futuro, así como proporcionar al estudiante la capacidad de identificar los campos que mejor se apliquen al contexto nacional. Esta unidad tiene como objetivo que el estudiante conozca la diversidad de aplicaciones que la Nanotecnología hace posible en los distintos sectores de la actividad industrial y técnica, así como mostrar los beneficios aportados. Así como explorar las líneas básicas de investigación que la Nanotecnología está desarrollando para aplicaciones futuras, así como las enormes ventajas competitivas que las empresas que inviertan en Nanotecnología obtienen.

3.3.3.2.1. Contenido

- Aplicaciones en el transporte
- Aplicaciones en los materiales actuales
- Aplicaciones en la energía y el medio ambiente
- Aplicaciones científicas

3.3.3.2.2. Competencias específicas

Esta unidad tiene como competencias específicas:

- Conocimiento de los fundamentos y conocimientos necesarios en nanociencia y Nanotecnología con un énfasis en temáticas concretas a nivel industrial.
- Conocimiento en los fundamentos necesarios en Nanociencia y Nanotecnología aplicada en casos de aplicación y su uso en materiales, energía, ambiente y transporte.

3.3.4. Metalurgia y Metalografía

El curso de Metalurgia y Metalografía está enfocado en proporcionar los principales conceptos y procedimientos para la obtención y producción de los metales puros y aleaciones, así como también el estudio de sus estructuras internas, sus propiedades y características físicas y mecánicas, además de sus aplicaciones dentro del campo industrial.

En el programa de curso, se pretende integrar dos unidades temáticas que proporcionaran nuevas competencias específicas al alumno que complementan los objetivos educativos actuales, con estas unidades se busca cubrir los principales avances que ha venido desarrollando la Nanotecnología en el campo de la metalurgia, así como la enseñanza de los fundamentos de la microscopía de materiales, las unidades propuestas para ser integradas son: Nanometalurgia y Microscopía de materiales.

3.3.4.1. Nanometalurgia

La nanometalurgia se refiere al estudio y trabajo de los metales nanoestructurados. Este tipo de metales son un campo de constante investigación y desarrollo y por esta razón en esta unidad se resumirán los principales métodos de procesamiento, las propiedades que se obtienen, las dificultades en la obtención y preservación de esas estructuras, las principales aplicaciones y las líneas de trabajo actuales y futuras.

En este campo se trabaja constantemente en el diseño de nuevos y mejorados procesos y materiales con el objetivo de incrementar la eficiencia en la industria para muchos usos modernos, como, por ejemplo, componentes electrónicos, se requieren materiales avanzados o de alta tecnología. Es importante que el estudiante de Ingeniería Mecánica conozca estos nuevos y mejorados procesos y materiales que se están constantemente diseñando en este campo de la ingeniería. Los Ingenieros recién graduados, deben tener conocimientos de las tecnologías actuales (por ejemplo, Nanotecnología), de manera que les sirvan para los próximos diez años, además de la actualización personal de conocimientos que deben procurar durante toda su vida profesional.

3.3.4.1.1. Contenido

- Aplicaciones de la Nanotecnología en la metalurgia
- Fundamentos de la nanometalurgia
 - Principales metales nanoestructurados
 - Métodos de procesamiento y obtención
 - Propiedades
- Metalurgia con nanopolvos

- Aleaciones metálicas con nanocompuestos

3.3.4.1.2. Competencias específicas

- Conocimiento de las propiedades de los metales nanoestructurados, como se obtienen, las dificultades en la obtención, las principales aplicaciones y las líneas de trabajo e investigación actuales y futuras.
- Conocimiento de las principales aplicaciones en las que la Nanotecnología ha formado parte en el campo de la metalurgia.
- Conocimiento de los nanocompuestos que se utilizan en las aleaciones metálicas más importantes.
- Familiarizarse con la reciente aplicación de los nanopolvos en la metalurgia de polvos.
- Conocimiento de los principales nanopolvos utilizados en el campo de la metalurgia actual.

3.3.4.2. Microscopía de materiales

La unidad “Microscopía de materiales”, tiene como objetivo abordar las principales técnicas microscópicas que se utilizan para el estudio de materiales, y formar adecuadamente al alumno, tanto a nivel teórico como práctico, en el uso de técnicas de microscopia para el estudio de materiales tanto a escala micrométrica como a escala nanométrica, con énfasis en las nuevas técnicas de microscopia como lo son la microscopia de sonda o llamada de campo cercano, las cuales se han venido desarrollando en las últimas décadas, y las cuales han abierto nuevas posibilidades de observación de la superficie de los materiales con una resolución atómica.

3.3.4.2.1. Contenido

- Fundamentos de microscopía y principios de óptica.
 - Espectro electromagnético. Longitud de onda. Reflexión y refracción. Índice de refracción. Apertura numérica. Resolución. Lentes y aberraciones.
- Principios de la microscopía óptica
- Fundamentos de microscopía electrónica
- Microscopía de materiales
 - El microscopio óptico
 - Microscopios electrónicos
 - Microscopía de sonda: STM y AFM

3.3.4.2.2. Competencias específicas

- Conocimiento del fundamento de la microscopía de materiales y principios de la óptica.
- Conocimiento de una serie de conceptos básicos sobre el funcionamiento de algunos de los microscopios más importantes.
- Capacidad para el manejo de los principales microscopios utilizados en la microscopía de materiales.
- Capacidad para extraer información y características del material analizado a través de las imágenes que proyectan los microscopios.
- Que el estudiante tenga un conocimiento básico de las diferentes técnicas usadas para el estudio de sistemas nanoestructurados.

3.4. Actividades de aprendizaje

Para complementar los objetivos educativos en las unidades planteadas anteriormente se propone una serie de actividades de aprendizaje que facilitarán al alumno a adquirir y desarrollar la base conceptual que se pretende transmitir con la introducción de contenidos de Nanotecnología en el área de materiales.

Las actividades se detallan en la tabla que se muestra a continuación.

Tabla XII. **Actividades de aprendizaje**

Ciencia de los Materiales		
Actividad	Descripción	Material didáctico
La importancia de Los efectos de tamaño en Nanotecnología	La actividad busca, a través de una serie de ejemplos mostrados en una presentación audiovisual, explicar al alumno cómo los tamaños de los objetos van a condicionar algunas de las propiedades de los mismos. Se mostrará que estos efectos se hacen más importantes en la nanoescala, siendo precisamente, su aprovechamiento lo que proporciona un gran valor a la Nanotecnología.	<ul style="list-style-type: none"> • Presentación audiovisual • Video educativo
Los Nanomateriales de carbono	<p>La actividad busca que el estudiante se familiarice con los nanomateriales de carbono.</p> <p>La actividad consiste en introducir los nanomateriales como el grafeno, los fullerenos y los nanotubos de carbono a partir de materiales que generalmente son conocidos como el grafito y el diamante, se mostrará cómo es la estructura molecular de los fullerenos y los nanotubos de carbono.</p> <p>Para ejemplificar la estructura molecular se utilizará una serie de analogías, se debe de tener unas hojas de papel impresas con la red hexagonal, el modelo está adjunto en la sección de anexos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Presentación audiovisual • Video educativo • Nanotubos de carbono • Hoja de papel • hojas de papel con la impresión de una red hexagonal • Cinta adhesiva • Pelota de Fútbol

Continuación de la tabla XII.

	Usando la hoja de papel impresa con la red hexagonal la misma se debe doblar de tal manera que se forme un tubo para el caso de los nanotubos de carbono y con la misma hoja de papel se forra una pelota para el caso de los fullerenos, estos ejemplos deben ser apoyados con una presentación audiovisual y como material complementario como un video que muestre las diferentes estructuras de los nanomateriales.	
Procesos de Manufactura 1		
Actividad	Descripción	Material didáctico
Escalas: un paseo de lo grande a lo pequeño	La actividad tiene como finalidad introducir a los estudiantes del curso de Ciencia de los Materiales a los conceptos de nanómetro, nanoescala, nanomundo y Nanotecnología, y sirve para presentar los fundamentos de la materia que nos rodea, y a su vez aprovecha para introducir algunos términos propios de la Nanotecnología.	<ul style="list-style-type: none"> • Vernier • Cinta Métrica • Equipo de cómputo • Proyector • Video y presentación audiovisual
Procesos de Manufactura 2		
Actividad	Descripción	Material didáctico
Exposición de manufactura de piezas utilizando impresora 3D	La actividad consiste en una exposición a cargo de una empresa externa dedicada a la fabricación de piezas elaboradas con impresoras en 3D, en la cual se van a abordar los fundamentos de la fabricación aditiva de polímeros, metales y cerámica, y las capacidades del proceso (velocidad, coste, calidad), además se van a exponer las principales aplicaciones y tendencias tecnológicas en la incursión de la impresora 3D en el sector de la producción.	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo de cómputo • Proyector • Impresora 3D • Insumos de la impresora.
Los nanomateriales en la construcción	<p>La actividad pretende que el alumno se familiarice con las aplicaciones que la Nanotecnología tiene en el campo los materiales de construcción, y la posibilidad de aplicar nanomateriales para modificar y mejorar sus propiedades.</p> <p>La actividad se centra en el caso específico del empleo de nanomateriales para la mejora del concreto de tipo estructural, para potenciarlo y mejorar sus propiedades mecánicas, de esta forma</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo de computo • Proyector • Presentación audiovisual

Continuación de la tabla XII.

	<p>ilustrar los beneficios de la tecnología a nivel nano, para proporcionar nuevas tecnologías a la industria del cemento y concreto en Guatemala.</p> <p>La parte práctica de esta actividad consiste en una visita técnica a las instalaciones del Centro de Investigación y Desarrollo de Cementos Progreso en la cual los alumnos tengan una muestra de los diferentes estudios que se están realizando actualmente en el mejoramiento de materiales de construcción.</p>	<ul style="list-style-type: none"> •
Metalurgia y metalografía		
Actividad	Descripción	Material didáctico
Microscopios de fuerzas atómicas	<p>La actividad consiste en describir el funcionamiento de los Microscopios de Efecto Túnel (STM) y de Fuerzas Atómicas (AFM).</p> <p>Para la explicación del funcionamiento de este tipo de microscopía se utilizarán analogías, las mismas se describen con mayor detalle en el anexo 1 del apartado de anexos.</p> <p>En esta actividad se introduce al alumno diversos elementos para entender el funcionamiento real de estos microscopios y cómo permiten obtener mapas de corriente o de fuerzas con los que conocer las estructuras de las superficies observadas. Durante la actividad se mostrarán una serie de imágenes obtenidas con ambos tipos de microscopios en una presentación audiovisual.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Un cartón de huevo • Una varilla o un bolígrafo. • Una regla plástica con cierta flexibilidad. • Plastilina • Presentación audiovisual

Fuente: elaboración propia.

3.5. Programas de curso actualizados

La nueva estructura en la que los programas de los cursos del Área de Materiales de la Escuela de Ingeniería Mecánica están conformados acorde con las integraciones de contenidos de Nanotecnología, se encuentran en la sección de apéndices.

3.6. Recursos didácticos

Los recursos didácticos que se proponen con la intención de facilitar al catedrático su función docente-educativa y a su vez al alumno sus funciones de aprendizaje son:

- Artículos en revistas de divulgación (*journals*).
- Libros de divulgación dirigida a público en general.
- Páginas *web* donde se han filtrado, analizado y catalogado cientos de contenidos y recursos para que sean útiles al catedrático (glosarios, *blogs*, fichas de experimentos de laboratorio, programaciones didácticas, videoclips, experimentos virtuales online, etc.).

Se recomienda como herramienta de transferencia del contenido antes mencionado, el uso de la plataforma SAE/SAP, para proporcionar y comunicar la información al alumno.

Para tener material didáctico actualizado, La Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos deberá hacer las gestiones respectivas a través del personal a cargo de compras de recursos educativos de la Biblioteca “Mauricio Castillo Contoux”, dichas gestiones deben estar dirigidas a la suscripción con las principales editoriales académicas a nivel mundial, las cuales publican más de la mitad de los artículos científicos, esto permitiría que los estudiantes tengan acceso a un gran número de publicaciones y *journals* científicos, sumamente actualizados en el campo de las ciencias de la ingeniería.

Las principales editoriales académicas a nivel mundial a las cuales la Facultad de Ingeniería tiene que tener suscripción para tener recursos académicos actualizados son:

- *Elsevier*
- *Taylor & Francis*
- *Wiley*
- *Springer*
- *Hindawi Publishing Corporation*
- *Ioppublishing*

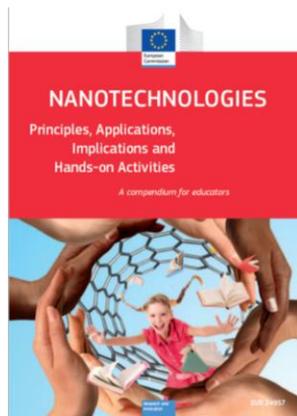
También se describe una serie de recursos didácticos que pueden ser utilizados como material complementario a la literatura del curso, y que se pone a disposición de los catedráticos a cargo de los cursos del Área de Materiales de la Escuela de Ingeniería Mecánica:

- Guía: *Nanotechnologies: Principles, Applications, Implications and Hands-on Activities*

Guía desarrollada en el marco del proyecto europeo NANOYOU, el cual a su vez es un proyecto del Séptimo Programa Marco de Investigación y Desarrollo Tecnológico (7PM) de la comisión europea. Esta guía está enriquecida por materiales del proyecto *TimeforNano*. (7PM). se publicó en 2012. Esta guía tiene una buena descripción, extensa, de la Nanotecnología, su historia y aplicaciones.

El *link* de acceso en donde el documento está disponible para la descarga de la guía es: http://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/pdf/nano-hands-on-activities_en.pdf.

Figura 8. **Nanotechnologies: Principles, Applications, Implications and Hands-on Activities**



Fuente: http://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/publications-reports_en.html.

Consulta: abril 2016.

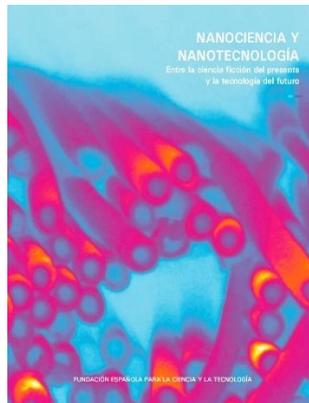
- Unidad Didáctica Nanociencia y Nanotecnología. Entre la ciencia ficción del presente y la tecnología del futuro

La Fundación Española para la Ciencia y Tecnología (FECYT), elaboró en el año 2009, una unidad didáctica dedicada a la Nanociencia y la Nanotecnología, dicho documento fue elaborado por un grupo de científicos expertos, la cual explica con rigor y al mismo tiempo de forma amena, el tremendo potencial de la Nanociencia y la Nanotecnología, disciplinas que, como el título de la unidad indica, se encuentran entre la ciencia ficción del presente y la tecnología del futuro. Este texto, pensado como apoyo a los estudiantes de secundaria pero, en el caso de Guatemala puesto que los temas de Nanotecnología son todavía muy nuevos, es una guía que se puede aplicar adecuadamente en los cursos básicos del área básica de las distintas carreras de ingeniería.

La guía está disponible en:

http://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/pdf/nano-hands-on-activities_en.pdf.

Figura 9. **Unidad Didáctica Nanociencia y Nanotecnología. Entre la ciencia ficción del presente y la tecnología del futuro**



Fuente: <http://www.fecyt.es/es/publicacion/unidad-didactica-nanociencia-y-nanotecnologiaentre-la-ciencia-ficcion-del-presente-y-la>. Consulta: abril 2016.

- Proyecto Nanoyou

NANOYOU (Nano para los jóvenes - *Nano for Youth*) es un proyecto financiado por el Séptimo Programa marco de la Comisión Europea con el objetivo de fomentar los conocimientos básicos sobre Nanotecnologías (NT) entre los jóvenes y animarlos a participar activamente en el debate sobre sus aspectos éticos, legales y sociales (AELS).

En el portal web de este proyecto se puede encontrar una gran cantidad de actividades y material didáctico que incluye: videos, simulaciones,

experimentos virtuales, talleres y diálogos virtuales para enriquecer los debates de los alumnos sobre los diversos temas relacionados con las Nanotecnologías.

El *link* de acceso en donde está disponible el contenido de este sitio es:
<http://nanoyou.eu/es.html>.

- Serie de televisión “¿Qué sabemos de... Nanotecnología?”

La serie de televisión, “¿Qué sabemos de... Nanotecnología?” es un proyecto de la fundación UNED, fundación de la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), universidad pública española de ámbito nacional, dependiente del Ministerio de Educación de España.

Esta serie es un recurso audiovisual de mucha utilidad, para introducir a los estudiantes al mundo de la Nanotecnología, esta serie de videos se pueden presentar como recurso educativo en los distintos cursos donde se plantea la integración de contenidos de Nanotecnología.

Para el acceso del contenido de esta serie, el *link* es:
<http://www.canal.uned.es/serial/index/id/875>.

3.7. Bibliografía y e-grafía sugerida

Después de una búsqueda y selección del material didáctico disponible, se determinó que entre los libros que facilitan la integración de los contenidos de Nanotecnología en el contexto de la introducción de la Nanotecnología y Nanociencia dentro de la facultad de ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, específicamente en los distintos cursos del área de materiales son:

Libros:

- BOOKER, Richard D.; BOYSEN, Earl. *Nanotechnology for dummies*. John Wiley & Sons, 2011.
- GAGO, JA Martín. *La microscopía para el estudio de materiales y láminas delgadas*. Capítulo, vol. 19, p. 519-540.
- KOCH, Carl C. *Nanostructured materials: processing, properties and applications*. William Andrew, 2006.
- MARTÍN-GAGO, J. A., et al. *Unidad Didáctica Nanociencia y Nanotecnología. Entre la ciencia ficción del presente y la tecnología del futuro*. Fundación Española de Ciencia y Tecnología, Madrid, 2008.
- POOLE, Charles P.; OWENS, Frank J. *Introducción a la Nanotecnología*. Reverté, 2007.
- VOLLATH, Dieter. *Nanomaterials: An Introduction to Synthesis, Properties and Applications*. John Wiley & Sons, 2013.
- WOLF, Edward L. *Nanophysics and nanotechnology: An introduction to modern concepts in nanoscience*. John Wiley & Sons, 2015.

Algunas iniciativas que se están dando a nivel global como a nivel iberoamericano en el ámbito de la educación y divulgación de la Nanotecnología, y que son de mucha utilidad y pueden ser utilizadas eficientemente como un recurso didáctico *web* y como material de apoyo virtual son:

- *National Nanotechnology Initiative (NNI)*:

La Iniciativa Nacional de Nanotecnología (www.nano.gov) por sus siglas en inglés, es un programa del gobierno federal de los Estados Unidos para la ciencia, la ingeniería y la tecnología, dedicado a la investigación y desarrollo de

proyectos a escala nanométrica. La NNI sirve como punto central de comunicación, cooperación y colaboración de todas las agencias federales que participan en la investigación en Nanotecnología, que reúne los conocimientos necesarios para avanzar en este campo amplio y complejo.

- NANODYF red "José Roberto Leite" de divulgación y formación en Nanotecnología.

Durante la celebración de la Asamblea General del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, CYTED, celebrada en la ciudad de México D.F., fue aprobada la acción temática iberoamericana Red "José Roberto Leite" de Divulgación y Formación en Nanotecnología, NANODYF (www.nanodyf.com), esta red desarrolla acciones de divulgación y formación en Nanotecnología entre las que se encuentran simposios, reuniones de coordinación, movilidades de miembros de la red, entre los distintos grupos que la componen, publicaciones, etc.

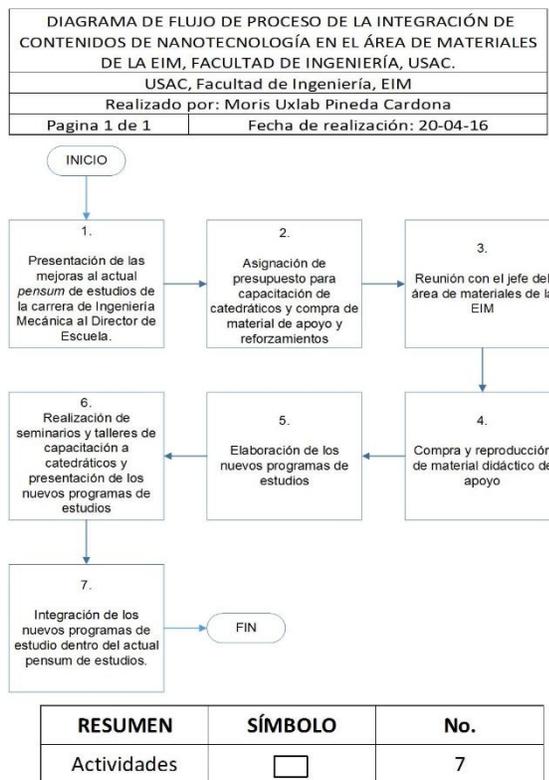
La red "José Roberto Leite" de divulgación y formación en Nanotecnología ha elaborado una muy útil guía didáctica para la enseñanza de la Nanotecnología en educación secundaria, la cual contiene una serie de actividades didácticas que puede ser una herramienta para ser utilizada como material complementario para el sector académico y que tienen como finalidad crear una cultura en Nanociencia y Nanotecnología en los jóvenes de Iberoamérica.

4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

4.1. Diagrama de flujo del proceso de integración

Para poder integrar adecuadamente los contenidos en la Escuela de Ingeniería Mecánica, es necesario efectuar una serie de pasos los cuales se muestran a continuación.

Figura 10. Diagrama de flujo del proceso de integración del contenido propuesto



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

4.2. Estudio administrativo y legal para su desarrollo

Actualmente no existe un marco legal a nivel nacional, que dicte regulaciones y leyes, que amparen la periodicidad y actualización curricular en la educación superior.

La presente propuesta de desarrollar contenidos de Nanotecnología en el Área de Materiales forma parte del proyecto de revisión y actualización curricular que la Escuela de Ingeniería Mecánica lleva cada 4 años, dicha propuesta pretende ser aprobada en un futuro por las autoridades de la Escuela de Ingeniería Mecánica y aplicada en el pñsum actual de Ingeniería Mecánica, Ingeniería Mecánica Industrial e Ingeniería Industrial.

Desde el año 2011 la Escuela de Ingeniería Mecánica ha estado organizando talleres de diagnóstico y retroalimentación para una futura reforma curricular, y periódicamente se llevan a cabo reuniones con la Unidad de Planificación de la Facultad de Ingeniería.

Para poder llevar efectivamente la reforma curricular de la escuela, la Universidad de San Carlos de Guatemala cuenta con la Dirección General de Docencia / División de Desarrollo Académico (DDA), que a través del Departamento de Asesoría y Orientación Curricular (DAOC), analiza y emite opiniones sobre actualizaciones y rediseños curriculares, así como también brinda seguimiento a proyectos curriculares de las distintas unidades académicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

A nivel institucional la USAC, cuenta con el plan estratégico USAC – 2022, el cual es un documento que impulsa y fortalece el proceso de planificación estratégica sobre el marco institucional de la USAC a través de escenarios,

programación estratégica y pautas de evaluación y seguimiento, desde el momento de la creación de este documento (2003) hasta el año 2022.

De acuerdo a lo dictado por la línea estratégica “Fortalecimiento del Sistema de Actualización Curricular Universitario” dentro del área “ACADÉMICA – EJE DOCENCIA” del Plan estratégico USAC – 2022, su enunciado literalmente dice:

“ La Dirección General de Docencia conjuntamente con las unidades académicas, promoverán la evaluación y formulación de diseños y rediseños curriculares en todas las unidades académicas de la Universidad, que incluyan la formación social humanística en todas las carreras, así también se deberá dar un impulso especial al desarrollo de las ciencias básicas (filosofía, matemáticas, química, física, biología) con prácticas estudiantiles con la comunidad y ejercicio profesional supervisado, para que los profesionales egresados tengan la capacidad social-humanística y científico-tecnológica que exige el mundo contemporáneo y poder dar respuestas viables y pertinentes a las demandas de la sociedad. “⁵

4.3. Apoyo

Un factor importante para el fomento de la investigación y desarrollo de la Nanotecnología en el país es el financiamiento, por lo que a continuación se presentan las fuentes de financiamiento más importantes que operan a nivel internacional y que pudieran constituirse en opción de aporte económico válido para el desarrollo de la Nanotecnología.

⁵ USAC *Plan estratégico – 2022*, A.2 Área Académica-Eje Docencia, Línea estratégica: A.2.2.

Fortalecimiento del Sistema de Actualización Curricular Universitario

4.3.1. Institucional

Para el proceso de financiamiento del desarrollo de la integración de contenidos de Nanotecnología en los cursos del Área de Materiales, existe disposición por parte de las autoridades de la Escuela de Ingeniería Mecánica, así como autoridades de la Facultad de Ingeniería para apoyar con los requerimientos de la unidad de investigación que en su momento se soliciten.

Adicionalmente, en la Universidad existe la DIGI, quien es la encargada de toda la parte de investigaciones a nivel Universidad, la cual está respaldada con un acuerdo emitido por el Consejo Superior Universitario.

También se cuenta con el apoyo y relación con las entidades externas a la USAC, las cuales se detallan a continuación: A nivel nacional se cuenta con el apoyo de La Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT), es la responsable de apoyar y ejecutar las decisiones que emanen del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, (CONCYT) y de dar seguimiento a sus respectivas acciones; constituye el vínculo entre las instituciones que integran el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. El CONCYT es una institución que ha estado apoyando distintos proyectos generados en la USAC, dicha institución tiene como área temática prioritaria, la investigación en Nanotecnología para ser implementada en el país.

La Escuela de Ingeniería Mecánica cuenta con el apoyo de varias entidades regionales e internacionales, las cuales se describen a continuación:

- El Consejo Superior Universitario Centroamericano (CSUCA), el cual tiene como objetivo la integración y el fortalecimiento de la educación superior en

las sociedades de América Central. Su propósito es mejorar la calidad de la educación superior en Centroamérica.

- Otra institución regional que está vinculada y que brinda apoyo es la Comisión para el Desarrollo Científico y Tecnológico de Centro América y Panamá (CTCAP), tiene como propósito estimular el vínculo entre diferentes Organismos Nacionales de Ciencia y Tecnología de los países centroamericanos.
- El programa iberoamericano de ciencia y tecnología para el desarrollo (CYTED), es una plataforma que promueve y da soporte a la cooperación multilateral en ciencia y tecnología, orientada a la transferencia de conocimientos, experiencias, información, resultados y tecnologías entre los países de la Región Iberoamericana.

4.3.2. Sector privado

Se tiene vinculación academia-industria para realizar proyectos de investigación relacionada a la Nanotecnología en conjunto con empresas privadas, de fabricación de cemento y materiales de construcción y empresa multinacional de fabricación de bebidas, agua pura y licores que a través de sus Centros de Investigación y Desarrollo están apoyando con sus instalaciones y equipo, cualquier investigación relacionada con el empleo de Nanotecnología para el mejoramiento de los actuales productos elaborados.

Además, la Escuela de Ingeniería Mecánica tiene vinculación con varias empresas del sector privado a través de líneas de cooperación e investigación en conjunto.

Este proceso de vinculación es de beneficio para fomentar la investigación y desarrollo de proyectos en conjunto entre academia y el sector privado, facilitando los medios para investigaciones multidisciplinarias.

4.4. Localización

La ubicación física donde se va a desarrollar la propuesta, son las instalaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, la misma cuenta con 5 aulas en el edificio T-1, 35 aulas en el edificio T-3, 2 aulas en el edificio T-7 y 5 aulas en el edificio anexo del T-7.

Para impartir los cursos del área de diseño es necesario que el salón de clase cuente con equipo multimedia, para reproducción de material audiovisual, el espacio y las instalaciones de todos los salones del segundo nivel del edificio T-3 cuentan con equipo multimedia, pantalla y butacas. En el nivel 0 se cuenta con un salón de videoconferencia, además los salones 201 y 202 del edificio T-7 cuentan con cañonera y pantalla, pero carecen de equipo de sonido para reproducción de material audiovisual por lo que sí es necesario invertir en este equipo para cumplir con los requisitos de esta propuesta.

4.5. Recursos humanos

El personal docente a cargo de los cursos del área de materiales de la Escuela de Ingeniería Mecánica debe ser competente con base en la educación, formación, habilidades y experiencia apropiadas.

Actualmente la Universidad de San Carlos de Guatemala a través de la DIGI y con el apoyo de la Secretaria Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT), ha desarrollado dos seminarios sobre Nanotecnología, obteniendo

un grupo multidisciplinario de 50 profesionales, otra acción tomada para capacitar el recurso humano de la Universidad de San Carlos es el Curso de Nanotecnología a nivel postgrado con la participación de 26 profesionales y con apoyo y soporte académico de expertos internacionales.

El claustro docente a cargo del área de materiales de la Escuela de Ingeniería Mecánica, debe de participar en cursos de capacitación en temas relacionados en Nanotecnología.

Se establecerá una metodología para revisar periódicamente la competencia, experiencia, calificaciones, capacidades y habilidades del personal docente para las actividades actuales y futuras que competen a la nueva integración de contenidos de Nanotecnología en los programas de cursos actuales.

4.5.1. Capacitación

Si actualmente se compara las competencias actuales del personal docente *versus* las que se requieren, se identificarán necesidades de formación. Dichas necesidades deberían ser satisfechas a través de capacitación, sea esta interna o externa. Se deben mantener registros de la formación que el personal ha recibido y los resultados de la misma.

Es importante que la Facultad de Ingeniería, así como la Escuela de Mecánica realice continuos intercambios de información con universidades que poseen actualmente programas más avanzados en el ámbito de la Nanotecnología, ya que, compartiendo experiencias, conocimientos y técnicas, se puede ayudar a la capacitación de personal y también a mantener

actualizado la información acerca de normalizaciones científicas que se dan en el campo de la Nanotecnología.

La unidad de servicios de apoyo al estudiante y al profesor (SAE/SAP), debe ser la encargada de coordinar los cursos de capacitación para formar a los docentes.

Para el proceso de capacitación del claustro docente se cuenta en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala desde el 2011 hasta la fecha con las Ingenieras Susana Arrechea y Rosa Amarilis Dubón quienes coordinan videoconferencias de Nanotecnología y son miembros del comité organizador del Congreso de Nanotecnología y tecnologías futuras para el desarrollo sostenible (CONANOTEC).

Existe el apoyo internacional por parte del El Laboratorio Nacional de Nanotecnología (LANOTEC) ubicado en Costa Rica, quienes han venido participando en diferentes actividades en Guatemala, tales como seminarios y congresos de Nanotecnología.

En la Escuela de Ingeniería Mecánica, se cuenta con el Ing. Jorge Iván Cifuentes Castillo, quien posee una maestría en Ciencias de Ingeniería Mecánica, e Investigación en Nanotecnología y *Composites*, ha venido participando activamente en la integración de la Nanotecnología en la Facultad, apoyando en el Diplomado de Nanociencia y Nanotecnología que se realizó en 2013; el curso tuvo la participación de cincuenta y tres estudiantes. También fue expositor en el "I Congreso de Nanotecnología y Tecnologías Futuras Para El Desarrollo Sostenible " realizado en 2015.

Otro punto que se considera dentro del proceso de capacitación es el desarrollo de programas de educación interdisciplinaria, entre los catedráticos de varias unidades académicas, puesto que la Nanotecnología tiene carácter

multidisciplinario, y es importante que los encargados de los cursos del área de material reciban capacitación en áreas como Química, Biología, Física, entre otras.

4.6. Recursos materiales

Los recursos materiales necesarios para integrar contenidos de Nanotecnología en el área de materiales de la Escuela de Ingeniería Mecánica, se compone principalmente de recursos didácticos para apoyar el proceso de aprendizaje y enseñanza.

En cuanto a equipo, las aulas de clase donde se van a impartir los cursos del área de materiales de la Escuela deben de contar con equipo multimedia, para reproducción de material audiovisual como complemento de la clase teórica.

4.6.1. Material didáctico

Para implementar esta propuesta, efectivamente es necesario contar con material didáctico, La Escuela de Ingeniería Mecánica debe tener a disposición de los catedráticos de curso, libros de texto de referencia. Los textos para ser utilizados en esta propuesta están enumerados en la sección de bibliografía y e-grafía sugerida, así como también se debe de apoyar el catedrático con recursos didácticos para ser utilizados como material complementario al libro de texto del curso. Los mismos están descritos en la sección de recursos didácticos.

Para que los estudiantes dispongan de material didáctico actualizado, así como de un gran número de publicaciones y *journals* científicos, actualizados

en el campo de las Ciencias de la Ingeniería, la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos, debe de suscribirse a las principales editoriales académicas a nivel mundial, las cuales están descritas en el apartado de recursos didácticos, todo este material se puede integrar fácilmente en la plataforma INGEBOOK con la que cuenta la Facultad de Ingeniería para un fácil acceso a la comunidad estudiantil.

Los salones donde se imparten los cursos del Área de Materiales deben de contar como mínimo con equipo multimedia, como cañonera, bocinas y pantalla de proyección, para reproducir contenido, tal como videos, presentaciones, videoconferencias, etc. además es necesario que el salón de clase cuente con pizarra blanca de marcador, así como marcadores recargables.

Se debe además disponer de todo el material descrito por cada una de las actividades de aprendizaje propuestas en la sección de actividades de aprendizaje.

Es necesario que el docente a cargo del curso cuente con recursos audiovisuales, como documentales, animaciones, programas educativos, para ser mostrado a los alumnos como complemento a la clase teórica.

4.7. Recursos financieros

La actualización de los actuales programas de curso, del Área de Materiales de la Escuela de Ingeniería Mecánica, conlleva una inversión modesta en las actuales instalaciones de la escuela. Resulta fundamental para darle un adecuado seguimiento a la propuesta, asignar un presupuesto anual que incluya el financiamiento que cubra proyectos dentro de la línea de

investigación de Nanotecnología, así como también capacitación del claustro docente y adquisición de equipo de laboratorio e insumos.

Actualmente la Escuela de Ingeniería Mecánica ha obtenido la acreditación a nivel regional que otorga la Agencia Centroamericana de Acreditación de Arquitectura y de Ingeniería (ACAAI), La Escuela debe hacer las gestiones en la Facultad de Ingeniería para que la misma le otorgue un presupuesto para poder operar adecuadamente los tres años de acreditación, este fondo sería destinado para inversión en equipo de laboratorio e investigación.

La integración de contenidos de Nanotecnología en la Escuela de Mecánica consiste en una mejora en los programas de los cursos que forman parte del Área de Materiales de la escuela, además desarrollar seminarios y conferencias introductorias al alumnado acerca de los nuevos programas de curso y los beneficios obtenidos en el proceso de aprendizaje.

Los costos involucrados para la integración de contenidos de Nanotecnología en la Escuela de Mecánica están descritos en la siguiente tabla.

Tabla XIII. **Costos de la propuesta de integración de contenidos de Nanotecnología en el Área de Materiales de la Escuela de Ingeniería Mecánica**

Descripción	Cantidad	Precio Unitario (Quetzales)	TOTAL (Quetzales)
INVERSIÓN INICIAL			
Equipo Multimedia			
Cañonera	3	4 200,00	12 600,00
Pantalla para proyectar	3	600,00	1 800,00

Continuación de la tabla XIII.

<i>Kit de bocinas para salones</i>	7	400,00	2 800,00
Material Didáctico			
[Libro de texto] <i>Introduction to Nanotechnology</i> Charles P. Poole, Jr., Frank J. Owens ISBN: 978-0-471-07935-4 Wiley & Sons, 2003.	1	1 100,00	1 100,00
[Libro de texto] <i>Nanophysics and Nanotechnology: An Introduction to Modern Concepts in Nanoscience</i> , 3rd Edition Edward L. Wolf ISBN: 978-3-527-41324-9 John Wiley & Sons, 2015.	1	534, 80	534,80
[Libro de texto] <i>Nanotechnology For Dummies</i> , 2nd Edition Earl Boysen, Nancy C. Muir, Desiree Dudley (Foreword by), Christine Peterson ISBN: 978-0-470-89191-9 John Wiley & Sons, 2011	1	191,00	191,00
[Libro de texto] <i>Nanomaterials: An Introduction to Synthesis, Properties and Applications</i> , 2nd Edition ISBN: 978-3-527-33379-0 Dieter Vollath John Wiley & Sons, 2013	1	985,60	985,60
[Libro de texto] <i>Nanostructured Materials, 2nd Edition Processing, Properties and Applications</i> Carl C. Koch ISBN: 978-0-815-51534-0 William Andrew, 2006	1	1 948,20	1 948,20
SUB-TOTAL			21 959,60
GASTOS ANUALES			
Suscripciones & Membresías			
Solicitud de Membresía Profesional en ASME (<i>AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS</i>). Duración: 1 año	1	1 200,00	1 200,00
Solicitud de Membresía para <i>Affiliate members</i> en Institution of Mechanical Engineers. IMechE Duración: 1 año	1	284,07	284,07
<i>Journal of Materials Science</i> ISSN: 1573-4803 (electronic version) Springer US. Duración: 1 año	1	1 528,00	1 528,00

Continuación de la tabla XIII.

Capacitaciones & Congresos			
Inversión en capacitaciones y asistencia a congresos de ingeniería de los materiales y Nanotecnología al claustro docente de la Escuela de Ingeniería Mecánica. (Monto Anual)	-	-	70 000,00
SUB-TOTAL			73 012,07
TOTAL			94 971,67

Fuente: elaboración propia.

4.8. Criterios de evaluación del proyecto

Dado que este proyecto posee un enfoque fundamentalmente académico destinado a la actualización tecnológica y de conocimiento para la formación de las futuras generaciones de Ingenieros Mecánicos, por ende, no se obtendrá ninguna ganancia tangible de la inversión en el mismo, además los beneficios obtenidos por la implementación de esta propuesta son difíciles de cuantificar, medir y valorar en términos monetarios, puesto que se presentan beneficios intangibles, tales como mejoras en la calidad de la enseñanza y del aprendizaje para los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Mecánica, para lo cual se procede a evaluar la propuesta a través del indicador de costo-eficiencia. El objetivo de este análisis, es determinar qué tan eficiente es el proyecto, por lo que se calculó el costo individual por alumno con base a la inversión que se va a realizar.

4.8.1. Análisis costo-eficiencia

Para determinar el número de estudiantes de las distintas carreras de la Facultad de Ingeniería que llevan en sus pénsum los cursos del Área de Materiales, los cuales serán beneficiados con las mejoras propuestas al programa de estudios de la carrera de Ingeniería Mecánica, se tomó como referencia el número promedio de estudiantes asignados en los cursos del Área de Materiales en semestres anteriores.

Tabla XIV. **Número estimado de estudiantes beneficiados**

Área de Materiales de la Escuela de Ingeniería Mecánica			
Nombre del Curso	No. de catedráticos	Cantidad de alumnos	Relación estudiante/catedrático
Ciencia de los Materiales	3	200	66,66
Metalurgia y Metalografía	2	80	40
Procesos de Manufactura 1	2	100	50
Procesos de Manufactura 2	3	100	33,33
Total, de alumnos beneficiados semestralmente	10	480	-

Fuente: Escuela de Ingeniería Mecánica USAC.

- Indicador costo-eficiencia

$$\text{Indicador costo-eficiencia} = \frac{\text{Costo total de inversión}}{\text{población total de alumnos}}$$

Costo total de la inversión = Q 64 971,67

Número promedio de alumnos beneficiados anualmente = 960

Periodo de vida útil = 12 meses

$$\text{Indicador costo-eficiencia} = \frac{\text{Q } 94\,971,67}{960 \text{ alumnos}} = \text{Q } 98,93 / \text{alumno}$$

Este valor indica que el costo por alumno es de Q 98,93

Del valor obtenido en el análisis anterior se puede determinar que los costos que conlleva la aplicación del proyecto de desarrollo de la integración de contenidos de Nanotecnología en el Área de Materiales de la Escuela de Ingeniería Mecánica, es sumamente bajo y es justificable acorde con las nuevas competencias educativas que traen consigo este tipo de actualización y que serán adquiridas por los estudiantes; la inversión que se realiza tendría un gran beneficio no solo a los alumnos de los cursos del Área de Materiales de la Escuela, sino a toda la población estudiantil de la Escuela de Ingeniería Mecánica.

5. SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUA

5.1. Monitoreo y seguimiento

Es importante la constante evaluación y seguimiento de un plan de estudios debido a que el desarrollo científico y tecnológico avanza constantemente, por ende, los planes de estudio se desactualizan y pueden no responder a las necesidades que la sociedad requiere satisfacer.

Los contenidos de Nanotecnología que se proponen implementar en el Área de Materiales involucran constantes evaluaciones y un continuo seguimiento para ir reestructurando adecuadamente los mismos, a las capacidades actuales de la Facultad de Ingeniería, así como a la situación del país, pues se pretende el mejoramiento continuo de los programas de estudio.

El monitoreo debe llevarse a cabo a través de talleres de seguimiento al final de cada semestre, en estos talleres se debe dar una autoevaluación del plan de estudios propuesto; el proceso de evaluación debe llevarse a cabo a través de metodologías participativas, sistemáticas, organizadas y sobre todo continuas en donde se obtenga y analice información útil con el propósito de juzgar y tomar decisiones alternativas, respecto de la estructura, funcionamiento y administración del plan de estudios. En este sentido, se puede afirmar que es un proceso participativo, porque debe tomar en cuenta a todos los actores que intervienen en la ejecución de este plan, como son los estudiantes, catedráticos, el director de escuela, egresados, y empleadores, para ello se puede realizar eficazmente a través de diferentes técnicas. Las propuestas para ser aplicadas son los cuestionarios con preguntas cerradas, debido a que permiten una

cuantificación más rápida de la información, y dan la oportunidad de generar tablas de datos, que luego pueden ser presentados en gráficos que facilitan su interpretación; pero también se consideran las entrevistas y las observaciones que aportan información más interactiva y de carácter cualitativo.

Las entrevistas abiertas y las entrevistas a profundidad se pueden aplicar a las autoridades, ya que son un menor número de personas, y pueden aportar información muy valiosa sobre el plan de estudios, y confrontar esta con la que aporten otras personas involucradas en el plan de estudios. Dado que es una metodología participativa, es necesario considerar a los estudiantes que reúnen un perfil con características particulares, como: excelencia académica, menor tiempo para graduarse, que este elaborando proyectos de graduación de impacto, entre otros aspectos, que pueden aportar información valiosa que permite compararla con la información que brinden los estudiantes regulares y los estudiantes rezagados del plan.

5.2. Resultados del seguimiento y su presentación

A través de la aplicación de las diferentes técnicas de recolección de información se pueden obtener valiosos resultados para tomar diversas acciones ya sea de mejora, de actualización o de reestructuración del plan de estudios propuesto.

Los resultados de los instrumentos aplicados en la evaluación se pueden obtener a través de tabulaciones extraídas de la información. Para esto, se deben identificar las categorías que se consideraron en la evaluación y los indicadores que permitan hacer un análisis de la información.

Para seleccionar las categorías de evaluación y los indicadores adecuados se recomienda basarse en las categorías del Sistema de Acreditación de Programas de ACAAI, a través de las categorías de evaluación se puede agrupar los elementos más importantes del programa de estudio y se puede aplicar un conjunto de pautas y criterios de calidad para la emisión de juicios de valor sobre la calidad del programa, tomando en cuenta que se puede comparar con una serie de estándares. El Sistema de Acreditación de ACAAI, plantea las siguientes categorías de análisis:

- Relación con el entorno
- Diseño curricular
- Proceso enseñanza aprendizaje
- Investigación y desarrollo tecnológico
- Vinculación
- Administración del talento humano
- Requisitos de los estudiantes
- Servicios estudiantiles
- Gestión académica
- Infraestructura del Programa
- Recursos de apoyo al Programa
- Graduados

Una vez seleccionadas las categorías para ser analizadas, es posible agrupar la información, según esas categorías, e identificar más fácilmente las que brindan los diferentes instrumentos, de acuerdo con los intereses de la evaluación. De cada indicador, se obtiene información que permite definir aciertos o fallas del programa de estudios. Una vez obtenidos los resultados por medio de tablas y de gráficos, se procede al análisis de los datos, para identificar los aspectos que se deben sugerir para mejorar el plan de estudios,

cuáles puntos deben ser eliminados y cuáles deben ser readecuados a las necesidades de la población estudiantil.

Los resultados permitirán hacer una presentación justificada de las conclusiones y proponer modificaciones de actualización al plan de estudios.

5.3. Laboratorio de Nanotecnología de materiales

La creación de un laboratorio especializado en Nanotecnología de materiales, tendría como objetivo principal, investigar específicamente en el campo de los nanomateriales como también de los materiales avanzados, con el fin de generar proyectos de investigación y servir como centro de desarrollo de servicios y productos especializados en el tema que a su vez contribuya con el desarrollo del sector productivo del país.

Para poder obtener el equipamiento de un laboratorio de Nanotecnología de materiales es necesario realizar varias gestiones; se debe tener apoyo del estado a través de entidades que fomenten el desarrollo en ciencia y tecnología como lo es CONCYT y gestionar proyectos de vinculación con la industria y el sector privado.

La Escuela de Ingeniería Mecánica, por haber obtenido la acreditación a nivel regional que otorga la Agencia Centroamericana de Acreditación de Arquitectura y de Ingeniería (ACAAI) en el año 2016, debe de hacer esfuerzos económicos de inversión en nuevo equipo de laboratorio e investigación, esto como parte de los requisitos que se exigen para seguir acreditando el actual programa de estudios.

La propuesta para la creación de un laboratorio de Nanotecnología y materiales avanzados deberá incluir una serie de equipos necesarios para poder operar adecuadamente como tal, se plantea que el laboratorio de materiales cuente con el siguiente equipo:

Tabla XV. **Presupuesto de equipo para el Laboratorio de Nanotecnología de materiales**

Equipo	Cant.	Costo (USD)
MICROSCOPIO DE ESCANEEO ELECTRÓNICO (SEM)		
Obtiene imágenes de alta resolución por medio de electrones, se utiliza mayormente en estudio de materiales y superficies		
Proveedor: Delong America Inc. Modelo: LVEM5		
<i>LVEM5 Sistema Base</i>	1	144 000,00
• Incluye: instalación del equipo, <i>software</i> , <i>kit</i> de herramientas, entrenamiento para su utilización, 1 año de garantía,		
Modos de imagen		
Modo básico de microscopio de electrónico de transmisión (TEM)	1	9 300,00
Modo de imagen de escaneo electrónico de transmisión (SEM)	1	10 300,00
Equipo adicional		
<i>Minus k Bench Top</i> Plataforma de aislamiento de vibraciones	1	4 190,00
Garantía y Servicio de mantenimiento incluye todas las partes y el trabajo reparación del equipo, envió y viajes de los técnicos		16 000,00
SUB TOTAL		\$ 183 790,00

Continuación de la tabla XV.

Equipo	Cant.	Costo (USD)
IMPRESORA 3D		
Se utiliza para realizar réplicas de diseños en 3D, creando piezas o maquetas volumétricas a partir de un diseño hecho por ordenador.		
Proveedor: Servicios de Artes Gráficas, SA (3DSYSTEMS) Especificaciones del producto: CubePro DUO		
• Incluye: instalación del equipo y entrenamiento para su utilización, 1 año de garantía.		
Descripción		
<i>CubePro DUO</i>	1	4 379,20
Escáner <i>SENSE</i>	1	610,4
Insumos		
Cartucho Cube ABS (Todos los colores)	10	1 320,00
Cartucho Cube PLA (Todos los colores)	10	1 320,00
<i>Magic Glue x</i>	1	36,96
SUB TOTAL		\$ 7 666,56
Equipo	Cant.	Costo (USD)
MICROSCOPIO DE FUERZA ATÓMICA (AFM)		
Obtiene imágenes basadas en el funcionamiento de barrido de una punta a distancias atómicas de la muestra. Las deflexiones de la punta que resulta de este contacto adquieren información sobre las características físicas de la superficie.		

Continuación de la tabla XV.

Proveedor: Nanosurf AG Especificaciones del producto: <i>NaioAFM</i>			
• Incluye: entrenamiento para su utilización y un 1 año de garantía.			
Descripción			
Nanosurf NaioAFM	1	25 802,00	
Equipo Adicional			
<i>NaioAFM</i> ® cámara de vista lateral	1	1 594,68	
<i>Nanosurf NaioAFM</i> ® Opción de modos avanzados	1	5 238,00	
Kit para escaneo de muestras grandes	1	362,78	
Adaptador para <i>IsoStage</i> ®	1	349,2	
<i>IsoStage</i> ® (Plataforma de aislamiento de vibraciones)	1	6 763,81	
Insumos			
Paquete de puntas de observación PPP-XYCONTR (10 unidades)	1	426,8	
Paquete de puntas de observación Tap190AI-G-10 (10 unidades)	1	273,54	
Kit de muestras extendido	1	1 419,11	
	SUB TOTAL		\$ 42 229,92
Equipo	Cant.	Costo (USD)	
CRISTALOGRAFÍA E INSUMOS DE LABORATORIO			
Proveedor: PCL, S.A			
Descripción			
<i>Kimax</i> Ensemble de micro filtración 47 mm c/soporte vidrio Disc poroso ULTRAWARE®	1	216,34	
<i>Kimax</i> Kitazato 1 000 ml. de paredes reforzadas	1	44,02	
<i>Kimax</i> Erlenmeyer 500 ml.	1	5,08	
<i>Daigger</i> Mortero de porcelana ocn pistillo 100 ml.	1	6,87	
<i>Wheaton</i> Viales 20 ml. PPC/tapadera	1	282,05	

Continuación de la tabla XV.

Vial muestrador 8ml. rosca 20-400 c/ Tapa Liner Polyseal® en bolsa	1	139,78
Vial muestrador 12ml. rosca 20-400 c/ Tapa Liner Polyseal® en bolsa	1	145,15
<i>Whirl-Pak</i> Bolsas de muestreo 4 oz	1	89,11
<i>Sartorius</i> Papel Filtro Cual. Clase 292, 150 mm	1	15,08
<i>Sartorius</i> Papel Filtro Cual. Clase 292, 185 mm	1	15,08
<i>Dynalon</i> Barra magnética de agitación octogonal, 27x8 mm	5	13,07
<i>Heathrow</i> Microtubo con tapa 1,5ml., estéril, fondo cónico	1	15,01
<i>Avitrolab</i> Microtubo con tapa 2,0 ml., fondo cónico	1	15,01
<i>Daigger</i> Soporte para buretas	1	105,54
<i>United</i> Soporte doble para bureta	1	10,94
<i>Daigger</i> Pinza con cadena	1	89,08
<i>Troemner</i> Sujetador pinza (nuez) para varillas hasta 18 mm.	1	33,19
<i>Dynalon</i> Contenedor PP con tapadera, traslúcido autoclaveable	1	182,71
<i>Tamsco</i> Jugo de 4 espátulas de acero inoxidable	1	18,82
<i>Stern</i> Pinza de acero inoxidable para el manejo de membranas	1	6,83
<i>Kimax Beaker</i> 50 ml.	1	3,55
<i>Kimax Beaker</i> 100 ml.	1	3,47
<i>Kimax Beaker</i> 150 ml.	1	3,32
<i>Kimax</i> Frasco gotero de vidrio ámbar 60 ml., con gotero de vidrio	1	3,63
	SUB TOTAL	\$ 1 462,73
Equipo	Cant.	Costo (USD)
EQUIPO DE LABORATORIO		
Proveedor: PCL, S. A		
Descripción		
<i>Daigger</i> Bomba de Vacío 110V	1	1 263,43
<i>Thermo</i> Estufa/Agitador Cimarec, plato cerámico, 7x7", 120V	1	601,03
<i>IKA EUROSTAR</i> 20 Mezclador Digital 115V	1	2 074,87
	SUB TOTAL	\$ 3 939,33

Continuación de la tabla XV.

Equipo	Cant.	Costo (USD)
MICROSCOPIO BIOLÓGICO		
Olympus® microscopio CX31 Trinocular con oculares de gran campo 10X (F.N.20) revolver de 4 posiciones, platina mecánica cerámica con control a la derecha, condensador Abbe N.A. 1.25 con diafragma y graduación de la N.A.		
Proveedor: Merck S.A. Especificaciones del producto: <i>Olympus® CX31</i>		
• Incluye: 1 año de garantía por desperfectos de fabricación		
Descripción		
OLYMP MICROSCOPIO CX31 TRINOCULAR	1	5 397,65
SUB TOTAL		\$ 5 397,65
TOTAL		\$ 244 486,19

Fuente: elaboración propia

- Localización: Se tiene planificado que en la fase inicial las instalaciones del laboratorio sean en el edificio 302 del T-7 Unidad de investigación de la Escuela de Ingeniería Mecánica.

5.4. Metodología para futuras actualizaciones

El campo de la Nanotecnología sufre constantemente de nuevos descubrimientos y actualizaciones por ello es necesario llevar un seguimiento y

control de posibles modificaciones a los contenidos que en esta propuesta se detallan.

Evaluar el plan de estudios, permite descubrir qué cambios son necesarios para un rediseño del plan, el establecimiento de los lineamientos para su actualización y el tiempo en que se debe cumplir con esta para que el plan no pierda vigencia y una herramienta de mucha utilidad para llevar un buen seguimiento y actualización del plan de estudios, es el *benchmarking*, el cual tendría la función de comparar el programa de estudios con universidades que posean programas de Nanotecnología más avanzados y así determinar si es necesario realizar actualizaciones de los contenidos académicos, el número de universidad a tomar en cuenta en el estudio, es decisión del personal encargado de realizar el *benchmarking*.

La Dirección de Desarrollo Académico (DDA) a través del departamento de Asesoría y Orientación Curricular (DAOC) brinda asesoramiento, guía y reglamentación a las facultades para realizar modificaciones a sus planes de estudio, así como para la creación de una nueva carrera, pero esta no tiene establecida una forma de evaluar los pénsum de estudio o los contenidos de los cursos.

CONCLUSIONES

1. El diseño y desarrollo de actividades enfocadas en la formación educativa que impulsen la enseñanza de la Nanotecnología dentro del sector académico, significa para el país la oportunidad de mejorar su posición competitiva y la disminución de la brecha tecnológica con respecto a otros países, así como la mejora en las condiciones de vida de la población.
2. La creación de procedimientos enfocados en la actualización y fortalecimiento de los planes de estudios de la Escuela de Ingeniería Mecánica, específicamente del área de materiales, beneficiará no solo a la carrera de Ingeniería Mecánica, sino también a Ingeniería Industrial y Mecánica Industrial, hacia las temáticas de las tecnologías emergentes, siendo una acción de mejora la integración de contenidos de Nanotecnología en esta área específica de la Escuela; la misma hace énfasis en la inclusión del dinamismo que exige la época actual para adaptarse a los cambios y avances tecnológicos vigentes en el contexto académico mundial y permitirá que los profesionales egresados de la Facultad de Ingeniería, tengan la capacidad científico-tecnológica de dar respuestas viables y pertinentes a las necesidades de desarrollo del país.
3. En Guatemala, el avance e implicaciones de la Nanotecnología ha pasado prácticamente inadvertida, producto de un conocimiento y una comprensión limitados por parte del sector académico con relación a este

tema, esto se refleja en la escasa participación del país en materia de publicaciones, patentes y proyectos con la industria.

4. La integración de contenidos relacionados a la Nanotecnología en el actual p^osum de estudio de la Escuela de Ingeniería Mecánica tiene como propósito fundamental, fortalecer el Área de Materiales, a través de la integración de este tipo de contenido, se introduce al estudiante de la carrera de ingeniería Mecánica, a los principales conceptos que involucra la enseñanza de la Nanotecnología, permite además desarrollar las herramientas cognoscitivas necesarias para que el estudiante comprenda los fundamentos de la Nanotecnología y el conocimiento de las propiedades que presentan los materiales a escala atómica, molecular y macromolecular y de cómo se pueden observar, manipular o sintetizar los materiales en esta escala.

5. Los costos de inversión necesarios para desarrollar la integración de contenidos de Nanotecnología dentro del Área de Materiales de la Escuela de Ingeniería Mecánica ascienden a Q 94 971,67. Dentro de los cuales están contemplados la compra de equipo multimedia para instalar en los salones de clase que no cuentan con este equipo, así como la compra de material didáctico, gestiones para suscribirse a las principales editoriales científicas, membresías para el acceso de revistas con contenido científico, entre otros costos. De acuerdo con el índice costo/eficiencia, el costo para implementar la propuesta por alumno beneficiado es de Q 98,93. Como parte de la mejora continua de la propuesta se tiene contemplado la creación y equipamiento de un Laboratorio de Nanotecnología de materiales. Para la compra de equipo e insumos para dicho laboratorio se tiene estimado una inversión de \$ 244 486,19.

6. El proceso de implementación para integrar los contenidos de Nanotecnología en la Escuela de Ingeniería Mecánica, consiste en la presentación de las mejoras propuestas al Director de Escuela y las autoridades de la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería quienes, en conjunto con la Dirección General de Docencia, a través del Departamento de Asesoría y Orientación Curricular (DAOC), analizarán y emitirán opiniones acerca de los procedimientos necesarios para que la propuesta se lleva a cabo efectivamente.

7. Con el propósito de lograr mayor efectividad en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los contenidos propuestos en los cursos del Área de Materiales del actual plan de estudios, es importante el seguimiento y la mejora continua, esto se logra a través de los talleres de seguimiento en los cuales se debe establecer los lineamientos para que los programas de curso estén actualizados así como también apoyar en la toma de decisiones alternativas, respecto a la estructura, y funcionamiento de los contenidos, para ello se debe discutir semestralmente sí se requiere ajustar la estructura actual del programa de estudio, otorgándole mayor dinamismo en razón de los avances, científicos y tecnológicos que la Nanotecnología sufre por estar inmerso en un mundo de constantes descubrimientos; estos talleres son herramientas fundamentales para que los programas de estudio propuestos respondan adecuadamente a los avances en el campo de la Nanotecnología y que no pierdan vigencia.

RECOMENDACIONES

1. Para que el proceso de enseñanza-aprendizaje de los contenidos de Nanotecnología sea adoptada adecuadamente por los estudiantes, se debe efectuar un proceso de reforzamiento de la bases teóricas y capacitación a través de trabajo experimental, en particular de las ciencias puras y aplicadas de Química, Biología, Física, Matemática e Ingenierías relacionadas (Ingeniería Mecánica, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Industrial, Ingeniería Química e Ingeniería Electrónica).
2. Realizar un proceso de formación y capacitación dirigido al claustro docente de la Escuela de Ingeniería Mecánica, a través de cursos de especialización, en programas de capacitación a nivel postgrado sobre Nanotecnología. En estos programas se deben incluir especialidades y aplicaciones adecuadas a las necesidades del país, posteriormente se deben realizar mesas de diálogo y reuniones para hacer revisiones y seleccionar la bibliografía para cada curso además de la sugerida, así como también, discutir acerca del contenido a impartir en los distintos cursos, basándose en la guía propuesta en este trabajo de graduación.
3. Incluir dentro del “Programa de Educación Continua” del Colegio de Ingenieros de Guatemala, la actualización académica en Nanotecnología, a través de cursos, conferencias, seminarios y en congresos, integrar estudios e investigaciones sobre Nanotecnología, para la actualización de los asociados, especialmente de las carreras de Ingeniería Mecánica, Mecánica Industrial e Ingeniería Industrial.

4. Realizar una campaña de difusión y divulgación dirigida a toda la población estudiantil y claustro docente de la Escuela de Ingeniería Mecánica, para discutir puntos clave del desarrollo de la integración de contenidos de Nanotecnología dentro de la escuela, tales como la exposición de los nuevos programas de estudio, los contenidos a ser impartidos, dar a conocer a los alumnos las nuevas competencias académicas que van a adquirir con la enseñanza de este tipo de contenido, entre otros aspectos importantes a considerar.
5. Para que exista un acercamiento de la industria y el sector privado guatemalteco y que se interesen e involucren en el proceso de integración de la Nanotecnología en la producción y mejoramiento de los actuales productos, se debe de llevar a cabo un amplio programa de difusión, promoción y capacitación, para dar a conocer los principios básicos y avances de la Nanotecnología; sus beneficios para que sea percibida como una tecnología accesible y necesaria para aumentar o mantener en su caso su competitividad, así como los resultados de investigaciones y desarrollos que llevan a cabo grupos nacionales de científicos y tecnólogos y que, en muchos de los casos, pudieran ser transferidos de inmediato al sector productivo.
6. Es prioritario realizar una investigación relativa a las características y necesidades de implementar un laboratorio especializado en Nanotecnología, adecuado para el desarrollo de esta ciencia, y para las condiciones socio-económicas del país.
7. Al director de Escuela de Ingeniería Mecánica: plantear una solicitud a Junta Directiva de la Facultad, para gestionar los fondos que apoyen la implementación de la Nanotecnología dentro de la escuela y además

gestionar un proyecto de inversión para implementar un laboratorio de materiales, en cuyo proceso se debe involucrar a la Dirección de Escuela, Consejo de Escuela y al Coordinador de Laboratorios.

8. Para darle seguimiento al programa de mejora continua dentro del p nsum de estudios de la Escuela de Ingeniería Mecánica, es importante considerar a la población estudiantil en las nuevas actualizaciones que sufra el p nsum, a través de reuniones en donde se tomen en cuenta las opiniones acerca de lo que el estudiante le gustaría que se incluyese en los programas de estudio con el fin de tomar en cuenta a todos los actores involucrados en el proceso de actualización tecnológica del p nsum de estudios.

BIBLIOGRAFÍA

1. Agencia Centroamericana de Acreditación de Programas de Arquitectura y de Ingeniería. ACAII. Sistema de Acreditación [en línea]. <<http://acaai.org.gt/sistema-de-acreditacion/>> [Consulta: 25 de junio de 2016.]
2. Escuela de Ingeniería Mecánica. *Autoestudio del programa de Ingeniería Mecánica*. Guatemala: Facultad de Ingeniería, 2015. 284 p.
3. GAGO, Martín. *La microscopía para el estudio de materiales y láminas delgadas*. En: ALBELLA, José. *Láminas delgadas y recubrimientos: preparación, propiedades y aplicaciones*. Madrid: CSIC, 2003. pp. 519-540. 704 p.
4. GUERRERO, Victor. et al. *Nuevos materiales: aplicaciones estructurales e industriales*. Quito: Imprefepp, 2011. 367 p.
5. MARK J. Schulz. et al. *Nanoengineering of Structural, Functional, and Smart Materials*. Nueva York: CRC Press, 2005. 740 p.
6. Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria en Nanociencia y Nanotecnología. México, 4(2). Julio-diciembre 2011.
7. POOLE, Charles P. y OWENS, Frank J. *Introducción a la Nanotecnología*. Barcelona: Reverté, 2007. 399 p.

8. RATNER, Mark A.; RATNER, Daniel. *Nanotechnology: A gentle introduction to the next big idea*. Prentice Hall Professional, Nueva Jersey: 2003. 208 p.
9. SE-CIMAV. *Diagnóstico y prospectiva de La Nanotecnología en México*. Centro de Investigación en Materiales Avanzados. México: [s.n.], 2008. 166 p.
10. Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. *Manual de Formulación y Evaluación de Proyectos*. Guatemala: 2013. 30 p.
11. SERENA, Pedro. et al. *Guía didáctica para la enseñanza de la Nanotecnología en educación secundaria*. Madrid: [s.n.], 2014. 296 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Programas de curso Actualizados

Ciencia de los materiales	
Código: 452	Créditos: 5
Escuela: Mecánica	Área: Materiales
Prerrequisito: Física 2	Postrequisito: Procesos de manufactura 1; Metalurgia y metalografía; Diseño de máquinas 1; Mecanismos
Objetivo General	
Introducir al estudiante en el área de materiales de Ingeniería.	
Objetivos Específicos	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Incentivar el deseo de investigación del estudiante acerca de las propiedades de los materiales para que él mismo pueda hacer deducciones de su comportamiento y empleo. 2. Estudiar la nano, micro y macro estructura de los materiales cristalinos. 3. Estudiar los fundamentos necesarios para comprender adecuadamente la base teórica-conceptual de la Nanotecnología. 4. Definir los diagramas de equilibrio o de fases de aleaciones isomorfas. 5. Estudiar las leyes de Fick y su aplicación en los tratamientos termoquímicos. 6. Definir los tipos de corrosión. 7. Describir la instrumentación necesaria para el estudio de las propiedades de la materia a nivel nanoscópico, así como su utilización en procesos de nanofabricación. 	
Contenido	
<ul style="list-style-type: none"> • UNIDAD 1. INTRODUCCIÓN A LOS MATERIALES DE INGENIERÍA <ul style="list-style-type: none"> A. Diferencia entre Ciencia e Ingeniería de los Materiales B. Clasificación general de los materiales C. Propiedades de los materiales • UNIDAD 2. REPASO DE LA TEORÍA ATÓMICA Y DE LA ESTRUCTURA MOLECULAR <ul style="list-style-type: none"> A. Número atómico B. Masa o peso atómico C. Valencia D. Configuración electrónica E. Tabla periódica de los elementos. F. Enlaces interatómicos • UNIDAD 3. ELEMENTOS DE LAS ESTRUCTURAS CRISTALINAS <ul style="list-style-type: none"> A. Sistemas cristalinos 	

Continuación del apéndice 1. Ciencia de los materiales.

- B. Parámetros de red
- C. Celda unitaria
- D. Posiciones, direcciones y planos atómicos
- E. Relación entre radio atómico y parámetro de red
- F. Factor de empaquetamiento
- G. Densidad teórica
- UNIDAD 4. IMPERFECCIONES EN LOS MATERIALES CRISTALINOS
 - A. Defectos puntuales: vacancias, átomo sustitucional, átomo intersticial, defecto Frenkel, defecto Schottky
 - B. Defectos lineales: de borde y de tornillo
 - C. Defectos superficiales
- UNIDAD 5. MOVIMIENTO DE LOS ÁTOMOS EN LOS MATERIALES
 - A. Leyes de Fick
 - B. Mecanismos de difusión
 - C. Tratamientos termoquímicos: carburización, cianuración, nitruración, boruración
- UNIDAD 6. FUNDAMENTOS DE LA NANOTECNOLOGÍA
 - A. Introducción a la nanociencia y la Nanotecnología
 - B. Introducción y revisión histórica de la Nanotecnología
 - C. Impacto de la Nanotecnología en la sociedad.
 - D. Propiedades dependientes del tamaño.
 - E. Aplicaciones de Nanotecnología en áreas trascendentales de la industria y el sector académico.
- UNIDAD 7. ENSAYOS DE MATERIALES
 - A. Ensayo de tensión y compresión
 - B. Ensayo de impacto
 - C. Ensayo de fatiga
 - D. Ensayo de dureza
 - E. Ensayo de Termofluencia
- UNIDAD 8. CARACTERIZACIÓN DE OBJETOS A NANOESCALA
 - A. Instrumentos de detección de barrido
 - B. Espectroscopia
 - C. Microscopia electrónica
 - D. Electroquímica
 - E. Espectroscopia
 - F. Resonancia magnética nuclear
- UNIDAD 9. DEFORMACIÓN, ENDURECIMIENTO POR TRABAJO Y RECOCIDO
 - A. Tratamientos térmicos: revenido (recuperación), recocido (recristalización), crecimiento de grano y temple
 - B. Procesos de deformación
 - C. Trabajo en frío
 - D. Trabajo en caliente
- UNIDAD 10. SOLIDIFICACIÓN Y ALEACIÓN
 - A. Definición de fase cristalina
 - B. Diagrama de equilibrio isomorfo
- UNIDAD 11. MATERIALES CERÁMICOS

Continuación del apéndice 1. Ciencia de los materiales.

<ul style="list-style-type: none"> A. Cal B. Cemento C. Vidrio D. Otros materiales cerámicos • UNIDAD 12. POLÍMEROS <ul style="list-style-type: none"> A. Definición de mero, monómero y polímero B. Clasificaciones de los polímeros C. Ejemplos de polímeros D. Procesos de manufactura de polímeros: extrusión, inyección, soplado, calandrado, hilado, formado en vacío, moldeo por compresión, moldeo por transferencia E. Aditivos • UNIDAD 13. MATERIALES COMPUESTOS <ul style="list-style-type: none"> A. Por partículas B. Por fibras C. Laminares • UNIDAD 14. NANOMATERIALES <ul style="list-style-type: none"> A. Definición de nanomaterial B. Tipos de nanomateriales C. Importancia del uso de nanomateriales D. Características y propiedades de los nanomateriales E. Aplicaciones F. Síntesis, preparación y fabricación de nanomateriales y nanoestructuras • UNIDAD 15. CORROSIÓN Y DESGASTE <ul style="list-style-type: none"> A. Definición de corrosión B. Clasificación general de la corrosión C. Celda electroquímica D. Tipos de corrosión electroquímica E. Métodos de prevenir corrosión
--

Procesos de manufactura 1	
Código: 520	Créditos: 3
Escuela: Mecánica	Área: Materiales
Prerrequisito: Ciencia de los materiales	Postrequisito: Procesos de manufactura 2; Montaje y mantenimiento de equipo
Objetivo General	
Que el estudiante conozca el funcionamiento de las principales herramientas, así como las nuevas tecnologías usadas en los procesos de manufactura.	
Objetivos Específicos	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Reconocer las principales técnicas de medición y operar los instrumentos métricos comúnmente usados. ➤ Estudiar las principales maquinas herramientas utilizadas en los procesos de manufactura. 	

Continuación del apéndice 1. Procesos de Manufactura 1.

<ul style="list-style-type: none"> ➤ Estudiar las principales técnicas instrumentales de análisis de fenómenos que ocurren a escala nanométrica ➤ Estudiarlas técnicas experimentales utilizadas para la producción de nanoestructuras
Contenido
<ul style="list-style-type: none"> • Unidad 1. Generalidades de la metrología <ul style="list-style-type: none"> ○ Instrumentos de medición. ○ Escala de acero y compases. ○ Escala del Vernier e instrumentos de medición. ○ Bloques patrón. Sistemas e instrumentos métricos. ○ Preguntas y problemas. • Unidad 2. Métodos de medición a nanoescala <ul style="list-style-type: none"> ○ Nanometrología ○ Métodos de caracterización de nanoestructuras <ul style="list-style-type: none"> ▪ Instrumentos de detección por barrido ▪ Espectroscopia ▪ Electroquímica ▪ Microscopia electrónica • Unidad 3. Acabados superficiales <ul style="list-style-type: none"> ○ Organización y control de herramientas. • Unidad 4. Procesos en máquinas herramientas <ul style="list-style-type: none"> ○ Torno ○ Taladro ○ Cepillo ○ Fresadora • Unidad 5. Manufactura a nivel nano <ul style="list-style-type: none"> ○ Herramientas para fabricar nanoestructuras <ul style="list-style-type: none"> ▪ Instrumentos de detección por barrido ○ Nanofabricación <ul style="list-style-type: none"> ▪ Métodos <i>bottom-up</i> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Nanoladrillos y construcción de bloques ▪ Métodos <i>top-down</i> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Síntesis química ➤ Autoensamblaje. ➤ Polimerización.

Procesos de manufactura 2	
Código: 522	Créditos: 3
Escuela: Mecánica	Área: Materiales
Prerrequisito: Procesos de manufactura 1	Postrequisito: ninguno
Objetivo General	

Continuación del apéndice 1. Procesos de Manufactura 2.

El curso de Procesos de Manufactura II enfoca en forma teórica los distintos procesos de manufactura que se realizan a partir de la deformación de metales, así como los procesos más importantes conocidos en Guatemala y su relación con otros procesos productivos de la tecnología	
Objetivos Específicos	
1.	Distinguir los diversos tipos de formado de metales para obtener un producto terminado
2.	Distinguir los procesos de formado en frío y caliente.
3.	Conocer las principales operaciones de soldadura industrial.
4.	Conocer los principales procesos productivos guatemaltecos.
5.	Conocer las principales aplicaciones de la Nanotecnología en la industria.
6.	Conocer los principios y aplicaciones de la manufactura con aditiva.
7.	Conocer las aplicaciones que tiene la impresora 3D en los procesos de manufactura.
Contenido	
<ul style="list-style-type: none"> • Unidad 1. Repaso de la ciencia de los materiales <ul style="list-style-type: none"> A. Propiedades de los materiales B. Clasificación general de los materiales. C. Ensayos destructivos y no destructivos de los materiales D. Corrosión • Unidad 2. Procesos de deformado en frío y en caliente de los metales <ul style="list-style-type: none"> A. Procesos generales de deformación de metales B. Trabajo en caliente C. Trabajo en frío. D. Tratamiento termoquímico de los metales. • Unidad 3. Procesos de unión (soldadura) <ul style="list-style-type: none"> A. Metalurgia de la soldadura. B. Uniones soldadas y soldadura a presión C. Soldadura por fusión D. Soldadura por arco E. Calidad en soldadura. 	

Metalurgia y metalografía	
Código: 454	Créditos: 6
Escuela: Mecánica	Área: Materiales
Prerrequisito: Ciencia de los materiales	Postrequisito: ninguno
Objetivo General	
Proporcionar al estudiante de Ingeniería Mecánica los conceptos y procedimientos más importantes de obtención, producción y caracterización de los metales puros y aleaciones, el estudio de sus estructuras internas, sus propiedades y características físicas y mecánicas, además de sus aplicaciones dentro del campo industrial.	
Contenido	

Continuación del apéndice 1. Metalurgia y Metalografía.

- Unidad 1. Conceptos generales
 - Definición de metalurgia.
 - Clasificación de metalurgia.
 - Metalurgia extractiva del Fe, Al, Cu.
 - Fabricación de piezas metálicas por los métodos de vaciado.
 - Metalurgia de polvos.
- Unidad 2. Nanometalurgia
 - Aplicaciones de la Nanotecnología en la metalurgia
 - Fundamentos de la nanometalurgia
 - Principales metales nanoestructurados
 - Métodos de procesamiento y obtención
 - Propiedades
 - Metalurgia con nanopolvos
 - Aleaciones metálicas con nanocompuestos
- Unidad 3. Diagrama de equilibrio
 - Soluciones sólidas.
 - Sistemas eutécticos.
 - Sistemas peritéticos.
 - Solidificación fuera de equilibrio.
 - Fases intermedias.
 - Reacciones en los estados sólidos.
- Unidad 4. Aplicación del diagrama de equilibrio para el sistema hierro-carbono
 - Hierro.
 - Aceros al carbono, clasificación AISI/SAE.
 - Aceros aleados, clasificación AISI/SAE.
 - Aceros para herramientas, clasificación AISI/SAE.
 - Fundiciones.
 - Tratamientos térmicos:
 - Definiciones ciclo térmico.
 - Efectos y fenómenos indeseables relacionados.
 - Hornos y equipo auxiliar.
 - Clasificación de los tratamientos térmicos.
 - Proceso de recocido.
 - Recocido, normalizado y globalización del acero.
 - Temple y revenido.
 - Cementación y nitruración del acero.
 - Ensayos no destructivos:
 - Desgastes de los metales.
 - Mecanismos y factores que influyen en el desgaste.
 - Protección contra el desgaste.

Continuación del apéndice 1. Metalurgia y Metalografía.

- Unidad 5. Microscopía de materiales
 - Fundamentos de microscopía y principios de óptica.
 - Espectro electromagnético. Longitud de onda. Reflexión y refracción. Índice de refracción. Apertura numérica. Resolución. Lentes y aberraciones.
 - Principios de la microscopía óptica
 - Fundamentos de microscopía electrónica
 - Microscopía de materiales
 - El microscopio óptico
 - Microscopios electrónicos
 - Microscopía de sonda: STM y AFM

Fuente: elaboración propia

ANEXOS

Anexo 1. Descripción de actividades didácticas

Actividad: Microscopios de fuerzas atómicas

La actividad consiste en describir el funcionamiento de los Microscopios de Efecto Túnel (STM) y de Fuerzas Atómicas (AFM).

Las descripciones de las analogías para ejemplificar este tipo de microscopias son:

- Explicación del funcionamiento del Microscopio de Efecto Túnel (STM)

Para explicar el funcionamiento del microscopio STM, el catedrático utilizará una varilla, o un lapicero como punta del microscopio y un cartón de huevos. El catedrático acercará la varilla perpendicularmente a la superficie ondulada, parará el movimiento a cierta distancia (en la que se mencionará que aparece la corriente túnel) y luego moverá lateralmente la varilla para simular el barrido de la superficie. Durante el recorrido (barrido) se debe explicar que la corriente es mayor cuando la varilla se encuentra sobre un átomo (montículo) que cuando se sitúa en los huecos formados entre átomos. Midiendo la corriente en cada sitio de la superficie durante el barrido es posible hacer un “mapa” de la corriente medida en el que aparecerán reflejadas zonas de mayor corriente (montículos, átomos) y zonas de menor corriente (depresiones, huecos entre átomos). Dicho mapa constituye la imagen de la superficie. Se

debe recalcar que no es una imagen óptica sino un mapa de intensidades de corriente.

Como complemento posterior a la analogía del funcionamiento del microscopio STM, se mostrarán los esquemas de un microscopio STM y algunas imágenes experimentales usando una presentación preparada como material complementario.



Fuente: SERENA, Pedro. et al. *Guía didáctica para la enseñanza de la Nanotecnología en educación secundaria*. p 161.

- Explicación del funcionamiento del Microscopio de Fuerzas Atómicas (AFM)

Para explicar a los alumnos cómo funciona el AFM, el catedrático usará una regla de plástico a la que habrá pegado en un extremo una pequeña cantidad de plastilina con forma puntiaguda. Situará el modelo de AFM sobre la estructura ondulada (huevera o similar) y flexionará la regla hacia la superficie cuando la punta se encuentre sobre una protuberancia (átomo) mientras que

disminuirá la flexión cuando la punta se encuentre en el hueco formado entre varios montículos (átomos). Barriendo la superficie con la micropalanca se podría hacer un mapa de fuerzas con el que determinar las estructuras que aparecen en la superficie. Con ayuda de una presentación se mostrará el esquema de un AFM y algunas imágenes obtenidas mediante microscopios AFM.

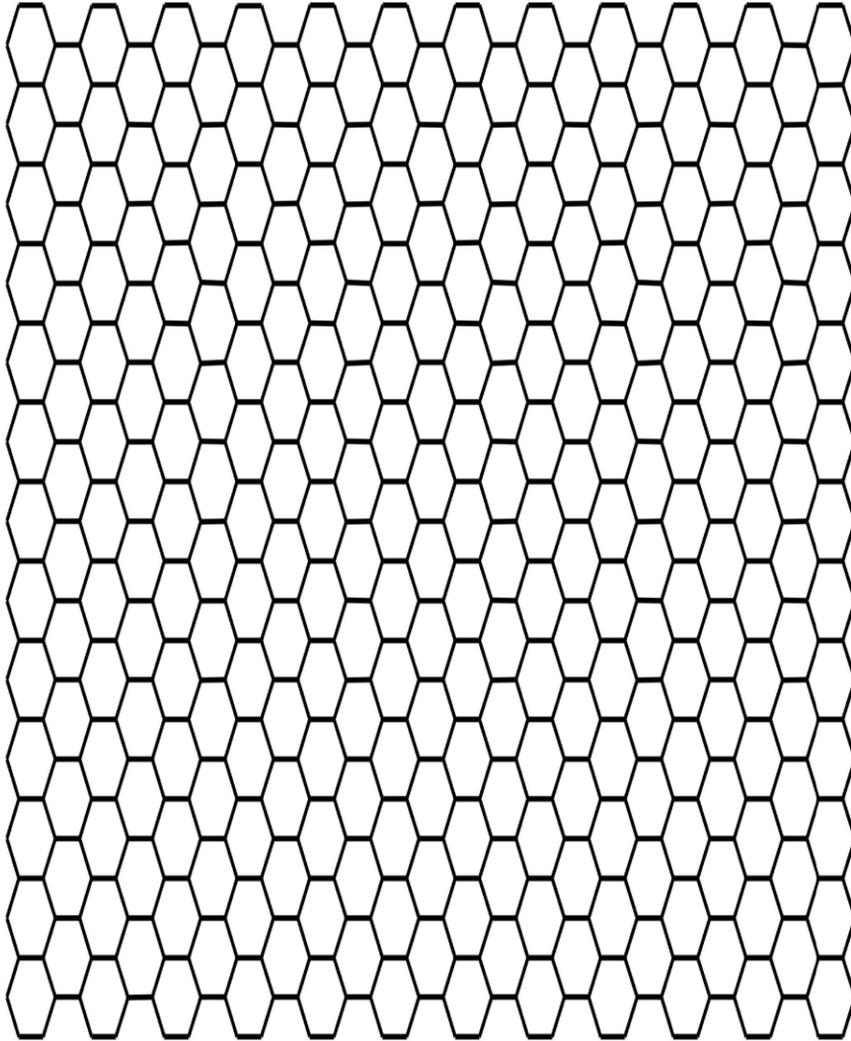


Fuente: SERENA, Pedro. et al. *Guía didáctica para la enseñanza de la Nanotecnología en educación secundaria*. p 163.

Actividad: los Nanomateriales de carbono

La hoja de papel impresa con la red hexagonal para ser utilizada como ejemplo para mostrar la estructura molecular de los nanotubos de carbono, así como para los fullerenos es la siguiente:

- Red hexagonal para mostrar la estructura molecular de los nanotubos de carbono



Fuente: SERENA, Pedro. et al. *Guía didáctica para la enseñanza de la Nanotecnología en educación secundaria.* p 163.

Anexo 2. Cotizaciones de equipo para laboratorio de Nanotecnología de Materiales

- Microscopio Electrónico de barrido (SEM).



Delong America Inc.
 4020 Rue S Ambroise
 Suite 473
 Montreal, Quebec
 H4C 2C7

1-866-335-6648
 1-514-904-1202
 info@lv-em.com
 www.lv-em.com



LVEM5 Benchtop Electron Microscope
 Quotation # 41870.4

Quote to:
 Jorge Cifuentes
 Universidad de San Carlos de Guatemala
 Guatemala City, Guatemala
 502 4422 0831

Quote Date: August 19, 2014
Currency: USD
Lead Time: 3-6 Months
Terms: Wire upon installation
FOB: Factory

LVEM5 BASE SYSTEM:	<u>Selected Configuration</u>
<ul style="list-style-type: none"> - Schottky type Field Emission Gun (FEG) - Integrated Ion Getter (imaging column) & Turbomolecular (airlock) Pumps - Control panel & motorized stage - Standard sample holder - Computer configured with software for LVEM5 operations - 24" flat panel high contrast LCD widescreen monitor - Toolkit - Certified Installation & Customer-site training - One year standard warranty 	<p>1 \$ 144,000.00</p>
IMAGING MODES: (select at least 1)	
<p>Basic Transmission Electron Microscope (TEM) imaging mode</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2nm resolution; 230,000 x maximum magnification - Electron Diffraction (ED) - 2 048 x 2048 pixel cooled CCD camera (7.4 µm x 7.4 µm pixel size) - QCapture Pro * Image and Analysis Software (Measurements & Statistics) 	<p>1 \$ 10,300.00</p>
<p>TEM BOOST - Enhanced Imaging Module for TEM mode</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1.2 nm resolution; 700,000 x maximum magnification ** Requires Basic TEM mode ** 	<p>0 \$ 10,000.00</p>
<p>Scanning Electron Microscope (SEM) imaging mode</p> <ul style="list-style-type: none"> - 3nm resolution 	<p>1 \$ 9,300.00</p>
<p>Scanning Transmission Electron Microscope (STEM) imaging mode</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2.5nm resolution 	<p>0 \$ 18,700.00</p>
AVAILABLE ACCESSORIES:	
<p>Tilt Sample Holder</p> <ul style="list-style-type: none"> - ± 22.5° of rotation on z axis 	<p>0 \$ 7,000.00</p>
<p>AFM Tip Sample Holder</p>	<p>0 \$ 2,000.00</p>
<p>LVEM5 System Subtotal: \$ 163,600.00</p>	

Additional annual warranty contracts are available
 Standard Warranty including all parts and labor, shipping and technician travel \$16,000
 Sever Warranty including all parts and labor only \$12,000

IMPORTANT NOTES:

Customs duties and applicable taxes are not included
 PRICES valid for 90 days

The LVEM5, nanoscale from your benchtop
 514-904-1202 • 1-866-335-6648
 www.lv-em.com • info@lv-em.com

Fuente: CIFUENTES, Jorge. *Equipo indispensable para investigación y desarrollo, laboratorios en Escuela de Ingeniería Mecánica.* p 3.

- Microscopio Biológico

40040000		No. : 20160301.0930		FECHA			
Escuela de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería		01/03/2016 00:00		Merck, S.A.		 <small>MERCK MILLIPORE</small>	
Universidad de San Carlos de Guatemala, Ciudad Universitaria, Campus Central Zona 12, Guatemala		REPRESENTANTE		12 ave. 0-33 zona 2 de Mixco			
NIT:		Marwin Jiménez		Tel PBX: (502) 2410-2300			
No. TEL/FAX 2418 9133 ext 1533		CONDICIONES DE PAGO		Fax Químicos: (502) 2250-5193			
Atención Ing. Jorge Ivan Cifuentes		CREDITO		Directo: (502) 2410-2317			
COTIZACIÓN		MONEDA: GTQ		Celular: (502) 3531-9553			
		Tipo de Cambio 1.00		e-mail: marwin.jimenez@merckgroup.com		nit:95304-0	
CODIGO	DESCRIPCIÓN	U. VENTA	ENVASE	CANTIDAD	PRECIO/U.V.	TOTAL	Disponibilidad
OLYMC31RTS6	<p>OLYM MICROSCOPIO CX31 TRINOCULAR</p> <p>CARACTERISTICAS</p> <p>Olympus microscopio CX31 Trinocular con oculares de gran campo 10X (F.N.20) revolver de 4 posiciones. platina mecánica cerámica con control a la derecha</p> <p>Condensador Abbe N.A. 1.25 con diafragma y graduación de la N.A.</p> <p>Objetivos plan acromáticos de Sistema Infinito Universal. 4X. 10X. 40X. 100X (oil). filtro azul</p> <p>una lampara de halógeno 6V30W</p> <p>Cable de conexión AC y Cobertor.</p> <p>Adaptador p/cámara Montura (U-V111C)</p> <p>ACEITE DE INMERSION 8ML (Z-81211)</p> <p>Cámara Motic 10 megapixeles (89238-604)</p> <p>Garantía de 1 año por desperfectos de fabricación</p> <p>PRECIO INCLUYE EL IVA</p> <p>Marwin Jiménez</p>	UN	UNIDAD	1	40,482.40	40,482.40	INMEDIATA
**** Oferta valida por 60 días. Disponibilidad sujeta a Existencias ****					Total GTQ	40,482.40	

Fuente: CIFUENTES, Jorge. *Equipo indispensable para investigación y desarrollo, laboratorios en Escuela de Ingeniería Mecánica.* p 4.

- Impresora 3D


3D SYSTEMS

Servicios de Artes Gráficas, SA
 23 Calle 14-58, Condado El Naranjo
 Zona 4 de Mixco Distribodogas 3, Interior B-1
 Tel: +502 2310-7408 / 2310-7409

FACTURA PROFORMA: 2016-0009
FECHA: 12 de Febrero del 2016

CLIENTE:
 Escuela de Ingeniería Mecánica, Universidad de San Carlos
 Ciudad de Guatemala, Guatemala

Moneda: US Dólares

Código	Descripción	Cantidad	Precio sin IVA	Precio + IVA
	CubePro DUO	1	\$ 3,910.00	\$ 4,379.20
	Escáner SENSE	1	\$ 545.00	\$ 610.40
Consumibles				
	Cartucho Cube ABS (Todos los colores)	10	\$ 132.00	\$ 1,320.00
	Cartucho Cube PLA (Todos los colores)	10	\$ 132.00	\$ 1,320.00
	Magic Glue x2	1	\$ 33.00	\$ 36.96
				\$ 7,666.56


 Firma Autorizada

Total: \$ 7,666.56

Fuente: CIFUENTES, Jorge. *Equipo indispensable para investigación y desarrollo, laboratorios en Escuela de Ingeniería Mecánica.* p 5.

- Microscopio de fuerza atómica (AFM)



Nanosurf AG
Gräubernstrasse 12-14
4410 Liestal / Switzerland

Phone +41-61-927 47 47
Fax +41-61-927 47 00
E-mail info@nanosurf.com
Web www.nanosurf.com

Page 1 / 2
Sales Quotation 4009685
Date 28.03.2014

Nanosurf AG, Gräubernstrasse 12-14, CH-4410 Liestal

University of San Carlos of Guatemala
Guatemala
GT

Sales Quotation 4009685

Customer No. D3600

Customer PO No. NaioAFM System

Our Reference: Monika Kozlollek
koziollek@nanosurf.com
0619274778

Customer Reference: Cifuentes Jorge Ivan / jicifuentes@ing.usac.edu.gt

Date of Request: 28.03.2014

Delivery Address: University of San Carlos of Guatemala
Guatemala
GT

Item Code	Description	Qty.		Price	Total CHF
BT05164	Nanosurf NaioAFM	1	pcs.	26,600.00	26,600.00
BT05166	NaioAFM side view camera	1	pcs.	1,644.00	1,644.00
BT05150	Nanosurf NaioAFM/STM Advanced Modes Option	1	pcs.	5,400.00	5,400.00
BT02741	AFM Large Scan Sample Kit	1	pcs.	374.00	374.00
BT05171	IsoStage adapter for NaioAFM/STM	1	pcs.	360.00	360.00
BT03419	Isostage	1	pcs.	6,973.00	6,973.00
BT05526	Cantilever PPP-XYCONTR 10 (10 pcs)	1	pkg.	440.00	440.00
BT03775	Cantilever Tap190AI-G-10 (10 pcs)	1	pkg.	282.00	282.00
BT02141	AFM Extended Sample Kit	1	pcs.	1,463.00	1,463.00
Subtotal					43,536.00
Discount					4,135.10
Subtotal					39,400.90
Net Amount					39,400.90
Total CHF					39,400.90

Bank: BL KB, Liestal
Bank Code: 769

Swift/BIC Code: BLKBCH22XXX
IBAN Code: CH3600769016110808592

VAT No.:
ZAZ-account No.:

CHE-108.631.044
5290-0

Fuente: CIFUENTES, Jorge. *Equipo indispensable para investigación y desarrollo, laboratorios en Escuela de Ingeniería Mecánica.* p 43.

- Cristalería e insumos de laboratorio

Pos	Código	Descripción	Empaque	Cantidad	Precio Unitario Quetzales	TOTAL Quetzales	Tiempo de Entrega (días)
1	953755-0000	KIMAX ENSAMBLE MICROFILTRACIÓN 47 MM C/SOPORTE VIDRIO DISC POROSO ULTRAWARE® Incluye: Embudo de vidrio 300mL 47mm; Pinza de Aluminio 47mm; Soporte de vidrio con Frita de vidrio 47mm; Tapón silicón con agujero 9/16" para Kitazato de 1,000 mL 	Unidad	1	1,622.80	1,622.80	45-60
2	27060-1000	Kimax Kitazato 1,000mL de paredes reforzadas	Unidad	1	330.12	330.12	Inmediata
3	26500-500	Kimax Erlenmeyer 500mL	Unidad	1	38.08	38.08	Inmediata
4	EF20814	Daigger Bomba Vacío 110V 	Unidad	1	9,475.76	9,475.76	45
<small>Free Air Displacement: 3cfm (85 L/min) Ultimate Vacuum: 1 micron Motor: 1/3 Hp 110V Oil Capacity: 25-4oz (704 mL) Inlets Ports: 3/8" O.D. for 1/4 or 3/8 I.D. Tubing Weight: 20 lb (12.7kg) Dimensions: 11 1/4" x 15 1/2" x 6 1/2" Electrical: 110V, 50/60 Hz</small>						<small>Las entregas inmediatas están sujetas a venta previa. El tiempo de entrega cuenta a partir del momento de recibir su orden de compra y esta sujeta a disponibilidad del fabricante</small>	
						Van.....	11,466.56

Fuente: CIFUENTES, Jorge. *Equipo indispensable para investigación y desarrollo, laboratorios en Escuela de Ingeniería Mecánica.* p 28.

- Cristalería e insumos de laboratorio

Pos	Código	Descripción	Empaque	Cantidad	Precio Unitario Quetzales	TOTAL Quetzales	Tiempo de Entrega (días)
					Vienen	11,466.56	
5	EF7496B	Daigger Mortero de porcelana con pistilo 100mL	Unidad	1	51.52	51.52	45
6	EF2825A	Wheaton Viales 20mL PPc/tapadera	Case-500	1	2,115.40	2,115.40	45
7	60941A-8	Vial muestreador 8mL rosca 20-400 c/ Tapa Liner Polyseal® en bolsa	Pack-144	1	1,048.32	1,048.32	60
8	60941A-12	Vial muestreador 12mL rosca 20-400 c/ Tapa Liner Polyseal® en bolsa	Pack-144	1	1,088.64	1,088.64	60
				1			
				1			
				1			
				1			
				1			
				1			
9	EF218899B	Whirl-Pak Bolsas de muestreo 4 oz	Pack 500	1	668.36	668.36	Inmediata
10	FT-3-205-150	Sartorius Papel Filtro Cual. Clase 292 (Whatmann #1), 150mm	Pack 100	1	113.12	113.12	Inmediata
11	FT-3-205-185	Sartorius Papel Filtro Cual. Clase 292 (Whatmann #1), 185mm	Pack 100	1	113.12	113.12	Inmediata
12	EF9855F	Thermo Estufa/Agitador Cimarec, plato cerámico, 7x7", 120V	Unidad	1	4,507.70	4,507.70	Inmediata
13	EF3280H	Dynalton Barra magnética de agitación octogonal, 25x8mm	Unidad	5	19.60	98.00	Inmediata
				1			
				1			
				1			
				1			
				1			
				1			
				1			
				1			
14	HS4323	Heathrow Microtubo con tapa 1.5mL, estéril, fondo cónico	Pack-500	1	112.56	112.56	Inmediata
15	EF8979A	Avitrolab Microtubo con tapa 2.0mL, fondo cónico	Pack-500	1	112.56	112.56	45
16	EF13394	IKA EUROSTAR 20 Mezclador Digital 115V	Unidad	1	15,561.56	15,561.56	45
17	EF23190A	Daigger Soporte para Buretas	Unidad	1	791.56	791.56	45
18	EF5404A	United Soporte doble para bureta	Unidad	1	82.04	82.04	45
19	EF5331A	Daigger Pinza con Cadena	Unidad	1	668.08	668.08	45
20	EF5322A	Troemner Sujetador pinza (nuez) para varillas hasta 18mm	Unidad	1	248.92	248.92	45
21	EF9645A	Dynalton Contenedor PP con Tapadera 2.4 qt, traslúcido autoclaveable	Case-6	1	1,370.32	1,370.32	45
22	EF2227	Tamsco Juego de 4 espátulas de acero inoxidable	Set	1	141.12	141.12	45
23	EF8456B	Stern Pinza de acero inoxidable para el manejo de membranas, 4.5"	Unidad	1	51.24	51.24	45
24	14000-50	Kimax Beaker 50mL	Unidad	1	24.64	24.64	Inmediata
25	14000-100	Kimax Beaker 100mL	Unidad	1	26.04	26.04	Inmediata
26	14000-150	Kimax Beaker 150mL	Unidad	1	24.92	24.92	Inmediata
27	15040G-60	Kimax Frasco gotero de vidrio ámbar 60mL, con gotero de vidrio	Unidad	1	27.72	27.72	Inmediata
					TOTAL	40,514.02	

Fuente: CIFUENTES, Jorge. *Equipo indispensable para investigación y desarrollo, laboratorios en Escuela de Ingeniería Mecánica.* p 29.