

**HERRAMIENTA MULTIMEDIA PARA EL ESTUDIO DE LA ASIGNATURA
ESTRUCTURA Y PROPIEDADES DE LOS MATERIALES DEL PROGRAMA
ACADÉMICO DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS**

**LAURA KATHERINNE CRUZ PINTO
YORYINA RODRÍGUEZ RETAMOZA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
BUCARAMANGA**

2016

**HERRAMIENTA MULTIMEDIA PARA EL ESTUDIO DE LA ASIGNATURA
ESTRUCTURA Y PROPIEDADES DE LOS MATERIALES DEL PROGRAMA
ACADÉMICO DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS**

**LAURA KATHERINNE CRUZ PINTO
YORYINA RODRIGUEZ RETAMOZA**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
INGENIERO DE PETRÓLEOS**

**Director
M.Sc. OSCAR REY CASTELLANOS
Ingeniero Metalúrgico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
BUCARAMANGA**

2016

AGRADECIMIENTOS

A nuestros padres, gracias por ser nuestros guías, por motivarnos y orientarnos durante esta etapa de nuestra formación profesional y por enseñarnos que todo esfuerzo tiene al final su recompensa.

*A nuestro director, el Ingeniero **Oscar Rey Castellanos**, por brindarnos su apoyo incondicional, ser nuestro guía, por la formación brindada a nivel personal y académica durante la carrera profesional y dedicarnos su apreciado tiempo para poder culminar este proyecto exitosamente, por depositar su absoluta confianza en nosotras y brindarnos motivación durante el desarrollo de este proyecto.*

*Al Técnico laboratorista **Juan Domingo Carreño Anaya**, por permitirnos el ingreso a los laboratorios, brindarnos su colaboración en la realización de las pruebas de laboratorio, aportar a este proyecto con sus conocimientos y experiencia laboral, por su paciencia, amabilidad y dedicación.*

*A los Ingenieros **Julián Orlando Herrera Ortiz** y **Carlos Andrés Galán Pinilla**, por su colaboración y brindarnos sus conocimientos en la realización de las prácticas de laboratorios de Ensayos No Destructivos.*

*A la Ingeniera **Marly Ximena Blanco Vera**, por permitirnos participar en las prácticas de laboratorios de Tratamiento Térmicos, brindarnos su colaboración, compartir sus conocimientos y experiencia profesional.*

*Al **Dr. José Antonio Henao Martínez**, director del Laboratorio de Difracción de Rayos X de la Universidad Industrial de Santander, por su amabilidad y colaboración.*

*A **Eugenia Raquel Durán Flórez**, por su amabilidad, buena disposición y gran colaboración en los trámites internos de la Escuela de Ingeniería de Petróleos.*

A la Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de Materiales. A la Escuela de Ingeniería de Petróleos. Y a la Universidad Industrial de Santander.

Katherine y Yoryina

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	17
1. EDUCACIÓN VIRTUAL Y TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN	18
1.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS TIC	19
1.2 CONTRIBUCIÓN DE LAS TIC EN LA EDUCACIÓN	20
1.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS TIC EN LA EDUCACIÓN	20
2. INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA DE LOS MATERIALES	21
2.1 LOS MATERIALES Y LA INGENIERÍA	22
2.2 CIENCIA DE LOS MATERIALES	22
2.3 TIPOS DE MATERIALES	23
2.4 COMPETENCIA ENTRE LOS MATERIALES	25
2.5 MATERIALES INTELIGENTES	26
2.6 NANOMATERIALES	27
2.7 DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS MATERIALES	27
3. ESTRUCTURA ATÓMICA Y ENLACES	29
3.1 ESTRUCTURA DE LOS ÁTOMOS	29
3.2 NÚMEROS Y MASAS ATÓMICAS	30
3.3 TIPOS DE ENLACES ATÓMICOS	30
3.4 ENLACE IÓNICO, COVALENTE, METÁLICO Y MIXTOS	31
4. ESTRUCTURA CRISTALINA Y AMORFA EN LOS MATERIALES	32
4.1 CELDA UNITARIA	33
4.2 REDES ESPACIALES	33
4.3 SISTEMAS CRISTALINOS	34
4.4 REDES DE BRAVAIS	35

4.5 ESTRUCTURAS BCC, FCC Y HCP	36
4.6 ÍNDICES DE MILLER	37
4.7 POLIMORFISMO Y ALOTROPÍA	38
4.8 MATERIALES AMORFOS	38
5. PROPIEDADES MECÁNICAS DE METALES	40
5.1 METALES Y ALEACIONES	40
5.2 TENSIÓN Y DEFORMACIÓN EN METALES	42
5.3 DUREZA Y ENSAYOS DE DUREZA	44
5.4 ESFUERZO DEFORMACIÓN, FRACTURA, FATIGA Y FALLAS	45
6. ALEACIONES MÁS USADAS EN INGENIERÍA DE PETRÓLEOS	47
6.1 PRODUCCIÓN DE HIERRO Y ACERO	47
6.2 SISTEMA HIERRO – CARBONO (DIAGRAMA DE EQUILIBRIO)	48
6.3 TRATAMIENTOS TÉRMICOS	51
7. INTEGRIDAD DE LOS MATERIALES EN LA INDUSTRIA DE LOS HIDROCARBUROS	53
7.1 METALOGRAFÍA ÓPTICA	53
7.2 MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO (SEM)	56
7.3 MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE TRANSMISIÓN (TEM)	57
7.4 RADIOGRAFÍA INDUSTRIAL	58
7.5 ULTRASONIDO	59
7.6 TINTAS PENETRANTES	60
8. CORROSIÓN DE LOS MATERIALES	62
8.1 TIPOS DE CORROSIÓN EN LA INDUSTRIA PETROLERA	63
9. METODOLOGÍA	66
9.1 ANÁLISIS DEL PROYECTO	67

9.1.1	Objetivos planteados para el diseño de la herramienta multimedia	67
9.1.2	Características generales de la herramienta multimedia	68
9.1.3	Contenido de la herramienta multimedia	68
9.1.4	Criterios pedagógicos de la herramienta	69
9.2	DISEÑO DE LA HERRAMIENTA	69
9.3	MANUAL DE USUARIO	73
9.3.1	Instrucciones para ingresar a la plataforma Moodle	73
9.3.2	Botones que constituyen la interfaz de Inicio de la herramienta multimedia	76
9.3.3	Instrucciones para la ejecución de los recursos didácticos y multimedia aplicados en las diversas temáticas, contenidas en la herramienta	79
9.3.4	Instrucciones para desarrollar los talleres autoevaluativos que se encuentran en cada capítulo	84
9.3.5	Botones adicionales de la herramienta multimedia	89
10.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	90
11.	CONCLUSIONES	96
12.	RECOMENDACIONES	97
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	99
	ANEXOS	103

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Relación entre la ciencia e ingeniería de los materiales	23
Figura 2. Producción de materiales en Estados Unidos en el año 2014	26
Figura 3. Clasificación de enlaces atómicos	30
Figura 4. Estructura cristalina del grafito	32
Figura 5. Estructura amorfa del vidrio	32
Figura 6. Celda unitaria y redes espaciales	33
Figura 7. Redes de Bravais	35
Figura 8. Estructura cristalina cubica centrada en el cuerpo (BCC)	36
Figura 9. Estructura cristalina cubica centrada en las caras (FCC)	36
Figura 10. Estructura cristalina hexagonal compacta (HCP)	37
Figura 11. Esquema de diversos grados de orden en los materiales	39
Figura 12. Procesos básicos de extrusión en metales	41
Figura 13. Curva de esfuerzo-deformación	45
Figura 14. Etapas para la producción de hierro y acero	48
Figura 15. Diagrama de equilibrio Hierro -Carbono	49
Figura 16. Cortadora metalográfica UIS	53
Figura 17. Embutidora de Baquelita UIS	54
Figura 18. Imágenes de una SEM	56
Figura 19. Imágenes de una TEM	58
Figura 20. Radiografía realizada a tres tuberías	59
Figura 21. Aplicación de Ultrasonido a un material	60
Figura 22. Descripción del método tintas penetrantes	61
Figura 23. Algunos tipos de Corrosión en la industria	64
Figura 24. Selección de plantilla para la herramienta	70
Figura 25. Barra de herramientas Web Creator Pro 6	70
Figura 26. Diseño de la interfaz de inicio de la herramienta	71
Figura 27. Creación de secuencia de imagen y animación	72
Figura 28. Creación del Test	72

Figura 29. Producción y edición de vídeos	73
Figura 30. Página principal UIS	74
Figura 31. Página de ingreso al Aula Virtual de Aprendizaje	74
Figura 32. Página de selección de los cursos matriculados	75
Figura 33. Página del curso Estructura y Propiedades de los Materiales	75
Figura 34. Página de inicio de la herramienta multimedia	76
Figura 35. Botón “HOME”	76
Figura 36. Botón “ACERCA DE”	77
Figura 37. Opciones contenidas en “ACERCA DE”	77
Figura 38. Botón “TEMÁTICA”	77
Figura 39. Opciones de Temáticas	78
Figura 40. Esquema de casillas que contienen los temas de cada capítulo	78
Figura 41. Aplicación multimedia con reproducción de audio.	79
Figura 42. Botón de reproducción.	79
Figura 43. Prototipo de libro electrónico No.1	80
Figura 44. Prototipo de libro electrónico No.2	80
Figura 45. Flechas que indican dirección para retroceder/avanzar	81
Figura 46. Aplicación para visualizar imágenes	81
Figura 47. Control “Miniaturas”	82
Figura 48. Control de “Maximizar”	82
Figura 49. Control de “Final”	82
Figura 50. Control de “Inicio”	82
Figura 51. Control de “Anterior”	82
Figura 52. Control de “Siguiente”	83
Figura 53. Control de “Pausar”	83
Figura 54. Control de “Reproducir”	83
Figura 56. Prototipo de botón empleado para reproducir algunos vídeos	83
Figura 56. Inicio – Sopa de letras	84
Figura 57. Sopa de letras	84
Figura 58. Ícono representativo del Test	85

Figura 59. Prototipo de taller de emparejamiento	86
Figura 60. Ícono de verificación de respuestas en el taller de emparejamiento	86
Figura 61. Taller de construcción de frases	86
Figura 62. Ícono de verificación de frases	87
Figura 63. Ícono que remite a la siguiente frase	87
Figura 64. Taller Mapa mental	88
Figura 65. Íconos del taller Mapa ment	88
Figura 66. Ícono de verificación del mapa mental	88
Figura 67. Botones de desplazamiento en animaciones	89
Figura 68. Botón que remite a la sección de talleres	89
Figura 69. Presentación de la herramienta en el CENTIC	90
Figura 70. Resultado de la encuesta: Pregunta 1	91
Figura 71. Resultado de la encuesta: Pregunta 2	91
Figura 72. Resultado de la encuesta: Pregunta 3	92
Figura 73. Resultado de la encuesta: Pregunta 4	92
Figura 74. Resultado de la encuesta: Pregunta 5	93
Figura 75. Resultado de la encuesta: Pregunta 6	93
Figura 76. Resultado de la encuesta: Pregunta 7	94
Figura 77. Resultado de la encuesta: Pregunta 8	94
Figura 78. Aplicación de encuestas	95

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Ventajas y desventajas del uso de las TIC en la educación	21
Cuadro 2. Ejemplos de materiales representativos según su clasificación	24
Cuadro 3. Producción de materiales en Estados Unidos en el año 2014	25
Cuadro 4. Resistencia a pesos de varios materiales	28
Cuadro 5. Especificaciones de las partículas subatómicas	29
Cuadro 6. Especificaciones de los diferentes tipos de sistemas cristalinos	34
Cuadro 7. Ensayos de dureza	44
Cuadro 8. Reactivos de ataque químico más utilizados según el tipo material	55

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Producción de hierro y acero	103
Anexo B. Vídeos de las pruebas realizadas en laboratorios UIS	103
Anexo C. Equipos de Difracción de Rayos X	105
Anexo D. Algunas de las imágenes inéditas contenidas en la herramienta	106
Anexo E. Algunas imágenes de vídeos animados inéditos, elaborados con fines didácticos	110
Anexo F. Contenido temático estructura y propiedades de los materiales	111

RESUMEN

TÍTULO: HERRAMIENTA MULTIMEDIA PARA EL ESTUDIO DE LA ASIGNATURA ESTRUCTURA Y PROPIEDADES DE LOS MATERIALES DEL PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS.*

AUTORES: LAURA KATHERINNE CRUZ PINTO, YORYINA RODRÍGUEZ RETAMOZA**

PALABRAS CLAVES: Materiales, herramienta, multimedia, Moodle, TIC.

DESCRIPCIÓN:

Fortalecer los conocimientos es fundamental en el proceso de aprender, por ende, esta herramienta multimedia se diseñó con la finalidad de ofrecer a los estudiantes de la asignatura estructura y propiedades de los materiales una alternativa para fortalecer los conocimientos obtenidos dentro del aula de clases y que pueda desarrollar las competencias establecidas en la asignatura. Además se presenta como una oportunidad para que el docente utilice la herramienta como un material de apoyo que facilite la comprensión de las temáticas a través de imágenes, fotografías, videos y animaciones.

También se quiere incentivar a los estudiantes a desarrollar herramientas multimedia orientadas a las tecnologías de información y comunicación (TIC) como trabajo de grado, aplicado a otras asignaturas del programa académico de ingeniería de petróleo.

La herramienta se diseñó en un formato de fácil manejo y acceso, en donde el estudiante podrá tener acceso a la herramienta desde cualquier sitio, solo necesita acceder al Aula Virtual de Aprendizaje con su código estudiantil y contraseña para ingresar a la herramienta sin necesidad de descargar o instalar ningún programa.

El presente documento consta de varias secciones, entre las cuales se incluye todo lo referente a las tecnologías de información y comunicación (TIC), la información que corresponde a la temática de la asignatura, la metodología utilizada para el diseño y elaboración de la herramienta y, por último, los resultados obtenidos luego de presentar la herramienta a los estudiantes que cursan la asignatura.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Ingeniería de Petróleos. Director del proyecto M.Sc Oscar Rey Castellanos, Ingeniero Metalúrgico.

ABSTRACT

TITLE: MULTIMEDIA TOOL FOR THE STUDY OF THE SUBJECT STRUCTURE AND PROPERTIES OF MATERIALS IN PETROLEUM ENGINEERING ACADEMIC PROGRAM*

AUTHORS: LAURA KATHERINNE CRUZ PINTO, YORYINA RODRIGUEZ RETAMOZA**

KEY WORDS: Materials, Tool, Multimedia, Moodle, TIC.

DESCRIPTION:

Enhance knowledge is essential in learning process, therefore, this multimedia tool was designed in order to provide students of the subject structure and properties of materials an alternative to strengthen the knowledge gained in the classroom and which can develop the competences laid in the subject. In addition, it is presented as an opportunity for the teacher to use the tool as a support material to facilitate the understanding of the subject topics through images, photographs, videos and animations.

This degree project also wants to encourage students to develop multimedia tools oriented to Information and Communication Technologies (ICT) as a degree work, applied to other subjects of petroleum engineering academic program.

The tool was designed as a format easy to use and access, where the student can access the tool from anywhere, the student only needs access to Virtual Classroom Learning with the student code and password to access the tool without download or install any program.

This document contains several sections, including all relating to Information and Communication Technology (ICT), information that corresponds to the subject topics, the methodology used to design and development the tool, and finally, the results obtained after presenting the tool to students taking the subject.

* Degree Project

** Physico-Chemical Engineering Faculty. Petroleum Engineering School. Project Director M.Sc. Oscar Rey Castellanos, Metallurgical Engineer.

INTRODUCCIÓN

Las tecnologías de información y comunicación (TIC) se han posicionado y estandarizado en el aprendizaje durante la última década, generando grandes cambios en la metodología de enseñanza y promoviendo el desarrollo e implementación de la tecnología. Esto ha ocasionado que el uso de este tipo de herramientas sea una necesidad al ser un medio que permite procesar, sintetizar, almacenar, recuperar y presentar la información de una manera más dinámica y variada, con la finalidad de no homogenizar el conocimiento, permitiéndole al estudiante estimular sus talentos, descubrir sus inclinaciones profesionales a través de los gustos y preferencias que encuentre en las temáticas a abordar en la asignatura y permitirle profundizar en ello.

Este tipo de herramientas educativas proporcionan cierta independencia al estudiante induciendo un mayor grado de responsabilidad respecto al tiempo dedicado a sus actividades académicas para ahondar en el aprendizaje de la asignatura, también desarrolla un pensamiento crítico, autónomo y creativo en el estudiante despertando la motivación y el interés hacia la asignatura.

En este proyecto se realizara una herramienta multimedia que provea la información requerida para solidificar y complementar los conocimientos adquiridos en clase, que conste de dos módulos catalogados de la siguiente manera: Un módulo teórico que recopile toda la información de cada una de las temáticas abordadas en la asignatura y un módulo evaluativo que se encargue de medir los conocimientos en cada una de las competencias adquiridas por el estudiante durante el estudio de la asignatura.

1. EDUCACIÓN VIRTUAL Y TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN

La educación virtual es una forma de aprendizaje que se acopla al tiempo, espacio y necesidad del estudiante. Además, facilita el manejo de la información y de los contenidos del tema que se desea a tratar mediante el uso de tecnologías de la información y comunicación (TIC), que ofrecen herramientas de aprendizaje más atractivas e innovadoras que las tradicionales. Desde esta perspectiva, la educación virtual busca propiciar espacios de formación, apoyándose en las TIC para instaurar una nueva forma de enseñar y de aprender.

Las tecnologías de información y comunicación (TIC) han sido definidas durante el transcurso de los años por varios autores, una de las definiciones más aceptadas en la actualidad es *“Las tecnologías de la información y de las comunicaciones (TIC) son un término que se utiliza actualmente para hacer referencia a una gama amplia de servicios, aplicaciones, y tecnologías, que utilizan diversos tipos de equipos y de programas informáticos, y que a menudo se transmiten a través de las redes de telecomunicaciones”*.¹

Las TIC son herramientas tecnológicas que almacenan, comunican y presentan información de una manera variada, están presentes en todos los aspectos de nuestra sociedad actual, desde las grandes corporaciones multinacionales, y gobiernos, hasta las universidades y centros educativos. Los rápidos avances en las TIC han proporcionado una rica fuente de información además de cambios en la enseñanza y el aprendizaje para profesores y estudiantes en cualquier disciplina. El desarrollo de las tecnologías de información y comunicación en el campo de la educación ayuda a fortalecer y facilitar el aprendizaje y el desarrollo de habilidades de los alumnos, además, pueden lograr despertar el interés en los estudiantes y

¹ COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS, Comunicación de la comisión al consejo y al parlamento europeo. Tecnologías de la información y de la comunicación en el ámbito del desarrollo. El papel de las Tic en la política comunitaria de desarrollo. Bruselas, 14-12-2001. Pág. 3

profesores por la investigación científica y posibilitar el mejoramiento de las habilidades creativas, imaginación, habilidades comunicativas y colaborativas permitiendo acceder a una mayor cantidad de información fiable y de manera rápida proporcionando los medios para un mejor desarrollo integral de los individuos.

1.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS TIC²

Las tecnologías de la información y comunicación son herramientas innovadoras y creativas, pues constituyen medios de comunicación y adquisición de información que potencian la educación a distancia que le permite al alumno la posibilidad de acceder a toda la información posible sobre determinada asignatura mediante el uso de un dispositivo electrónico. Las TIC se caracterizan por:

1. **Ser inmateriales.** Los usuarios pueden acceder a información mediante el uso de dispositivos electrónicos, que se transmite utilizando las redes de comunicación, de una forma transparente e inmaterial.
2. **Ser instantáneas.** Pueden transmitir la información instantáneamente a lugares lejanos, mediante las denominadas "autopistas de la información".
3. **Utilizan Aplicaciones Multimedia.** Estas aplicaciones han sido desarrolladas para facilitar el acceso a las TIC de todos los usuarios. La **interactividad**, es posiblemente la característica más significativa a diferencia de las tecnologías más clásicas (TV, radio) que permiten una interacción unidireccional. Otra característica que tiene mayor incidencia sobre el sistema educativo, es la posibilidad de transmitir información a partir de diferentes medios (texto, imagen, sonido, animaciones, etc.).

² CARO, Karoll y ZAPATA, Dalgy. Desarrollo de una herramienta multimedia como alternativa aprendizaje-enseñanza de lodo de perforación. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 2014. Pág. 22

1.2 CONTRIBUCIÓN DE LAS TIC EN LA EDUCACIÓN ³

La fusión de tecnologías como la informática, comunicaciones y medios audiovisuales nos permite rediseñar los entornos de aprendizaje ya que con el apoyo de estas tecnologías resulta posible concebir modelos pedagógicos más flexibles en cuanto a los contenidos de una asignatura, el rol del profesor y las experiencias de aprendizaje que se ofrecen al alumno.

Las tecnologías de información y comunicaciones (TIC) ponen a disposición de profesores y alumnos grandes cantidades de información en cortos periodos de tiempo, además de la presentación de información de manera dinámica e interactiva y la comunicación de dicha información. Estas nuevas tecnologías nos ofrecen condiciones y entornos de aprendizaje sin las barreras de espacio y tiempo que caracterizan a la educación formal. Además, nos permiten favorecer el desarrollo de algunas habilidades que difícilmente se podrían lograr con los medios tradicionales de enseñanza. Habilidades como la búsqueda, selección, organización y manejo de nueva información y la autonomía del estudiante en el proceso de aprender. En otras palabras, el estudiante se vuelve gestor de su propio aprendizaje y el profesor se convierte en facilitador, colaborador y orientador de ese proceso.

1.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS TIC EN LA EDUCACIÓN

La implementación de las tecnologías de información y comunicación en la educación nos proporciona grandes ventajas pero a su vez pueden jugar un papel contraproducente en la efectividad del proceso educativo:

³ Ministerio de Educación Nacional [Sitio web]. Artículo "Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC) Una llave maestra". 2004. [Consulta: mayo 25 de 2016]. Disponible en: <http://www.mineducacion.gov.co/1621/article-87401.html>

Cuadro 1. Ventajas y desventajas del uso de las TIC en la educación.

<i>VENTAJAS DE LAS TIC EN LA EDUCACION</i>	<i>DESVENTAJAS DE LAS TIC EN LA EDUCACION</i>
Alto grado de interdisciplinariedad y personalización de los procesos de enseñanza y aprendizaje.	Debido a deficiencias en la cobertura de Internet en los países más pobres o en vía de desarrollo, no es favorable el desarrollo de las TIC ni el acceso a la educación virtual.
Mayor interés de los estudiantes a partir de su utilización y el tiempo que dedican, les da mayores posibilidades para ir desarrollando sus propias iniciativas y tomar sus decisiones.	La labor evaluativa del docente se hace más complicada debido a la limitada percepción del desempeño de la persona, en el caso del estudiante, se favorecen actitudes fraudulentas en cuanto al proceso evaluativo.
Brindan grandes posibilidades para su uso ya que pueden situarse tanto en el ámbito de la educación a distancia, como en el de modalidades de enseñanza presencial.	Altos costos tanto de dotación de equipos para los centros educativos, como de adquisición de los mismos por parte de usuarios particulares que deseen formar parte del proceso de aprendizaje virtual.
Reduce la necesidad de una infraestructura en las instituciones para albergar cada vez un mayor número de personas en un recinto para impartir conocimiento.	La falta de un espacio para que las personas interactúan entre ellas (exponer dudas, puntos de vista o comentarios) favorece un estado de aislamiento donde las personas más tímidas se cohíben de solucionar sus inquietudes.

Fuente: Adaptado de VANEGAS, Daniel y GONZALEZ, Christian. Herramienta multimedia para el estudio del área de perforación de pozos en el programa académico de ingeniería de petróleos. UIS. Bucaramanga, 2010. Pág. 36-37.

La incorporación de estas nuevas tecnologías de aprendizaje no pretende sustituir las aulas tradicionales sino complementarlas y brindar nuevas ofertas educativas, de lo contrario se crearía una “Brecha en la educación” que con el transcurrir del tiempo se ampliaría debido a que habrá un menor contacto con los estudiantes, lo que dificultaría la evaluación y control de estos.

2. INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA DE LOS MATERIALES

La Ingeniería de los materiales se encarga del mejoramiento de los materiales ya existentes o del diseño e invención de nuevos materiales a partir de un conocimiento profundo en su composición, estructura, síntesis y procesamiento.

2.1 LOS MATERIALES Y LA INGENIERÍA

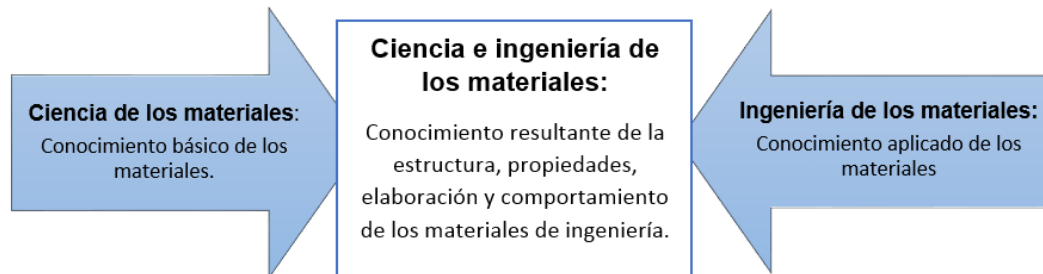
La conexión entre ellas es indispensable para la innovación y sostenibilidad del diario vivir de la humanidad. Mantienen una relación muy estrecha debido a que los ingenieros al diseñar nuevos dispositivos o estructuras útiles deben realizar una previa selección de los materiales a implementar de acuerdo a sus propiedades, las cuales deben adaptarse a las necesidades y condiciones a las que producto final será expuesto.

2.2 CIENCIA DE LOS MATERIALES

Es definida de la siguiente manera “*En la ciencia de los materiales se subraya las relaciones subyacentes entre la síntesis y el procesamiento, la estructura y las propiedades de los materiales*”.⁴

⁴ ASKELAND, D.R. Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Cuarta Edición, Editorial Thompson. México 2004. Pág. 6.

Figura 1. Relación entre la ciencia e ingeniería de los materiales



Fuente: Adaptado de SMITH, W.F. Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Mc Graw Hill, Madrid 2014. Pág. 7.

2.3 TIPOS DE MATERIALES

Los materiales se pueden clasificar en cinco grupos:

- Los metales y aleaciones.
- Cerámicos, vidrios y vitrocerámicos.
- Polímeros (plásticos).
- Semiconductores.
- Materiales compuestos.

A continuación se presenta una tabla de clasificación de algunos tipos de materiales detallando sus propiedades y su aplicación:

Cuadro 2. Ejemplos de materiales representativos según su clasificación.

TIPO DE MATERIAL	EJEMPLO DE APLICACIÓN	PROPIEDADES
METALES Y ALEACIONES		
Cobre	Conductores eléctricos	Alta conductividad eléctrica, buena formabilidad.
Hierro Colado Gris	Bloques de motor para automóvil	Se puede fundir y maquinarse; amortigua vibraciones
Aceros aleados	Herramientas, chasis de automóviles	Se endurece bastante con tratamiento térmico
CERÁMICOS Y VIDRIOS		
$SO_2 - Na_2O - CaO$	Vidrio de ventanas	Ópticamente transparente; aislante térmico.
Al_2O_3, MgO, SiO_2	Refractarios (resistente al calor) para contener metal fundido.	Aislante térmico, resiste altas temperaturas, relativamente inerte al fundido.
Titanato de bario	Capacitores para microelectrónica	Gran capacidad de almacenamiento de carga
Sílice	Fibras ópticas para tecnología de información	Índice de refracción, bajas pérdidas ópticas
POLÍMEROS		
Polietileno	Empaque de alimentos	Se moldea con facilidad en película delgada, flexible y hermética al aire.
Epóxicos	Encapsulamiento de circuitos integrados	Aislante eléctrico y resistente a la humedad
Fenólicos	Adhesivos para unir capas en madera terciada	Fuerte y resistente a la humedad
SEMICONDUCTORES		
Silicio	Transistores y circuitos integrados	Comportamiento eléctrico único
GaAs	Sistemas optoelectrónicos	Convierte señales eléctricas en luz, láseres, etc.

MATERIALES COMPUESTOS		
Grafito-resina epóxica	Componentes de aviones	Alta relación de resistencia a peso
Carburo de tungsteno cobalto (WC-Co)	Herramientas de corte de carburo para maquinado	Alta dureza pero buena resistencia al choque
Acero revestido de titanio	Recipientes de reactor	Bajo costo y alta resistencia del acero con la resistencia del titanio a la corrosión

Fuente: Adaptado de ASKELAND, D.R. Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Cuarta Edición, Editorial Thompson, México 2004. Pág. 12.

2.4 COMPETENCIA ENTRE LOS MATERIALES

En el mercado los materiales han mantenido una competencia a lo largo de la historia por intentar mantenerse en una alta demanda, la cual depende de diferentes factores como el costo, la innovación y la tecnología, que a su vez, van requiriendo nuevos materiales para cubrir este tipo de necesidades.

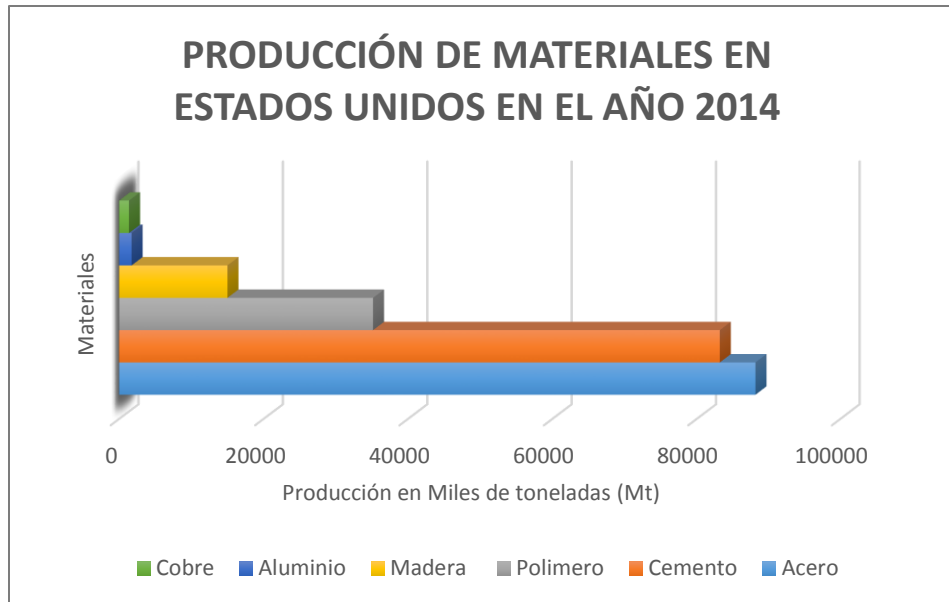
En la siguiente figura se muestra la producción de seis materiales durante el año 2014 en Estados Unidos, se puede observar como el acero y el cemento mantuvieron una producción bastante alta en comparación con los demás materiales.

Cuadro 3. Producción de materiales en Estados Unidos en el año 2014.

Tipo de material	Producción en Estados Unidos (Mt)
Acero	88174
Cemento	83200
Polímero	35167
Madera	15000
Aluminio	1720
Cobre	1370

Fuente: Los datos tabulados fueron tomados de www.statista.com

Figura 2. Producción de materiales en Estados Unidos en el año 2014.



2.5 MATERIALES INTELIGENTES

Un material inteligente es definido como “*Material que puede sentir un estímulo externo, como un cambio de temperatura, la aplicación de un esfuerzo o un cambio de humedad o de ambiente químico, y responder a él*”.⁵ Hay diferentes tipos de materiales inteligentes, entre ellos están:

- Materiales piezoeléctricos
- Polímero electroactivo
- Materiales con efecto térmico de memoria
- Materiales con magnetostricción
- Materiales con efecto magnético de memoria
- Polímeros sensitivos al PH
- Halocromía

⁵ ASKELAND. Op. Cit., p. 19.

2.6 NANOMATERIALES

Están definidos como *“Aquellos que tienen una escala de longitudes característica (esto es, diámetro de partículas, tamaño de los granos, el espesor de las capas, etc.) menor a 100 nm ($1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$). Los nanomateriales pueden ser metálicos, poliméricos, cerámicos, electrónicos o compuestos”*.⁶

Los nanomateriales tiene diferentes aplicaciones tales como:

- Carga en polímeros para propiedades biocidas en envases, propiedades barrera en envases (impermeabilidad a gases), conductividad eléctrica, eliminación de olores, reducción de peso y coste.
- Aditivos de composites permitiendo protección UV en las pinturas, resistencia al agua y resistencia al fuego en algunos materiales.
- Tratamientos en superficie para resistencia al rayado, recubrimientos anticorrosión y metalizado de plásticos.

2.7 DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS MATERIALES

Al momento de diseñar un material se debe tener en cuenta las temperaturas a las cuales ese material puede estar expuesto, se debe contemplar la fatiga, la rapidez de deformación, posibilidad de corrosión u oxidación; es necesario analizar estos factores para evitar de esta manera que el material falle.

Un buen diseño es la parte fundamental para que un material sea exitoso en el mercado, ya que garantiza que el material pueda abastecer las necesidades para lo cual fue fabricado. La selección adecuada de un material debe tener en cuenta

⁶ SMITH, W.F. Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Mc Graw Hill, Madrid 2014. Pág. 20.

factores como resistencia, densidad y costo, el cual se calcula en base del peso del material.

A continuación se presenta un cuadro de relaciones de resistencia a peso de varios materiales:

Cuadro 4: Resistencia a pesos de varios materiales.

Material	Resistencia (lb/pulg ²)	Densidad (lb/pulg ³)	Relación de resistencia a peso (pulg)
Polietileno	1 000	0.030	0.03 x 10 ⁶
Aluminio puro	6 500	0.098	0.07 x 10 ⁶
<i>Al₂O₃</i>	30 000	0.114	0.26 x 10 ⁶
Epóxicos	15 000	0.050	0.30 x 10 ⁶
Acero aleado con tratamiento térmico	240 000	0.280	0.86 x 10 ⁶
Aleación de aluminio con tratamiento térmico	86 000	0.098	0.88 x 10 ⁶
Compuesto carbono-carbono	60 000	0.065	0.92 x 10 ⁶
Aleación de titanio con tratamiento térmico	170 000	0.160	1.06 x 10 ⁶
Compuesto de kevlar y resina epóxica	65 000	0.050	1.30 x 10 ⁶
Compuesto de carbono y resina epóxica	80 000	0.050	1.60 x 10 ⁶

Fuente: Adaptado de ASKELAND, D.R. Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Cuarta Edición, Editorial Thompson, México 2004. Pág. 22.

3. ESTRUCTURA ATÓMICA Y ENLACES

La ingeniería de los materiales considera importante comprender la estructura atómica de los materiales puesto que influye en las propiedades y comportamiento del material.

3.1 ESTRUCTURA DE LOS ÁTOMOS

El átomo está compuesto por tres partículas subatómicas: electrones (carga negativa), protones (carga positiva) y los neutrones. Tanto el electro como el protón tienen una carga $q = 1.602 \times 10^{-19}$ coulomb (C).

A continuación se muestra un cuadro con los valores de masa y la carga (q) de cada partícula subatómica:

Cuadro 5: Especificaciones de las partículas subatómicas.

PARTÍCULA SUBATÓMICA	MASA, GRAMOS (G)	CARGA, COULOMB (C)
Protón	1.673×10^{-24}	$+ 1.602 \times 10^{-19}$
Neutrón	1.675×10^{-24}	0
Electrón	9.109×10^{-28}	$- 1.602 \times 10^{-19}$

Fuente: Adaptado de SMITH, W.F Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Mc Graw Hill, Madrid 2004. Pág.25.

3.2 NÚMEROS Y MASAS ATÓMICAS

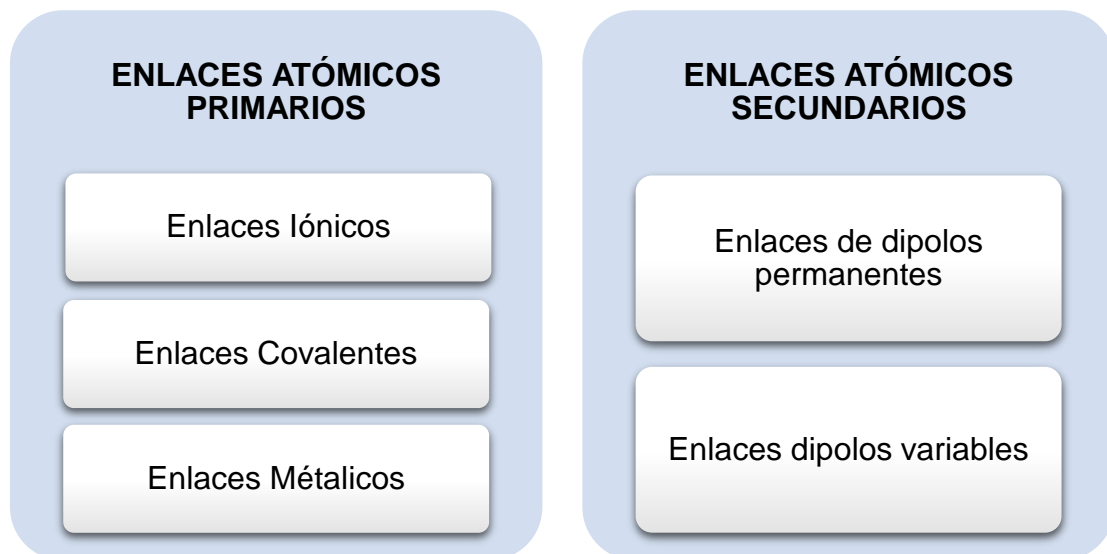
Se define el número atómico como “Cantidad de electrones o protones en cada átomo”.⁷

La masa atómica (M), es denominada como “Cantidad promedio de protones y neutrones en un átomo, también es la masa, en gramos, del Número de Avogadro (N_A) de átomos. La cantidad $N_A = 6.02 \times 10^{23}$ átomos/mol es la cantidad (o el número) de átomos o moléculas en un mol. En consecuencia, la masa atómica tiene las unidades g/mol. Una unidad alternativa de la masa atómica es la unidad de masa atómica (uma)”.⁸

3.3 TIPOS DE ENLACES ATÓMICOS

En la siguiente gráfica se muestra la clasificación de los enlaces atómicos.

Figura 3: Clasificación de enlaces atómicos.



⁷ ASKELAND. Op. Cit., p. 31.

⁸ Ibid, p. 36.

3.4 ENLACE IÓNICO, COVALENTE, METÁLICO Y MIXTOS

Enlace iónico. Este tipo de enlace hace referencia a *“un enlace no direccional relativamente fuerte. En este tipo de enlace intervienen fuerzas interatómicas relativamente grandes debidas a la transferencia de un electrón de un átomo a otro produciéndose iones que se mantienen unidos por fuerzas coulombianas (atracción de iones cargados positiva y negativamente)”*.⁹

Enlace covalente. *“Los materiales con enlace o enlazamiento covalente se caracterizan porque los enlaces se forman compartiendo los electrones de valencia entre dos o más átomos”*.¹⁰ Los materiales que presentan enlaces covalentes se caracterizan por ser muy duros y resistentes.

Enlace metálico. *“El enlace metálico se forma cuando los átomos ceden sus electrones de valencia, que pasan a formar un mar de electrones. Los núcleos de los átomos, con cargas positivas, quedan enlazados por atracción mutua hacia los electrones con carga negativa”*.¹¹ Los materiales que poseen este tipo de enlace tienden a ser muy dúctiles, debido a que este tipo de enlaces no son direccionales.

Enlace Mixto. Enlace que puede involucrar más de un tipo de enlace primario e incluso enlaces dipolares secundarios. Entre los enlaces mixtos que involucran solamente enlaces primarios, se encuentran:

- Enlace mixto Iónico-covalente
- Enlace mixto Metálico-iónico
- Enlace mixto Metálico-covalente
- Enlace mixto Iónico-covalente-metálico

⁹ SMITH. Op. Cit., p. 42.

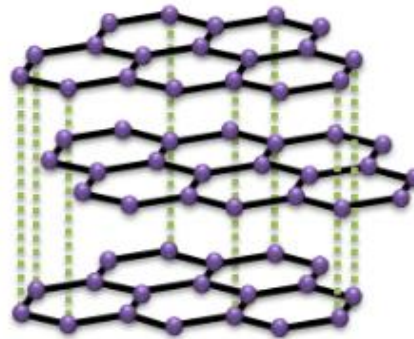
¹⁰ ASKELAND, Op. Cit., p. 46.

¹¹ Ibid, p. 45.

4. ESTRUCTURA CRISTALINA Y AMORFA EN LOS MATERIALES

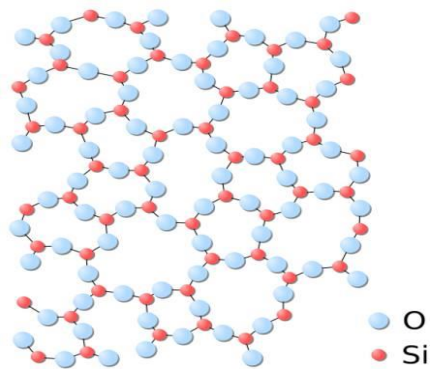
La estructura cristalina se describe como un “arreglo de los átomos de un material en una red regular y repetible”.¹²

Figura 4: Estructura cristalina del grafito.



La estructura amorfa de los materiales es aquel arreglo de los átomos en que se logra percibir un ordenamiento solamente a corto alcance.

Figura 5: Estructura amorfa del vidrio



Fuente: lacienciaysusdemonios.com/2012/01/14/cristalizar-o-no-cristalizar-esta-es-la-cuestion

¹² ASKELAND, Op. Cit., p.118.

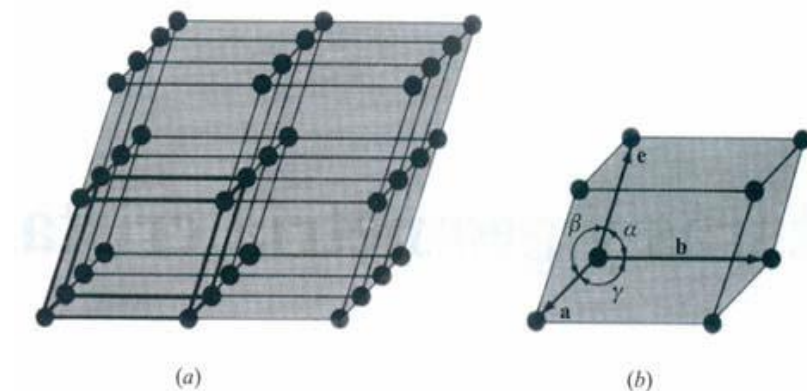
4.1 CELDA UNITARIA

“Subdivisión de la red que sigue reteniendo las características generales de toda la red”.¹³ También es definida como “una unidad de celda en el espacio que se repite”.¹⁴ “Existen cuatro tipos básicos de celdas unitarias: 1) sencilla, 2) centrada en el cuerpo, 3) centrada en las caras, y 4) centrada en la base”.¹⁵

4.2 REDES ESPACIALES

“La red espacial puede describirse como un ordenamiento tridimensional infinito de puntos. Cada punto en la red espacial tiene un entorno idéntico. En un cristal ideal la agrupación de puntos de la red alrededor de uno cualquiera es idéntica a la agrupación en torno a otro punto de la red en la red espacial”.¹⁶

Figura 6: Celda unitaria y redes espaciales. (a) Red espacial de un sólido cristalino ideal. (b) Celda unitaria mostrando las constantes de red.



Fuente: cosmolinux.no-ip.org/uned/unedcurset21.html

¹³ Ibid., p.118.

¹⁴ SMITH, Op. Cit., p.115.

¹⁵ Ibid., p.74.

¹⁶ Ibid., p.74.

4.3 SISTEMAS CRISTALINOS

Son siete arreglos únicos que llenan el espacio tridimensional, los cuales se catalogan de la siguiente manera:

1. Cúbico
2. Tetragonal
3. Ortorrómbico
4. Romboédrico
5. Hexagonal
6. Monoclínico
7. Triclínico

Cuadro 6: Especificaciones de los diferentes tipos de sistemas cristalinos.

SISTEMAS CRISTALINOS	LONGITUDES AXIALES Y ÁNGULOS INTERAXIALES	REDES ESPACIALES
Cúbico	Tres ejes iguales en ángulos rectos $a=b=c$, $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	Cúbico sencillo
		Cúbico centrado en el cuerpo
		Cúbico centrado en las caras.
Tetragonal	Tres ejes en ángulos rectos, dos iguales $a = b \neq c$, $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	Tetragonal sencillo
		Tetragonal centrado en el cuerpo
Ortorrómbico	Tres ejes distintos en ángulos rectos, $a \neq b \neq c$, $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	Ortorrómbico sencillo
		Ortorrómbico centrado en el cuerpo.
		Ortorrómbico centrado en las bases.
		Ortorrómbico centrado en las caras.
Romboédrico	Tres ejes iguales, inclinados por igual, $a = b = c$, $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$	Romboédrico sencillo
Hexagonal	Dos ejes iguales a 120° y un tercero en ángulo recto, $a = b \neq c$,	Hexagonal sencillo

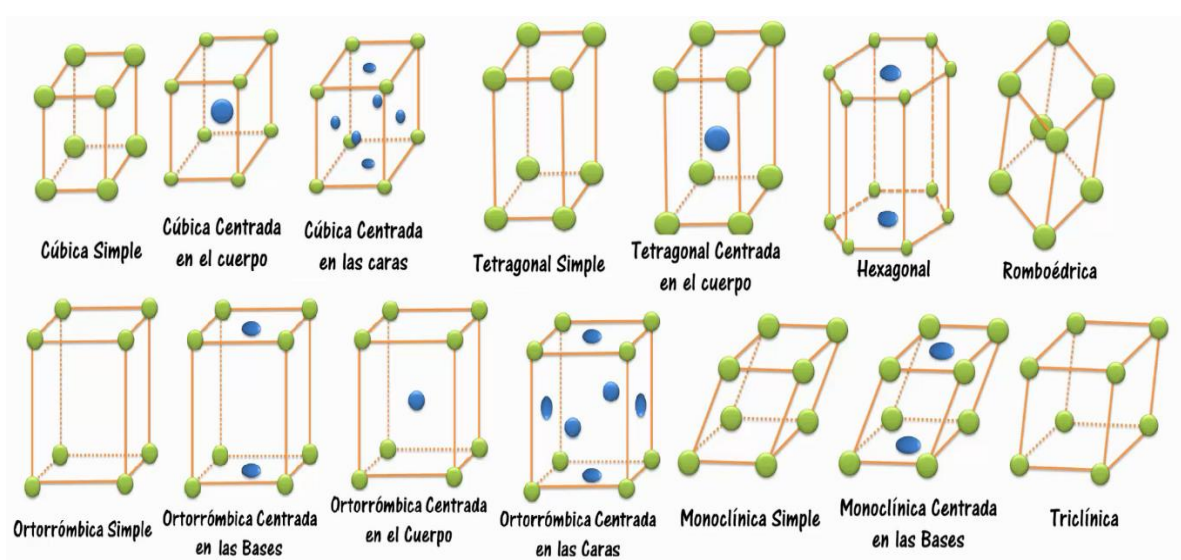
Monoclínico	Tres ejes distintos, dos de ellos no forman ángulo recto $a \neq b \neq c$, $\alpha = \gamma = 90^\circ \neq \beta$	Monoclínico sencillo
		Monoclínico centrado en las bases
Triclínico	Tres ejes desiguales con distinta inclinación y ninguno en ángulo recto $a \neq b \neq c$, $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$	Triclínico sencillo

Fuente: Adaptado de SMITH, W.F. Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de los Materiales. McGraw Hill, Madrid 2004. Pág.75.

4.4 REDES DE BRAVAIS

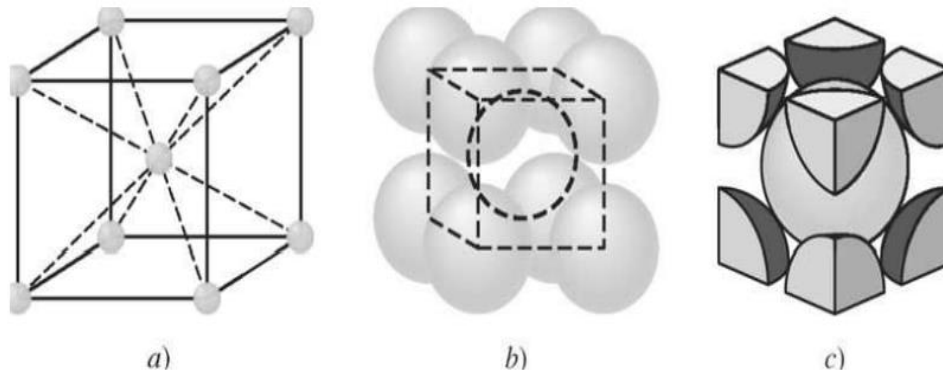
Son catorce arreglos distintos únicos, los cuales reciben este nombre en honor al francés Auguste Bravais, uno de los primeros cristalógrafos. Estas catorce Redes de Bravais se encuentran agrupadas en siete sistemas cristalinos, como se mostraba en la **figura 6**.

Figura 7: Redes de Bravais.



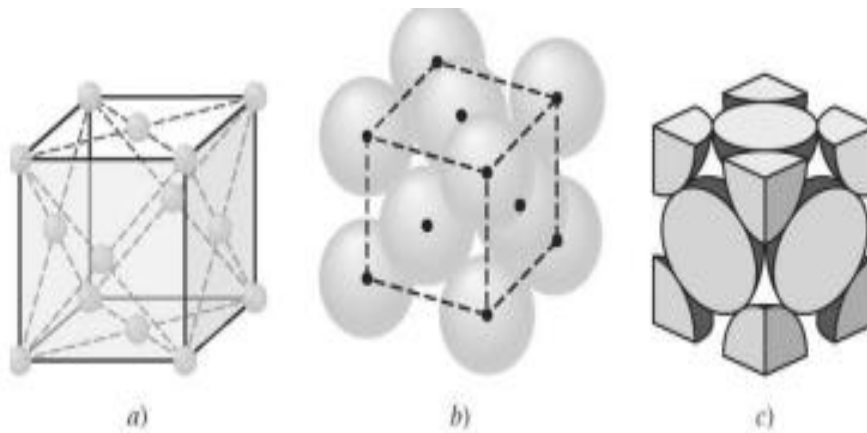
4.5 ESTRUCTURAS BCC, FCC Y HCP

Figura 8. Estructura cristalina cúbica centrada en el cuerpo (BCC); “Celdas unitarias BBC: a) de posiciones atómicas, b) de esferas rígidas, y c) aislada”.



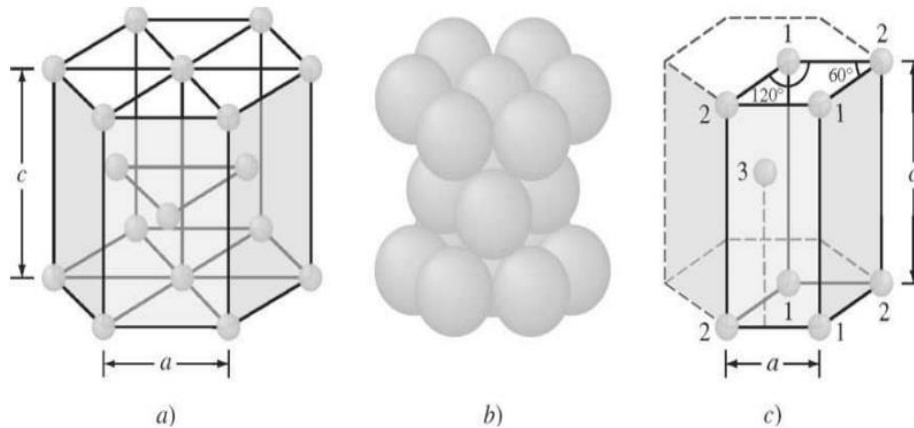
Fuente: SMITH, W.F. Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Mc Graw Hill, Madrid 2014. Pág. 79.

Figura 9. Estructura cristalina cúbica centrada en las caras (FCC); “Celdas unitarias FCC: a) de posiciones atómicas, b) de esferas rígidas, y c) aislada”.



Fuente: SMITH, W.F. Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Mc Graw Hill, Madrid 2014. Pág. 81.

Figura 10. Estructura cristalina hexagonal compacta (HCP); “Estructura cristalina HCP: a) esquema de la estructura cristalina, b) modelo de esfera dura y c) esquema de celda unitaria aislada”.



Fuente: SMITH, W.F. Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Mc Graw Hill, Madrid 2014. Pág. 82.

4.6 ÍNDICES DE MILLER

Se define como una “Notación abreviada para describir ciertas direcciones y planos cristalográficos en un material. Se anotan entre corchetes [], paréntesis () o llaves { }; según sea el caso. Un número negativo se representa con una raya arriba del número”.¹⁷

Los índices de Miller se emplean para identificar los planos cristalográficos de importancia como se observa en la siguiente metodología:

¹⁷ ASKELAND, Op. Cit., p.119.

“1. Identificar los puntos en donde el plano cruza los x, y y z en función de los parámetros de red. Si el plano pasa por el origen ¡hay que mover el origen del sistema de coordenadas!

2. Sacar los recíprocos de las intersecciones.

3. Simplificar fracciones, pero no reducir a enteros mínimos.

4. Encerrar entre paréntesis () los números que resulten. De nuevo los números negativos se deben escribir con una raya sobre ellos”.¹⁸

4.7 POLIMORFISMO Y ALOTROPÍA

“Los materiales alotrópicos o polimórficos tienen más de una estructura cristalina posible. Las propiedades de los materiales pueden depender sensiblemente de la clase de estructura polimorfa o alotropa de que se trate. Por ejemplo el titanato de bario tiene propiedades dieléctricas muy diferentes en sus estructuras cúbica y tetragonal”.¹⁹

Otra definición dada por un autor diferente es *“El polimorfismo (referente a metales) es la capacidad de un metal de existir en dos o más estructuras cristalinas. Por ejemplo, el hierro puede tener la estructura BCC O FCC, dependiendo de la temperatura”²⁰*

4.8 MATERIALES AMORFOS

Como se explicó anteriormente, los materiales amorfos son aquellos que carecen de un ordenamiento a largo alcance. Ejemplos de materiales amorfos pueden ser los vidrios metálicos, los vidrios de silicatos, silicio amorfo y muchos polímeros.

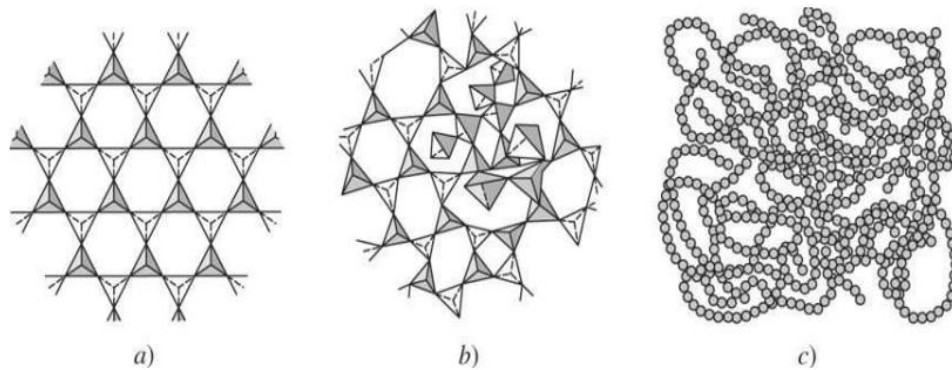
¹⁸ Ibid., p.90.

¹⁹ Ibid., p.117.

²⁰ SMITH, Op. Cit., p.116.

Askeland, refiere que, “se forman siempre que la cinética del proceso de fabricación del material no permite que los átomos o los iones ocupen las posiciones de equilibrio. Con frecuencia, estos materiales poseen propiedades muy novedosas y extraordinarias. Muchos materiales amorfos se pueden cristalizar en forma controlada. Esto es la base de la formación de los vitrocerámicos y del reforzamiento de los plásticos PET (politereftalato de etileno) que se usan en la fabricación de botellas”.²¹

Figura 11. Esquema de diversos grados de orden en los materiales; a) Orden de largo alcance de Sílice cristalino, b) vidrio de sílice sin orden de largo alcance y c) estructura amorfa en los polímeros.



Fuente: SMITH, W.F. Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Mc Graw Hill, Madrid 2014. Pág. 113

²¹ SMITH, Op. Cit., p.116.

5. PROPIEDADES MECÁNICAS DE METALES

Son aquellas propiedades que definen el comportamiento de los metales frente a esfuerzos o cargas que tienden a causar deformación del material. Entre las principales propiedades mecánicas de metales se encuentran la resistencia, dureza, elasticidad, plasticidad, tenacidad, fragilidad, resiliencia, fluencia y la fatiga.

5.1 METALES Y ALEACIONES

Durante el proceso de metales y aleaciones, según Smith, se deben tener en cuenta una serie de etapas o procesos, tales como:

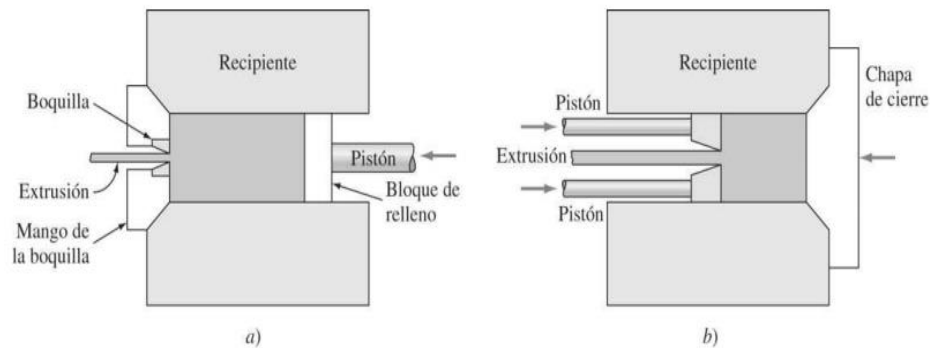
- ❖ La fundición de metales y aleaciones: *“En su mayoría los metales se procesan primero fundiendo el metal en un horno que actúa como depósito de metal fundido. A este metal fundido pueden añadirse los elementos de aleación necesarios para producir las distintas aleaciones. Por ejemplo, el metal magnesio en estado sólido puede añadirse al aluminio fundido y, después de su fusión, puede ser mezclado mecánicamente con el aluminio hasta producir un líquido homogéneo de una aleación aluminio-magnesio”*.²²
- ❖ Laminación en caliente y en frío de metales y aleaciones: *“Mediante estos métodos se pueden producir chapas y placas de gran longitud y con secciones transversales uniformes”*.²³
- ❖ Extrusión de metales y aleaciones: *“Es un proceso de conformado plástico mediante el cual un material sometido a alta presión reduce su corte transversal cuando es forzado a pasar a través de una abertura o matriz de extrusión. Para*

²² SMITH, Op. Cit., p.201-202.

²³ Ibid., p.203.

muchos metales el proceso de extrusión se utiliza para producir barras cilíndricas o tubos. En los materiales con mayor facilidad para la extrusión como aluminio, cobre y algunas de sus aleaciones también es usual producir formas con corte transversal irregular”.²⁴

Figura 12. Procesos básicos de extrusión en metales; a) directo y b) indirecto.



Fuente: SMITH, W.F. Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Mc Graw Hill, Madrid 2014. Pág. 209.

- ❖ Forja: Método primario donde el metal es golpeado o comprimido hasta la forma deseada. Existen dos tipos de forja: con martillo, donde se golpea repetidamente contra la superficie del metal y con prensa, donde *“el metal está sujeto a una fuerza compresiva que cambia lentamente”*²⁵
- ❖ Otros procesos de conformado de metales: Entre estos procesos se encuentra el trefilado de alambre donde *“se reduce el diámetro de una barra o alambre inicial durante su paso a través de una o más matrices de prefijar. En el trefilado de alambre de acero se utiliza un injerto de carburo de wolframio insertado en una camisa de acero”*.²⁶ También se encuentra el proceso de embutición

²⁴Ibid., p.208.

²⁵Ibid., p.209.

²⁶Ibid., p.211.

profunda el cual es empleado para “*fabricar artículos con forma de copa a partir de chapas de metal*”.²⁷

5.2 TENSIÓN Y DEFORMACIÓN EN METALES

Para determinar la tensión y deformación del metal, es necesario evaluar las propiedades de resistencia y ductilidad; para ello se tiene que hacer un análisis de la deformación que sufre un metal al ser expuesto a ciertos esfuerzos.

Cuando un metal es sometido a una fuerza de tracción uniaxial y recupera sus dimensiones originales se dice que el metal ha sufrido una deformación elástica, de lo contrario, si después de aplicados esos esfuerzo sobre el metal, no logra regresar completamente a sus dimensiones originales, se dice, que ha sufrido una deformación plástica.

También es importante tener en cuenta otros factores como:

- Tensión de ingeniería: Smith, W.F. (2004) lo define como “*la fuerza media de tracción F sobre una barra cilíndrica de longitud l_0 dividida por el área de su sección transversal A_0* “. Por ende, su ecuación se expresa de la siguiente manera:

$$\text{Tensión de ingeniería } \sigma = \frac{F \text{ (fuerza media de tracción uniaxial)}}{A_0 \text{ (Área de la sección transversal original)}}$$

Según el sistema empleado las unidades de Tensión de ingeniería (σ) son:

$$\text{Sistema anglosajón: } (lb/pulg^2 \text{ o } psi); \quad \text{SI: } (N/m^2 \text{ o } Pa)$$

²⁷ Ibid., p.212.

- Deformación convencional: Es definida como *“la relación entre el cambio en la longitud de una muestra en la dirección en que se aplica la fuerza y la longitud original de la muestra considerada”*.²⁸ La deformación convencional, es expresada mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Deformación convencional } \varepsilon = \frac{l-l_o}{l} = \frac{\Delta l \text{ (cambio de la longitud de la muestra)}}{l_o \text{ (longitud original de la muestra)}}$$

Las unidades convencionales según el sistema empleado son:

Sistema anglosajón: (pulg/pulg); SI:(m/m)

- Coeficiente de poisson: *“Mide la deformación transversal (en relación a la dirección longitudinal de la aplicación de la carga) de un material homogéneo e isotrópico”*²⁹. Su ecuación representativa está dada por:

$$\text{Coeficiente de poisson } \mu = -\frac{\varepsilon \text{ (lateral)}}{\varepsilon \text{ (longitudinal)}} = -\frac{\varepsilon_x}{\varepsilon_z} = -\frac{\varepsilon_y}{\varepsilon_z}$$

- Tensión de cizalladura: Se explica como *“Fuerza de cizalladura S dividida por el área A sobre la que actúa dicha fuerza”*.³⁰

$$\text{Tensión de cizalladura } \tau = \frac{S}{A}$$

Las unidades para la tensión de cizalladura son:

Sistema anglosajón: (lb/pulg² o psi); SI: (N/m² o Pa)

²⁸ Ibid., p.215.

²⁹ATC Engenharia Física. (2009-2014).[Sitio web] Consulta: Junio 3 de 2016. Disponible en: <http://www.atcp.com.br/es/productos/caracterizacion-de-materiales/propiedades-materiales/modulos-elasticos/definiciones.html>

³⁰ SMITH, Op. Cit., p.262.

- Deformación de cizalladura: Se entiende como “desplazamiento de cizalladura (a) dividido por la distancia (h) a la que actúa la cizalla”.³¹

$$\text{Deformación de cizalladura } \gamma = \frac{a}{h} = \tan \theta$$

5.3 DUREZA Y ENSAYOS DE DUREZA

Smith, W.F. (2004), hace referencia a la dureza como “Una medida de la resistencia de un metal a la deformación permanente (plástica)”. Para realizar un ensayo de dureza se procede a forzar la indentación de un penetrador que normalmente es una bola, pirámide o cono, sobre la superficie del metal.

Tabla 7. Ensayos de dureza

ENSAYOS DE DUREZA	
BRINELL	ROCKWELL
El penetrador es una bola de acero templado (muy duro).	Penetrador: bola de acero endurecido o cono de diamante industrial.
La superficie de un material se presiona contra una probeta que contiene una bola de acero con determinado diámetro (<i>D</i>). La bola se mantiene durante un tiempo bajo una carga (<i>P</i>). Luego de retirada la carga se miden dos diámetros en direcciones perpendiculares de la huella dejada y se calcula el valor medio de ambos diámetros (<i>d</i>).	Para obtener la dureza Rockwell de la superficie de un material se le aplica una carga inicial menor de 10 kg, (para eliminar la deformación elástica y obtener resultados precisos). Luego se le aplica la carga principal durante unos 15 segundos, después de retirada la carga principal (se sigue manteniendo la carga inicial).

³¹ Ibid., p. 262.

La fórmula para obtener el valor de la dureza Brinell.

$$DB = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

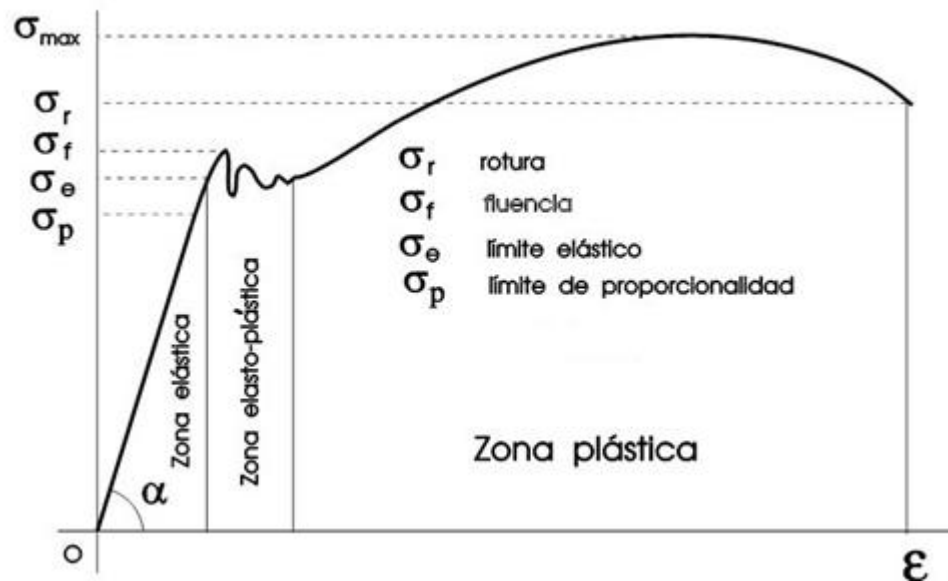
El valor de la dureza Rockwell se obtiene automáticamente en la pantalla del durómetro.

Fuente: Adaptado de SMITH, W.F. Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Mc Graw Hill, Madrid 2004. Pág. 228-229

5.4 ESFUERZO DEFORMACIÓN, FRACTURA, FATIGA Y FALLAS

- **Esfuerzo-deformación:** Para determinar las propiedades de resistencia y ductilidad de un material es necesario hacer pruebas de ensayo de tensión o compresión para realizar un diagrama de esfuerzo y deformación.

Figura 13. Curva de esfuerzo-deformación.



Fuente: Adaptado de <http://slideplayer.es/slide/4018592>

- **Fractura:** Es una separación de un material sólido en dos o más piezas al ser sometido a una fuerza. Existen dos tipos de fractura:
 - ❖ Fractura frágil
 - ❖ Fractura dúctil
- **Fatiga.** Smith, W.F lo define como *“un fenómeno que conduce a la fractura de un material sometido a esfuerzos repetitivos cuya resistencia es inferior a la resistencia máxima del material”*.³²
- **Fallas.** Defecto mecánico del material que en un momento determinado ocasiona la interrupción de un cuerpo o componente, esto ocurre porque ha sido sometido a condiciones de servicio más severas de lo que se había previsto o por defectos de fabricación.

³² SMITH, Op. Cit., p.306.

6. ALEACIONES MÁS USADAS EN INGENIERÍA DE PETRÓLEOS

6.1 PRODUCCIÓN DE HIERRO Y ACERO

Para la producción de hierro y acero se necesita principalmente de hierro, coque, roca caliza y aire. Tanto la caliza y el hierro son sometidos a procesos de lavado, quebrado, tamizado o cribado; El coque es sometido a una preparación mediante el refinado y el calentado.

Luego de pasar por estos procesos, los materiales son enviados al alto horno donde se produce el arrabio, un material originado por la fundición de las menas hierros, tratadas con coque como combustible y caliza como fundente; el arrabio se caracteriza por ser un material con contenidos de carbono no controlados y cantidades de azufre que sobrepasan los niveles permitidos, pero es parte de la fundición primaria del hierro que se requiere para finalmente obtener el acero.

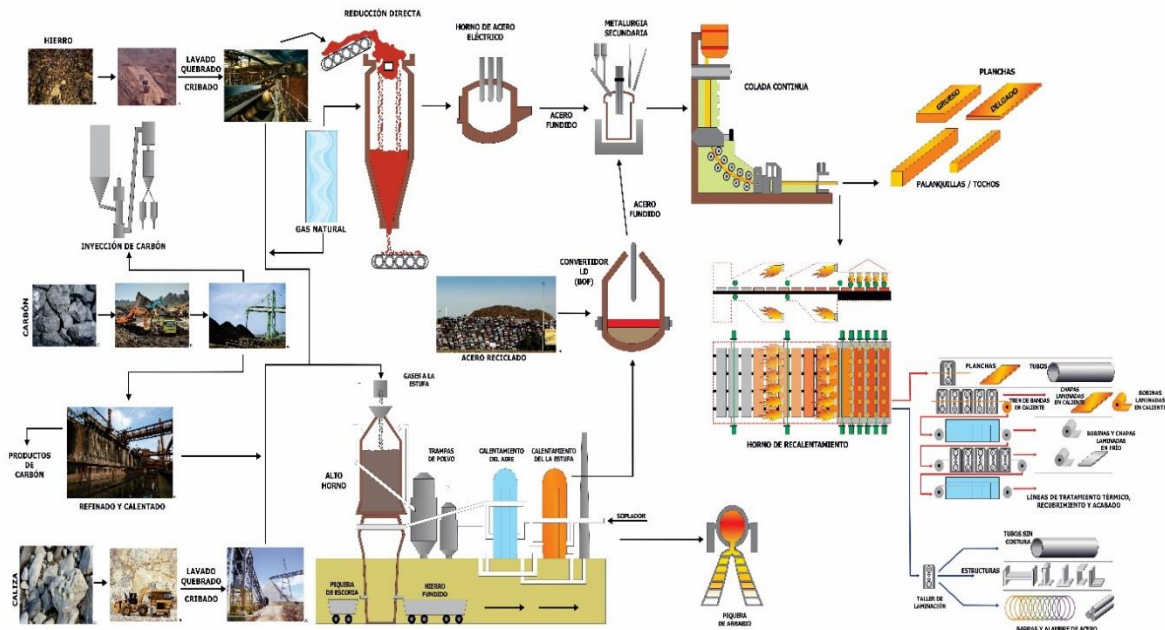
El arrabio en estado líquido y el 30% de la chatarra que se produce en el alto horno, es transferido posteriormente a otro horno donde se produce el acero. Consecutivamente se adiciona oxígeno puro, que reacciona con la mezcla fundida adicionada anteriormente y produce óxido de hierro, el cual reacciona con el carbono del acero y produce monóxido de carbono; Es importante agregar cal principalmente como material fundente antes de que ocurra la reacción con el oxígeno.

De esta manera, se va reduciendo la cantidad de carbono en el acero y otras impurezas a medida que transcurre el tiempo en el horno, hasta que se logre obtener las cantidades requeridas. La mayoría de los aceros al carbono simples, tienen menos de 0.5% de contenido de carbono, sin embargo, hay algunos que

tienen hasta 1.2% de contenido de carbono. Luego de este proceso, el acero líquido que se obtuvo como producto es enviado a moldes estacionarios o es vaciado en planchas para ser cortado en láminas.

Actualmente, el acero en bruto también puede ser producido mediante acero viejo reciclado.

Figura 14. Proceso de producción de hierro y acero

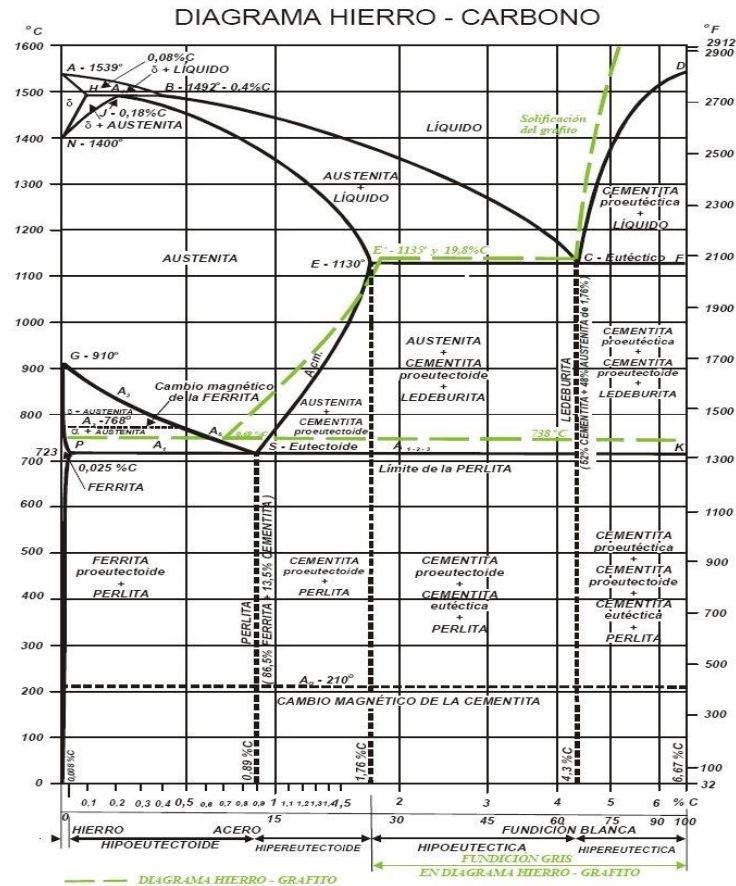


Fuente: Fotografías tomadas de <https://www.flickr.com>. Para más información revisar [1] en “Referencias Bibliográficas”.

6.2 SISTEMA HIERRO – CARBONO (DIAGRAMA DE EQUILIBRIO)

Este diagrama permite observar las transformaciones del acero a medida que hay un cambio en la temperatura.

Figura 15. Diagrama de equilibrio Hierro -Carbono



Fuente: blog.utp.edu.co/metalografia/files/2013/05/Diagrama-Fe-C.jpg

Los componentes que se encuentran en el diagrama de fases son:

- **Ferrita (α):** Está formado por átomos de hierro con estructura BBC y por una cantidad pequeña de átomos de carbono situados intersticialmente; se caracteriza por ser dúctil, suave y magnética.
- **Austenita (γ):** Está formado por átomos de hierro con estructura FCC y por átomos de carbono situados intersticialmente. Presenta menor suavidad y ductilidad que la ferrita; es no magnética.

- **Cementita o carburo de hierro (Fe_3C):** Es un compuesto intermetálico que presenta alta dureza y fragilidad; es magnética hasta 210°F.
- **Perlita:** Esta fase resulta de la reacción eutectoide del acero, contiene 0.85% de carbono. Se caracteriza por ser dúctil y magnética.
- **Ledeburita:** Es una mezcla de las fases de austenita y cementita; es originado cuando el contenido de carbono está entre 2 y 6.67%. Se caracteriza por tener alta dureza y fragilidad.

Mediante las fases que se encuentran en el diagrama se puede hacer la clasificación de los aceros de la siguiente manera:

- **Aceros hipoeutectoides:** Son aquellos aceros que poseen un porcentaje de carbono menor a 0.8%. Su microestructura consiste de ferrita y perlita.
- **Aceros eutectoides:** Corresponde a aceros con porcentaje igual a 0.8% de carbono. Su microestructura se encuentra totalmente formada por perlita.
- **Aceros hipereutectoides:** Se caracterizan por tener un porcentaje superior al 0.8% de carbono. Su microestructura está conformada por cementita y perlita.

Los aceros simples pueden clasificarse también de la siguiente manera:

- **Aceros de bajo carbono:** Son aceros que tiene una composición menor al 0.2% de carbono; se caracterizan por ser dúctiles muy suaves y de baja resistencia. Su microestructura está formada principalmente por ferrita.
- **Aceros de carbono intermedio:** Presentan una composición entre el 0.2% y 0.5 % de carbono. Sus propiedades mecánicas van a diferir de la cantidad de ferrita y perlita que contengan a nivel de su microestructura.
- **Aceros de alto carbono:** Son aceros que contienen porcentajes de carbono superiores al 0.5%. Posee alta dureza y resistencia, pero su ductilidad y tenacidad son bajas.

6.3 TRATAMIENTOS TÉRMICOS

- **Temple:** El material es llevado a un horno, donde se va aumentando su temperatura gradualmente alrededor de unos **800°C**, luego es sometido a una tasa de enfriamiento en un medio como el agua, aceite, entre otros. Este proceso se realiza con la finalidad de mejorar algunas de las propiedades del material, aumentando principalmente la resistencia mecánica y la dureza.
- **Revenido:** tratamiento solamente se aplica a aceros que hayan sido previamente templados; se realiza con el objetivo de disminuir la fragilidad del material generada por el temple, mejorando propiedades como la ductilidad y tenacidad, y a su vez, aliviando las tensiones producidas en la estructura del material.

Consiste en someter la pieza a un calentamiento, cuya temperatura puede variar según las características finales que se deseen obtener en el material después de aplicarse este tratamiento. Existen diferentes tipos de revenido, los más empleados son:

- ✓ Baja temperatura: Tiene como finalidad, disminuir tensiones generadas por el templado sin reducir la dureza. La temperatura de calentamiento de la muestra puede oscilar entre 150 °C a 300 °C.
- ✓ Temperatura Intermedia: Al aplicar este tipo de revenido, la pieza es sometida a una temperatura que puede variar entre 300 °C – 500 °C.
- ✓ Alta temperatura: Tiene como objetivo aumentar la tenacidad de los aceros templados. La pieza es sometida a una temperatura de calentamiento mayor a 500 °C y a la vez, menor a la temperatura a la cual fue calentada durante el temple.

Después de calentada la muestra y transcurrido el tiempo de sostenimiento, es extraída del horno y expuesta a enfriamiento al aire libre.

Tanto la velocidad y exactitud de calentamiento, así como, el proceso de enfriamiento, influyen considerablemente en conseguir unos resultados óptimos al culminar el tratamiento térmico de revenido. Finalmente, al proceso completo de temple y revenido se le conoce como **Bonificado**.

- **Recocido:** El proceso consiste en realizar un calentamiento del material hasta una temperatura de **750-900°C**, luego es enfriado lentamente. La finalidad de este tratamiento es obtener un ablandamiento del material, disminuir las tensiones internas y aumentar la elasticidad.
- **Normalizado:** Suele ser empleado antes del temple y el revenido. Consiste en calentar en material entre **30-50°C**, luego se deja enfriar. El propósito de este tratamiento es la eliminación de las tensiones internas y dejar el material con una distribución uniforme del carbono.

7. INTEGRIDAD DE LOS MATERIALES EN LA INDUSTRIA DE LOS HIDROCARBUROS

7.1 METALOGRAFÍA ÓPTICA

La metalografía óptica tiene como objeto establecer el estado de un metal en un instante dado de su vida mediante el estudio de las características estructurales o constitutivas de un metal o aleación (tamaño de grano, forma, y distribución de las fases que comprenden la aleación y las inclusiones no metálicas), relacionándolas con las propiedades físicas y mecánicas de dicho material. Este estudio se realiza al material con la finalidad de:

- Determinar el tipo de material.
- Prevenir futuros inconvenientes en el desempeño de un material.
- Identificar fallas en un material y establecer las posibles causas de la misma.

El análisis metalográfico abarca principalmente las siguientes etapas:

- 1.) **Corte de la probeta:** Consiste en realizar un corte transversal de la zona de estudio del material.

Figura 16: Cortadora metalográfica UIS



2.) **Montaje o encapsulado de la muestra:** La ejecución de esta etapa dependerá del tamaño de la probeta. Generalmente las muestras presentan tamaños pequeños, dificultando que puedan ser sostenidas mientras se realizan las siguientes etapas de preparación de la muestra; por ende, es necesario encapsularlas en resinas epóxicas, fenólicas, termoplásticas o polímeros como la baquelita.

Figura 17: Embutidora de Baquelita UIS



3.) **Desbaste:** Es la preparación de la superficie de la muestra, buscando como objetivo principal aplanarla sin generar planos. En esta etapa se deben realizar dos procedimientos:

- ✓ Desbaste Grueso
- ✓ Desbaste Fino

Durante este procedimiento, las lijas abrasivas deben ser utilizadas de menor a mayor número; teniendo en cuenta que, a medida que va ascendiendo el número de la lija abrasiva utilizada, el tamaño de grano va afinándose.

Cabe resaltar que este procedimiento de desbaste fino también se puede realizar en seco, sin embargo, es recomendable desbastar la muestra con la lija manual abrasiva impregnada de agua para evitar el calentamiento excesivo de la muestra por efecto mecánico, la modificación estructural de la superficie de

las muestras tratadas térmicamente y los desechos de la lija. Culminado este proceso, la probeta se encontrará en condiciones para ser pulida.

4.) **Pulido.**

5.) **Ataque:** Finalizado el pulido de la superficie de la probeta, se procede a realizar un ataque a la muestra para colocar en evidencia la estructura del metal o de la aleación. Existen distintos métodos de ataque, el más utilizado es el Ataque Químico. Dependiendo del tipo de material de la muestra, se elige el reactivo con el que se realizará el ataque.

En la siguiente tabla, se muestran los principales reactivos empleados para realizar el Ataque Químico a algunos de los materiales.

Cuadro 8. Reactivos de ataque químico más utilizados según el tipo material

REACTIVOS DE ATAQUE QUÍMICO MÁS UTILIZADOS SEGÚN EL TIPO MATERIAL		
REACTIVO DE ATAQUE	COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA UTILIZADA	MATERIAL
Nital	Ácido Nítrico: 4 ml Alcohol etílico: 96 ml	Hierro y Acero
Picral	Ácido pícrico: 4 gr Alcohol etílico: 100 ml	Acero de Baja Aleación
Cloruro Férrico y Ácido hidroc্লórico	Cloruro Férrico: 5 gr Ácido hidroc্লórico: 50 ml Agua: 100 ml	Acero Austenítico al Níquel y Acero Inoxidable
Persulfato de amonio	Persulfato de amonio: 10mg Agua: 90 mg	Cobre, Latón, Níquel, Bronce Aluminico y Plata
Ácido hidrof্লúorico	Ácido hidrof্লúorico: 0,5 ml Agua: 99,5 ml	Aluminio y sus aleaciones

Fuente: Adaptado de *Kehl G., Fundamento de la práctica metalográfica, Madrid, Ed. Aguilar.*

6.) **Microscopía Óptica:** En esta etapa las muestras son llevadas al microscopio metalográfico para su respectivo análisis y ser observadas a diferentes aumentos. Previamente a esta etapa, las muestras son sometidas generalmente a ataque químico.

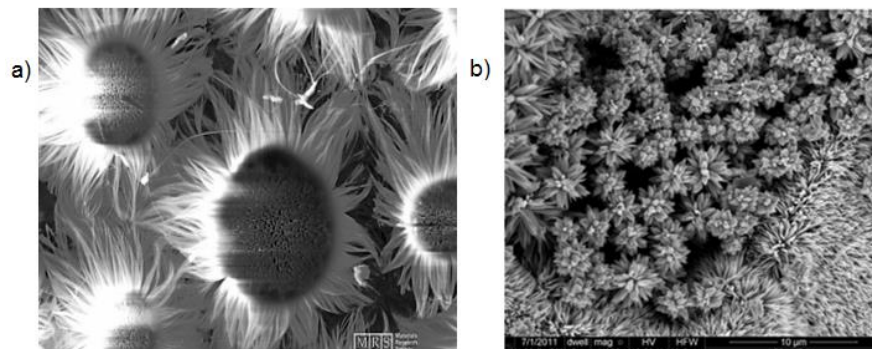
7.2 MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO (SEM)

La microscopía electrónica de barrido (SEM) es una de las técnicas más versátiles de obtención de imágenes utilizada en investigación de materiales debido a su alta resolución y capacidades de analizar características morfológicas, estructurales y químicas de las muestras bajo estudio.

En términos generales, un equipo de SEM es capaz de tomar una “imagen” de la muestra aunque realmente lo que se detecta es la respuesta del material al impacto de un haz de electrones. Al ser impactada por el haz de electrones de alta energía, la muestra produce una serie de señales que son registradas en los diferentes detectores del equipo, en donde cada una de dichas señales ofrece independientemente información acerca de la topografía, composición y hasta conductividad eléctrica de la muestra.

Figura 18. Imágenes de una SEM

a) Nanoestructuras de SiO_x **b)** Nanocristales de ZnO .



Fuente: “Caracterización de materiales a través de medidas de microscopía electrónica de barrido (SEM)” CLAVIJO, Josué. 2013

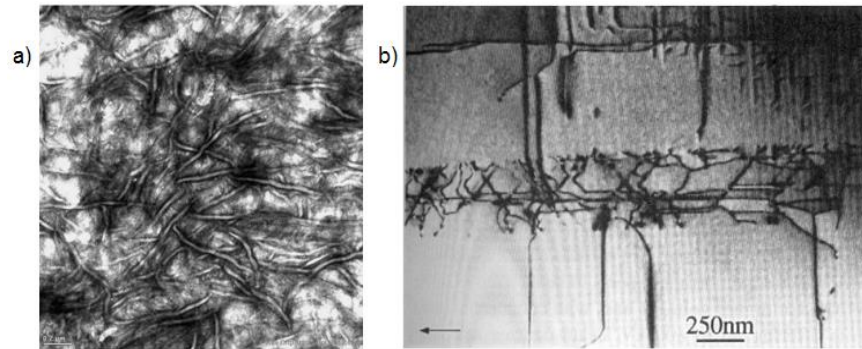
7.3 MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE TRANSMISIÓN (TEM)

La microscopía electrónica de transmisión se ocupa de la información contenida en aquellos electrones que traspasan una muestra sólida sobre la que se ha hecho incidir un haz electrónico coherente y a gran velocidad. La heterogénea distribución de densidad electrónica presente en la muestra provoca en la radiación transmitida la formación de imágenes de interferencia, que adecuadamente interpretadas, revelan sus características morfológicas y estructurales.

Los electrones transmitidos con y sin dispersión se utilizan para crear imágenes de transmisión convencionales, de campo oscuro y alta resolución, revelando la estructura interna de las muestras, tamaño y distribución de partículas, su red cristalina, interfaces y defectos puntuales de la red atómica, etc. Los rayos X generados son utilizados para estudiar la composición química de la muestra, pudiendo analizar aisladamente zonas de muy pocas micras e incluso nanométricas. Finalmente, mediante la difracción de electrones (electrones dispersados elásticamente) puede hacerse un detallado estudio cristalográfico del material investigado.

Aunque la microscopía electrónica de transmisión ha encontrado su máxima expresión en la observación de materiales biológicos, su papel en el estudio de la estructura de materiales tecnológicos es sin duda alguna sobresaliente y hoy en día se le considera indispensable en este sentido. Metales, cerámicos y polímeros vienen siendo explorados con el microscopio electrónico como único medio para conocer la relación entre la morfología y la estructura a nivel atómico o molecular.

Figura 19. Imágenes de una TEM.



a) Ultra-estructura del polietileno de ultra-alto peso molecular por microscopía electrónica de transmisión ($\times 60.000$).³³ **b)** TEM mostrando dislocaciones en GaAs.³⁴

7.4 RADIOGRAFÍA INDUSTRIAL

La radiografía es el registro de una imagen a través de una placa o película fotográfica, la cual se obtiene al exponer la placa a una fuente de radiación de alta energía, generalmente radiación gamma o rayos X. La radiografía industrial es un ensayo no destructivo utilizado para inspeccionar materiales en busca de discontinuidades macroscópicas y variaciones en su estructura interna.

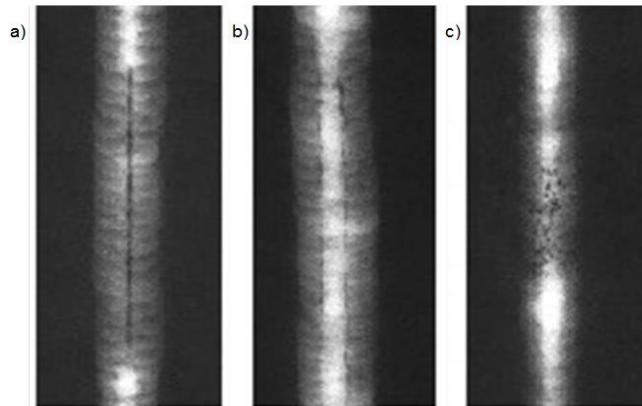
El principio de esta técnica consiste en que cuando la energía de los rayos X o gamma atraviesa una pieza, sufre una atenuación que es proporcional al espesor, densidad y estructura del material inspeccionado. Posteriormente, la energía que logra atravesar el material es registrada utilizando una placa fotosensible, de la cual se puede generar una imagen de la estructura interna del material. La variación en

³³ **Fuente:** “Métodos de análisis del polietileno en la investigación del material y su aplicación en artroplastias” (E Gómez-Barrena, JA Puértolas, 2005)

³⁴ **Fuente:** “Ampliación de Química Inorgánica. Parte II: Técnicas estructurales, 5º curso” (Universidad de Málaga, 2004/2005)

la cantidad de radiación absorbida nos indicará la existencia de una falla interna o algún defecto en el material.

Figura 20. Radiografía realizada a tres tuberías.



Fuente: <http://www.calimet.com.mx/radiografia-industrial>

En la **Figura 20** se muestran tres radiografías hechas a tuberías. En la figura **a**, se observa en centro de la tubería una línea negra, esto indica que en esa zona la tubería está desgastada y podría romperse. En la figura **b** se muestra una tubería en buen estado, pero en la figura **c**, se observan unos puntos oscuros en el centro de la tubería, lo que indica que el material en esa zona tiene muy poco espesor.

7.5 ULTRASONIDO

El ultrasonido es una técnica de evaluación no destructiva que utiliza oscilaciones de presión que poseen frecuencias superiores a la gamma audible (es decir, mayor a 20 MHz). Las ondas ultrasónicas son generadas por un transductor que puede ser de cristal o un cerámico piezoeléctrico, el cual puede transformar la energía eléctrica en mecánica y viceversa. Al excitar el transductor eléctricamente, éste vibra a altas frecuencias generando una onda ultrasónica. Las vibraciones generadas por esta onda son recibidas por el material a inspeccionar con el objetivo de detectar

discontinuidades internas y superficiales. Cuando el haz sónico alcanza la frontera del material, es reflejado y recibido por otro transductor para ser analizado y así determinar la presencia y localización de discontinuidades.

Figura 21. Aplicación de Ultrasonido a un material



Fuente: gyninspecciones.com/servicios.html

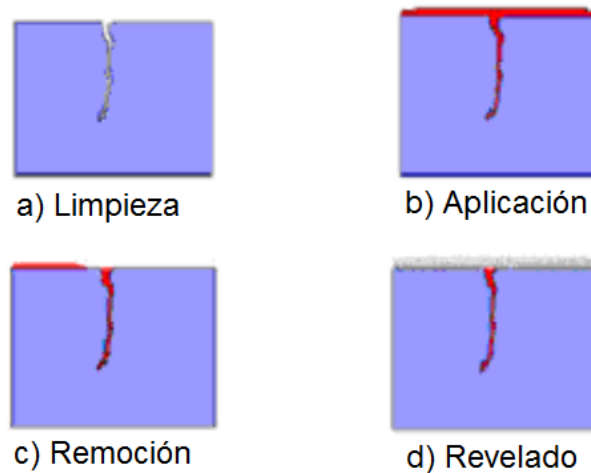
7.6 TINTAS PENETRANTES

El principio en el cual se basa la técnica de tintas penetrantes consiste en la capacidad de que dicho líquido pueda penetrar (por capilaridad, no por gravedad) y ser retenido en discontinuidades tales como fisuras y poros abiertos presentes en la superficie de del material. Generalmente usado en aleaciones no ferrosas, aunque también en materiales ferrosos y, en algunos casos en no metálicos.

Se debe tener en cuenta que antes de iniciar el procedimiento se debe preparar y limpiar la superficie del material que se va a analizar (**Figura 22.a**). Luego de tener la superficie limpia se aplica un líquido coloreado o fluorescente a la superficie en estudio, el cual penetra en cualquier discontinuidad que pudiera existir debido al fenómeno de capilaridad (**Figura 22.b**). Después de un determinado tiempo se remueve el exceso de líquido (**Figura 22.c**) y se provoca la absorción del líquido que

ha penetrado en las discontinuidades hacia la superficie del material a través del uso de un agente absorbente denominado Revelador y sobre la capa del revelador se delinea el contorno de estas discontinuidades (**Figura 22.d**).

Figura 22. Descripción del método tintas penetrantes



Fuente: "Elaboración de la documentación para la certificación del personal en el ensayo no destructivo de líquidos penetrantes con base en las normas ISO 17024 y ASNT CP189-2001" (MONTROYA, Mauricio. 2007)

8. CORROSIÓN DE LOS MATERIALES

La corrosión puede definirse como el deterioro de un material metálico producido por el ataque químico de su ambiente. Los metales son susceptibles a este ataque debido a que tienen electrones libres y pueden establecer celdas electroquímicas dentro de su estructura. La mayoría de los metales son corroídos hasta cierto grado por el agua, la atmósfera o por el ataque químico directo de las soluciones químicas e inclusive de metales líquidos. En consecuencia, la corrosión es un proceso destructivo en cuanto a lo que se refiere a la ingeniería y representa una enorme pérdida económica. Por tanto, el ingeniero debe trabajar para mantener el control y tratar de prevenir la corrosión.³⁵

La industria petrolera utiliza materiales metálicos para lograr extraer, transportar, procesar y almacenar los diferentes productos desde los pozos hasta los terminales de embarque, pasando por etapas de procesamiento y almacenamiento. Los efectos de la corrosión producen cada año pérdidas significativas en la industria, debido a que es uno de los principales problemas que afecta la vida útil de los equipos e instalaciones de la industria petrolera ocasionando el deterioro de los materiales metálicos en cada etapa asociada a la industria petrolera como son exploración, perforación, producción y refinación. Por lo general, estas estructuras se ven afectadas por los fenómenos de corrosión externa e interna.³⁶

³⁵ SMITH. Op. Cit., p. 719

³⁶ GIL, Linda. Corrosión en la industria del petróleo y el uso de tecnologías de recubrimientos como alternativa de protección. Departamento de Ingeniería Metalúrgica, Centro de Estudios de Corrosión de la Universidad Nacional Experimental Politécnica.

8.1 ALGUNOS TIPOS DE CORROSIÓN EN LA INDUSTRIA PETROLERA ³⁷

En operaciones de producción de aceite y gas, se observan frecuentemente fallas en las tuberías y las instalaciones provocadas por corrosión. Por esta razón, en la industria petrolera se suele clasificar el tipo de corrosión de acuerdo con el aspecto del metal corroído. Entre las que se presentan más frecuentemente en los campos se destacan:

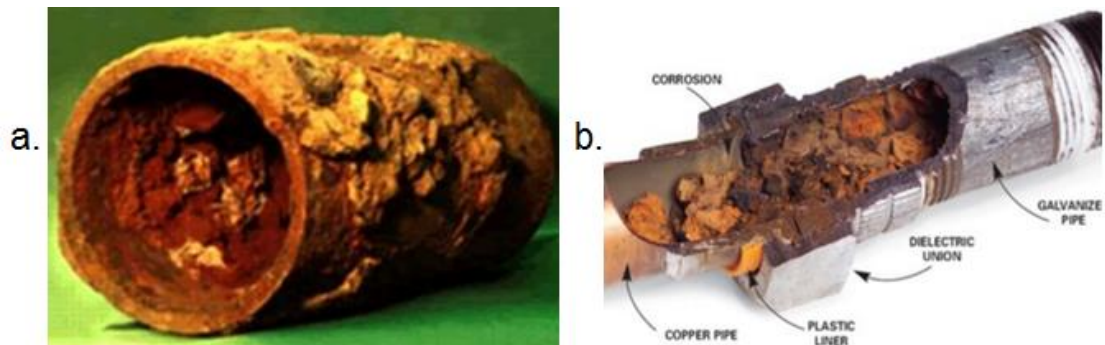
- ✓ **Ataque corrosivo uniforme**, se caracteriza por una reacción electroquímica o química que procede de manera uniforme sobre la superficie completa del metal expuesto al ambiente corrosivo.
- ✓ **Corrosión galvánica**, se presenta cuando al juntar metales distintos origina corrosión debido a la diferencia en su potencial electroquímico.
- ✓ **Corrosión por picaduras**, son una forma de ataque corrosivo localizado que produce hoyos o picaduras en un metal. Esta forma de corrosión es muy destructiva para las estructuras de ingeniería si llega a perforar el metal.
- ✓ **Corrosión por agrietamiento**, corrosión electroquímica localizada que puede ocurrir en las grietas y bajo superficies recubiertas donde sea posible que existan soluciones estancadas. Se presenta en muchos sistemas de aleaciones tales como aceros inoxidable y titanios, aleaciones de aluminio y cobre.
- ✓ **Corrosión intergranular**, es un ataque corrosivo localizado en las fronteras de grano de una aleación, esto provoca pérdida de resistencia de la aleación inclusive la desintegración en las fronteras de grano.

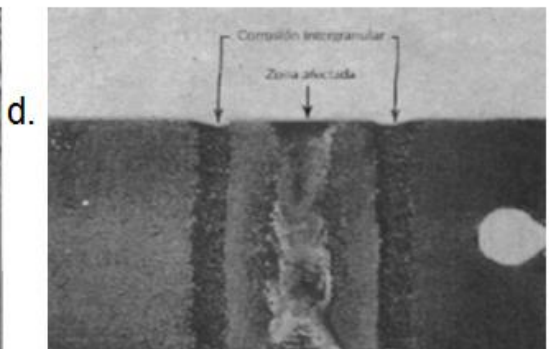
³⁷ SMITH. Op. Cit., p. 746.

- ✓ **Corrosión por esfuerzo**, se refieren a las grietas provocadas por los efectos combinados de esfuerzos por tensión y un ambiente de corrosión específico que actúa sobre el metal.
- ✓ **Corrosión por erosión**, ataque corrosivo a un metal debido al movimiento de un fluido corrosivo y de la superficie metálica. Se caracteriza por la aparición de huecos, valles, picaduras, hoyos redondeados y otras configuraciones de daño de la superficie metálica que suelen ocurrir en la dirección del flujo del fluido corrosivo.
- ✓ **Corrosión por cavitación**, resulta de la formación y el colapso de las burbujas de aire o de las cavidades llenas de vapor en un líquido cerca de una superficie metálica.
- ✓ **Corrosión por desgaste**. Los fragmentos metálicos entre las superficies en frotamiento se oxidan y algunas películas de óxido se desprenden por la acción de desgaste. En consecuencia, hay una acumulación de partícula de óxido que actúa como un abrasivo entre las superficies en frotamiento.

Figura 23. Algunos tipos de Corrosión en la industria.

- a. Uniforme. b. Galvánica. c. Por picaduras. d. Intergranular. e. Por erosión.
f. Por cavitación.





Fuente: slideplayer.es/slide/144737

9. METODOLOGÍA

Antes de desarrollar la herramienta multimedia, se debía tener en cuenta tres aspectos importantes. Primero, los objetivos planteados, los cuales establecían las fases a desarrollar durante la creación de la herramienta. Otro aspecto a tener en cuenta era la metodología y el criterio pedagógico a utilizar de manera que, al desarrollar el contenido temático de la asignatura, éste fuera atractivo y de fácil comprensión para los estudiantes. El tercer aspecto a tener en cuenta eran los sistemas de evaluación que se implementarían en la herramienta, con la finalidad de contribuir en el proceso de aprendizaje de los estudiantes.

Todos estos aspectos permitieron determinar el diseño a implementar para desarrollar una herramienta multimedia cuya función principal es brindar al estudiante un apoyo en el aprendizaje de la asignatura a través de un ambiente virtual, ofreciéndole elementos multimedia para facilitar la comprensión del contenido temático de la asignatura.

En primera estancia, se realizó una búsqueda de la información en diferentes fuentes bibliográficas, con el objetivo de actualizar el contenido de la asignatura. Luego de recopilada la información, se hizo una selección de la información teórica bajo el criterio de los conocimientos de ingeniería adquiridos y posteriormente se planeó el diseño de las aplicaciones multimedia a utilizar en la herramienta, siendo la gran mayoría de ellas inéditas.

Como segunda estancia, se solicitó un permiso en la Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de Materiales para realizar la gran mayoría de las prácticas de laboratorio incluidas en la temática de la asignatura Estructura y Propiedades de los Materiales; otorgado este permiso, se asistió a los diversos laboratorios donde se llevaron a cabo las prácticas de ensayos no destructivos y tratamientos térmicos, con la finalidad de, obtener registros fotográficos y vídeos que pudieran ser

utilizados como apoyo didáctico para facilitar la comprensión de la temática contenida en la asignatura, referente a las pruebas de laboratorio. Posteriormente, se editaron los vídeos teniendo en cuenta, técnicas de enseñanza que facilitaran el aprendizaje por parte de los estudiantes; las imágenes de los videos grabados, producidos y editados, en cuanto a prácticas de laboratorio se encuentran contenidas en el **Anexo B**.

Se solicitó un permiso al Dr. José Antonio Henao Martínez, director del laboratorio de Difracción de Rayos X de la Universidad Industrial de Santander, con el propósito de que permitiera el ingreso al laboratorio, para la toma de registro fotográfico de los equipos empleados para la Difracción de Rayos X; este permiso fue otorgado y el registro fotográfico se puede encontrar en el **Anexo C**.

También se tomaron otros registros fotográficos inéditos como complemento a la información recopilada, las cuales hacen referencia a las diferentes temáticas contenidas en la asignatura; estas imágenes puede encontrarlas en el **Anexo D**.

Recopilada finalmente toda la información teórica y multimedia, se procedió a realizar vídeos animados didácticos para la presentación de algunas secciones abordadas en el contenido, estas imágenes se encuentran en el **Anexo E**; finalmente, se procedió al diseño de la herramienta.

9.1 ANÁLISIS DEL PROYECTO

9.1.1 Objetivos planteados para el diseño de la herramienta multimedia

- Recopilar información de diferentes fuentes bibliográficas tomando como referencia el programa actualizado de la asignatura Estructura y Propiedades de los Materiales.

- Distribuir la información en la herramienta multimedia de manera clara y concisa, utilizando como soporte animaciones, registro fotográfico y videos, algunos de ellos inéditos.
- Implementar la plataforma Moodle como un método evaluativo de las habilidades y competencias de los estudiantes a través de exámenes y quices.
- Elaborar el manual de usuario para proporcionar instrucciones que faciliten el manejo de la herramienta.
- Verificar el buen funcionamiento de la herramienta multimedia mediante su ejecución experimental, con los estudiantes que actualmente se encuentran cursando la asignatura.
- Aplicar un instrumento estadístico a los estudiantes que participen en la ejecución de la herramienta multimedia con el fin de evaluar y retroalimentar el desempeño de la misma.

9.1.2 Características generales de la herramienta multimedia. La herramienta multimedia para el estudio de estructura y propiedades de los materiales está enfocada hacia los estudiantes de ingeniería de petróleos que cursen la asignatura estructura y propiedades de los materiales y para el docente de la misma, convirtiéndose en un material de apoyo de estudio para el estudiante y de apoyo en el proceso de enseñanza para el docente.

9.1.3 Contenido de la herramienta multimedia. La herramienta multimedia está constituida por siete secciones principales, las cuales abarcan el contenido de los siete capítulos del contenido temático de la asignatura estructura y propiedades de los materiales. Dentro de cada sección, se encuentran organizados los temas

correspondientes a cada capítulo, destacándose entre los más importantes el estudio de los diferentes tipos de materiales, características, propiedades y aplicaciones, la estructura interna de los materiales, sus propiedades y las diferentes pruebas y técnicas de inspección que permiten valorar la integridad de los materiales. Todo esto, para que el estudiante tenga un conocimiento general de los materiales utilizados en la industria petrolera y la mejor forma de seleccionarlos dependiendo de sus propiedades.

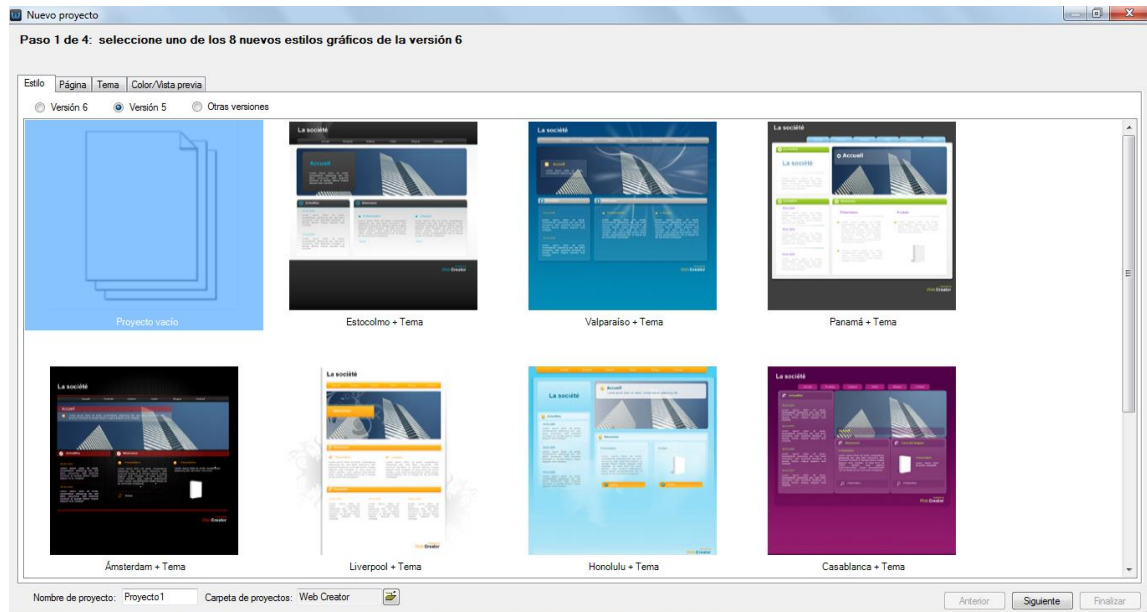
9.1.4 Criterios pedagógicos de la herramienta. El propósito de la herramienta es facilitar a los estudiantes una fuente confiable de información, que sea sintetizada, objetiva e interactiva. Los criterios pedagógicos están basados en la posibilidad de que el estudiante, mediante el uso de esta herramienta, pueda ser dueño de su proceso de aprendizaje, es por eso, que la herramienta multimedia posee un diseño de fácil acceso, que le permita al estudiante acceder a dicha información desde lugares distintos al aula de clase.

9.2 DISEÑO DE LA HERRAMIENTA

Luego de recopilar la información requerida en el plan de estudios de la asignatura, se procedió a realizar de diseño de la herramienta. Dicha herramienta se desarrolló en forma de una página web para facilitar el acceso de los estudiantes a la misma, sin necesidad de descarga o instalación de programas, que en ocasiones resulta tedioso o complicado para algunos. La herramienta fue desarrollada haciendo uso de “Web Creator Pro 6”, programa que permite la creación de sitios web sin necesidad de tener amplios conocimientos en informática o programación.

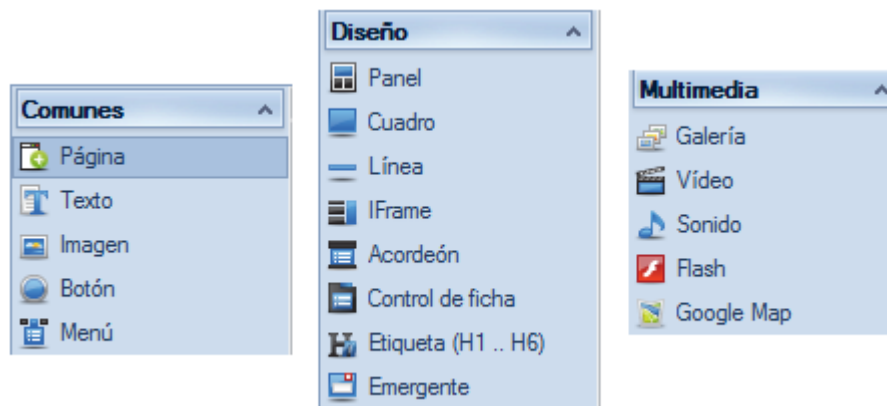
Al iniciar el programa, abrimos un nuevo proyecto donde tenemos la posibilidad de seleccionar una de entre las plantillas existentes o crear una plantilla con nuestro propio diseño. La plantilla seleccionada determina el diseño que va a tener la herramienta.

Figura 24. Selección de plantilla para la herramienta



Este programa contiene en la barra de herramienta los elementos virtuales (cuadros de texto, imágenes, vídeos, sonidos, animaciones Flash, entre otros), que se pueden insertar de manera sencilla para desarrollar una herramienta audiovisual.

Figura 25. Barra de herramientas Web Creator Pro 6



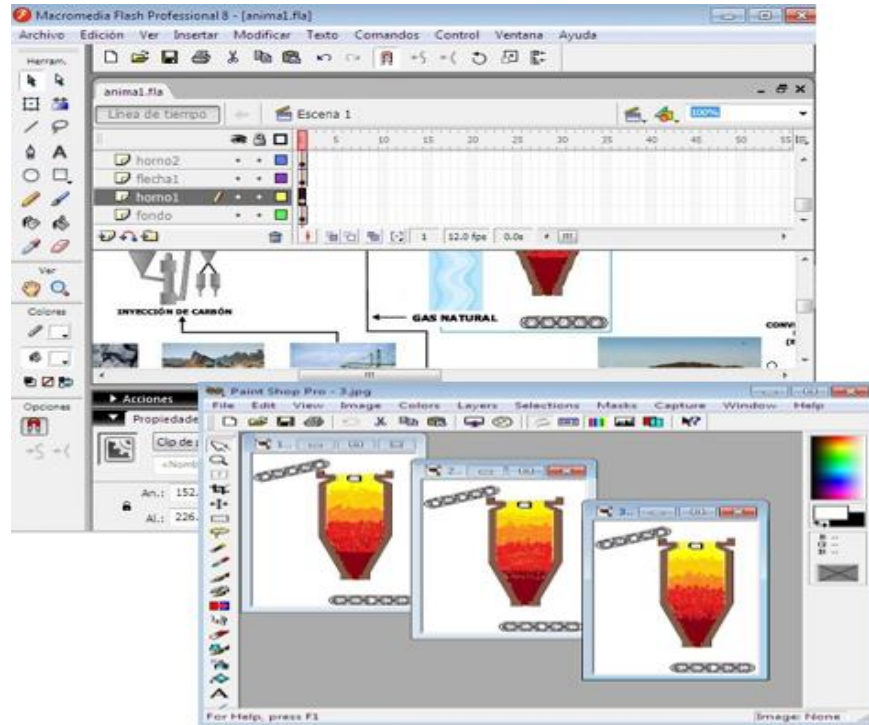
Luego de tener seleccionada la plantilla a utilizar, procedeos a la creación de la herramienta multimedia, insertando el texto correspondiente a cada temática con su respectivo apoyo audiovisual. Cabe resaltar, que para el desarrollo de la herramienta multimedia, el programa “Web Creator Pro 6” fue utilizado solo para organizar y dar estructura a la herramienta, tal y como se muestra en la figura.

Figura 26. Diseño de la interfaz de inicio de la herramienta



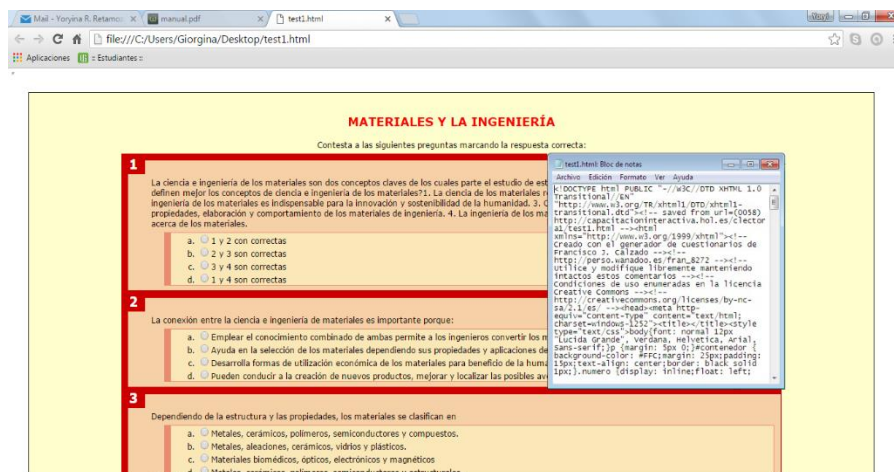
Para la creación de los elementos audiovisuales y los talleres se utilizaron diferentes herramientas. Por ejemplo, para la creación de imágenes que se observan en el **Anexo A**, se empleó “CorelDRAW X7”, para los procesos de secuencias en imagen creados para poder lograr la animación se utilizó “Paint Shop Pro”, y para animar la imagen mostrada en la **Figura 14** (Proceso de producción de hierro y acero), se utilizó el programa “Macromedia Flash Professional 8”, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 27. Creación de secuencia de imagen y animación



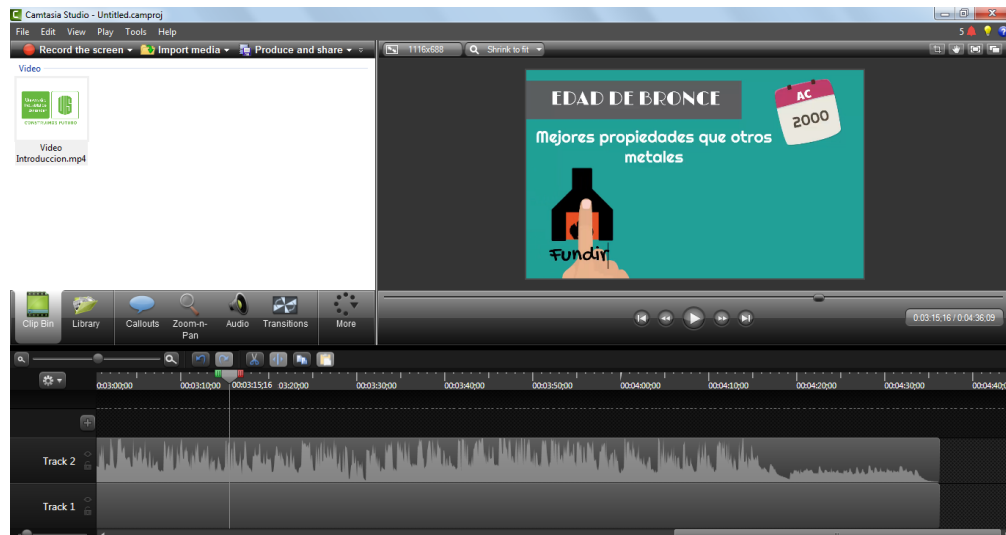
Actividades complementarias de la herramienta, tales como test o sopas de letras, fueron desarrolladas bajo el formato HTML, como el caso que se muestra en la siguiente figura.

Figura 28. Creación del Test



Para la creación y edición de vídeos se utilizó los programas de “Camtasia Studio” y “Windows Movie Maker 2012”. La mayoría de los vídeos incluidos en la herramienta multimedia son inéditos, los cuales documentaron pruebas realizadas en los laboratorios de la UIS para que los estudiantes tengan mayor comprensión de dichas pruebas.

Figura 29. Producción y edición de vídeos



9.3 MANUAL DE USUARIO

Esta herramienta multimedia no necesita ningún tipo de instalación, para acceder a ella solo se requiere que el estudiante se encuentre cursando la asignatura Estructura y Propiedades de los materiales.

9.3.1 Instrucciones para ingresar a la plataforma Moodle.

El acceso a esta herramienta se realiza por medio del Aula Virtual de Aprendizaje de la UIS, por lo cual es necesario que el estudiante ingrese a la página de la universidad y se desplace hasta el enlace ubicado en la parte superior derecha de la página tal y como se muestra en la **figura 30**.

Figura 30. Página principal UIS



Después de realizar clic en el enlace del Aula Virtual de Aprendizaje, el usuario será direccionado a la página que muestra la **figura 31**; el usuario para ingresar deberá colocar su nombre de usuario con su respectiva contraseña.

Figura 31. Página de ingreso al Aula Virtual de Aprendizaje.



Es importante leer las indicaciones que se encuentran en la página de ingreso del Aula Virtual de Aprendizaje, donde especifican según el tipo de usuario cual sería el nombre de usuario y contraseña a emplear para tener acceso a la plataforma.

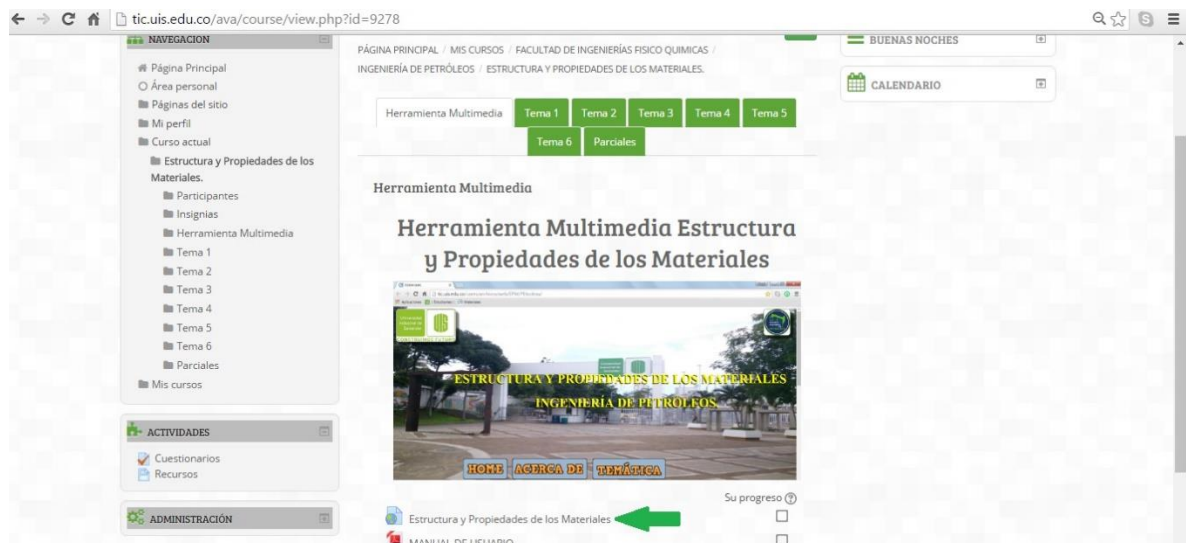
Al acceder al Aula Virtual de Aprendizaje, el usuario debe dirigirse a los cursos que se encuentra matriculado y seleccionar la asignatura Estructura y Propiedades de los Materiales.

Figura 32. Página de selección de los cursos matriculados.



Después de seleccionar la asignatura Estructura y Propiedades de los Materiales, el usuario será dirigido a la página que se muestra en la **Figura 33**.

Figura 33. Página del curso Estructura y Propiedades de los Materiales.



Para dirigirse a la herramienta, el usuario debe hacer clic al enlace que indica la flecha verde en la **Figura 33** e inmediatamente será conducido a la página de inicio de la herramienta que se muestra en la **Figura 34**.

Figura 34. Página de inicio de la herramienta multimedia.



9.3.2 Botones que constituyen la interfaz de Inicio de la herramienta multimedia.

Al acceder a la herramienta encontrará tres botones:

a) Botón “HOME”:

Figura 35. Botón “HOME”



Al hacer clic sobre él, lo conducirá a la página de inicio, donde encontrará la Justificación, Propósito y Competencias de la asignatura Estructura y Propiedades de los Materiales.

b) Botón “ACERCA DE”:

Figura 36. Botón “ACERCA DE”



Al realizar clic sobre este botón, será dirigido a una interfaz donde se desplegaran las siguientes tres opciones:

Figura 37. Opciones contenidas en “ACERCA DE”



La opción de “Inicio”, permitirá encontrar información acerca de los autores del proyecto y a la vez, la justificación y propósito que conllevo a la realización del mismo. La opción de “Introducción”, mostrará una breve presentación de la herramienta multimedia.

En la última opción que se despliega en esta sección, titulada “El docente”, podrá encontrar información acerca del perfil profesional del MSc. Oscar Rey Castellanos.

c) Botón “TEMÁTICA”

Figura 38. Botón “TEMÁTICA”



Realizando un clic sobre este botón, aparecerá un despliegue de siete opciones, clasificadas por los títulos que encabezan cada capítulo contenido en el plan de estudios de la asignatura Estructura y Propiedades de los Materiales.

Figura 39. Opciones de Temáticas.



Al seleccionar la temática de interés a revisar, encontrará un despliegue de opciones que contienen los títulos de los temas representativos de cada capítulo. A continuación, se observará en la **figura 40** una representación de este tipo de opciones, cuyos temas pueden variar según la temática seleccionada.

Figura 40. Esquema de casillas que contienen los temas de cada capítulo.



Al visualizar el prototipo de opciones del esquema anterior que contiene cada capítulo, podrá seleccionar el subtema que desea abordar, realizando un clic sobre la casilla que lo representa.

9.3.3 Instrucciones para la ejecución de los recursos didácticos y multimedia aplicados en las diversas temáticas, contenidas en la herramienta.

- a. En algunas secciones, la herramienta cuenta con el recurso de reproducir en audio el contenido de las lecturas. A continuación se puede observar en la **figura 41**, una demostración representativa de este tipo de aplicación multimedia.

Figura 41. Aplicación multimedia con reproducción de audio.



Para ejecutar el audio de esta aplicación, es necesario dar clic en el botón de reproducción.

Figura 42. Botón de reproducción.



b. En algunas secciones puede encontrar libros electrónicos.

Figura 43. Prototipo de libro electrónico No.1

En un material con **estructura cristalina**, los átomos se sitúan en una disposición repetitiva o periódica a lo largo de muchas distancias atómicas; es decir, existe un orden tal que al solidificar el material, los átomos se sitúan según un patrón tridimensional repetitivo, en el cual cada átomo está enlazado con su vecino más próximo. Debido a esto, la estructura ordenada de sus átomos, moléculas o iones tienen formas bien definidas. Ejemplos de materiales cristalinos son los metales, las aleaciones y algunos materiales cerámicos.

Los materiales con **estructura amorfa** presentan un arreglo de átomos de orden pobre o de corto alcance y no se identifican ni con la simetría ni la regularidad de los sólidos cristalinos. Los vidrios son buenos ejemplos de materiales amorfos. Estos materiales crecen, con frecuencia, una mezcla inusual y única de propiedades debido a que los átomos no están acomodados en arreglos regulares o periódicos.

CELDA UNITARIA

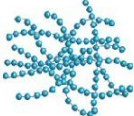
Askeland, D.R. (2004) define la celda unitaria como una *subdivisión de una red que sigue reteniendo las características generales de toda la red*. También es definida como una unidad de celda en el espacio que se repite.

SMITH, W.F. (2004) menciona que existen cuatro tipos básicos de celdas unitarias: sencilla, centrada en el cuerpo, centrada en las caras, y centrada en la base.

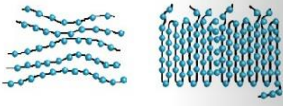
REDES ESPACIALES

La red espacial puede describirse como un ordenamiento tridimensional infinito de puntos. Cada punto en la red espacial tiene un entorno idéntico.

En un cristal ideal la agrupación de puntos de la red alrededor de uno cualquiera es idéntica a la agrupación en torno a otro punto de la red en la red espacial. SMITH, W.F. (2004)



Estructura amorfa termoplástica



Estructuras cristalinas termoplásticas (micelar y lamelar)

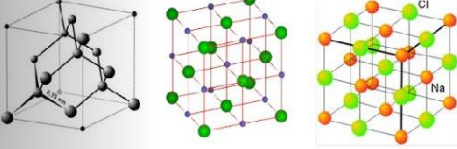


Figura 44. Prototipo de libro electrónico No.2



La ejecución de esta aplicación es realizando un clic en las esquinas inferiores de las páginas del libro. Para avanzar o retroceder la página debe acatar la indicación de las flechas que se encuentran en las esquinas inferiores del libro.

Figura 45. Flechas que indican dirección para retroceder/avanzar



(a) Flechas en el libro multimedia No.1. **(b)** Flechas en el libro multimedia No.2.

c. Algunas secciones cuentan con una aplicación para visualizar imágenes.

Figura 46. Aplicación para visualizar imágenes



Esta aplicación muestra las imágenes en una secuencia ordenada automáticamente, pero a su vez, contiene unos controles que permiten la ejecución de la aplicación según lo requiera el usuario.

A continuación se muestra un listado de los controles que se pueden ejecutar en esta aplicación.

- Control “Miniaturas”: Muestra todas las imágenes que se están reproduciendo, en tamaño miniatura.

Figura 47. Control “Miniaturas”



- Control de “Maximizar”: Permite observar la imagen en pantalla completa.

Figura 48. Control de “Maximizar”



- Control de “Final”: Permite visualizar la última imagen que se encuentra en el circuito.

Figura 49. Control de “Final”



- Control de “Inicio”: Muestra la primera imagen que conforma el circuito.

Figura 50. Control de “Inicio”



- Control de “Anterior”: Permite visualizar la imagen anterior.

Figura 51. Control de “Anterior”



- Control de “Siguiete”: Permite visualizar la siguiente imagen.

Figura 52. Control de “Siguiete”



- Control de “Pausar”: Permite pausar la reproducción automática de las imágenes.

Figura 53. Control de “Pausar”



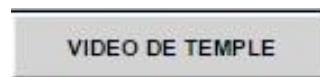
- Control de “Reproducir”: Permite continuar reproduciendo las imágenes en una secuencia ordenada, después de haber estado en pausa.

Figura 54. Control de “Reproducir”



- d. En algunas secciones se encuentran botones de aplicación multimedia para la reproducción de los vídeos.

Figura 55. Prototipo de botón empleado para reproducir algunos vídeos.



Para ejecutar este botón, basta con hacer un clic sobre él e inmediatamente conducirá al usuario a la reproducción y visualización del vídeo.

9.3.4 Instrucciones para desarrollar los talleres autoevaluativos que se encuentran en cada capítulo.

Al desplazarse a la sección de talleres autoevaluativos, encontrará diversos tipos, tales como:

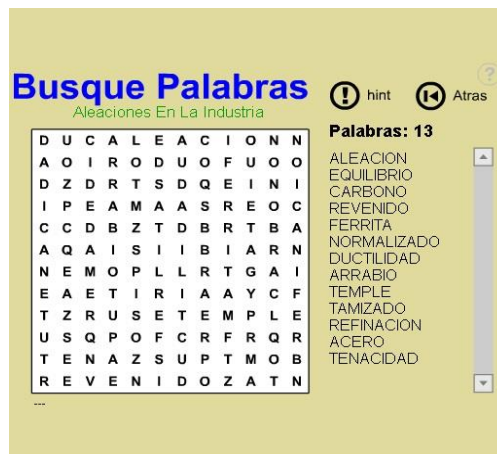
a. Sopa de letras:

Figura 56. Inicio – Sopa de letras



Para ejecutar la sopa de letras, se debe dar clic en la opción de “Inicio”, que se observa en la **figura 56**. Después de dar clic, aparecerá la sopa de letras con las palabras que deben ser buscadas por el usuario, las cuales se encontrarán listadas en el lateral derecho, tal y como lo indica la **figura 57**.

Figura 57. Sopa de letras



Al encontrar alguna palabra contenida en el listado, se debe seleccionar haciendo clic continuo desde el inicio hasta el final de la palabra. Si la palabra es seleccionada correctamente, inmediatamente será eliminada del listado; de lo contrario, se debe realizar clic nuevamente sobre la sopa de letras y de esa manera, se borra la selección errónea y se continúa la búsqueda hasta encontrar todas las palabras.

b. Test: Se encuentra representado mediante el ícono de la **figura 58**.

Figura 58. Ícono representativo del Test



Para ejecutar el test, debe hacer un clic sobre el ícono mostrado en la **figura 58**, el cual conducirá al usuario a una autoevaluación de preguntas con respuestas de selección múltiple.

A medida que se responde el cuestionario de preguntas, aparecerá si la selección fue correcta o incorrecta. Al finalizar el cuestionario, encontrará dos opciones:

- Obtener la **calificación final** de la prueba autoevaluativa.
- **Intentarlo de nuevo**, si dado el caso tuvo alguna respuesta incorrecta.

c. Emparejar palabras con su respectivo significado:

Para realizar este taller, debe dar clic en el concepto y deslizarlo hasta emparejarlo con la palabra que considere correcta.

Figura 59. Prototipo de taller de emparejamiento



Luego de finalizar el test de emparejamiento, el usuario podrá corroborar las respuestas haciendo clic sobre el ícono representado en la **figura 60**.

Figura 60. Ícono de verificación de respuestas en el taller de emparejamiento



d. Construir frases correctamente:

Figura 61. Taller de construcción de frases



En este taller encontrará palabras ubicadas de manera desordenada, con las cuales deberá construir una frase correcta. Esta frase debe evocar un concepto sobre la temática abordada durante el capítulo. Para construir la frase, debe hacer clic sobre las palabras en el orden que considere correcto; a medida que se va realizando clic sobre las palabras, se va conformando la frase.

Al finalizar la construcción de la frase debe corroborar si está conformada adecuadamente, haciendo clic sobre el ícono de la **figura 62**.

Figura 62. Ícono de verificación de frases



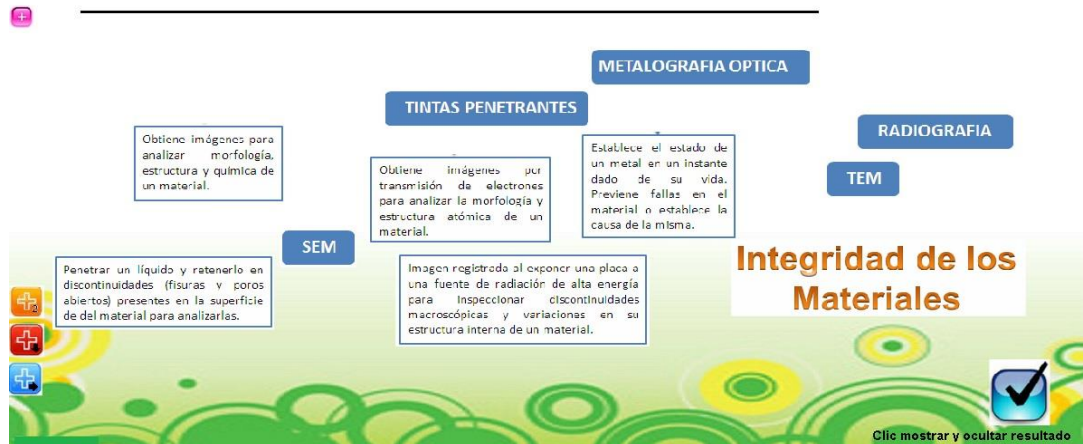
Si la construcción de la frase se ha realizado de manera correcta, aparecerá el ícono de la **figura 63**, el cual, al hacer clic sobre él, remitirá inmediatamente al usuario a construir la siguiente frase; de lo contrario, si la frase se ha conformado incorrectamente, se disolverá y habilitará la opción de poder construir nuevamente la frase de una manera correcta.

Figura 63. Ícono que remite a la siguiente frase



e. Mapa mental:

Figura 64. Taller Mapa mental



Para la elaboración del mapa mental, el usuario dispone de unos iconos que representan las herramientas necesarias para realizar conexiones entre palabras y conceptos, las cuales son ilustradas en la **figura 65**.

Figura 65. Íconos del taller mapa mental



Deberá hacer uso de las herramientas, conceptos y palabras adecuadamente para la su respectiva elaboración. Después de realizar el mapa mental, podrá verificar si ha esquematizado correctamente la información mediante un clic sobre el ícono que se encuentra en la **figura 66**.

Figura 66. Ícono de verificación del mapa mental



9.3.5 Botones adicionales de la herramienta multimedia.

- Botones de desplazamiento hacia adelante/hacia atrás: Permite en algunas aplicaciones animadas, retroceder o adelantar la animación.

Figura 67. Botones de desplazamiento en animaciones



- Botón de Taller: Permite trasladar al usuario a la sección de talleres autoevaluativos que contiene cada capítulo.

Figura 68. Botón que remite a la sección de talleres



10. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez terminado el diseño y montaje de la herramienta multimedia en la plataforma de la universidad, se quería observar la respuesta de los estudiantes al interactuar con la herramienta multimedia, para eso se realizó un sondeo luego de la presentación de para saber sus opiniones. Para eso, los estudiantes que cursaban la asignatura estructura y propiedades de los materiales fueron convocados a las instalaciones del CENTIC, donde se les presentó la herramienta.

Figura 69. Presentación de la herramienta en el CENTIC



A continuación, se observan los resultados de la encuesta aplicada a los estudiantes, las cuales fueron realizadas y tabuladas por “Google Drive” para garantizar la transparencia de dichos resultados.

Figura 70. Resultado de la encuesta: Pregunta 1

¿Cómo considera el acceso al contenido de la herramienta? (40 respuestas)

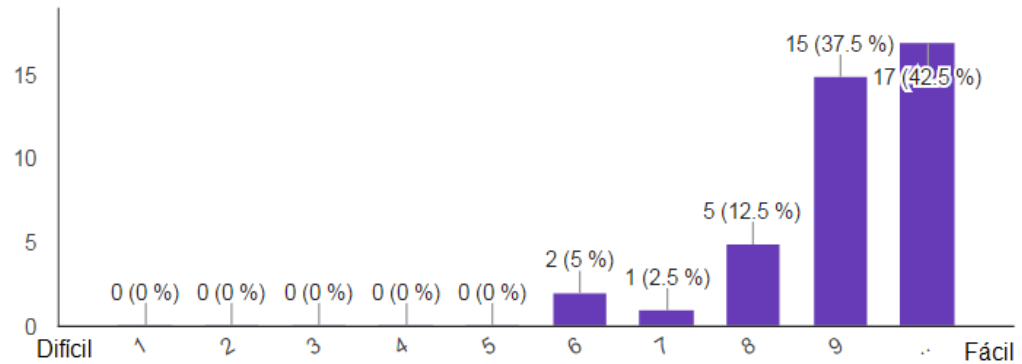


Figura 71. Resultado de la encuesta: Pregunta 2

¿La información expuesta en la herramienta es precisa y acorde a lo estipulado en el contenido temático de la asignatura?
(40 respuestas)

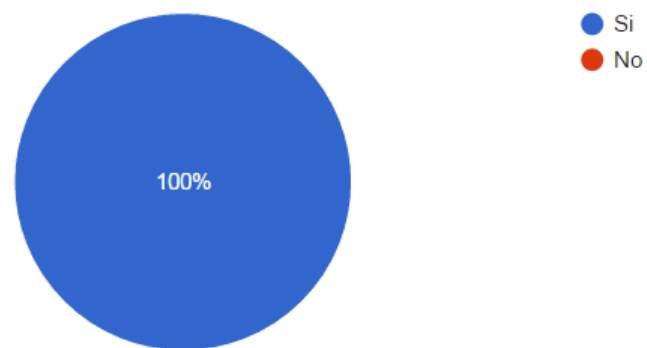


Figura 72. Resultado de la encuesta: Pregunta 3

¿El contenido de la asignatura se desarrolla de forma ordenada, coherente y posee una una secuencia lógica y bien estructurada?

(40 respuestas)

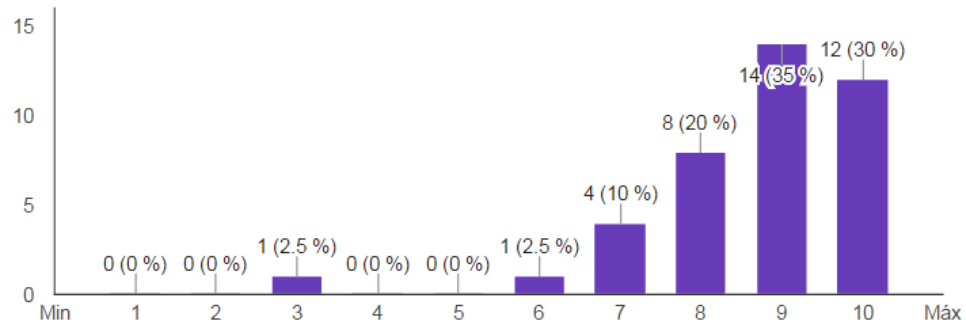


Figura 73. Resultado de la encuesta: Pregunta 4

¿Considera que los elementos multimedia incluidos en la herramienta, tales como imágenes, fotografías, vídeos y animaciones contribuyen a mejorar el entendimiento de la temática expuesta?

(40 respuestas)

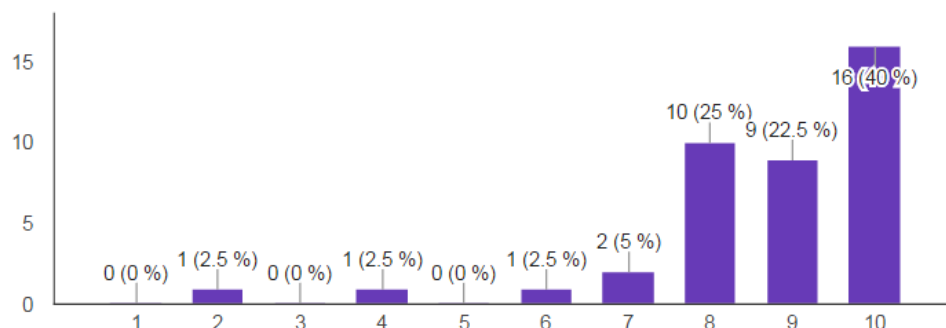


Figura 74. Resultado de la encuesta: Pregunta 5

¿Cómo considera el aporte realizado al documentar e ilustrar por medio de vídeos y registro fotográfico las diversas pruebas de laboratorio realizadas en la Universidad Industrial de Santander?

(40 respuestas)

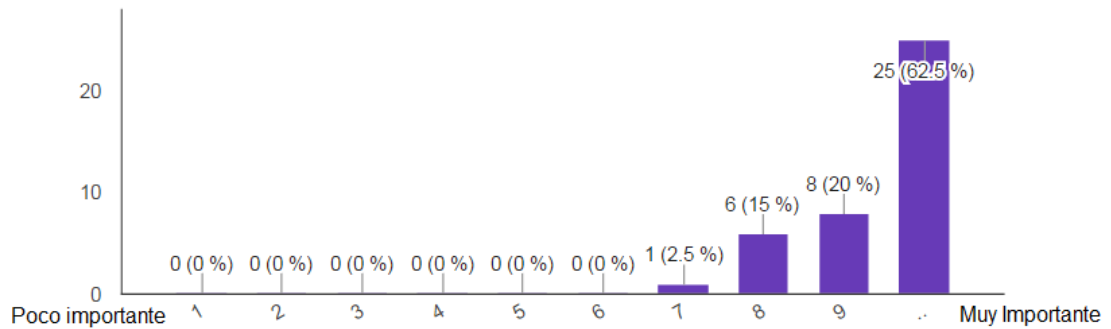


Figura 75. Resultado de la encuesta: Pregunta 6

¿Qué tan importante considera los talleres autoevaluativos que conforman cada capítulo para realizar una retroalimentación de la temática abordada?

(40 respuestas)

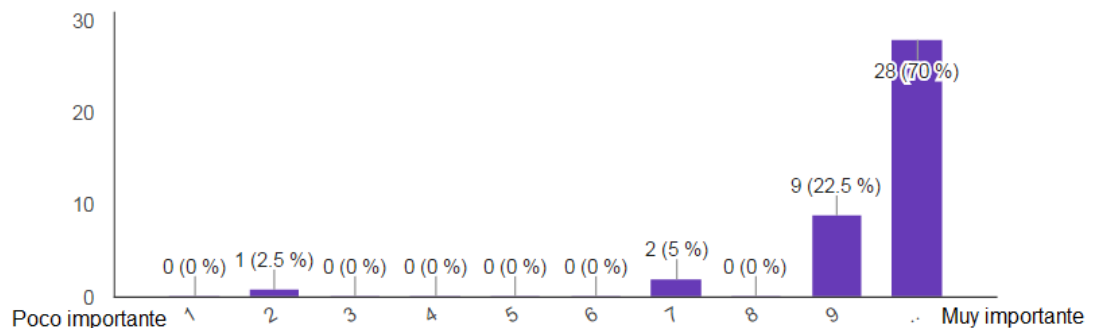


Figura 76. Resultado de la encuesta Pregunta 7

¿Considera que la herramienta cumple con las expectativas de las tres competencias que conforman la asignatura Estructura y Propiedades de los Materiales?

(40 respuestas)

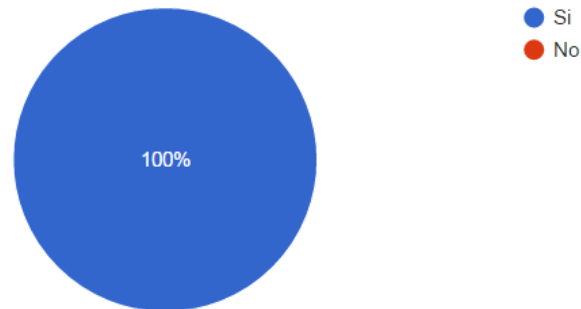


Figura 77. Resultado de la encuesta Pregunta 8

¿Considera el uso de este tipo de herramientas virtuales (TIC) como una alternativa que, con una buena orientación del docente, puede favorecer los procesos de enseñanza/aprendizaje?

(40 respuestas)

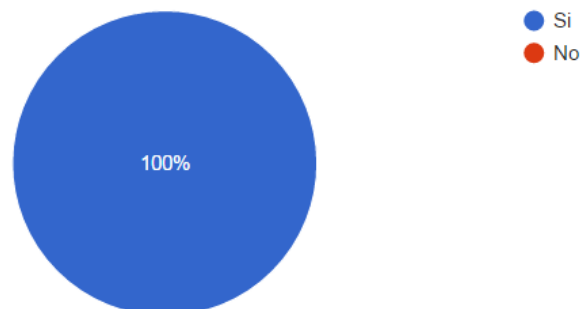
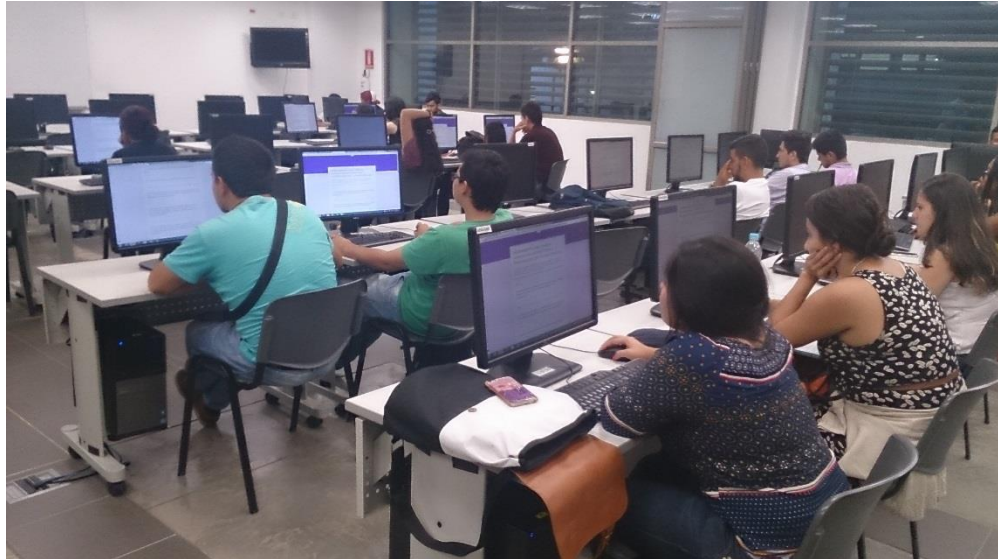




Figura 78. Aplicación de encuestas



11. CONCLUSIONES

- ✓ Esta herramienta fue creada para facilitar al estudiante el estudio de la temática que corresponde a la asignatura estructura y propiedades de los materiales a través de un sistema interactivo que permite la utilización de elementos multimedia tales como imágenes, fotografías, vídeos y animaciones.
- ✓ Se recopiló toda la información necesaria, logrando un completo abarcamiento de las temáticas contenidas en la asignatura Estructura y Propiedades de los Materiales.
- ✓ La herramienta fue diseñada en un formato de fácil manejo y acceso, en donde el estudiante podrá tener acceso a la herramienta desde cualquier sitio, solo necesita acceder al Aula Virtual de Aprendizaje con su código estudiantil y contraseña para ingresar a la herramienta sin necesidad de descargar o instalar ningún programa.
- ✓ A través de los vídeos documentados de las distintas pruebas realizadas en laboratorios de la UIS, el estudiante puede tener un mejor entendimiento de las principales técnicas de inspección que permiten valorar la integridad y las propiedades de un material.
- ✓ La encuesta realizada a los estudiantes que cursan esta asignatura determinó que esta herramienta ayuda al mejoramiento del proceso de aprendizaje debido a que permite reforzar los conocimientos adquiridos en el aula de clase.

12. RECOMENDACIONES

- Aunque la herramienta presenta una interfaz de fácil acceso, se recomienda a los estudiantes visualizar el manual de usuario antes de ejecutar la herramienta para que puedan visualizar los componentes empleados y la funcionalidad de los mismo.
- Es importante que se promueva el desarrollo de herramientas multimedia orientadas a las tecnologías de información y comunicación (TIC) en las asignaturas pertenecientes al plan de estudios de la Escuela de Ingeniería de Petróleos, con la finalidad de que sea un material de apoyo para mejorar el entendimiento de la asignatura que, mediante una buena orientación del docente, logre favorecer los procesos de enseñanza/aprendizaje.
- Al crear una herramienta multimedia orientada a las tecnologías de información y comunicación (TIC) que vaya a ser aplicada solamente para la enseñanza de una asignatura, es importante tener en cuenta las competencias de aprendizaje y basándose en ellas, poder dar un enfoque a la herramienta que cumpla con estos objetivos.
- Se sugiere realizar una extensión de la herramienta, agregando capítulos de las diferentes áreas de Ingeniería de Petróleos tales como perforación, producción, recobro, entre otras, donde se pueda profundizar más en esas temáticas, relacionándolas directamente con el entorno de los materiales; esto con el propósito de que la herramienta no sea sólo para la enseñanza de una asignatura, sino que permita ampliar los conocimientos de diferentes áreas de ingeniería de petróleo.

- En futuros proyectos, se recomienda llevar esta herramienta a una aplicación que pueda ser vista directamente desde dispositivos móviles, promoviendo así la herramienta como un medio de consulta para estudiantes e Ingenieros.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ✓ ASKELAND, D.R Ciencia e ingeniería de los materiales. 4ta edición, editorial Thompson, México, 2004.
- ✓ CALLISTER, W.D. Introducción a la Ciencia e ingeniería de los materiales. Editorial Reverté S.A, Barcelona, 1995.
- ✓ CARO, Karoll y ZAPATA, Dalgy. Desarrollo de una herramienta multimedia como alternativa aprendizaje-enseñanza de lodo de perforación. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 2014.
- ✓ CLAVIJO, Josué. Caracterización de materiales a través de medidas de microscopia electrónica de barrido (SEM), Universidad de América, Bogotá, 2013.
- ✓ COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS, Comunicación de la comisión al consejo y al parlamento europeo. Tecnologías de la información y de la comunicación en el ámbito del desarrollo. El papel de las Tic en la política comunitaria de desarrollo. Bruselas, 2001.
- ✓ INZUNSA C, et al. Asignatura Virtual como Herramienta de Apoyo en la Enseñanza Universitaria de Ciencias Básicas: Implementación y Satisfacción de los Estudiantes. En: Formación universitaria. Marzo, 2012.
- ✓ GIL, Linda. Corrosión en la industria del petróleo y el uso de tecnologías de recubrimientos como alternativa de protección. Departamento de Ingeniería Metalúrgica, Centro de Estudios de Corrosión de la Universidad Nacional Experimental Politécnica.

- ✓ MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. [Sitio web] Artículo “Educación virtual o educación en línea”. 2009. [Consulta: mayo 25 de 2016]. Disponible en: <http://www.mineducacion.gov.co/1621/article-196492.html>
- ✓ MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. Nacional [Sitio web]. Artículo “Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC) Una llave maestra”. 2004. [Consulta: mayo 25 de 2016]. Disponible en: <http://www.mineducacion.gov.co/1621/article-87401.html>
- ✓ MONTOYA, Mauricio. Elaboración de la documentación para la certificación del personal en el ensayo no destructivo de líquidos penetrantes con base en las normas ISO 17024 y ASNT CP189-2001, 2007.
- ✓ MUÑOZ, S. Microscopia electrónica de transmisión y difracción de electrones de polímeros. Universidad de Catalunya, 1991
- ✓ NACE INTERNATIONAL. Corrosión Interior de Ductos. Tomo I. 2011.
- ✓ ROSARIO, Jimmy. La Tecnología de la Información y la Comunicación (TIC). Su uso como Herramienta para el Fortalecimiento y el Desarrollo de la Educación Virtual, 2005.
- ✓ SANCHEZ, María y CAMPOS, Iván. Tecnología de Materiales, Editorial Trillas, México, 2010.
- ✓ SMITH, W.F. Fundamentos de la ciencia e ingeniería de los materiales, McGraw Hill, Madrid, 2004.
- ✓ UNIVERSIDAD DE MÁLAGA. Ampliación de Química Inorgánica. Parte II: Técnicas estructurales, 5to curso. 2004-2005.

- ✓ VANEGAS, Daniel y GONZALEZ, Christian. Herramienta multimedia para el estudio del área de perforación de pozos en el programa académico de ingeniería de petróleos. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 2010.

[1] Referencias de la **Figura 14**. “Proceso de producción de hierro y acero”

- (1) Nombre de la imagen: “Iron ore flakes”. Autor: Lars Hammar
 Perfil de autor: <https://www.flickr.com/photos/7603557@N08/>
 Link de descarga: <https://www.flickr.com/photos/7603557@N08/1195127627/>
 Licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.0/>

- (2) Nombre de la imagen: “TRUCKS MOVING IRON ORE”. Autor: TCL 1961
 Perfil del autor: https://www.flickr.com/photos/t_lawrie/
 Link de descarga: https://www.flickr.com/photos/t_lawrie/320876216/
 Licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.0/>

- (3) Nombre de la imagen: “More Conveyors”. Autor: Liam Wilde
 Perfil del autor: https://www.flickr.com/photos/bean_baker/
 Link de descarga: https://www.flickr.com/photos/bean_baker/8720412826
 Licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.0/>

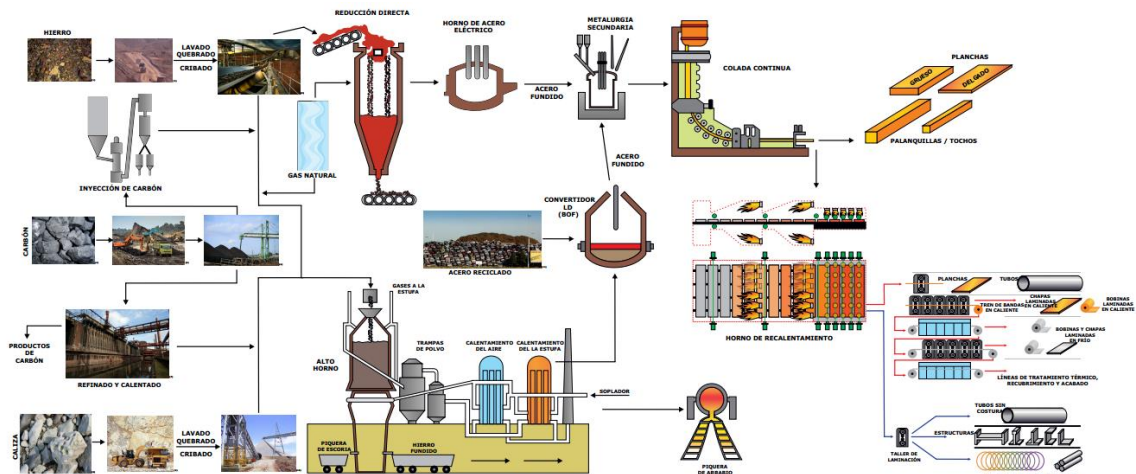
- (5) Nombre de la imagen: “Coal mining”. Autor: Parolan Harahap
 Perfil del autor: <https://www.flickr.com/photos/parolanharahap/>
 Link de descarga: <https://www.flickr.com/photos/parolanharahap/13141654054>
 Licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/>

- (6) Nombre de la imagen: “Coal conveyor”. Autor: Parolan Harahap
 Perfil del autor: <https://www.flickr.com/photos/parolanharahap/>
 Link de descarga: <https://www.flickr.com/photos/parolanharahap/13689950894>
 Licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/>

- (7)** Nombre de la imagen: “Coke Ovens”. Autor: Andrew Black
Perfil del autor: <https://www.flickr.com/photos/andrewb47/>
Link de descarga: <https://www.flickr.com/photos/andrewb47/5494698821>
Licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.0/>
- (8)** Nombre de la imagen: “bowling?”. Autor: Peeter Marvet
Perfil del autor: <https://www.flickr.com/photos/petskratt/>
Link de descarga: <https://www.flickr.com/photos/petskratt/2446405717>
Licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.0/>
- (9)** Nombre de la imagen: “Open cut limestone mining near Bathurst NSW”.
Autor: NSW DPI
Perfil del autor: <https://www.flickr.com/photos/landlearnsw/>
Link de descarga: <https://www.flickr.com/photos/landlearnsw/2897047403>
Licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.0/>
- (10)** Nombre de la imagen: “Crushed limestone”. Autor: NSW DPI
Perfil del autor: <https://www.flickr.com/photos/landlearnsw/>
Link de descarga: <https://www.flickr.com/photos/landlearnsw/3676889467>
Licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.0/>
- (11)** Nombre de la imagen: “Schnitzer Steel”. Autor: Luxomedia
Perfil del autor: <https://www.flickr.com/photos/videolux/>
Link de descarga: <https://www.flickr.com/photos/videolux/294733667>
Licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.0/>

ANEXOS

ANEXO A. Producción de hierro y acero

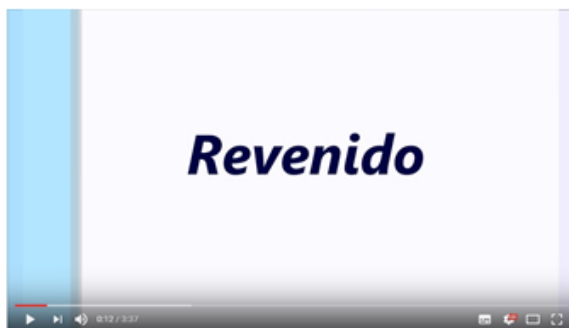


ANEXO B. Vídeos de las pruebas realizadas en laboratorios UIS.

Anexo B-1. Imagen de Introducción de los vídeos realizados para pruebas de laboratorio.

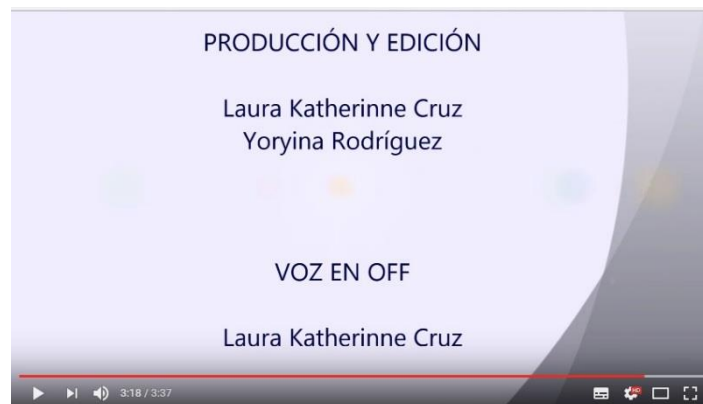


Anexo B-2. Imágenes de vídeos realizados para pruebas de laboratorio.

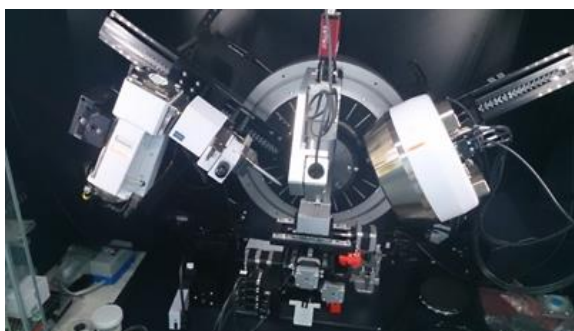


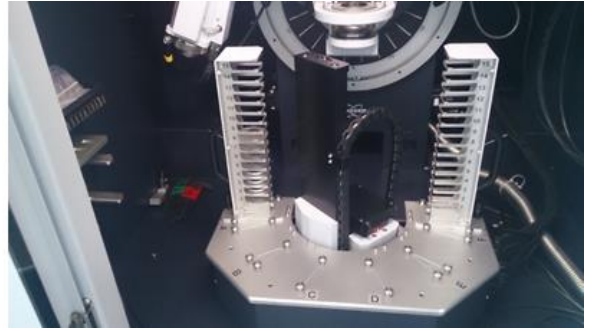
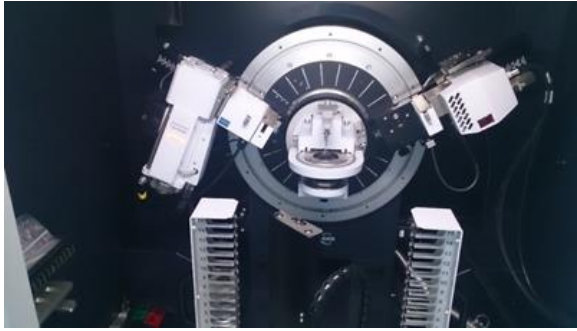


Anexo B-3. Imagen de créditos finales empleados en los vídeos de pruebas de laboratorio.



ANEXO C. Equipos de Difracción de Rayos X.





ANEXO D. Algunas de las imágenes inéditas contenidas en la herramienta.

Anexo D-1. Cúbilote de la Universidad Industrial de Santander.



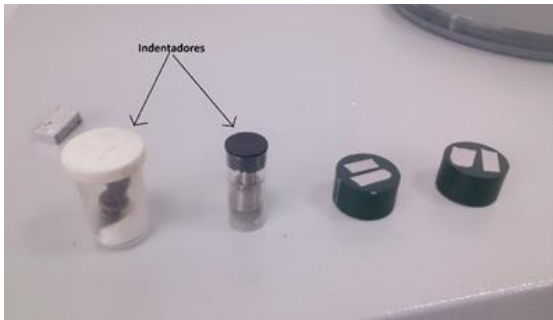
Anexo D-2. Imágenes de Hornos empleados para Tratamientos Térmicos.



Anexo D-3. Imágenes de la práctica de laboratorio de Tintas Penetrantes.

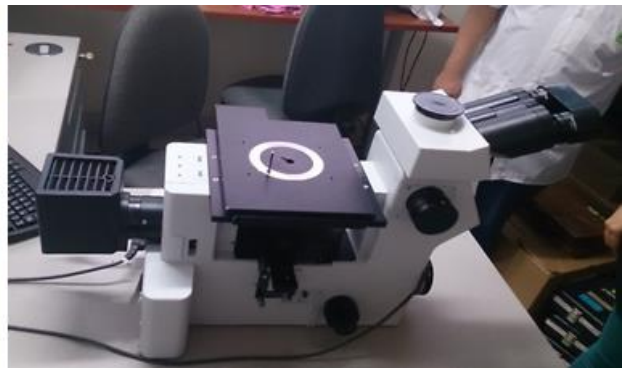


Anexo D-4. Imágenes de Prueba de laboratorio de Dureza.



Anexo D-5. Imágenes de pruebas de laboratorio de Metalografía Óptica.





Anexo D-6. Imagen de prueba de laboratorio de Ultrasonido



Anexo D-7. Imágenes de laboratorios de tratamientos térmicos.



ANEXO E. Algunas imágenes de vídeos animados inéditos, elaborados con fines didácticos.





ANEXO F: Contenido temático estructura y propiedades de los materiales

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UNIDAD ACADÉMICA ESCUELA DE INGENIERIA DE PETRÓLEOS			
Estructura y propiedades de los materiales			
Código:		Número de Créditos: 3	
Intensidad horaria semanal o horario por periodo			Requisitos
TAD 3		TI	
Teóricas 3	Prácticas 0		
Talleres:		Laboratorio: Teórico - Práctica: 3	
Justificación			
<p>En la formación de los Ingenieros de Petróleos es importante que tenga conocimientos básicos referentes a la Estructura y Propiedades de los Materiales. El estudiante debe poseer las bases necesarias referentes a los tipos de materiales que existen y su aplicación en su profesión. Para ello necesita conocer las propiedades de los materiales, los enlaces que los forman, el ordenamiento interno, las propiedades eléctricas, mecánicas y térmicas y su relación con su estructura constitutiva. Además se busca relacionar la teoría pura de la asignatura con la evaluación de las técnicas más usadas de inspección en la Industria de los Hidrocarburos que en últimas son con las que van a tener un contacto más directo cuando estén enfrentados a situaciones más reales propias del ejercicio de su profesión.</p>			
Objetivos de aprendizaje o competencias			
<ul style="list-style-type: none"> • Introducir a los estudiantes en el estudio de los diferentes tipos de materiales usados en ingeniería, sus características propiedades y aplicaciones. • Conocer las propiedades y la estructura interna de los materiales más usados en la Industria de los hidrocarburos. 			

- Reconocer las principales técnicas de inspección que permiten valorar la integridad de los materiales.

Contenidos

1. INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA DE LOS MATERIALES

- Los materiales y la ingeniería
- Ciencia de los materiales
- Tipos de materiales
- Competencia entre los materiales
- Avances y tecnología de los materiales
- Materiales inteligentes
- Nano materiales
- Diseño y selección de materiales

2. ESTRUCTURA ATOMICA Y ENLACES

- Estructura de los átomos
- Números y masas atómicas
- Tipos de enlaces atómicos
- Enlace iónico, covalente, metálico, mixtos.

3. ESTRUCTURA CRISTALINA Y AMORFA EN LOS MATERIALES

- Celda unitaria
- Redes espaciales
- Sistemas cristalinos
- Redes de Bravais
- Estructuras BCC, FCC, HCP
- Índices de Miller
- Planos cristalográficos
- Polimorfismo y alotropía
- Materiales amorfos

4. PROPIEDADES MECANICAS DE METALES

- Metales y aleaciones
- Fundición de materiales
- Tensión y deformación en metales
- Ensayo de tracción
- Dureza, ensayos de dureza
- Esfuerzo deformación, fractura, fatiga, fallas.

5. ALEACIONES MAS USADAS EN INGENIERIA DE PETROLEOS

- Producción de hierro y acero
- Sistema hierro-carbono (diagrama de equilibrio)
- Tratamientos térmicos
- Aleaciones más usadas en ingeniería

6. INTEGRIDAD DE MATERIALES EN LA INDUSTRIA DE LOS HIDROCARBUROS

- Técnicas de evaluación en materiales: metalografía óptica, microscopía electrónica de barrido (SEM), microscopía electrónica de transmisión (TEM), radiografía industrial, ultrasonido, tintas penetrantes

TEMA ESPECIAL COMPLEMENTARIO

7. CORROSIÓN DE MATERIALES

- En tuberías de transporte y distribución de crudo.
- En tubing y casing
- En Tanques de almacenamiento
- En el proceso de refinación

Estrategias de enseñanza y aprendizaje

Se realiza trabajo de acompañamiento directo al estudiante y el apoyo al trabajo independiente con estrategias de enseñanza - aprendizaje en función del conocimiento, aptitudes, habilidades y valores que se aspira desarrollen y potencialicen en el curso garantizando un verdadero aprendizaje colaborativo e interactivo.