

UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO									
NOMBRE DE LA ENTIDAD:	CAMPUS LEÓN; DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍAS								
NOMBRE DEL PROGRAMA EDUCATIVO	Licenciatura en Ingeniería Química								
NOMBRE DE LA MATERIA:	Balance de Materia y Energía				CLAVE:		GIBME-03		
FECHA DE ELABORACIÓN:	22 de Mayo de 2011				HORAS/SEMANA/SEMESTRE				
FECHA DE ACTUALIZACIÓN:									
ELABORÓ:	José Antonio Reyes Aguilera								
PRERREQUISITOS:					TEORÍA:		3		
CURSADA Y APROBADA:	Ninguna				PRÁCTICA:		2		
CURSADA:	Ninguna				CREDITOS:		8		
CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA									
POR EL TIPO DE CONOCIMIENTO:	DISCIPLINARIA	X	FORMATIVA		METODOLÓGICA				
POR LA DIMENSIÓN DEL CONOCIMIENTO:	ÁREA BÁSICA		ÁREA GENERAL	X	ÁREA PROFESIONAL				
POR LA MODALIDAD DE ABORDAR EL CONOCIMIENTO	CURSO	X	TALLER		LABORATORIO				
POR EL CARÁCTER DE LA MATERIA:	OBLIGATORIA	X	RECURSABLE		OPTATIVA		SELECTIVA		SEMINARIO
ES PARTE DE UN TRONCO COMÚN O MATERIAS COMUNES	SI		NO	X					
COMPETENCIA(S) GENERAL(ES) DE LA MATERIA:									
<ol style="list-style-type: none"> 1.- Aplicar los conocimientos de química, estequiometría y equilibrio químico a procesos de separación y transformación química. 2.- Aplicar los conocimientos de termodinámica a procesos de transformación de fase para determinar composiciones y estado de equilibrio. 3.- Aprender los conceptos de proceso, sistema abierto, sistema cerrado, entorno. 4.- Identificar y clasificar los distintos tipos de procesos existentes y la manera de abordar cada uno de ellos para su resolución. 5.- Establecer relaciones matemáticas que representen los procesos de separación y/o cambios químicos de la materia, atendiendo a la ley de conservación de la masa, y resolverlos. 6.- Aprender y aplicar distintas estrategias para realizar balances de materia en procesos de una sola etapa y en múltiples etapas. 7.- Manejar y ejecutar programas computacionales para resolver sistemas lineales y no lineales para procesos complejos. 8.- Buscar, analizar y aplicar información técnica y científica mediante gráficas, tablas, cartas, ecuaciones y procesos de estimación para obtener datos confiables y pertinentes relativos a la realización de balances de materia y energía. 9.- Comprender y aplicar los conceptos de energía potencial, energía cinética, calor, trabajo, energía interna, entalpía y aplicarlas para establecer relaciones entre ellas y realizar balances de energía. 10.- Estudiar y aplicar los conceptos de humedad, saturación. 11.- Aprender y aplicar distintas estrategias para realizar balances de materia y energía de manera simultánea. 									
CONTRIBUCIÓN DE LA MATERIA AL LOGRO DEL PERFIL POR COMPETENCIAS:									
<ol style="list-style-type: none"> 1.- Demostrar una comprensión profunda de los conceptos y principios fundamentales de física y química. 2.- Buscar, interpretar y utilizar información bibliográfica, en inglés y español. 4.- Analizar sistemas utilizando balances de materia y energía. 5.- Simular e integrar procesos y operaciones industriales. 9.- Establecer la viabilidad de un proyecto. 18.- Participar en actividades profesionales relacionadas con tecnologías de alto nivel, sea en el laboratorio o en planta industrial. 23.- Capacidad de reconocer e incorporar las demandas del contexto en la concepción, diseño, implementación, operación y control de sistemas, equipos y procesos químicos. 									

PRESENTACIÓN DE LA MATERIA

La asignatura de balance de materia y energía es la integración natural de los conocimientos adquiridos de química, fisicoquímica, estequiometría y equilibrio químico y termodinámica. El curso está consta de seis bloques temáticos que se dividen en cuatro etapas en las cuales, el alumno integra los conceptos aprendidos en las materias anteriormente mencionadas y, aprende a aplicarlos a procesos de separación con y sin transformación química. Para ello toma como marco las leyes de la conservación de la masa y la energía.

La primera etapa del curso comprende el manejo y homologación de unidades y parámetros termodinámicos para que estos puedan ser usados en los balances de materia y energía.

La segunda parte del curso comprende aplicación de reglas estequiométricas de manera sistematizada, en la cual se integra la ley de la conservación de la masa como herramienta principal, para describir los diferentes flujos que entran y salen de un proceso. Se estudian los procesos con y sin reacción química mediante tres diferentes metodologías de análisis para describir dichos procesos.

La tercera parte del curso comprende el análisis de las diferentes formas de energía implicadas durante el proceso de separación y/o transformación química. Se estudian las variaciones energéticas durante el proceso y se determina la energía que se requiere aplicar al sistema para realizar el proceso o, en caso contrario, la energía que es necesario evacuar del sistema y su manera de aprovecharla en procesos paralelos o alternos.

Finalmente, la cuarta etapa consiste en llevar a cabo los balances de materia y energía de manera simultánea.

RELACIÓN CON OTRAS MATERIAS DEL PLAN DE ESTUDIOS

El contenido de esta materia conlleva cálculos que implican conceptos químicos y termodinámicos así como de estequiometría y de equilibrio químico adquiridos en los cursos de: Química general, Química Inorgánica descriptiva, Estequiometría y Equilibrio Químico y, Termodinámica.

Además, requiere como herramientas para el cálculo conocimientos matemáticos adquiridos en: Cálculo diferencial, Cálculo integral y Ecuaciones diferenciales ordinarias.

Fundamenta los conceptos a desarrollar en materias como: Ingeniería de reactores homogéneos, Transferencia de masa, Transferencia de calor, Procesos de separación y Diseño de procesos.

NOMBRE DE LA UNIDAD TEMÁTICA/BLOQUE TEMÁTICO:	I.- Sistemas de unidades y procesos químicos.	TIEMPO ESTIMADO PARA DESARROLLAR LA UNIDAD TEMÁTICA	7 horas
---	---	---	---------

COMPETENCIAS A DESARROLLAR	SABERES			EVIDENCIAS DE DESEMPEÑO	
	CONOCIMIENTOS	HABILIDADES	ACTITUDES	DIRECTA	POR PRODUCTO
1.-Comprender y manejar los diferentes sistemas de unidades empleados en la medición de variables termodinámicas.	Unidades fundamentales y derivadas del Sistema Internacional (SI) y Sistema Ingles de Ingeniería.	Identificar y manejar los diferentes sistemas de unidades empleados comúnmente en la ingeniería química. Realizar conversión de unidades entre los distintos sistemas empleados en ingeniería química.	Trabajar en equipo. Apertura al diálogo y negociación para designar tareas, funciones y cargas de trabajo de manera	Participación en clase. Ejercicios en pizarrón.	Tareas. Trabajos. Examen.
2.-Comprender y manejar el	Principio de homogeneidad				

<p>concepto de proceso químico.</p> <p>3.-Comprender las propiedades físicas y químicas de una sustancia involucradas en el desarrollo de un proceso.</p> <p>4.-Comprender y manejar los diagramas generales para representar diferentes procesos de transformación empleados para realizar separaciones y reacciones químicas en la ingeniería química.</p>	<p>dimensional.</p> <p>Concepto de proceso.</p> <p>Destilación.</p> <p>Extracción.</p> <p>Filtración.</p> <p>Variable de proceso (Temperatura, presión, composición en masa y molar, volumen, volumen específico, densidad, densidad relativa, gravedad específica), línea de proceso.</p> <p>Simbología en Ingeniería Química.</p> <p>Diagramas de flujo.</p>	<p>Identificar las propiedades físicas y químicas involucradas en la separación y transformación de sustancias dentro de un proceso y correlacionarlas con variables de proceso medibles.</p> <p>Determinar las variables de proceso que definen la composición y condición de una sustancia dentro de un proceso o línea de proceso.</p> <p>Expresar el comportamiento de una variable de proceso como una función matemática que involucren parámetros de fácil medición.</p> <p>Construir diagramas de flujo que representen la secuencia de separación o transformación de una sustancia de interés.</p>	<p>individual y en equipo.</p> <p>La autocrítica.</p> <p>La tolerancia.</p> <p>El desarrollo de estrategias para la solución de problemas.</p> <p>El compromiso para mantener actualizada la formación científica.</p> <p>El fortalecimiento de correctos hábitos de estudio.</p>	<p>Portafolio de evidencias.</p>
--	--	--	---	----------------------------------

NOMBRE DE LA UNIDAD TEMÁTICA/BLOQUE TEMÁTICO:	II.- Balance de materia sin reacción química.	TIEMPO ESTIMADO PARA DESARROLLAR LA UNIDAD TEMÁTICA	13 horas
---	---	---	----------

COMPETENCIAS A DESARROLLAR	SABERES			EVIDENCIAS DE DESEMPEÑO	
	CONOCIMIENTOS	HABILIDADES	ACTITUDES	DIRECTA	POR PRODUCTO
<p>1.-Demostrar una comprensión profunda sobre las propiedades fisicoquímicas de sustancias y mezclas de sustancias y su dependencia de las variables de presión y temperatura.</p> <p>2.-Demostrar solvencia en identificar y definir a un sistema fisicoquímico y su entorno.</p> <p>3.-Demostrar solvencia en la</p>	<p>Proceso intermitente o por lotes, proceso continuo y proceso semi-continuo.</p> <p>Concepto sistema.</p> <p>Concepto de entorno o frontera del sistema.</p> <p>Concepto de unidad de proceso.</p> <p>Ley de conservación de la masa.</p> <p>Ecuación general de</p>	<p>Emplear la ley de la conservación de la masa para establecer de manera eficiente las expresiones matemáticas que describan el balance de materia a sistemas simples y múltiples.</p> <p>Comprender el efecto que tiene la modificación de una variable de proceso sobre el proceso de separación global.</p> <p>Analizar y clasificar el tipo de proceso de estudio y aplicar la metodología adecuada para resolver el sistema de ecuaciones</p>	<p>Trabajar en equipo.</p> <p>Apertura al diálogo y negociación para designar tareas, funciones y cargas de trabajo de manera individual y en equipo.</p> <p>La autocrítica.</p> <p>La tolerancia.</p> <p>El desarrollo de estrategias para la solución de problemas.</p>	<p>Participación en clase.</p> <p>Ejercicios en pizarrón.</p>	<p>Tareas.</p> <p>Examen</p> <p>Proyecto</p> <p>Portafolio de evidencias.</p>

<p>aplicación de balances de materia a procesos de separación por métodos fisicoquímicos.</p> <p>4.-Comprender los efectos del empleo de recirculación y purgado en el logro objetivos de rendimientos, pureza de productos y/ continuidad de operación de procesos.</p>	<p>balance de materia.</p> <p>Balance diferencial.</p> <p>Balance integral.</p> <p>Balance sobre una unidad de proceso y en múltiples unidades de proceso.</p> <p>Recirculación y purgado.</p>	<p>generado.</p> <p>Resolver sistemas lineales y no lineales por medio de aproximaciones matemáticas y, mediante el empleo de software especializado (E-Z Solve, Matlab, etc).</p>	<p>El compromiso para mantener actualizada la formación científica.</p> <p>El fortalecimiento de correctos hábitos de estudio.</p>		
--	--	--	--	--	--

NOMBRE DE LA UNIDAD TEMÁTICA/BLOQUE TEMÁTICO:	III. - Balance de materia con reacción química.	TIEMPO ESTIMADO PARA DESARROLLAR LA UNIDAD TEMÁTICA	13 horas
---	---	---	----------

COMPETENCIAS A DESARROLLAR	SABERES			EVIDENCIAS DE DESEMPEÑO	
	CONOCIMIENTOS	HABILIDADES	ACTITUDES	DIRECTA	POR PRODUCTO
<p>1.-Aplicar los balances de materia a sistemas reaccionantes con y sin cambio de fase.</p> <p>2.-Manejar de manera eficiente datos de composición de gases de combustión y aplicarlo al balance de materia para sistemas reaccionantes.</p> <p>3.-Manejar y aplicar los conceptos de conversión global y por pasada y su influencia en el diseño de equipo de proceso.</p> <p>4.-Manejar y proponer las condiciones (T, P, V) y mecanismo de ingreso de flujos a un sistema reaccionante, así como la metodología de medición de dichos</p>	<p>Estequiometría de las reacciones químicas.</p> <p>Reactivo limitante y en exceso.</p> <p>Reacciones de combustión.</p> <p>Porcentaje de reactivo en exceso.</p> <p>Gas de chimenea y Análisis Orsat. Aire teórico y en exceso.</p> <p>Ecuación de balance de materia con reacción química.</p> <p>Constante de equilibrio.</p> <p>Porcentaje de conversión global.</p> <p>Porcentaje de</p>	<p>Emplear ley de conservación de la masa y establecer de manera eficiente expresiones matemáticas que describan el balance de materia para sistemas simples y múltiples que involucren reacciones químicas entre gases reales.</p> <p>Comprender el efecto que tiene la modificación de una variable de proceso sobre la constante de equilibrio y su efecto en el proceso de transformación y separación global.</p> <p>Analizar y clasificar el tipo de proceso de estudio y aplicar la metodología adecuada para resolver el sistema de ecuaciones lineales y no lineales.</p> <p>Resolver sistemas lineales y no lineales por medio de aproximaciones matemáticas y, mediante el empleo de software especializado (E-Z Solve, Matlab, etc).</p> <p>Realizar balances de materia que impliquen: flujos máscicos, flujos</p>	<p>Trabajar en equipo.</p> <p>Apertura al diálogo y negociación para designar tareas, funciones y cargas de trabajo de manera individual y en equipo.</p> <p>La autocrítica.</p> <p>La tolerancia.</p> <p>El desarrollo de estrategias para la solución de problemas.</p> <p>El compromiso para mantener actualizada la formación científica.</p> <p>El fortalecimiento de</p>	<p>Participación en clase.</p> <p>Ejercicios en pizarrón.</p>	<p>Tareas.</p> <p>Examen.</p> <p>Proyecto.</p> <p>Portafolio de evidencias.</p>

parámetros.	conversión por pasada.	volumétricos, conversión entre ambos y cambios de fase.	correctos hábitos de estudio.		
-------------	------------------------	---	-------------------------------	--	--

NOMBRE DE LA UNIDAD TEMÁTICA/BLOQUE TEMÁTICO:	IV.- Balance de materia en estado transitorio.	TIEMPO ESTIMADO PARA DESARROLLAR LA UNIDAD TEMÁTICA	15 horas
---	--	---	----------

COMPETENCIAS A DESARROLLAR	SABERES			EVIDENCIAS DE DESEMPEÑO	
	CONOCIMIENTOS	HABILIDADES	ACTITUDES	DIRECTA	POR PRODUCTO
1.-Comprender y manejar el concepto de estado estacionario.	Ecuación de balance de materia en estado transitorio.	Comprender el efecto que tiene la modificación de la magnitud de una variable de proceso y su efecto en el proceso de transformación y separación global para un sistema en estado transitorio.	Trabajar en equipo. Apertura al diálogo y negociación para designar tareas, funciones y cargas de trabajo de manera individual y en equipo. La autocrítica.	Participación en clase. Ejercicios en pizarrón.	Tareas. Examen. Proyecto.
2.-Determinar y resolver los sistemas de ecuaciones que describan al proceso de separación/transformación química en estado transitorio.	Balance de materia en sistemas reaccionantes en estado transitorio.	Aplicar la metodología adecuada para resolver el sistema de ecuaciones lineales y no lineales que representen a un proceso en estado transitorio	La tolerancia.		Portafolio de evidencias
3.-Emplear software especializado para resolver los sistemas de ecuaciones complejos que describan al proceso de interés.	Balance de materia en sistemas reaccionantes en estado transitorio.	Resolver sistemas lineales y no lineales por medio de aproximaciones matemáticas y, mediante el empleo de software especializado (E-Z Solve, Matlab, etc) para procesos en estado transitorio. Realizar balances de materia que impliquen: flujos másicos, flujos volumétricos, conversión entre ambos y cambios de fase para procesos en estado transitorio.	El desarrollo de estrategias para la solución de problemas. El compromiso para mantener actualizada la formación científica. El fortalecimiento de correctos hábitos de estudio.		

NOMBRE DE LA UNIDAD TEMÁTICA/BLOQUE TEMÁTICO:	V.- Balance de energía.	TIEMPO ESTIMADO PARA DESARROLLAR LA UNIDAD TEMÁTICA	17 horas
---	-------------------------	---	----------

COMPETENCIAS A DESARROLLAR	SABERES			EVIDENCIAS DE DESEMPEÑO	
	CONOCIMIENTOS	HABILIDADES	ACTITUDES	DIRECTA	POR PRODUCTO
<p>1.-Comprender y manejar la energía inherente a un sistema y su variación dentro de un proceso en función de temperatura y presión.</p> <p>2.-Aplicar balances de energía a sistemas cerrados y abiertos expresando la relación existente entre los diferentes tipos de energía presentes en un sistema.</p> <p>3.-Comprender concepto de función de punto o estado y aplicarlo al cálculo de variaciones de energía interna y entalpía.</p> <p>4.-Comprender los fenómenos energéticos involucrados en mezclas de aire-vapor de agua en función de: temperatura, presión y contenido de vapor de agua.</p>	<p>Energía potencial y energía cinética.</p> <p>Trabajo realizado por un sistema o sobre un sistema.</p> <p>Concepto de calor, energía interna y entalpía.</p> <p>Sistema cerrado y sistema abierto.</p> <p>Propiedad intensiva, propiedad extensiva.</p> <p>Ecuación general de energía.</p> <p>Calor de formación.</p> <p>Calor de reacción.</p> <p>Calor de combustión.</p> <p>Humedad</p>	<p>Diferenciar entre las distintas formas de energía y emplearlas en los balances de energía para sistemas simples y multi-etapas.</p> <p>Determinar variaciones de entalpía mediante tablas, graficas, cartas y de ecuaciones de capacidad calorífica y diagramas de humedad.</p>	<p>Trabajar en equipo.</p> <p>Apertura al diálogo y negociación para designar tareas, funciones y cargas de trabajo de manera individual y en equipo.</p> <p>La autocrítica.</p> <p>La tolerancia.</p> <p>El desarrollo de estrategias para la solución de problemas.</p> <p>El compromiso para mantener actualizada la formación científica.</p> <p>El fortalecimiento de correctos hábitos de estudio.</p>	<p>Participación en clase.</p> <p>Ejercicios en pizarrón</p>	<p>Tareas.</p> <p>Examen.</p> <p>Proyecto.</p> <p>Portafolio de evidencias.</p>

NOMBRE DE LA UNIDAD TEMÁTICA/BLOQUE TEMÁTICO:	VI.- Balance simultáneos de materia y energía.	TIEMPO ESTIMADO PARA DESARROLLAR LA UNIDAD TEMÁTICA	15 horas
---	--	---	----------

COMPETENCIAS A DESARROLLAR	SABERES			EVIDENCIAS DE DESEMPEÑO	
	CONOCIMIENTOS	HABILIDADES	ACTITUDES	DIRECTA	POR PRODUCTO
<p>1.-Integrar los balances de masa con los balances de energía.</p> <p>2.-Determinar y resolver los sistemas donde la aplicación o retiro de</p>	<p>Formas de conversión de energía mecánica, eléctrica, química y térmica y su aplicación para suministrar o retirar energía de un proceso.</p>	<p>Identificar y clasificar el tipo de proceso de interés y aplicar la metodología de resolución adecuada.</p>	<p>Trabajar en equipo.</p> <p>Apertura al diálogo y negociación para designar tareas, funciones y cargas de trabajo de manera individual y en equipo.</p>	<p>Participación en clases.</p> <p>Realización de ejercicios en pizarrón.</p>	<p>Tareas.</p> <p>Examen.</p> <p>Proyecto.</p> <p>Portafolio de</p>

<p>energía de un proceso es inherente al manejo de energía.</p> <p>3.-Calcular los requerimientos globales de energía y manejo de materiales dentro de un proceso de producción (planta).</p>	<p>Manejo de software especializado (E-Z Solve, Matlab, etc) para realización de balances de masa y energía.</p> <p>Manejo de tablas, gráficas, diagramas y base de datos termodinámicos y, su aplicación a software especializado para resolución de sistemas complejos de balance de materia y energía.</p>	<p>Realizar balances de masa y energía de manera simultánea.</p> <p>Identificar el mecanismo de aplicación o retiro de la energía que requiera o libere el proceso. Hacer eficiente el manejo de energía y materia entre procesos en la producción global de una sustancia o servicio.</p>	<p>La autocrítica.</p> <p>La tolerancia.</p> <p>El desarrollo de estrategias para la solución de problemas.</p> <p>El compromiso para mantener actualizada la formación científica.</p> <p>El fortalecimiento de correctos hábitos de estudio.</p>		<p>videncias.</p>
---	---	--	--	--	-------------------

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE (Sugeridas)

- Elaborar cuaderno de tareas individual que permita al alumno retro-alimentarse y que funja como parte del portafolio de evidencias.
- Proyectos asignados a los alumnos por equipos donde aborden procesos industriales de su interés donde se aplique los conceptos involucrados en los diversos bloques temáticos.
- Presentación de trabajos por los alumnos donde implementen dispositivos experimentales simples que involucren procesos de separación-transformación de sustancias comunes y de uso cotidiano.

RECURSOS Y MATERIALES DIDÁCTICOS (Sugeridos)

Cañón, computadora portátil, paquetería con bases de datos de capacidades caloríficas, entalpías, diapositivas en power point.
Se sugiere complementar los distintos bloques temáticos resolviendo ejercicios utilizando paquetes computacionales como E-Z Solver, Matlab y códigos en Fortran como apoyo para resolución de sistemas lineales y no lineales.

SISTEMA DE EVALUACIÓN

EVALUACIÓN:

- Se realizará un examen diagnóstico al inicio del curso para evaluar el nivel de conocimientos previos del alumno y desarrollar estrategias para abordar y corregir deficiencias a lo largo del primer bloque temático.
- Se asignarán de dos a tres proyectos durante el semestre abordando procesos industriales de importancia en la Ingeniería Química que aborden el grado de avance en los bloques temáticos a lo largo del curso.
- Se aplicarán tres exámenes parciales en el transcurso del curso.
- Se implementará un portafolio de evidencias que deberá contener los distintos productos evaluados (Tareas, Exámenes, Proyectos) y en el cual, el alumno haya realizado las correcciones pertinentes a cada producto después que éste fue evaluado.

Para determinar la calificación final se sugiere emplear la ponderación siguiente:

Tareas:	15%
Participación en clase:	5%
Proyectos:	20%
1er Examen parcial	11%
2do Examen parcial	11%
3er Examen parcial	11%
Examen final	15%
Portafolio de evidencias:	12%
Total:	100%

FUENTES DE INFORMACIÓN

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA:	BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA:
<p>1.-Principios básicos y cálculos en ingeniería química; David M. Himmelblau; Sexta edición; Pearson Prentice Hall; México (2002).</p> <p>2.-Principios elementales de los procesos químicos; Richard M. Felder, Ronald W. Rousseau; Tercera edición; Limusa Wiley; México (2010).</p> <p>3.-Principios de los procesos químicos, parte I: Balances de materia y energía; Hougen O. A., Watson K. M., Ragatz R. A.; Editorial Reverte; España (1982).</p> <p>4.-Balances de material y energía; Reklaitis G. V., Schneider D. R.; Editorial McGraw_Hill; México (1989)</p> <p>5.-Problemas de balance de material y energía en la industria alimentaria; Valiente B. A.; Editorial Limusa; México.</p>	<p>1.- Cálculo de balances de materia y energía; Manual de Ingeniero químico; Ernest J. Henley, Edgard M. Rosen; Editorial Reverte; España (2002).</p> <p>2.- Manual de Ingeniero Químico; Robert H. Perry, Don W. Green, James O. Maloney; Séptima edición; Editorial McGraw-Hill, (2010).</p> <p>3.- Lange's Handbook of Chemistry and Physics; McGraw-Hill; New York (ediciones periódicas).</p> <p>4.- The Properties of Gases and Liquids; Reid, R. C., Prausnitz J. M. y Poling B. D.; McGraw-Hill; 4ta. Edition; New York (1987).</p>
	<p>OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN:</p> <p>www.nist.com Journal of Chemical and Engineering Data AIChE Journal Chemical Engineering Communications</p>