



República Bolivariana de Venezuela
Universidad Pedagógica Experimental Libertador
Instituto Pedagógico Rural Gervasio Rubio

**COMPRENSIÓN EPISTEMOLÓGICA EN LA TEMÁTICA TRANSFERENCIA
DE CALOR EN SUPERFICIES EXTENDIDAS. UNIDAD CURRICULAR
TRANSFERENCIA DE CALOR CASO UNET**

Rubio, Enero de 2017



República Bolivariana de Venezuela
Universidad Pedagógica Experimental Libertador
Instituto Pedagógico Rural Gervasio Rubio

**COMPRENSIÓN EPISTEMOLÓGICA EN LA TEMÁTICA TRANSFERENCIA
DE CALOR EN SUPERFICIES EXTENDIDAS. UNIDAD CURRICULAR
TRANSFERENCIA DE CALOR CASO UNET**

Autor, Orlando Pérez
Tutor, Dr. Andrés Sánchez

Rubio, Enero de 2017

RECONOCIMIENTO

Las implicaciones que tiene una persona en un contexto determinado, indudablemente que están influenciadas por varios elementos, al hablar en primera persona, creo que el haber participado y desarrollado la presente investigación está relacionado directamente con ser profesor universitario. En este sentido quiero reconocer y agradecer:

- Primeramente a mi hermano mayor, el Santo Cristo de La Grita por favorecerme con mis quehaceres, por ayudarme y guiarme.
- A la UNET, en realidad mi segunda casa. Gracias por permitirme realizar tantas actividades formativas.
- A la UPEL, mi segunda casa de estudio. Gracias por admitirnos y formarnos.
- A la Dra. Arelys Florez Villamizar, por su vocación de servicio, como profesora, orientadora y evaluadora.
- Al Dr. Andrés Sánchez, mí tutor y amigo. Gracias por su humildad, por sus orientaciones y apoyo para con esta investigación.
- Y como olvidarme de mi pequeña y gran familia, Raquelita, chuchin, David y Daniel. Gracias, gracias, gracias; a ustedes les dedico este logro.

INDICE

	p.p.
LISTA DE TABLAS	viii
LISTA DE FIGURAS	xii
RESUMEN	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULOS	
I. EL PROBLEMA	
Planteamiento del Problema	4
Aspectos previos	4
Identificación del problema	7
Exploración de necesidades y categorización del problema	11
Principales aspectos de la situación problemática	13
Factores problemáticos desde la perspectiva del alumno	14
Factores problemáticos desde la perspectiva del profesor	17
Enunciado del problema seleccionado	19
Objetivos de la investigación	22
Justificación e importancia de la investigación	23
II. MARCO TEÓRICO	
Aspectos previos	28
Antecedentes de Estudio	29
Antecedentes Históricos	29
Fundamentos Legales	31
Fundamentos Internacionales	31
Fundamentos Nacionales	32
Fundamentos Regionales	33
Antecedentes Metodológicos	33
Relevancia de los antecedentes metodológicos para la investigación	38

Fundamentos conceptuales	40
Transferencia de Calor	41
Superficie extendidas	42
La Didáctica como disciplina pedagógica	42
Modelos Pedagógicos	44
Modelo Pedagógico Autoestructurante	46
El aprendizaje y sus teorías	47
El aprendizaje desde la perspectiva del constructivismo y el alumno	51
Fundamentación de la investigación	52
Planteamiento de Hipótesis	56
Sistema de Variables	58
Tipos de Variables	59
Variables involucradas en la investigación	59
Definición conceptual y operacional de las variables	61
Operacionalización de Variables	62
III.MARCO METODOLÓGICO	
Método de la investigación	65
Diseño de la Investigación	67
Diseños experimentales	69
Diseño cusiexperimental	70
Diseño pre-post con grupo de cuasi control	74
Factores que afectan la validez interna y externa en el Diseño pre-post con grupo de cuasi control	75
Niveles de manipulación de la variable independiente	79
Muestreo de conveniencia o de selección intencional	80
Población de la investigación y muestra intencional	80
Técnicas e instrumentos de recolección de datos	82
Pruebas de Rendimiento Académico	82
Confiabilidad, validez y objetividad del instrumento	84

Pruebas Académicas de la Investigación	85
Prueba elaborada por el docente	85
Pruebas objetivas	87
Pruebas objetivas de selección simple	89
Pruebas Multi-ítem de base común	89
V. VALORACIÓN DEL MODELO Y SU VALORACIÓN	
Modelo pedagógico	91
Impulso Motivacional	96
Epistemológica Conceptual	98
Desarrollo Práctico	99
Esquema del modelo pedagógico.....	100
Metodología para la implementación del Modelo Pedagógico	101
Implicaciones del modelo	110
Aspectos previos	110
Plan de evaluación propuesto grupo experimental	111
Tabla de especificaciones	115
Confiabilidad del instrumento	117
Validez del instrumento	120
Validez de contenido	121
Resultados validez de contenido de las pruebas	122
Resultados confiabilidad de la prueba posttest	124
Prueba paralela y prueba posttest	124
Consistencia interna de la prueba posttest	126
Procesamiento estadístico de los resultados	129
Presentación de los resultados	130
Estadística descriptiva	131
Procesamiento estadístico de los resultados	131
Presentación de los resultados	131
Características del grupo control y experimental	131
Análisis de resultados de las características del grupo control y	

experimental	134
Prueba pretest (Diagnostico)	135
Análisis de resultados de la prueba pretest	137
Prueba postest aspectos teóricos y aspectos prácticos	140
Análisis de resultados prueba postest	142
Prueba aspectos teóricos	142
Prueba aspectos prácticos	143
Estadística inductiva o inferencia prueba postest	148
Contraste de hipótesis	149
Modelo estadístico	150
Tipo de prueba estadística	151
Prueba de la <i>U</i> de Mann-Whitney	159
Análisis prueba postest aspectos teóricos y aspectos prácticos ...	160
VI. APORTES FINALES	
Aportes generales de la investigación	167
Aportes e implicaciones de la investigación	170
Aspectos en positivos	178
Aspectos de refuerzo	179
Propuestas de la investigación	180
Proyecciones de la investigación	180
Reflexiones finales	181
Apéndices	192
Anexos	203

LISTA DE TABLAS

TABLA		p.p.
1.	Factores problemáticos desde la perspectiva del alumno	16
2.	Factores problemáticos desde la perspectiva del investigador referidos al estudiante y a la práctica pedagógica	18
3.	Categorías relevantes en opinión del autor de los antecedentes metodológicos	39
4.	Aspectos relevantes de las teorías del aprendizaje según Schunk	48
5.	Definición conceptual y operacional de las variables involucradas en la investigación	62
6.	Operacionalización de variables. Referencia Stracuzzi y Pestana ..	64
7.	Definición de investigación experimental en opiniones de varios autores	68
8.	Diferencias entre el diseño experimental según Salkind.....	69
9.	Puntualidades sobre los diseños experimentales según varios autores	71
10.	Clasificación de los diseños cuasiexperimentales según Campbell y Stanley (1966)	72
11.	Amenazas de la validez interna y externa según Campbell y Stanley (1966).	76
12.	Características de las secciones en la unidad curricular Transferencia de Calor	82
13.	Diversas definiciones de una prueba objetiva según diversos autores	88
14.	Elementos señalados por Ortiz (2009) dentro de las leyes pedagógicas	92

15.	Factores problemáticos desde la perspectiva del alumno agrupados según los indicadores y los vértices en la propuesta pedagógica	94
16.	Factores problemáticos desde la perspectiva del investigador referidos al estudiante y a la práctica pedagógica agrupados según los indicadores y los vértices en la propuesta pedagógica	95
17.	Pasos sugeridos por Medina (2008) para ejecutar los procesos de Enseñanza-Aprendizaje	103
18.	Fases de la implementación del modelo pedagógico	107
19.	Diagrama de Gantt, orden cronológico de cada fase	109
20.	Unidad III del programa analítico de la unidad curricular Transferencia de Calor	110
21.	Evaluación del Modelo Pedagógico según el desempeño del alumno durante la implementación metodológica	112
22.	Diferentes pruebas según los indicadores para evaluar del aprendizaje y el desempeño del alumno	114
23.	Objetivos y contenidos derivados según el programa analítico referido a la transferencia de calor en superficies extendidas	116
24.	Niveles de complejidad de Bloom en la dimensión cognitiva de acuerdo a Hermán (2014)	117
25.	Rangos establecidos para el coeficiente de correlación de Pearson según su aceptación	119
26.	Resultados de la prueba paralela y prueba postest para el grupo experimental	124
27.	Resultados de la prueba paralela y prueba postest ordenados de acuerdo a los puntajes de la prueba paralela ..	125
28.	Resultados por ítems de la prueba postest para los aspectos teóricos y aspectos prácticos	127

29.	Clasificación de los resultados de la prueba postest en dos mitades, superior e inferior	128
30.	Coeficientes de Pearson y Spearman-Brown para las pruebas aspectos teóricos y aspectos prácticos según el método de dos mitades	129
31.	Características de los grupos de control y experimental en cuanto a índice académico y repitencia	134
32.	Medidas de tendencia central y variabilidad sobre el índice acumulado de los alumnos que integran los grupos de control y experimental	132
33.	Resultados de la prueba pretest para los grupos experimental y control	136
34.	Medidas de tendencia central y variabilidad de las pruebas pretest para el grupo experimental y control	137
35.	Respuestas de algunos alumnos a la consulta realizada sobre la experiencia introductoria al inicio del curso desarrollada por el profesor	139
36.	Resultado de la prueba postest grupo experimental	141
37.	Resultado de la prueba postest grupo control	141
38.	Medidas de tendencia central y variabilidad de las pruebas postest aspectos teóricos y aspectos prácticos del grupo experimental y control	142
39.	Respuestas a la consulta realizada sobre la propuesta metodológica	146
40.	Ecuaciones para evaluar el estadístico U	159
41.	Compilación de los datos del grupo de control (X), grupo experimental (Y) y los rangos correspondientes para la prueba postest aspectos teóricos y aspectos prácticos	161
42.	42 Número de empates y factor de corrección para la prueba postest aspecto teóricos y aspectos prácticos	162

43.	Secuencia del cálculo del estadístico U y resultados para la prueba posttest aspectos teóricos y aspectos prácticos	163
-----	---	-----

LISTA DE FIGURA

FIGURA		p.p.
1.	Niveles del Modelo Pedagógico y su relación	100
2.	Estructuración del Modelo Pedagógico	101
3.	Histograma de frecuencias y diagrama de caja para un conjunto de datos con distribución normal	155
4.	Histograma de frecuencias y diagrama de caja según los datos de la prueba posttest aspectos teóricos para el grupo de control	155
5.	Histograma de frecuencias y diagrama de caja según los datos de la prueba posttest aspectos prácticos para el grupo de control	156
6.	Histograma de frecuencias y diagrama de caja según los datos de la prueba posttest aspectos teóricos para el grupo de experimental	157
7.	Histograma de frecuencias y diagrama de caja según los datos de la prueba posttest aspectos prácticos para el grupo de experimental	158
8.	Esquema de la zona de rechazo para el análisis de la prueba posttest de aspectos teóricos y aspectos prácticos	164



República Bolivariana de Venezuela
Universidad Pedagógica Experimental Libertador
Instituto Pedagógico Rural Gervasio Rubio

COMPRENSIÓN EPISTEMOLÓGICA EN LA TEMÁTICA TRANSFERENCIA DE CALOR EN SUPERFICIES EXTENDIDAS. UNIDAD CURRICULAR TRANSFERENCIA DE CALOR CASO UNET

Autor, Orlando Pérez
Tutor, Dr. Andrés Sánchez

RESUMEN

En el presente trabajo se realizó una investigación para develar y organizar las impresiones del estudiante UNET, junto a las del docente investigador, sobre las metodologías de aula utilizadas en los procesos de enseñanza de la temática transferencia de calor en superficies extendidas en la unidad curricular Transferencia de Calor. Dichas respuestas permitieron generar una matriz de factores problemáticos, que al establecer los indicadores, se generaron tres grandes niveles llamados Impulso Motivacional, Epistemología Conceptual y Desarrollo Práctico. Estos tres niveles a su vez, permitieron generar un Modelo Pedagógico apoyado en la teoría del modelo pedagógico autoestructurante y así poder dar respuesta a las necesidades del alumno. Para evaluar el efecto del modelo sobre el aprendizaje y desempeño del alumno, se utilizó una metodología cuantitativa, bajo una investigación experimental con un diseño cuasiexperimental con pretest-postest con grupo de control no equivalente. En este caso el grupo de control estuvo integrado por los alumnos de la sección 01 de la unidad curricular considerada, mientras que el grupo experimental se integró por los alumnos de la sección 02. Para la recolección de datos en las pruebas pretest y postest se utilizaron pruebas objetivas de selección simple y de multi-ítems de base común. De igual manera, sumado a los datos de las pruebas, se realizó una consulta por escrito a los alumnos del grupo experimental sobre las metodologías utilizadas por el docente durante la aplicación del tratamiento. Los resultados encontrados en la prueba postest señalan que el grupo experimental obtuvo un rendimiento en el desarrollo de las pruebas de aspectos teóricos y aspectos prácticos considerablemente mayor a los resultados encontrados en el grupo de control. Por otro lado la opinión escrita del alumno manifestó que la implementación del Modelo Pedagógico, como propuesta metodológica para la enseñanza de la transferencia de calor en

superficies extendidas, resultó ser una herramienta altamente influyente y positiva en la motivación para la enseñanza, su aprendizaje y desempeño.

Descriptor: Modelo Pedagógico, Comprensión Epistemológica, Transferencia de Calor, Superficies Extendidas.

INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, en la edad antigua, media y contemporánea, se observa la existencia y la necesidad permanente que el hombre se forme individual e integralmente. En este complejo proceso de formación integral a la cual son sometidas las personas, desde niños hasta adultos, participan una gran diversidad de hechos y acontecimientos que de alguna manera estructuran el proceso de pensamiento de los individuos y, hace que tengan particulares formas de expresión, actuación, relación, creación, entre otros.

A parte de la necesidad intrínseca de formación que tiene el hombre, hay necesidades forzadas y (o) externas que exigen cambios en los procesos de formación dado por la imponente del contexto organizacional y circunstancial de los ambientes donde los individuos interactúan. En las instituciones educativas permanentemente hay una búsqueda de mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje de los individuos, con la finalidad de hacerlos más competitivos y beneficiosos para sí mismo y la sociedad.

En el caso de las universidades venezolanas, como la Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET) existe la necesidad de hacer propuestas críticas reflexivas que mejoren los procesos de enseñanza y aprendizaje en ciertas asignaturas por estar basados en modelos tradicionales, carentes de una estructura científica, que en cierto aspecto originan desinterés, monotonía, aburrimiento, etcétera, que limita apreciablemente la consolidación de una aprendizaje significativo. En la carrera de Ingeniería Mecánica de la UNET, particularmente en la unidad curricular Transferencia de Calor, existe la necesidad de promover modelos pedagógicos de enseñanza, que consoliden el conocimiento en los alumnos en base a sus necesidades, develadas e inducidas por sus reflexiones, e inclusive por las del docente investigador. Para ello se ha tomado de manera

particular el t3pico referente a la *transferencia de calor en superficies extendidas*, motivado a su importancia en la ingenier3a y a las dificultades particulares que el estudiante encuentra en 3l. El objetivo fundamental de la investigaci3n es consolidar y evaluar la aplicabilidad de un Modelo Pedag3gico basado en aspectos problem3ticos desde la perspectiva del alumno y del docente investigador, apegado a la teor3a de la Nueva Escuela seg3n el planteamiento de De Zubir3a (2006). Para llevar a cabo esta investigaci3n, se han estructurado seis cap3tulos:

. En el Cap3tulo I se desarrolla el planteamiento del problema, tomando en cuenta el contexto educacional donde se desarrollar3 el trabajo, sus antecedentes, la problem3tica desde la perspectiva del alumno y docente investigador, los objetivos de la investigaci3n y, por supuesto, la importancia y la justificaci3n del estudio basado en la exploraci3n del problema

En el Cap3tulo II se plasma el marco teor3ico que orienta la investigaci3n, identificando algunos antecedentes metodol3gicos y las bases teor3icas que reforzar3n el contexto de la investigaci3n. Por otro lado, se incluye la hip3tesis de la investigaci3n y se resalta el sistema de variables: en este caso la variable independiente representada por el Modelo Pedag3gico; la dependiente representada por el Aprendizaje y Desempe3o del Alumno, as3 como variables intervinientes y extra3as.

En el Cap3tulo III se contempla el marco metodol3gico, camino a seguir para consolidar los objetivos de la investigaci3n. De igual manera se desarrolla el soporte teor3ico para la consecuci3n de una metodolog3a cuantitativa, bajo una investigaci3n experimental con un dise3o cuasiexperimental seg3n los postulados de Campbell y Stanley (1966), llamado por Le3n y Montero (2006) *Dise3o pre-post con grupo de cuasi control*. Tamb3n se incluye los instrumentos a utilizar en la recolecci3n de los datos, en este caso se ha seleccionado las pruebas objetivas de selecci3n simple y la pruebas de Multi-3tems de base com3n.

En el Capítulo IV se desarrolla el Modelo Pedagógico como propuesta metodológica y su valoración. Por su parte, al hablar del Modelo Pedagógico se describe su desarrollo y su fundamentación en los niveles llamados Impulso Motivacional, Epistemología Conceptual y Desarrollo Práctico, donde se han compilado los distintos indicadores, que a su vez asocian el conjunto de factores problemáticos develados por el alumno y el docente investigador. De igual manera se incluye los distintos pasos a seguir para la implementación del modelo, aquí se consolidan las distintas pruebas a utilizar en la investigación para la colecta de los datos.

Para la valoración, se centra la atención en los resultados de las pruebas posttest aspectos teóricos y aspectos prácticos, para discriminar sobre el rendimiento de los grupos de control y experimental, sin dejar de lado la opinión escrita del alumno, sobre las metodologías utilizadas en los procesos de enseñanza de la transferencia de calor en superficies extendidas. Aquí se utiliza la estadística descriptiva e inferencial, en esta última se plantea un modelo no paramétrico según el orden de los datos.

Los resultados numéricos muestran que el grupo experimental logró considerablemente un mayor rendimiento en las prueba posttest que los resultados logrados por el grupo de control. Por otro lado la opinión escrita del alumno sobre las metodologías implementadas ratifica un agrado pleno y satisfactorio con el contenido del tratamiento.

Ya en el Capítulo V, se hace un planteamiento de los aportes finales y las implicaciones de la investigación en función de la compilación de los resultados, donde se confirma que la consideración, aplicación e implementación del Modelo Pedagógico, sobre la comprensión epistemológica de la transferencia de calor en la temática superficies extendidas, dirigido a estudiantes de Ingeniería Mecánica de la UNET, constituyó una herramienta influyente y positiva en la motivación para la enseñanza, su aprendizaje y desempeño.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

Planteamiento del Problema

En este capítulo se desarrolla el Planteamiento del Problema de la investigación según el siguiente orden: 1. Generalidades: destacando la necesidad y la importancia de la organización en la generación del conocimiento; 2. Identificación del problema: incluye la problemática de la investigación; 3. Exploración de necesidades y categorización del problema: aquí se demarcar la problemática existente; 4. Enunciado del problema seleccionado: se señala la perspectiva del alumno y del investigador en la caracterización del problema; 5. Objetivos de la investigación: constituyen la finalidad de la investigación; 6. Importancia y justificación de la investigación: se comenta por qué de la investigación, sus razones y aportes.

Aspectos previos

La participación del hombre dentro de los distintos contextos de convivencia, le plantea exigencias individuales y colectivas que de manera organizada debe enfrentar día a día con estrategias enmarcadas en lo epistemológico y ontológico, con la misión de crear posturas adecuadas para un mejoramiento de su entorno, e incluso, generar y tener fehacientes interrelaciones de convivencia.

Esta postura ha requerido y requerirá la renovación permanente de metodologías para su formación, que ajustadas a la diversidad de contextos,

hagan del individuo una persona formada para su desenvolvimiento con un conocimiento amplio y fortalecido.

Entender el significado de la palabra conocimiento tiene una valoración en los procesos relacionados con la enseñanza y el aprendizaje, ya que el saber, permite ser más exacto y experto a la hora de relacionar ideas para describir situaciones relacionadas con lo que se aborda. En el Diccionario del Lenguaje Filosófico de Foulquié (1967) se encuentra: la palabra conocimiento viene de *cognitio*, tomada del latín, que significa, el hecho de conocer y (o) aprender algo.

Los proyectos educativos orientados a mejorar la enseñanza para consolidar el conocimiento, tal es el caso de esta investigación, deben apuntar a fortalecer la gerencia educativa, postulando metodologías en el marco de la eficacia y eficiencia, otorgándoles carácter, dirección, sentido e integración, Lavín y Del Solar (2002).

Intentando relacionar estas reflexiones con los procesos de enseñanza y aprendizaje desarrollados en la Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET), sede donde se desarrolló esta investigación, es oportuno hacer la siguiente pregunta: ¿la UNET vela para que el alumno adquiera los conocimientos apropiadamente requeridos en procura de un aprendizaje efectivo y un desempeño óptimo con carácter, dirección, sentido e integración? Intentar responder esta pregunta en estos momentos seguramente genere más preguntas; por ello previamente es menester generar cierto debate para intentar lograr una respuesta significativa.

Indudablemente que las exigencias de la época, develan ciertas deficiencias en los procesos de enseñanza en la UNET, tal y cómo lo manifiestan Díaz, Sánchez y Roa (2008) en su investigación para conocer e interpretar opiniones de informantes sobre la gestión de cambio institucional en la universidad venezolana: «Los resultados de la Investigación muestran la necesidad, por parte de la Universidad, de revisar sus programas de formación académica tanto a nivel de pregrado como de postgrado» (p. 2).

Esta dificultad le exige axiológicamente a la universidad la formación de individuos plenos y críticos; hoy más que nunca el contexto mundial requiere profundas transformaciones a la universidad, tal y como lo señala Tünnermann (2003):

La transformación de la educación superior, es pues, un imperativo de la época. Fenómenos como la globalización, la formación de espacios económicos más amplios (subregionales, regionales y mundiales) la velocidad de las comunicaciones, la mayor disponibilidad de información y las características mismas del conocimiento contemporáneo, generan desafíos muy grandes para la educación superior, a los que sólo podrá dar respuestas más pertinentes mediante profundos y sistemáticos procesos de la transformación. (p. 61).

Entre las virtudes que debe tener la UNET en este contexto globalizado según lo señalado, es el compromiso de formarse y fortalecerse. Para ello el docente, según Gómez-Chacón, González, Bosswick y Besserer (2005) debe apropiarse de la práctica pedagógica en un marco teórico metodológico «...que le permita de formar consciente y comprometida, estructurar, organizar y dirigir, ya sea en un marco institucional o extraescolar, el proceso educativo, que garantice con calidad y pertinencia la formación de sus estudiantes». (p. 143).

Estas reflexiones, afortunadamente universales, caben perfectamente en el contexto UNET, por ello vale la pena puntualizar dos realidades señaladas por Gómez-Chacón (et al.) (2005) sobre el docente: en primer lugar *La formación inicial*, que requiere una preparación acorde a las necesidades, destacando la sensibilidad en lo didáctico y la provisión de recursos teóricos, metodológicos y prácticos para el mejoramiento de la actividad docente; en segundo lugar, *La formación permanente*, para combatir la obsolescencia en los procesos de enseñanza y aprendizaje, mejorando la profesión y el carácter humano, permitiendo adecuarse a los cambios científicos y sociales de su entorno.

Destacando la formación permanente que debe tener el docente UNET según lo establecido en su reglamento, es necesario fortalecer los conocimientos, las técnicas pedagógicas y (o) metodológicas, tal y como lo exige su carácter de universidad experimental, con el propósito firme de mejorar el aprendizaje del alumno y su desempeño, intención fundamental en esta investigación.

La componente didáctica del docente es de gran importancia; según Águeda y Cruz (2005) el alcance del docente está más allá de una buena clase; debe permitir una apropiada generación del conocimiento, apelar a metodologías activas permitiendo que el estudiante tenga un papel protagónico, guiado y motivado.

En opinión de Díaz (2002) la didáctica como ciencia estudia el proceso educativo o de enseñanza bajo dos objetivos: uno material y otro formal; el primero estudia el proceso instructivo, mientras que el segundo procura la formación intelectual e integral del individuo. La didáctica busca indefectiblemente el aprendizaje del alumno en el fundamento del docente, así lo ratifica Díaz (2002): «La enseñanza es y se inicia (como conducta del profesor) y produce sus resultados (como aprendizaje en el alumno); es proceso y es resultado» (p. 45); así, la didáctica debe afrontar aspectos referentes a: ¿Cómo se aprende?, ¿Cómo aprenden los alumnos? y ¿Cómo enseñar a aprender?

Identificación del problema

En el artículo *Reflexiones sobre Calidad Educativa en la educación universitaria venezolana*, escrito por Olivero-Sánchez, Suasnabas-Pacheco, Solís-Velasco y Jácome-Encalada (2015), se describe los intentos para evaluar la calidad educativa en la universidad venezolana, tanto por universidades autónomas, experimentales y por organismos del estado venezolano como la Oficina de Planificación del Sector Universitario (OPSU),

el Consejo Nacional de Universidades (CNU) e incluso por el Ministerio del Poder Popular para la Educación Universitaria (MPPEU).

Uno de los objetivos de estas evaluaciones, señalan los investigadores, es «...ver si la formación que reciben los estudiantes, en las diferentes universidades, es de calidad...» (p. 76). Entre las conclusiones se resalta que ciertamente los programas de evaluación de la calidad educativa han avanzado en su implementación, sin embargo, «...los esfuerzos realizados no arrojaron resultados satisfactorios en materia de transformación universitaria.» (p. 81).

Lo señalado por Díaz (et al.) (2008) (caso UNET) y por Olivero-Sánchez (et al.) (2015) (caso universidades venezolanas) ponen de manifiesto las reflexiones hechas por Tünnermann (2003) y Gómez-Chacón (et al.) (2005) en un contexto globalizado y particularizado como la UNET.

Contextualizando sobre la calidad educativa en la realidad latinoamericana, en el *artículo Factores asociados al rendimiento académico en estudiantes universitarios, una reflexión desde la calidad de la educación superior pública*, escrito por Garbanzo (2007), resalta tres aspectos importantes en la calidad educativa, asociados al rendimiento académico en estudiantes universitarios: personales, sociales e institucionales. Estos últimos destacan el ambiente estudiantil y la relación estudiante-profesor, existiendo nuevamente coincidencia en las reflexiones hechas por Águeda y Cruz (2005), Tünnermann (2003) y Gómez-Chacón (et al.) (2005).

En opinión de Garbanzo (2007) las calificaciones de los estudiantes son una medida de los resultados de los procesos de enseñanza, lógicamente vinculados a las condicionantes del estudiante y la didáctica del docente. En este sentido la intencionalidad del docente en la formación del estudiante para mejorar su aprendizaje y su desempeño tomó una postura relevante en esta investigación, tal y como se ha señalado.

Teniendo en cuenta la importancia de los proyectos educativos en la enseñanza, el protagonismo del docente y el alumno según las metodologías

activas mencionadas por Águeda y Cruz (2005), esta investigación se centró en la necesidad de mejorar el aprendizaje del alumno y su desempeño en la unidad curricular Transferencia de Calor de la carrera de ingeniería Mecánica de la UNET desde la representación del alumno, sin dejar de lado las experiencias del docente investigador, y poder generar una propuesta curricular bajo una metodología estructurada que dé respuesta a planteamientos reflexivos por los participantes.

Estas acciones están plenamente justificadas según y lo manifiesta Tavera (2000), quien al referirse a la enseñanza de la ingeniería ante la globalización y la era de la nueva competencia, plantea algunos tópicos para la reingeniería en la educación, entre los que se destaca dos aspectos: En primer lugar el alumno debe tener una formación sólida en las especialidades propias de la ingeniería, relacionando lo conceptual con lo real (realizando prácticas de campo para vincular lo teórico y lo práctico); en segundo lugar, dar cumplimiento a lo que llama *trinomio interactivo* constituido por el acople *conocimiento-profesor-alumno* y poder sustituir la enseñanza tradicional, donde el profesor transfiere los conocimientos al alumno en una sola dirección. Este trinomio está relacionado con la enseñanza activa, donde ciertamente el profesor transfiere parte del conocimiento, y se incrementa a través del estudio de proyectos. Este es el compromiso a cumplir, cita Tavera (2000), «...de ahora en adelante; para ello, es indispensable realizar una reingeniería de la enseñanza, para modificar y actualizar a la brevedad posible los planes y programas de estudio de las carreras de ingeniería en sus diversas ramas. (p. 37).

Desde lo metodológico esta investigación tiene en cuenta ciertos factores influyentes y poder así promover y desarrollar planes que conduzcan a optimizar los procesos de enseñanza y aprendizaje en el tópico transferencia de calor en *superficies extendidas*; dentro de los diversos factores influyentes, Murillo (2006) destaca tres grandes categorías: los

organizativos propios de la gestión administrativa de las instituciones, los marcos de percepción de la relación con la autoridad y el contexto externo.

Dentro de los factores organizativos, resalta la gestión pedagógica, referida a las decisiones curriculares sobre los procesos de enseñanza y aprendizaje, donde el docente tiene cierta responsabilidad, aunque pareciera restringida, posee un protagonismo trascendental dentro de lo axiológico, también avalado y exigido por aspectos legales internacionales, nacionales y regionales.

En este sentido, tal y como se observará más adelante, al evidenciarse ciertas carencias en las metodologías abordadas en los procesos de enseñanza desde las perspectivas del alumno UNET y del docente investigador, se han promovido estrategias que permitan mejorar la comprensión epistemológica de la transferencia de calor en superficies extendidas, induciendo la creación e implementación de un Modelo Pedagógico que se constituya como herramienta metodológica, impulsadora de la enseñanza y el aprendizaje del alumno.

Al hablar de comprensión epistemológica de la transferencia de calor en superficies extendidas, se entenderá que el alumno debe alcanzar un entendimiento pleno de lo que es una superficie extendida, los postulados físico-matemáticos que explican el modelaje de la transferencia de calor, las variables más influyentes en el proceso y sus implicaciones en el mundo real, así como también el abordaje de soluciones numéricas parametrizadas en aplicaciones reales mediante el uso de herramientas computacionales.

A continuación se hará una breve revisión de lo que significa *Transferencia de Calor y superficies extendidas*, sin embargo en los posteriores capítulos se precisarán estos conceptos. De acuerdo a la opinión de Çengel, (2004), la transferencia de calor está referida a: «... *la forma de la energía que se puede transferir de un sistema a otro como resultado de la diferencia en la temperatura*. La ciencia que trata de la determinación de las velocidades de esa transferencia es la **transferencia de calor**.» (p. 2).

Como complemento Incropera y DeWitt (1999) resaltan los diferentes mecanismos bajo los cuales puede ocurrir la transferencia de calor: conducción, convección y radiación, los cuales pueden estar solapados en aplicaciones específicas, tal es el caso de una superficie extendida, así Betancourt (2003), señala:

Aunque existen muchas situaciones diferentes que envuelven efectos combinados de conducción y convección, la aplicación más frecuente es la de una superficie extendida que se utiliza específicamente para aumentar la velocidad de transferencia de calor entre un sólido y un fluido adyacente. (p. 52).

Si bien estas definiciones no son tan amplias, en opinión del autor se puede complementar diciendo: —una superficie extendida es una protuberancia (o saliente) que existe en una superficie caliente o fría, que actúan como elemento disipador o captador de calor cuando en el entorno hay un fluido frío o caliente respectivamente—. En las aplicaciones de la ingeniería, estas superficies por lo general son metálicas, preferiblemente de materiales buenos conductores de calor, como por ejemplo el aluminio.

Intentando ampliar un poco más lo indicado, en opinión de Kreith, Manglik y Bohn (2011), la transferencia de calor es una ciencia que tiene múltiples aplicaciones en el mundo de la ingeniería, entre las que mencionan: La industria química y petroquímica; el diseño de reactores nucleares; la aviación y exploración espacial; la manufactura y procesos de materiales; el almacenamiento de alimentos, sistemas de energía renovable, etcétera; como se observa el mundo de la Transferencia de Calor es muy amplio, si se quiere es universal.

Exploración de necesidades y categorización del problema

La importancia de generar metodologías que mejoren los procesos de enseñanza y apuntalen el conocimiento, se fundamentará en las

necesidades existentes en el contexto UNET; los procesos exploratorios tienen en gran medida esta función, conocer necesidades, identificar problemas y en lo posible, proponer soluciones; al respecto Sáez (2003) comenta:

La exploración que se podría llevar a cabo sobre las necesidades de formación de las personas mayores en las diversas AULAS UNIVERSITARIAS (...) tiene como objetivos, en primer lugar, la evaluación de las actividades de formación que se están llevando a cabo en estos centros para poder categorizar no sólo resultados sino también identificar problemas y cuestiones que se estén planteando tanto diferenciada como uniformemente en los mismos y, en segundo lugar hacer una propuesta curricular de futuro que, de acuerdo con los datos y los conocimientos obtenidos en el análisis anterior, sea coherente, creíble y se ajuste más congruentemente a las necesidades educativas de los mayores. La investigación de esta situación supondría tener que llevar a cabo, pues, dos tareas relevantes: Primera: el estudio de la situación formativa existente en la actualidad; Segunda, propuesta curricular de futuro. (p. 249).

Lo anterior resume la importancia de la exploración de necesidades en la investigación, por ello para categorizar las necesidades e identificar problemas es menester entender ¿Qué es un problema? En este sentido, Stracuzzi y Pestana (2010), afirman que un problema es:

- Una necesidad que debe ser satisfecha.
- Una causa que hay que determinar, descubrir, precisar o explicar.
- Una relación entre fenómenos o situaciones.
- Una dificultad que debe ser superada, identificada, para que posteriormente sea eliminada o neutralizada.
- La determinación de la existencia, vigencia y viabilidad de una situación.
- La comprensión de las relaciones entre sus componentes y sus efectos.
- La determinación de la(s) propiedad(es) de un fenómeno, de una actividad o de un conjunto de personas, con el propósito de determinarla(s), descubrirla(s) o analizarla(s).
- La descripción, determinación o determinación de la estructura de un fenómeno o de una actividad. (p. 49).

Principales aspectos de la situación problemática

Tomando como referencia estos indicadores, los procesos de enseñanza y aprendizaje de la Transferencia de Calor en la UNET pueden estar ligados a un conglomerado de inconvenientes y factores que influyen en el rendimiento estudiantil; para Tejedor (1998) estos factores son:

- Factores inherentes al *alumno*:
 - a) Falta de preparación para acceder a estudios superiores o niveles de conocimiento no adecuados a las exigencias de la Universidad.
 - b) Desarrollo inadecuado de aptitudes específicas acordes con el tipo de carrera elegida.
 - c) Aspectos de índole actitudinal.
 - d) Falta de métodos de estudio o técnicas de trabajo intelectual.
 - e) Estilos de aprendizaje no acordes con la carrera elegida.
- Factores inherentes al *profesor*:
 - a) Deficiencias pedagógicas.
 - b) Falta de tratamiento individualizado a los alumnos.
 - c) Falta de mayor dedicación.
- Factores inherentes a la *organización académica universitaria*:
 - a) Ausencia de objetivos claramente definidos.
 - b) Falta de coordinación entre distintas materias.
 - c) Sistemas de selección utilizados.
 - d) Criterios objetivos para la evaluación. (p. 110).

En esta investigación se puntualizaron algunos de los factores mencionados, que de alguna manera pueden ser considerados en la propuesta curricular, tal y cómo se observará más adelante. Como complemento a los factores anteriores, Gómez (2006) señala que la organización de la enseñanza universitaria debe apoyarse en tres niveles básicos de realización: *el plan de estudios, la forma en que se lleva a cabo las actividades de aprendizaje y la calidad del profesorado*. En estos niveles se observa cierta relación implícita con las acciones indicadas por Lavín y Del Solar (2002) y los factores señalados por Murillo (2006) y Tejedor (1998). Tomando en cuenta estas reflexiones y la relación alumno-docente, se propone estimar los factores problemáticos a tener en cuenta en la

investigación desde la perspectiva sólo del alumno y profesor, y así poder puntualizar el problema.

Factores problemáticos desde la perspectiva del alumno

Stracuzzi y Pestana (2010) recomiendan elaborar una matriz para identificar problemas manifestados que de alguna manera se han postergado por no tener un enfrentamiento oportuno, para ello sugieren algunos criterios de selección: 1. *Estimación del problema*: aquí el investigador califica un asunto en particular según su importancia, 2. *Capacidad con la cual puede abordarse*: donde el investigador estima la posibilidad de lograr resultados positivos al enfrentar la situación y, 3. *Costo si no se resuelve*: aquí el investigador establece las consecuencias negativas que se pueden encontrar si al problema no se le da solución.

Para identificar los factores desde la perspectiva del alumno UNET se realizó una exploración empírica generalizada de tal manera de poder develar necesidades, identificar y (o) categorizar posibles problemas. En este sentido se tomó la opinión voluntaria de un grupo de estudiantes cursantes de la unidad curricular Transferencia de Calor de la UNET según la siguiente metodología: (identificar el lapso)

- Se elaboró un cuestionario con cinco preguntas concebidas de tal manera que el alumno, de manera voluntaria, plantee necesidades de la situación formativa en la actualidad; las preguntas son: ¿qué fortalezas tiene esta unidad curricular?, ¿qué dificultades y (o) debilidades observa?, ¿qué causas han originado estas realidades?, ¿qué consecuencias se han derivado de ellas? y ¿qué soluciones plantea usted para mejorar?
- En una de las dos secciones existentes en la unidad curricular Transferencia de Calor para el período 2013-I, se seleccionaron

aleatoriamente 13 alumnos de un total de 25, quienes conociendo el propósito de la actividad, respondieron voluntariamente el cuestionario.

- Terminada la consulta, se revisó y clasificó las respuestas de cada alumno por pregunta.

En la Tabla 1 se muestra la matriz y los problemas manifestados según la propuesta de Stracuzzi y Pestana (2010) tomando en cuenta los tres criterios sugeridos; los problemas señalados corresponden a frases relevantes en las respuestas por parte de los alumnos. Los resultados hallados posiblemente parezcan alarmantes para una universidad con carácter experimental, indiferentemente de la intensidad interpretada, develan la necesidad urgente de formular acciones correctivas.

Tal y como se observa, se han identificado 27 problemas potenciales (algunos relacionados). La Estimación del problema por parte del investigador tiene tres medidas, *Alta*, *Media* y *Baja*. Según la opinión de Stracuzzi y Pestana (2010) «El valor de un problema es alto cuando manifiesta la desviación pronunciada de un fenómeno en relación con los objetivos perseguidos.» (p. 50).

Para explicar lo anterior se tomará como ejemplo el problema 2: *No se dispone de herramientas de cálculo avanzadas. El aprendizaje es lento.* En este caso la Estimación tiene una medida Alta, significa que el investigador interpreta que el deber ser es que el alumno disponga de herramientas de cálculo computacionales para su ejercitación y mejoramiento de los procesos de enseñanza y aprendizaje, sin embargo la disposición de estas herramientas por parte del estudiante en la actualidad es muy baja.

De igual manera, la Capacidad del problema por parte del investigador también tiene tres medidas, *Alta*, *Media* y *Baja*; será Alta cuando se espera que el resultado obtenido al enfrentar el problema sea positivo.

Tabla 1 Factores problemáticos desde la perspectiva del alumno.

Problema	Criterios	Estimación	Capacidad	Costo
1. La asignatura es extensa y posee mucha información.		Alta	Baja	Indiferente
2. No se dispone de herramientas de cálculo avanzadas. El aprendizaje es lento.		Alta	Media	Negativo
3. La asignatura no está actualizada.		Media	Alta	Negativo
4. Hay pocos profesores calificados y personal de apoyo. No se cuenta con equipos de laboratorio adecuados.		Alta/Media	Alta	Negativo
5. En algunas ecuaciones las evaluaciones perjudican a los alumnos.		Media	Alta	Negativo
6. La solución de los ejercicios es larga y requiere un profundo fundamento teórico.		Alta	Media	Negativo
7. Hay escaso material de apoyo.		Alta	Alta	Negativo
8. A veces se observa monotonía y aburrimiento por un programa reiterado.		Alta/Media	Alta	Negativo
9. Hay deficiencia de conocimientos en ciertos aspectos, como ecuaciones y variables. También se observa falta de entendimiento de los temas que se evalúan.		Alta	Alta	Negativo
10. No se cuenta con laboratorios para hacer simulaciones al resolver problemas y hacer más eficiente el aprendizaje.		Alta/Media	Baja	Negativo
11. El material que se usa para estudiar no está actualizado y el conocimiento adquirido es muy leve.		Media	Alta	Negativo
12. Hay escases de recursos económicos.		Alta	Baja	Indiferente
13. La tecnología utilizada es obsoleta.		Alta	Media	Negativo
14. Hay una enorme dependencia de un formulario.		Alta	Media	Negativo
15. No hay una planificación adecuada en metodologías de estudio.		Media	Media	Negativo
16. Existe un arraigo en el manejo de métodos de enseñanza tradicionales. Existe escasa receptividad del docente.		Alta/Media	Alta	Negativo
17. La deficiencia en el aprendizaje desanima y se pierde el interés por la asignatura. Además, retarda y dificulta el avance. Crea también inseguridad a futuro para afrontar la vida profesional.		Alta	Alta	Negativo
18. Se dificulta la utilización de libros modernos por no disponer de computadores para poder resolver ciertos ejercicios. Hay desactualización en el uso de sistemas de apoyo.		Media	Media	Negativo
19. Al inicio de la asignatura hay cierta indisposición por el rumor que la asignatura es compleja y difícil.		Media	Alta	Negativo
20. Hay desconfianza de lo aprendido, se cree que sólo sirve como cultura general.		Alta/Media	Alta	Negativo
21. No se cuenta con software y (o) simuladores que ilustren mejor la solución de los problemas y poder observar mejor cómo ocurren las cosas.		Alta	Media	Negativo
22. Hay escaso interés y motivación en la asignatura.		Media	Alta	Negativo
23. Los métodos tradicionales requieren de mayor dedicación para resolver ejercicios y desarrollar un buen análisis de todos los posibles casos existentes.		Alta	Alta	Negativo
24. Las clases no son tan dinámicas, no se dispone de elementos didácticos que hagan más práctico el entendimiento de la asignatura.		Alta	Alta	Negativo
25. Existe cierto divorcio de lo teórico y la realidad con la industria, lo que origina desinterés.		Alta	Alta	Negativo
26. Hay poca actividad práctica que haga más didáctico el aprendizaje.		Alta/Media	Media	Negativo
27. Hay deficiencia en el planteamiento de aplicaciones reales por parte del docente, originando cierta monotonía.		Media	Alta	Negativo

Fuente: Compilación y elaboración Propia.

En este sentido, es importante evaluar la relación *recursos exigidos/recursos disponibles* y el grado de control obtenido en el problema. La calificación para este problema es Media, significa que el investigador no garantiza la disponibilidad plena de herramientas computacionales, sólo parcialmente. Al resaltar la opinión sobre la calificación del Costo, se observa que es Negativo, indudablemente la consecuencia de no resolver el problema, sea importante o no, es negativa; lógicamente de no resolverse la situación continuará la problemática y será evidenciada nuevamente por el alumno.

Factores problemáticos desde la perspectiva del profesor

La postura del docente investigador, al igual que la del estudiante, tiene una significación muy importante en el marco de lo axiológico. Según Gómez (2006) es significativo tener el acercamiento al hecho a investigar, conocer y tener claridad del contexto donde se enfoca la investigación y así poder encontrar fuentes inagotables de ideas para investigar; al respecto cita:

Como primera medida es recomendable que el tema de investigación se busque en áreas afines a su experiencia laboral, o a sus estudios o aficiones. Es casi indispensable que el futuro investigador realice una introspección, y trate de identificar cuáles son los conocimientos, las aptitudes, experiencias y aficiones que le ayudarán a identificar, dentro de la totalidad de áreas afines a sus conocimientos, los posibles tópicos que lo motivarán a profundizar en su estudio. (p. 30).

Esta observación induce responsablemente a que el investigador identifique potencialmente cuales son los factores problemáticos en la investigación, en este caso se deslumbraran problemas referidos al alumno y a la práctica pedagógica (basado en los factores señalados por Tejedor (1998). En la Tabla 2 se muestra la matriz sugerida por Stracuzzi y Pestana (2010) para este caso.

Tabla 2 Factores problemáticos desde la perspectiva del investigador referidos al estudiante y a la práctica pedagógica.

Criterios	Estimación	Capacidad	Costo
Problema referido al estudiante			
1. Carencias de conocimientos en ciertas temáticas.	Alta	Baja	Negativo
2. Desconcierto en la postura de ideas coherentes al plantear soluciones a un problema en particular.	Alta	Media	Poco Negativo
3. Desconfianza e inseguridad al enfrentar una planificación futura en el mundo laboral al evidenciarse algunas deficiencias en el aprendizaje.	Alta/Media	Media	Negativo
4. Retraimiento para enfrentar discusiones que permitan la solución teórica al planteamiento de problemas ingenieriles.	Media	Alta	Negativo
5. Incongruencia al relacionar procesos teóricos y reales.	Alta	Media	Negativo
6. En algunos casos, se observa interés sólo por aprobar la asignatura más no por aprender.	Alta	Media	Negativo
7. Poca motivación a participar en el desarrollo de las clases durante los procesos de enseñanza.	Alta/Media	Media	Negativo
8. Se observa una intención muy fuerte a solucionar problemas mecánicamente, dejando a un lado los fundamentos teóricos. Se depende fuertemente de procedimientos repetitivos y del uso de un formulario personal.	Media	Alta/Media	Negativo
9. El número de reprobados es significativo, por lo general el repitiente no asiste a clase.	Alta	Media	Negativo
10. No hay disponibilidad del uso de herramientas computacionales de cálculo que permitan parametrizar y ver la solución gráfica a problemas teóricos.	Alta	Alta	Negativo
11. La deficiencia en el aprendizaje desanima y se pierde el interés por la asignatura.	Alta	Media	Negativo
Criterios			
Problema referido a la práctica pedagógica			
12. Deficiencias pedagógicas (escasa motivación, falta de claridad expositiva, actividades poco adecuadas, mal uso de recursos didácticos, inadecuada evaluación, etcétera).	Alta	Alta	Negativo
13. Desvinculación con el mundo real.	Alta	Alta	Negativo
14. Escasa participación práctica que ilustre y mejore la comprensión teórica.	Alta	Alta	Negativo
15. Poca participación en la generación de material de apoyo para el uso de estudiantes.	Media	Media	Negativo
16. Uso escaso de herramientas computacionales de cálculo que permitan parametrizar y ver la solución gráfica a problemas teóricos.	Alta/Media	Media	Negativo
17. Desmotivación en la práctica pedagógica por la baja participación del alumno.	Alta	Alta	Negativo

Fuente: Compilación y elaboración Propia.

Tal y como se observa, hay coincidencia en algunos de los factores problemáticos señalados por el alumno y el docente investigador. De acuerdo con la opinión de Sáez (2003), los resultados indicados corresponden a la primera fase de la exploración; ahora bien, esta información requiere seguramente de acciones que estén orientadas y poder

generar propuestas curriculares que sean más congruentes con las necesidades encontradas.

Evidentemente el estudiante UNET vinculado en la investigación rechaza de alguna manera el asistencialismo, es por ello que el objeto de estudio y (o) la problemática a investigar se originó en el interés propio del alumno y del docente investigador.

Enunciado del problema seleccionado

De acuerdo a lo señalado, esta investigación se orientó fundamentalmente a reflexionar sobre la dinámica contextual de las metodologías de enseñanza dirigidas al estudiante de ingeniería mecánica de la UNET en la unidad curricular Transferencia de Calor, desde la perspectiva del alumno y del docente investigador y así, poder realizar una propuesta curricular llamada Modelo Pedagógico para la comprensión epistemológica de la temática transferencia de calor en superficies extendidas, y poder lograr mejoras en el aprendizaje y su desempeño.

La generación de esta propuesta curricular tiene un abordaje metodológico fundamentado en la identificación y generación de indicadores según los factores problemáticos señalados en la Tabla 1 y Tabla 2, pero fundamentalmente guiados por el enfoque de la Nueva Escuela referida por De Zubiría (2006), sin dejar de un lado aspectos del constructivismo, donde una de sus características es permitir que el alumno tenga un protagonismo en el reconocimiento de los elementos, que de alguna manera conceptualicen una temática, apoyándose en conocimientos previos y poder lograr un aprendizaje significativo.

Dentro de la Nueva Escuela, De Zubiría (2006) conceptualiza el modelo pedagógico autoestructurante, donde el contexto y el sujeto son elementos a tomar en cuenta en las propuestas curriculares, incluyendo procesos pedagógicos con acciones (la exploración, la horizontalidad, las experiencias,

la intencionalidad, las reflexiones debatidas, entre otras), que permitan un conocimiento efectivo basado en el testimonio experimental.

Indudablemente que la componente motivación debe cambiar la interpretación y concepción de las ideas en el marco axiológico y ontológico, bajo una interacción dinámica, que brinde confianza y corrija como herramienta académica, las dificultades existentes en la comprensión del conocimiento en la temática considerada y así, renovar el interés del estudiante con la idea central de mejorar el aprendizaje y su desempeño.

Según la interpretación de los factores problemáticos señalados en la Tabla 1 y Tabla 2 y, las reflexiones de los diversos investigadores señalados, tal es el caso de Díaz (et al.) (2008) y Olivero-Sánchez (et al.) (2015) y la idea central de la propuesta curricular, el objeto de estudio en esta investigación viene identificado por el —Aprendizaje y Desempeño del Alumno— lo que constituye el fundamento real donde se conectan las inquietudes del estudiante y del docente investigador.

En la opinión de Elliott (2000) al considerar el aprendizaje como producción activa, resalta la manifestación de las capacidades humanas entre las que destaca: sintetizar información variada y compleja en patrones relacionados, considerar las situaciones desde distintos puntos de vista, tener presentes las propias inclinaciones y los prejuicios personales. Estas capacidades de alguna manera se conjugan con los factores problemáticos desde la perspectiva del estudiante y del docente investigador para la formulación del Modelo Pedagógico; en esta idea Elliott (2000) señala:

La idea de enseñanza implicada en el proceso de cambio también es diferente. Ya no se estructura como una actividad orientada a controlar o determinar causalmente los resultados del aprendizaje. Se considera, en cambio, como una actividad capacitadora que aspira a facilitar un proceso dialéctico indeterminado entre las estructuras públicas de conocimiento y las subjetividades individuales. Se centra en el proceso más que en el producto del aprendizaje, se dirige a activar, comprometer, desafiar, y extender las capacidades naturales de la mente humana. (p. 23).

En los procesos de enseñanza Elliott (2000) hace referencia a la importancia de la reflexión durante la praxis pedagógica, por ello el docente UNET debe estar en el marco de la deliberación y (o) debate, involucrado en el currículo, la selección, la evolución y el desarrollo constante dentro de un proceso experimental de investigación. Entre los retos y desafíos que tiene la UNET, según los aspectos problemáticos, se destaca la necesidad permanente de generar procesos y materiales didácticos para estudiantes, que fortalezcan el eterno objetivo de conducir siempre a una comprensión epistemológica del conocimiento en las distintas áreas de estudio. En este mismo sentido Albornoz (2006), cita:

Las Universidades son creadoras del saber, capaces de permitir adelantarnos a los escenarios y acontecimientos, los académicos tenemos una inagotable fe en el potencial del conocimiento, en las instituciones que lo cultivan como las Universidades y en los procedimientos tanto teóricos como metodológicos que son rutinas en el manejo del pensamiento científico. (p. 28).

Como referencia a lo anterior, la UNET tiene el firme compromiso y el desafío de ser auténtica creadora y divulgadora del conocimiento, para ello el docente debe ser intérprete de primera línea, reflexionando sobre la necesidad de cambio y fomentar procedimientos metodológicos que mejoren la enseñanza y el aprendizaje. De acuerdo con este planteamiento, la sistematización de la presente investigación se centrará en la búsqueda de respuestas a las siguientes interrogantes: ¿Cómo percibe el estudiante UNET la metodología en los procesos de la enseñanza de la transferencia de calor en superficies extendidas?, ¿Qué elementos emergerán según las reflexiones del estudiante UNET y del docente investigador que induzcan la generación de la propuesta curricular?, ¿Cómo generar un Modelo Pedagógico para la comprensión e interpretación epistemológica de la transferencia de calor en superficies extendidas?, ¿Qué impacto causará la aplicación del Modelo Pedagógico en la comprensión e interpretación

epistemológica de la transferencia de calor en superficies extendidas?, ¿De qué manera contextualizar la comprensión epistemológica de la transferencia de calor en superficies extendidas para estudiantes de ingeniería mecánica?

Objetivos de la investigación

Objetivo General

Evaluar el efecto metodológico del Modelo Pedagógico sobre la enseñanza en la unidad curricular Transferencia de Calor en el tópico transferencia de calor en superficies extendidas de la carrera de Ingeniería Mecánica de la UNET.

Objetivos Específicos

1. Conocer las impresiones del estudiante UNET sobre las metodologías de aula utilizadas en los procesos de enseñanza de la transferencia de calor en superficies extendidas.
2. Organizar las impresiones del estudiante UNET y del docente investigador que permitan develar indicadores que induzcan la propuesta curricular.
3. Generar un Modelo Pedagógico para la comprensión e interpretación epistemológica de la transferencia de calor en superficies extendidas.
4. Determinar el impacto de la aplicación del Modelo Pedagógico en la comprensión e interpretación epistemológica de la transferencia de calor en superficies extendidas.

5. Contextualizar la comprensión epistemológica del Modelo Pedagógico de la transferencia de calor en superficies extendidas para estudiantes de ingeniería mecánica.

Justificación e importancia de la investigación

En este caso, reconociendo las dificultades que tiene la comprensión epistemológica de la transferencia de calor en superficies extendidas y teniendo en cuenta su amplio mundo de aplicaciones, el propósito de esta investigación es apoyar y fortalecer, como herramienta didáctica estructurada conceptualmente, el *Aprendizaje y Desempeño del Alumno UNET*, focalizado como objeto de estudio.

Estas acciones están concebidas en el reglamento interno de la UNET, específicamente en su Artículo 2 donde se resalta la búsqueda de la verdad y los valores en el marco de una función rectora de la educación adaptable que conduzcan al mejoramiento de la docencia y el aprendizaje, buscando la consolidación de conocimientos.

Para desarrollar los aspectos que permiten la justificación e importancia de esta investigación, se tomará como referencia la metodología sugerida por Stracuzzi y Pestana (2010): «Una vez seleccionado el problema, el investigador debe concretar las proposiciones que lo llevan a desarrollar el estudio. Para una concreción de los planteamientos anteriores, la justificación debe responder, a tres momentos: Teórico, metodológico y práctico.» (p. 61).

Respecto al aporte teórico: Esta investigación estará dirigida al desarrollo de una metodología fundamentada en una dimensión denominada epistemología conceptual, que permita complementar sustancialmente los

conocimientos ya existentes en la temática definida, bajo un esquema amplio, estructurado, moderno, actualizado, práctico y motivador.

Respecto a lo metodológico: Esta propuesta incluirá una fase con elementos motivadores, inducidos a develar y mejorar la comprensión epistemológica del tema referido y, podrá ser utilizado como referencia para el desarrollo de otros tópicos en la signatura indicada y otras temáticas que requieran la misma metodología, guiada por profesores o estudiantes.

Respecto a lo práctico: La realidad metodológica actual, tal y como se comentó, vienen enmarcada en técnicas tradicionales, con pensamientos referenciados en aspectos muy directos y asistencialistas, que de alguna manera han orientado el razonamiento a un alcance limitado. La incorporación de herramientas computacionales de cálculo potencializará la implementación del modelo, lográndose la parametrización de la solución de un problema particular numérica y gráficamente, lo cual generaliza la comprensión de la temática y mejorará el desempeño de la práctica pedagógica.

En esta misma idea, Hernández, Fernández y Baptista (2010) señalan ciertos criterios que pueden deslumbrar y evaluar la investigación que intenta responder a expectativas que la sociedad espera alcanzar de acuerdo a una necesidad; estos criterios son: Conveniencia, Relevancia social, Implicaciones prácticas, Valor teórico y Utilidad metodológica de la investigación. Al responder a estos criterios en forma de preguntas, resulta:

a. Referente a la conveniencia, ¿qué tan conveniente es la investigación?, tal y como se indicó anteriormente, el propósito de esta investigación será apoyar y fortalecer el entendimiento de los conocimientos y así poder fortalecer el aprendizaje y el desempeño del estudiante en la unidad curricular transferencia de calor.

b. Referente a la relevancia social, ¿cuál es su trascendencia para la sociedad?, indudablemente que el impulso hacia el fortalecimiento de los

procesos de la enseñanza y aprendizaje consolida a las sociedades, las hace más competitivas, tal y como le señala Drucker (1996):

... el rendimiento de un individuo, una organización, una industria, un país, en la adquisición de conocimientos se convertirá en el factor competitivo clave – para las oportunidades de desarrollo e ingresos del individuo; para el rendimiento y aun acaso para la supervivencia de la organización individual; para una industria; y para un país. (p. 230).

Esta cita es más que convincente, al contextualizarla al caso UNET, esta investigación será un aporte, un pequeño paso en ese mundo tan inexorablemente basto que hay que ir conquistando día a día, en pro de hacer que el egresado UNET sea un individuo eficaz y eficiente.

c. Referente a las implicaciones prácticas, ¿quiénes se beneficiarán con los resultados de la investigación?, la docencia como componente de la academia en la relación estudiante-docente, será el beneficiario directo en la medida en que se consolide el aprendizaje y el desempeño del estudiante UNET en todas sus unidades curriculares; por añadidura por decirlo de alguna manera, la sociedad venezolana será en definitiva ese gran receptor de los beneficios de tener un profesional egresado consolidado.

d. Referente al valor teórico, ¿ayudará a resolver algún problema real?, esta investigación potenciará la práctica pedagógica y el desempeño del docente, se obtendrán resultados más amplios en lo teórico y en lo práctico referente a los procesos de transferencia de calor en superficies extendidas. De igual manera, permitirá el surgimiento de ideas y (o) recomendaciones para lograr extensiones a todo el programa de la unidad curricular Transferencia de Calor y demás asignaturas.

e. Referente a la unidad metodológica, ¿La investigación puede ayudar a crear un nuevo instrumento para recolectar o analizar datos?, esta investigación de alguna manera sensibilizará la horizontalidad requerida entre alumno-profesor, sensibilizará el entendimiento y la necesidad de lograr

mejoras en los procesos de aprendizaje y desempeño del estudiante UNET. Los beneficios académicos del estudiantado en cuando a la relación de variables y mejoras para lograr el manejo de la información y (o) recursos, lógicamente estarán relacionados por la relación *recursos exigidos/recursos disponibles* según lo indica Stracuzzi y Pestana (2010).

Como elementos que argumentan la investigación, cada una de estas preguntas mantiene una correspondencia plena respecto a lo teórico, lo metodológico y lo práctico, sin embargo, también existe una relación con lo epistemológico propiamente dicho, lo axiológico y lo educativo, sin dejar de lado las implicaciones que pueda tener esta investigación en una futura línea de investigación.

La aplicación de la investigación es concreta, la implementación del Modelo Pedagógico tendrá como valor fundamental, intentar fortalecer y complementar la comprensión epistemológica de la transferencia de calor en superficies extendidas en estudiantes de ingeniería, mejorando y enriqueciendo la enseñanza y el aprendizaje, fundamentado en las necesidades propias del estudiantado. Hoy en día con la alta disponibilidad de tecnologías computacionales, el deber ser de las metodologías educativas es incluir herramientas de cálculo apoyadas en software, como por ejemplo *Mathcad*, la cual permite parametrizar una solución numérica en un problema particular y representar parte de ella en forma gráfica. Indudablemente esta posibilidad incentiva al alumno, reduciendo los tiempos de aprendizaje y permitiendo una interacción directa alumno-temática.

Estas herramientas combatirían el sesgo que pueda tener el docente en la práctica pedagógica, es decir, la monotonía de hacer problemas repetitivos con soluciones muy particulares, tal y como lo indica Biggs (2006) al referirse a la enseñanza como actividad reflexiva en el mundo universitario:

Los profesores experimentan los problemas y, con ayuda, tendrán que crear las soluciones. Esas soluciones no consistirán en aprender todo un nuevo conjunto de trucos docentes, cualquiera

de los cuales puede o no ser útil en sus circunstancias concretas, sino en reflexionar sobre sus problemas de enseñanza y deducir sus propias formas de abordarlos en el contexto de su departamento. (...) Los académicos han sido siempre profesores, pero la prioridad de la inmensa mayoría consiste en estar al día de los desarrollos del conocimiento de su disciplina, esperándose que contribuyan a ellos a través de la investigación. (p. 24).

Este comentario tienen dos aspectos: El primero se deriva de la necesidad de desechar prácticas y estilos personalizados, de la utilización de problemas que requieren trucos y maniobras rebuscadas para lograr soluciones singulares, y en segundo lugar, de la necesidad permanente que debe tener el docente en su formación de aprender para poder enseñar.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Para fortalecer el desarrollo de este capítulo, es necesario estructurar adecuadamente el marco teórico o referencial, para ello hay diversas opiniones e ideas según la postura de los investigadores. Stracuzzi y Pestana (2010) afirman que el marco teórico amplía el horizonte de la investigación, para ello es conveniente que contenga: Antecedentes de la investigación (históricos y metodológicos); Fundamentos legales; Definición de términos básicos (conceptos, postulados y teorías); Sistema de hipótesis y Sistema de variables.

Aspectos previos

Retomando la propuesta hecha en el capítulo anterior, pensando en lo que se dijo y se hará, vale la pena meditar sobre lo citado por Fermín (2005):

Es necesario evidenciar la crisis teórico-epistemológica que sustenta al discurso pedagógico. Por ello, la relación enseñanza-aprendizaje, concibiéndola como universal y generacional, tiene que ser repensada. La escuela tiene que vincularse al entorno, construir puentes entre la cultura académica y la cultura que se está creando, entre los que destacan: la tolerancia, el esfuerzo personal, la coherencia, la solidaridad y cooperación, el espíritu crítico y creativo. Pero ¿cómo provocar que el alumnado participe de forma activa y crítica? Para ello es necesario convertir el aula en espacio de acción y pensamiento, generar cambios metodológicos y superar "obstáculos pedagógicos". (p. 137).

Desde siempre las permanentes ideas, por decirlo de una manera, planteaban inexorablemente circunstancias inéditas, con sus propios códigos, palabras de Fermín (2005), haciendo surgir propuestas que replantean el

estudio de los procesos de enseñanza y aprendizaje, tal es el caso del propósito de esta investigación.

Antecedentes de Estudio

Antecedentes Históricos

En este punto se señalará brevemente algunos hechos e inquietudes del hombre por aprender, por adquirir conocimientos con la finalidad hacer cosas importantes en su medio, indudablemente que detrás de estos hechos, hubo procedimientos innovadores metodológicos de enseñanza.

La historia de la educación desde la antigüedad, según Marrou (2004) está llena de altibajos, el hombre siempre ha poseído un vigor incansable de aprender cosas, de sobreponerse, pareciera ser que se trata de una postura de sobrevivencia; entre cultura, arte y conquistas bélicas el conocimiento se hacía notar, ya que el saber organizado garantizaba mayor éxito.

Guardando las distancias, Marrou (2004) señala: «La historia de la antigüedad no puede resultar indiferente para nuestra cultura moderna: nos hace recordar los orígenes directos de nuestra propia tradición pedagógica.» (p. 8). En el antiguo Egipto, el maestro enseñaba al alumno con modelos estructurados basados en la imitación, incluían procesos repetitivos con un incremento de la dificultad en las tareas; la pedagogía, señala Marrou (2004), era muy elemental, se basaba en el adoctrinamiento pasivo infundido por la docilidad del alumno.

La insaciabilidad del hombre por aprender ha estado presente desde cientos de años, no es cosa de lo contemporáneo o la modernidad, es algo intrínseco de su naturaleza poderosamente indagadora, según lo señala Toledo (2006):

Su curiosidad exploratoria no tuvo límites para conocer al detalle su entorno. Esta tendencia básica a la exploración lo llevó de una

pregunta a otra. Una respuesta desencadenó cientos de interrogantes en su cerebro. Cuando no encontró respuestas inventó la religión. Cuando el lenguaje hablado no le fue suficiente inventó nuevas formas de expresión como la pintura. No le bastó con explorar y conocer su ambiente, su curiosidad, su imaginación, sus emociones cada día más complejas, lo llevaron a transformarlo. (p. 84).

Esta cita más que elocuente, manifiesta la necesidad natural del hombre de aprender cosas, ya Comenio en la Didáctica Magna (1632), afirmaba sobre la necesidad de que no existiera cosa pequeña o grande desconocida, teniendo como línea la ciencia de los artífices y el arte de la palabra, que consistía en conocer y entender el entorno pleno, citando como ejemplo la necesidad del hombre de conocer lo que constituye al mundo, las distintas épocas del año, la posición de las estrellas así como los pensamientos del hombre mismo; de igual manera resaltaba, *la educación se debe comprender y no memorizar* y, así poder integrar acciones creativas para la formulación de teorías.

Estas reflexiones de Toledo (2006) y Comenio confirman la realización de esta investigación, que constituye un esfuerzo más para crear acciones metodológicas que impulsen al hombre a comprender aún más el mundo que lo rodea. Hay autores que se remontan al antiguo Egipto para relatar los inicios del conocimiento organizado, así lo indica Manacorda (2006):

Parece pues legítimo empezar por Egipto, unánimemente reconocido como cuna común de la cultura y de la instrucción. En el cuarto milenio está ya en la madurez: ¿qué infancia y adolescencia histórica se esconde detrás de esa madurez? Se puede pensar que un pueblo establecido a lo largo de las orillas de un gran río y con una agricultura avanzada hubiese acumulado y transmitido desde tiempos muy antiguos nociones de alto nivel no solamente sobre la agricultura y agrimensura, sino también sobre las ciencias que constituyen su base: la geometría, para medir sus terrenos; la astronomía, para conocer las estaciones, y sobre todo las matemáticas, que son el instrumento de una y otra. (p. 16).

Esto señala que ya desde el antiguo Egipto y, mucho antes, el hombre vivía en civilizaciones organizadas y altamente prosperas, donde se estratificaban las comunidades para realizar distintas labores en pro de la misma comunidad tras haber adquirido diversos conocimientos. Ya en la edad media, la iglesia católica con un poder vigoroso mantuvo el dominio sobre muchas cosas, seguramente motivado y favorecido por la religión, la fe y el temor a Dios. En opinión de Cairns (2002), la iglesia para mantener y atender su trabajo, necesitaba de hombres adecuadamente educados en colegios y universidades. La iglesia creó en algunos monasterios, catedrales y conventos colegios relativamente básicos, donde educaba a jóvenes, unos con la intención de servir a Dios y, otros con la finalidad de tener un mayor conocimiento que les permitieran vivir mejor, e incluso tener más poder.

Retomando la historia de la universidad venezolana, se observa que desde sus inicios hasta la actualidad tiene cerca de 300 años; según Rojas (2005), desde sus inicios hasta la fecha se observa la necesidad de ejemplarizar su contexto con las exigencias del país, sobreponiéndose a malas gerencias en posturas académicas.

Fundamentos Legales

Tomando en cuenta la opinión de Stracuzzi y Pestana (2010), en relación a la importancia de los fundamentos legales de la investigación, señalan que éstos pueden ser nacionales o internacionales.

Fundamentos Internacionales

En la Conferencia Regional de Educación Superior (CRES 2008), organizado por el Instituto Internacional de la UNESCO para la Educación Superior en América Latina y el Caribe, se estableció la obligatoriedad que tanto el sector público como el privado, articulen de forma creativa, políticas

que permitan ofrecer una educación superior con calidad y pertinencia, fundamentándose en la autonomía de las instituciones. Se resalta la inclusión de alternativas e innovaciones en las propuestas educativas, en la producción y transferencia de conocimientos y aprendizaje.

Este antecedente internacional involucra a nuestras instituciones, e induce a la realización investigaciones tal y cómo lo contempla esta propuesta.

Fundamentos Nacionales

Los principios fundamentales del sistema educativo en Venezuela están contemplados en la constitución de la República Bolivariana de Venezuela, la Ley Orgánica de Educación y, en lo regional en el reglamento interno de la UNET.

La Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, según la Gaceta Oficial Extraordinaria N° 36.860 de fecha 30 de diciembre de 1.999, en su Capítulo VI, incluye lineamientos legítimos sobre los Derechos Culturales y Educativos de los venezolanos, que estimulan la realización de la presente investigación. En su artículo 109, se indica que el estado reconocerá la autonomía universitaria y permite al profesor, estudiante y egresado a dedicarse a la búsqueda del conocimiento a través de la investigación científica. El artículo 110 resalta que el estado reconocerá el interés público de la ciencia, la tecnología, el conocimiento, la innovación y sus aplicaciones por ser instrumentos fundamentales para el desarrollo.

Por otro lado, la Ley Orgánica de Educación en el Capítulo II, referente a la Enseñanza Universitaria, en el artículo 145, manifiesta que la enseñanza universitaria estará dirigida a formar integralmente al alumno. En el artículo 146 se induce a la responsabilidad de establecer los lineamientos pedagógicos para fortalecer la enseñanza y mejorar la calidad en general de la educación en el país.

Fundamentos Regionales

El reglamento de la UNET, aprobado según decreto N° 3101 de fecha 12 de agosto de 1993, en el artículo 2, indica que la UNET es una institución experimental adaptable a orientaciones que conduzcan al mejoramiento de la docencia y el aprendizaje. Para ello se permite la innovación educacional, la creación, la promoción y la adaptación de tecnologías acordes con el medio regional y nacional. En el artículo 50 señala que el personal académico tiene libertad para la expresión y enseñanza de las asignaturas, para la investigación y la extensión, en el marco de normas y leyes de la República.

La característica de universidad experimental permite ensayar y *experimentar* nuevas orientaciones y estructuras académicas, con libertad de cátedra y la renovación permanente en el ambiente académico con el espíritu de probar nuevas estrategias de enseñanza.

Antecedentes Metodológicos

Al igual que en los fundamentos legales se tomará en cuenta antecedentes nacionales e internacionales, específicamente investigaciones desarrolladas en temas de educación publicadas en revistas o bajo la modalidad de Tesis Doctorales, que de alguna manera se relacionen con el tema abordado en esta investigación.

Los Buenos "Profes". La Calidad del Docente Universitario Desde la Perspectiva de los Estudiantes, título la Tesis Doctoral realizada por Lizardo de Álvarez (2008) desarrollada en La Universidad de los Andes y La Universidad del Zulia. El objetivo central de la investigación fue: «Determinar los criterios utilizados por los estudiantes para definir la calidad de los profesores universitarios». (p. 28).

En esta investigación se propuso una metodológica cuantitativa, donde se evaluó la percepción que tiene el alumno sobre las características cognoscitivas, didácticas y académicas del profesor. Las variables

dependientes utilizadas en el modelo correspondieron a las categorías: Desempeño Docente, Comportamiento Ético y Moral, Habilidades Didácticas y Académicas, Interés y Entusiasmo del Profesor, Comportamiento del Profesor hacia los Estudiantes, Planificación y Desarrollo de las Clases, Competencia Docente, Reconocimiento Profesional y Apariencia Física. Los resultados indican que los estudiantes universitarios esperan contar con un profesor que muestre interés hacia su función, la materia, el aprendizaje de sus estudiantes; que sea capaz de estimularlos para la búsqueda y construcción del conocimiento.

La investigación realizada por Asún, Zúñiga y Ayala (2013) publicada en el artículo *La formación por competencias y los estudiantes: confluencias y divergencias en la construcción del docente ideal*, desarrollada en la Universidad de Chile, planteó el siguiente objetivo: «Determinar el nivel de coincidencia existente entre las demandas pedagógicas que el Modelo de Formación por Competencias (MFC) hace a los docentes universitarios y las que expresan los estudiantes.» (p. 277). Según el MFC un profesor ideal es:

...aquel que asume como su responsabilidad la facilitación de los aprendizajes de los estudiantes y posee los conocimientos disciplinarios y las competencias pedagógicas para planificar y ejecutar una serie flexible de actividades didácticas diversas, adaptadas y centradas en sus estudiantes, con los cuales mantiene interacciones motivadoras, abiertas y cercanas, conducentes al desarrollo de capacidades de autoaprendizaje y habilidades específicas y generales, las que son evaluadas formativamente utilizando diversos dispositivos que le permiten certificar el dominio de competencias que obtienen sus educandos. (p. 284).

En este caso se optó por realizar una investigación cualitativa utilizando el grupo focal, recurriendo a un muestreo estructural para seleccionar alumnos de 16 carreras. Para ello se consideraron las categorías: Planificación del proceso educativo, Dominio de contenidos, Didáctica, Actitud del docente, Interacción con los estudiantes, Evaluación de los

aprendizajes, Resultados esperados, Foco del proceso educativo, Nivel de exigencias al docente. Dentro de los resultados se tiene:

Lo primero que esta investigación ha constatado son las altas expectativas que tienen los estudiantes universitarios respecto de sus profesores. No cabe ninguna duda de que los estudiantes están demandando un nuevo tipo de docente, poseedor de un amplio abanico de habilidades. Para los estudiantes un docente universitario debe ser capaz de:

- Producir un curso bien organizado, pero adaptable al nivel, heterogeneidad y motivaciones de los alumnos.
- Disponer de un alto y actualizado nivel de conocimientos acerca de la materia que enseña, que le permita discriminar los contenidos relevantes y exponer su propia posición en cada debate.
- Desarrollar clases expositivas altamente motivadoras, informativas, claras y ordenadas.
- Transmitir a sus estudiantes su pasión, tanto por el tema del curso, como por la enseñanza.
- Generar un clima de respeto que permita la participación del alumnado, pero sin entregar el control del proceso educativo.
- Producir evaluaciones justas, válidas, motivadoras, de un nivel de exigencia adecuado y ajustadas a la complejidad de las clases.
- Centrar su trabajo académico en la formación de los estudiantes.
- Responsabilizarse por lograr aprendizajes efectivos y sustantivos en los estudiantes. (p. 298).

La demanda de las necesidades del estudiante UNET, guardando las distancias, pueden coincidir parcialmente con los resultados encontrados en este artículo y las necesidades de mejorar los procesos pedagógicos.

La investigación realizada por Grau (2006) en su Tesis Doctoral titulada *Representaciones Sociales de la Ciencia y Tecnología en Instituciones de Educación Superior de la Región Andina Tachirense; Caso de Estudio: Instituto Universitario de Tecnología Agroindustrial (IUT) y Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET)*, se consideró como objetivo general:

Develar representaciones sociales sobre la ciencia y la tecnología en instituciones de educación superior de la Región Andina

Tachirenses a objeto de redimensionar procesos de producción científica y tecnológica desde estos contextos a partir de las significaciones que se revelen. Casos de estudio: Instituto Universitario Tecnológico Agroindustrial y la Universidad Nacional Experimental del Táchira. (p. 19).

El enfoque de esta investigación fue cualitativo, bajo la finalidad de fenomenología e interaccionismo simbólico, apoyándose en el método histórico, el análisis hermenéutico para interpretar las explicaciones de los protagonistas, sin dejar de un lado los aspectos académicos y su contexto, analizando aspectos relacionados con ciencia, tecnología y realidades institucionales.

Para ello uso de tres visiones distintas, permitiendo evidenciar y relacionar los esfuerzos y productos relacionados con el ámbito académico, sobre todo, investigaciones dirigidas a la producción de ciencia y tecnología.

Como resultados de la investigación, se encontró: la investigación sobre ciencia y tecnológica en instituciones educativas como el IUT y la UNET, no están asociadas a una tradición existente y duradera, ya que la contingencia, eventualidades, discontinuidad, la fragmentación de funciones del docente, el divorcio y falta de relación con el entorno, la pasividad académica en la praxis pedagógica, entre otros, son elementos que han consumado una plataforma que oriente la trayectoria gerencial organizada.

De igual manera se consultó la Tesis Doctoral *Efectos de la Educación a Distancia en Estudiantes Repitientes de Termodinámica I*, realizada por Duque (2006) en el instituto *Nova Southeastern University, Fischler School of Education and Human Services*, caso de investigación Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET).

El investigador propuso como objetivo central: «determinar los efectos que produce la utilización de la educación a distancia (ED), en los cursos de Termodinámica I, para estudiantes repitientes, al compararlos con la educación presencial». (p. 58).

Esta investigación fue desarrollada para resolver y (o) amortiguar el efecto que genera el repesamiento de estudiantes repitientes en la carrera de Ingeniería Mecánica en la asignatura Termodinámica I. Para ello se utilizó una metodología experimental comparativa entre un grupo de estudio, que recibió la instrucción utilizando técnicas de educación a distancia y, otro de control que recibió la instrucción en forma tradicional. Los resultados de la investigación concluyeron que utilizar la metodología de educación a distancia, es similar a la utilización de la metodología tradicional. Por lo tanto, esta metodología es una opción para el estudiantado, sobre todo el alumno repitiente, ya que aunque no se mejoran los resultados, se mantienen.

Otra consulta fue la Tesis Doctoral titulada *Efectos de una Estrategia de Enseñanza Computarizada en la Opinión, Participación y Rendimiento de Estudiantes de Ingeniería Mecánica*, realizada por Gutiérrez (2007) en el instituto *Nova Southeastern University, Fischler School of Education and Human Services*, caso de la investigación Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET).

El objetivo central fue: «Determinar cuál es el efecto de utilizar en la asignatura Transferencia de Calor una estrategia de enseñanza asistida por el computador, en la opinión, participación y rendimiento de estudiantes universitarios de ingeniería mecánica». (p. 9).

Para ello se utilizó una metodología cuantitativa con un diseño cuasi-experimental. Se aplicó un primer instrumento para medir la opinión de los estudiantes sobre la utilización del computador como elemento que permite la entrega de la instrucción, se llevó a sí mismo un registro durante el periodo en el cual se implementó el curso, los chat, la participación en foros electrónicos y el manejo de los recursos computacionales y finalmente el rendimiento estudiantil en esta experiencia.

Los resultados obtenidos indican la factibilidad de utilizar una estrategia de enseñanza computarizada en un curso de Transferencia de Calor, según los siguientes hallazgos: a) la opinión de los participantes a los cuales se les

aplicó las estrategia de enseñanza en cuanto programación del curso, mediación de la instrucción, atención a los aprendices, elementos de evaluación, ambiente y relaciones desarrollo del curso y apreciación general, resultó ser ampliamente favorable; b) la utilización de una estrategia instruccional basada en el computador, propició una mayor interacción de los sujetos no sólo con el instructor y la interfaz tecnológica, sino con los compañeros de curso; y c) el rendimiento académico obtenido por los participantes de este estudio, es comparable con los rendimientos académicos obtenidos bajo la modalidad presencial.

Relevancia de los antecedentes metodológicos para la investigación

Cada una de los antecedentes señalados representa un soporte para la realización de la presente investigación, ya que se relacionan de alguna manera con los objetivos planteados y el objeto de estudio abordado —Aprendizaje y Desempeño del Alumno—. En cada uno de esto trabajos se han identificado algunos indicadores relevantes según la opinión del autor, de tal manera de relacionar puntos de convergencia entre ellos tal y cómo se observa en la Tabla 3.

Sin pretender hacer una categorización según los aspectos señalados en los distintos antecedentes, se puede considerar que estas investigaciones están relacionadas por una gran dimensión, —la didáctica—, disciplina dirigida al estudio y comprensión de los diferentes procesos y metodologías de enseñanza y aprendizaje, siempre en la búsqueda de consolidar teorías eficaces para que los docentes estén fortalecidos con herramientas más seguras en la gran responsabilidad de que alumno adquiera los conocimientos requeridos en un área determinada.

Tal y como se ha comentado, la participación del hombre dentro de los distintos contextos le exige en cada momento procesos de enseñanza y aprendizaje eficientes.

Tabla 3. Categorías relevantes en opinión del autor de los antecedentes metodológicos.

Antecedente	Categoría
<i>Los Buenos “Profes”. La Calidad del Docente Universitario Desde la Perspectiva de los Estudiantes</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Desempeño del profesor universitario y motivación. - Vocación y entusiasmo por enseñar. - Habilidad para relacionar los contenidos de la asignatura con otras áreas de la carrera. - Planificación y desarrollo de las clases ajustados al contenido de la materia.
<i>La formación por competencias y los estudiantes: confluencias y divergencias en la construcción del docente ideal</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Didáctica para planificar el proceso educativo y dominio de contenidos. - Desarrollo de clases expositivas motivadoras, informativas, claras y ordenadas. - Transmisión de pasión por el curso y la enseñanza. - Responsabilidad para lograr aprendizajes efectivos y sustantivos en los estudiantes.
<i>Representaciones Sociales de la Ciencia y Tecnología en Instituciones de Educación Superior de la Región Andina Tachirense; Caso de Estudio: Instituto Universitario de Tecnología Agroindustrial (IUT) y Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET)</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Representaciones sociales sobre la ciencia y la tecnología. - Etnología aspectos académicos. - Fragmentación y funciones del docente. - Pasividad académica en la praxis pedagógica.
<i>Efectos de la Educación a Distancia en Estudiantes Repitientes de Termodinámica I</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Educación a distancia y educación presencial. - Rendimiento académico. - Aprendizaje significativo hacia el estudiante. - Estrategias instruccionales. - Metodologías alternas a la educación.
<i>Efectos de una Estrategia de Enseñanza Computarizada en la Opinión, Participación y Rendimiento de Estudiantes de Ingeniería Mecánica</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Estrategia de enseñanza asistida por el computador. - Interacción del sujeto. - Estrategia de enseñanza. - Rendimiento académico.

Fuente: Compilación y elaboración Propia.

Esta exigencia natural e inexorable siempre lo ha acompañado a lo largo de su existencia, pero aunque no completa su perfección, siempre ha dado mejoras en su evolución y desarrollo tal y como lo señala Martínez (2002) al referirse a la escuela activa: «...Hay que verla en su decurso histórico para poder ver su evolución y desarrollo.» (s/p). Por lo tanto, estos antecedentes y la presente investigación es un intento más, en ese mundo tan vasto en la búsqueda de algo mejor, para desarrollar lo que Martínez (2002) llama la Educación Humanista.

Pensando en lo ontológico y axiológico, la relación y utilidad de los antecedentes señalados para con la presente investigación se entrelazan y motivan según la reflexión hecha por Martínez (2002) en el Congreso Internacional sobre el Nuevo Paradigma de la Ciencia de la Educación:

Éste es un hecho que la educación como la medicina, la psicoterapia, la jurisprudencia y la ética no pueden desconocer. De él se derivan muchas consecuencias revolucionarias. El planificador curricular lo tendrá en cuenta en la medida en que asigne a la orientación y práctica educativas las tareas de ayudar a cada estudiante a "descubrir su propia identidad", su "real yo", a tomar conciencia de sí mismo y comprenderse a fondo, a conocer la unicidad de su persona, a saber cómo se diferencia de los demás y en qué forma su historia, capacidades, potencialidades y deseos le pueden fijar una meta y trazar una vía de desarrollo estrictamente individual y personal, pero en armonía y convivencia con sus semejantes. (s/p).

Fundamentos Conceptuales

La fundamentación teórica debe crear una fortaleza objetiva, fundamentada en experiencias y vivencias correlacionadas, que hagan confiables y eficientes los procesos de enseñanza, al respecto Stracuzzi y Pestana (2010) señalan:

La segunda parte del marco teórico corresponde al desarrollo de los aspectos generales del tema: fundamentos teóricos, legales, definición de términos básicos, además del sistema de hipótesis y el sistema de variables. (...) los fundamentos teóricos van a permitir presentar una serie de aspectos que constituyen un cuerpo unitario por medio del cual se sistematiza, clasifica y relacionan entre sí los fenómenos particulares de estudio. (p. 63).

Dentro de los fundamentos teóricos se definirán algunos conceptos relacionados con la unidad curricular involucrada en el contexto metodológico y la investigación propiamente dicha.

Transferencia de Calor

Antes de hablar de la Transferencia de Calor es importante definir el concepto de calor; en el Capítulo I se comentó brevemente ambos conceptos, sin embargo en este caso se enfatizará un poco más al respecto, así en opinión de Çengel (2004) el calor es:

... la forma de la energía que se puede transferir de un sistema a otro por existir una diferencia de temperatura. La ciencia que trata de la velocidad de esta transferencia es la **transferencia de calor**. (...) El requisito básico para la transferencia de calor es la presencia de una diferencia de temperatura. (p. 2).

Aunque esta definición involucra la transferencia de calor entre dos sistemas por existir entre ellos una diferencia de temperatura, la generalización de este concepto va más allá; también puede existir flujo de calor entre un único sistema o más de dos, el requisito fundamental es que exista una diferencia de temperatura en él o entre ellos.

Superficies Extendidas

Para tener una idea simple de lo que es una superficie extendida y complementar lo dicho en el capítulo anteriormente, en opinión del autor se considerarán las superficies extendidas como protuberancias (salientes) adheridas a una superficie caliente o fría en la que se requiere disipar o ganar calor, cuando en el entorno hay un fluido frío o caliente respectivamente. Ya en el Capítulo IV se hace una definición más amplia y se desarrollará el fundamento matemático y físico que explique el mecanismo de transferencia de calor en una superficie extendida.

La Didáctica como disciplina pedagógica

La implementación del Modelo Pedagógico con la finalidad de mejorar el aprendizaje y desempeño del alumno, involucra aspectos relacionados con la didáctica, ya que como disciplina pedagógica, analiza, comprende y mejora los procesos de enseñanza-aprendizaje, Díaz (2002).

El término didáctica, señala Escribano (2004) se deriva del verbo griego *didaskein*, que significa enseñar, instruir, explicar, hacer saber, demostrar. Aparente y simple significado ha desatado innumerables calificativos desde Comenio en su Didáctica Magna, hasta nuestros días; para contextualizar el objeto de estudio de la Didáctica, Díaz (2002) señala cuatro elementos: «...la Didáctica se ocupa de la enseñanza, del aprendizaje, del proceso instructivo y de la formación integral del docente.» (p. 44).

- La enseñanza involucra el conjunto de acciones intencionales que un individuo desarrolla con el firme propósito de que alguien aprenda o llevar a alguien al aprendizaje. La enseñanza involucra transmisión de información; estimulación al descubrimiento (o redescubrimiento); inducción (despertar interés); autocontrol y autocrítica; puesta en marcha de operaciones de consolidación intelectual y modelación de actitudes y climatización efectiva.
- El aprendizaje como tarea del alumno es una actividad que depende de él, pero desde lo didáctico, es un efecto de un proceso causal de la enseñanza donde intervienen un conjunto de factores y (o) actuaciones como aspectos conductuales y cognitivos. En este caso el profesor facilita el aprendizaje, tiene que ver con el tratamiento de los contenidos, con las acciones propias del proceso de aprendizaje.
- El proceso instructivo representa la formación específica que la escuela facilita al sujeto; aquí se mejora el nivel estructural en el interior y es el resultado de la acción formativa del docente y las acciones propias del sujeto.

- La formación integral del docente es el proceso de desarrollo requerido para lograr un estado de plenitud personal, lo cual está relacionado con los modelos didácticos, los recursos, las experiencias entre otras; en este caso tanto la escuela como el profesor delimitan el contenido de la formación.

Complementando lo anterior, en el artículo *La Didáctica Como Disciplina Pedagógica* (2013), se encuentra:

La Didáctica es una ciencia que estudia y elabora teorías sobre la enseñanza, o lo que es igual, modelos que explican o predicen la realidad que es enseñar. Desde una perspectiva epistemológica, la Didáctica la incluimos dentro del ámbito de las ciencias humanas (...) cumple criterios científicos con tal que se acepte la posibilidad de integrar elementos relativos a la explicación de los fenómenos. Por otra parte, posee suficiente número de conceptos, juicios y razonamientos estructurados susceptibles de generar nuevas ideas tanto inductiva como deductivamente. (s/p).

En esta misma idea, Escrivano (2004) al hacer referencia a la acepción de la didáctica como arte, destaca la vocación del profesor como intérprete de las características de cada situación, donde se requiere sensibilidad y capacidad de reflexión y dedicación para develar acciones pedagógicas que mejoren la enseñanza y el aprendizaje.

Particularizando la atención a la presente investigación y entendiendo que el desarrollo del Modelo Pedagógico es una propuesta curricular y, que según Díaz (2002) «El objetivo del currículo es mejorar las escuelas mediante el perfeccionamiento de la enseñanza y del aprendizaje.» (p. 83), los conceptos de la didáctica en esta investigación intervendrán para promover un intento más de acercar la teoría y la práctica en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la transferencia de calor en superficies extendidas.

Modelos Pedagógicos

En opinión de León y Montero (2003) los modelos son herramientas que permiten vincular aspectos teóricos con supuestos que intentan explicar situaciones. Desde lo metodológico pueden estar representados por un conjunto de ideas esquematizadas, que ordenadamente permiten orientar o guiar la comprensión y el aprendizaje de algo. Según Oñoro (2003):

...el propósito de los modelos pedagógicos, no ha sido describir ni pensar la esencia misma de la enseñanza, sino reglamentar y normalizar el proceso educativo, definiendo ante todo que se debería enseñar, a quienes, con que procedimientos, a qué horas, bajo que reglamentos disciplinarios, para moldear ciertas cualidades y virtudes en los alumnos. (p. 36).

Según Oñoro (2003) los diversos modelos pedagógicos son: el tradicional, el románticista, el socialista, el conductista y el desarrollista:

- El modelo tradicional, se preocupa por la *formación del carácter* de los alumnos, ajustando el pensamiento y la identidad humana (apoyado en el carácter dócil del estudiante) bajo la virtud y el rigor disciplinario, es decir, los procedimientos del docente están fundamentados en una comunicación verbalista, memorista y disciplinaria para impartir sus clases; en este modelo los alumnos aprenden oyendo, viendo e imitando.
- El modelo románticista comenta Oñoro (2003), lo más importante para la formación del alumno es el interior como eje central para el método educativo. Para ello el profesor tiene que ser un colaborador, con interacción libre, original y espontánea con el estudiante.
- El modelo socialista pretende lograr un desarrollo amplio y multifacético en función a las intenciones y características del alumno, teniendo en cuenta el contexto del individuo, procurando una formación integral para el beneficio de la colectividad.
- El modelo conductista consiste en que el alumno focalice y controle de manera precisa los objetivos deseados, donde se canalice los conocimientos

técnicos, mediante un adiestramiento experimental estructurado con tecnologías educativas.

- En el modelo desarrollista o progresista, en opinión de Oñoro (2003):

Hay una meta educativa, que se interesa por que cada individuo acceda, progresivamente, a la etapa superior de desarrollo intelectual, de acuerdo con las necesidades y condiciones de cada uno. Por otro lado el docente debe crear un ambiente estimulante de experiencias que le permita al niño su acceso a las estructuras cognitivas de la etapa inmediatamente superior. (p. 38).

En la misma idea, Malagón (2007) destaca que en el modelo desarrollista o progresista el docente tiene que ser una persona preparada, conocedora de la ciencia educativa, ya que actúa como orientador, facilitador y coordinador de los procedimientos del aprendizaje, apelando a experiencias y ambientes que permitan consolidar los objetivos propuestos.

Por otro lado, dentro de los modelos pedagógicos más generalizados, De Zubiría (2006) en primera instancia señala tres: «La Escuela Tradicional, La Escuela Activa y las corrientes constructivistas.» (p. 34); también hace referencia al modelo “dialogante e interestructurante”. La Escuela Tradicional prepara al individuo rígido en normas, cumplidor y obediente, dándole carácter descalificador, donde el principal papel del maestro, según De Zubiría (2006) «...será el de “repetir y hacer repetir”, “corregir y hacer corregir”, en tanto que el estudiante deberá imitar y copiar durante mucho tiempo, ya que es gracias a la reiteración que podrá aprender.» (p. 44). Este enfoque indudablemente deja de lado el desarrollo del pensamiento, castra la innovación y mecaniza al individuo.

Por su parte la Escuela Activa lucha contra el mecanicismo, el autoritarismo y la escasa reflexión en la escuela, preparando el individuo basando el aprendizaje en experiencias y acciones, donde el alumno es centro sobre el cual deben converger los procesos educativos, haciendo del alumno un sujeto y no un objeto. Esta postura permite que el alumno pueda

relacionarse con personas de diferente pensamiento, interactúe y se autoestructure para su propio desarrollo, palabras de De Zubiría (2006).

El constructivismo se orienta a atender el aspecto individual del ser humano con necesidades de comprender, analizar y crear, según las reflexiones y necesidades de su entorno, para ello el constructivismo apegado a lo pedagógico según De Zubiría (2006):

... se ha preocupado —y con razón— por las construcciones previas del alumno, por la estabilidad de estas, por las fuertes resistencias que generan al intentar lograr un aprendizaje significativo. Ha reconocido el papel activo del sujeto y del alumno en particular en todo proceso de aprendizaje. (p. 45).

Por su parte el modelo pedagógico dialogante e interestructurante, involucra lo histórico y lo cultural en los procesos de aprendizaje; el docente debe estar involucrado junto a su cultura y la escuela debería ser:

...un lugar para formar individuos más inteligentes a nivel cognitivo, afectivo y práxico. En este sentido, el papel de la escuela no debería ser el aprendizaje sino el desarrollo. La función de la escuela debería estar ligada a favorecer e impulsar el desarrollo de las diversas dimensiones humanas. (p. 45).

Más adelante se observará que estas tipologías se consiguen en el contexto de Modelo Pedagógico y, según opinión de algunos investigadores, incluye supuestos pedagógicos.

Modelo Pedagógico Autoestructurante

Como contrapropuesta al modelo La Escuela Activa, De Zubiría (2006) resalta el modelo *La Nueva Escuela*, llamado *Modelo Pedagógico Autoestructurante*, en donde se defiende «...la acción, la vivencia y la experimentación como condición y garantía del aprendizaje.» (p. 110). Para ello las experiencias son fundamentales, ya que el conocimiento se basará

en el testimonio de ellas, siendo el individuo el elemento principal que induce el desarrollo de las prácticas pedagógicas, los programas y procesos educativos según sus necesidades. Este modelo corresponde a los tres aspectos señalados por Águeda y Cruz (2005) sobre las metodologías activas en el aprendizaje.

El aprendizaje y sus teorías

Para Schunk (1997) existen diversas definiciones de aprendizaje manejadas por teóricos y (o) investigadores de la educación, sin embargo apegado a una posición cognoscitiva donde se destaca los pensamientos y creencias de los estudiantes, señala:

Un criterio para definir el aprendizaje es el *cambio conductual* o *cambio en la capacidad de compararse*. Empleamos el término “aprendizaje” cuando alguien se vuelve capaz de hacer algo distinto de lo que hacía antes. Aprender requiere el desarrollo de nuevas acciones o la modificación de las presentes. En el acercamiento cognoscitivo que acentuamos aquí, decimos que el aprendizaje es *inferencial*, es decir, que no lo observamos directamente, sino a sus productos. Evaluamos el aprendizaje basándonos sobre todo en las expresiones verbales, los escritos y las conductas de la gente. (p. 2-3).

Según González (2003) el aprendizaje es «...“el proceso de adquisición cognoscitiva que explica, en parte, el enriquecimiento y la transformación de las estructuras internas, de las potencialidades del individuo para comprender y actuar sobre su entorno, de los niveles de desarrollo que contienen grados específicos de potencialidad“» (p. 2). Su complejidad está influenciado por agentes internos y externos, lo cual requiere que el docente genere estrategias dinámicas situacionales con intencionalidad para que el alumno aprenda y de sentido a su conocimiento.

Las estrategias en el aprendizaje deben estar ligadas de la conciencia del alumno, palabras de González (2003) y Schunk (1997), de sus logros o

dificultades; por ello las estrategias representan la vía para comprender la multiplicidad y significados de las relaciones horizontales que involucran los procesos de enseñanza y aprendizaje entre alumno y docente.

Como extracto, en la Tabla 4 se señalan algunos aspectos que identifican estas teorías según las interpretaciones de Schunk (1997).

Tabla 4 Aspectos relevantes de las teorías del aprendizaje según Schunk (1997).

Diferentes aspectos según las teorías que representan el aprendizaje	
Conductuales	Cognoscitivas
El aprendizaje es una medida del comportamiento y de las respuestas del individuo ante situaciones contextuales.	Para el aprendizaje se destaca la adquisición del conocimiento, estructuras mentales, el procesamiento de la información y creencias.
Los maestros deben disponer del ambiente apropiado de modo que el alumno responda apropiadamente a los estímulos.	Se insiste en que el conocimiento sea significativo y se considera la opinión del estudiante acerca de sí mismo y de su medio. La forma en que ocurre el aprendizaje influye no sólo en la estructura y la presentación de la información, sino también clasifican las mejores actividades.
Se resalta la función del medio, es decir, la disposición y la presentación de los estímulos así como el modo de reforzar las respuestas y, se asigna menos importancia a las diferencias individuales entre los alumnos.	Se reconoce notoriamente la influencia de las condiciones ambientales sobre el aprendizaje y la influencia de las explicaciones y narraciones que dan los profesores a sus alumnos sobre conceptos inducen el aprendizaje.
Como variables importantes se destaca el historial de reforzamiento y el estado de desarrollo.	El aprendizaje es afectado por la manera en que se procesa la información.
Las actividades mentales no son necesarias para explicar el aprendizaje.	La función del pensamiento, creencias, actitudes y los valores del estudiante influyen en el aprendizaje.
Algunas teorías conciben a la memoria en términos de conexiones nerviosas establecidas a partir de comportamientos asociados a estímulos externos. Por consiguiente, el olvido es la falta de respuestas con el paso del tiempo.	Las teorías del proceso de la información comparan el aprendizaje con la codificación, es decir, el conocimiento se almacena en forma organizada. La información es recuperada por claves pertinentes que activan la memoria. El olvido es la incapacidad de dar respuesta por claves inadecuadas.
Se postula el repaso periódico de las conductas mantiene el vigor en el aspecto de los estudiantes.	Se acentúa más la presentación del material de forma que los alumnos lo organicen y relacionen con aspectos conocidos y así poder recordarlo.
La motivación origina respuestas aumentadas o continuas producidas por contingencias afectivas de reforzamiento. Los estudiantes motivados para aprender eligen una tarea, persisten en ella y se esfuerzan para tener éxito.	La motivación ayuda a dirigir la atención y facilita considerablemente el aprendizaje.
La aplicación del conocimiento en otros contextos obedece a elementos idénticos o similares entre situaciones. Los maestros deben incrementar la similitud entre situaciones y focalizar elementos comunes.	La aplicación del conocimiento en otros contextos depende de la manera en que fue almacenada la información. Los maestros deben incluir lecciones informativas sobre el uso del conocimiento, y poder utilizarlo en distintos contextos y obtener retroalimentación en el aprendizaje.

Fuente: Compilación y elaboración Propia.

Comprender las teorías que sustentan los procesos de aprendizaje favorece el dominio de los conceptos que lo respaldan; por su parte Schunk (1997) distingue dos grupos de teorías para el aprendizaje: *teorías conductuales* y *cognoscitivas*; ambas difieren en el modo de tratar los temas sobre el aprendizaje, sin embargo resalta: «...son complementarias; ninguna basta para la buena enseñanza y el aprendizaje». (p. 18).

Por su parte Méndez (2006) señala que el aprendizaje «...debe necesariamente tener significado para el estudiante, si queremos que represente algo más que palabras o frases que repite de memoria en un examen.» (p. 91). En su libro resalta algunos elementos que están muy relacionados con el aprendizaje: el currículo, la organización del material de aprendizaje, estilos cognitivos de los estudiantes, memoria y olvido, transferencia y significado de la enseñanza por parte del estudiante. De igual manera, menciona las características de la teoría del aprendizaje significativo desarrollada por Ausubel.

Montes del Castillo (2000), al igual que Schunk (1997), destaca dos teorías del aprendizaje, al respecto cita: «Es preciso tener en cuenta que existen tantas concepciones y definiciones del aprendizaje como corrientes psicológicas, pero son dos las que de un modo más directo han abordado el problema del aprendizaje: el *conductismo* y el *cognitivismo* o *constructivismo*.» (p. 115). Según su compilación, a opinión de varios investigadores cita:

Para los conductistas (Watson, Thorndike, Skinner) el aprendizaje constituye un cambio en la conducta y centra su atención en la conducta observable. Por su parte, los cognitivistas (Wallon, Piaget, Vigostky, Ausubel, Bruner) afirman que el aprendizaje es una reestructuración activa de percepciones e ideas, no simplemente una actitud pasiva de estímulos del exterior. (p. 115).

En opinión de Bisquerra (1996) los orígenes del conductismo se fundamentan en las escuelas rusa y americana, siendo su máximo exponente el

investigador ruso Iván Petróvich Pávlov (ganador del premio Nobel de Fisiología o Medicina en 1904); por su parte, en Estados Unidos se destacó el investigador Edward Lee Thorndike considerado como el padre de la psicología educativa moderna. Los movimientos del conductismo se inician en los años veinte, sin embargo, su influencia en la educación aparece en los años cuarenta con la publicación de la obra *Yearbook of the National Society for the Study of Education* en 1942 por Edwin Ray Guthrie, Clark Leonard Hull, Kurt Lewin y Elmer Gates.

En opinión de Moreno (2003) el cognitivismo es una rama muy importante en la investigación de la Psicología y tuvo su apogeo en Estados Unidos en la década de los sesenta; específicamente en 1967 Ulric Neisser publica la obra *Cognitive Psychology*, «...considerado el manual fundacional de la psicología cognitiva, los fenómenos psíquicos de la memoria, la percepción, el pensamiento, el lenguaje y similares». (p. 268).

Según lo indican algunos investigadores, las teorías del aprendizaje difieren según las interpretaciones y aunque hay posturas como las de Schunk (1997) quien habla sólo del *conductismo* y el *cognitivismo*, hay otros investigadores como Fernández (2006) quienes señalan una tercera teoría, el *constructivismo*, modelo que surge de la escuela psicológica del *Cognoscitivismo*, teniendo su auge en los años 1960 y 1970. Con relación a esta postura, Fernández (2006) señala:

El constructivismo no es una teoría sobre la docencia. (...) esta teoría retoma la psicología cognitiva, la filosofía y la antropología para definir como temporal, en desarrollo, contextualizando en la sociedad y la cultura y por tanto, como fiable, perfectible y relativo a un contexto. (p. 15-16).

El constructivismo para diversos investigadores, representa un cambio de paradigma en la educación, dándole un marco teórico novedoso al proceso de aprendizaje, en esta idea según Fernández (2006) se tiene:

Para el constructivista, el aprendizaje se basa en la búsqueda de la solución a un problema a partir de la “construcción” de modelos mentales. Todo el aprendizaje es parte de descubrimiento personal y el aprendizaje se mantiene intrínsecamente motivado en su interpretación y diálogo con el objeto de conocimiento. (p. 25).

Para ello el docente debe facilitar situaciones dentro y fuera del aula, palabras de Fernández (2006), de tal manera que el alumno tenga experiencias teóricas y prácticas construyendo soluciones a problemas y poder logrando mayor significado y satisfacción en el aprendizaje.

El aprendizaje desde la perspectiva del constructivismo y el alumno

Retomando lo comentado anteriormente, Fernández (2006) destaca la importancia del protagonismo del alumno en el proceso del aprendizaje, al construir su propio conocimiento con sus propias experiencias, ya que el constructivismo se enfoca en la modificación permanente del pensamiento, en ideas, en modelos sin dejar a un lado el contexto. En el constructivismo el alumno toma la información de su entorno y construye su propia interpretación descartando técnicas tradicionales donde se procesa y almacena en conocimiento para utilizarla en una determinada ocasión.

La opinión del alumno en la propuesta metodológica tiene una ponderación importante, tal y como se ha señalado. Al revisar algunos autores sobre la responsabilidad del alumno en su formación, Díaz (2002) y Hernández (1999) destaca tres elementos importantes:

1. El alumno es el responsable de su propio proceso de aprendizaje. Él es quien construye (o más bien reconstruye) los saberes de su grupo cultural, y éste puede ser un sujeto activo cuando manipula, explora, descubre o inventa, incluso cuando lee o escucha la exposición de los otros.
2. La actividad mental constructiva del alumno se aplica a contenidos que poseen ya un grado considerable de elaboración.

Esto quiere decir que el alumno no tiene en todo momento que descubrir o inventar en un sentido literal todo el conocimiento escolar. (...)

3. La función del docente es engrasar los procesos de construcción del alumno con el saber colectivo culturalmente originado. Esto implica que la función del profesor no se limita a crear condiciones ópticas para que el alumno despliegue una actividad mental constructiva, sino que deba orientar y guiar explícita y deliberadamente dicha actividad. (p. 45)

Tal y cómo se observa, esta propuesta está arraigada al modelo La Nueva Escuela (*Modelo Pedagógico Autoestructurante*) donde los aspectos prácticos envuelven la participación plena del alumno. En este sentido estas reflexiones de Díaz (2002) y Hernández (1999) fortalecen a un más la propuesta del modelo autoestructurante señalado por De Zubiría (2006).

Fundamentación de la investigación

Fundamentos ontológicos

La Ontología significa *el estudio del ser*, palabra formada por los términos griegos *οντος, ontos, que significa ser, ente, y λόγος, logos, que significa estudio, discurso, ciencia, teoría.*

Señala Gonzales, A. (2004), la enseñanza constituye un núcleo del estudio de la didáctica, «La enseñanza es el término definicional de la didáctica...» (p. 30) concepto que está íntimamente relacionado con el aprendizaje. La relación entre enseñanza y el aprendizaje es precisamente la dependencia ontológica entre ambos conceptos y también representa o caracteriza el actuar del hombre como ser, por ello la ontología es fundamento de la Ética.

En este sentido, el valor de la ética exige explorar reflexivamente el contexto educativo de la UNET, estudiar los procesos metodológicos e

inspirar propuestas en base a una descripción de los factores problemáticos, y poder así tener un diagnóstico sobre el por qué actuar. Para ello hay la necesidad de actuar en función de las necesidades propias y los recursos disponibles, sin dejar de lado el orden establecido por las teorías referentes a los procesos de enseñanza como lo es la propuesta de la nueva escuela, señalada por De Zuburía (2006).

Fundamentos axiológicos

La esencia axiológica que promueve las investigaciones educativas son trascendentales para el desarrollo mismo de la investigación, en este caso no es la excepción. Tal y como se señaló, la postura reflexiva del alumno y del docente investigador al develar los factores problemáticos, bajo un acto de plena conciencia, están íntimamente relacionados con las reflexiones de Feroso, Capella y Collom (1994), al respecto citan:

El proceso educativo se realiza en la interacción de dos elementos indispensables en la pedagogía sistemática e institucionalizada: el maestro y el alumno; y en esa interrelación tiene importancia suma la escala axiológica del maestro, la de la sociedad a la que pertenece el alumno, la del alumno y la objetiva de bienes metafísicos. (...) la escala axiológica del maestro se supone madura, pero la del alumno es movediza y cambiante. El maestro posee ya una visión personal del alumno, con una jerarquización de gustos y preferencias; es decir, tiene una escala de calores. (p 320).

El valor de la reflexión y la confianza, e incluso el deber ser en el contexto de una universidad experimental como la UNET, arroja e impulsa, e incluso obliga la realización de esta investigación bajo el valor axiológico del alumno y como guía, el valor axiológico del docente tal y como lo señala la cita anterior. En este sentido hay que tomar en cuenta aspectos subjetivos (las estrategias metodológicas) y un fin comunitario, el aprendizaje y

desempeño del alumno consolidado en respuestas firmes y oportunas, fundamentadas en valores como lo señala Fermín (2005): el trabajo, la participación, la organización, la pertenencia, la cooperación, el compromiso social, la corresponsabilidad, la tolerancia y como gran estandarte, la motivación para promover el logro de los objetivos planteados.

Fundamentación Filosófica

En la página Definición.DE se encuentra el origen etimológico de la palabra filosofía, término de origen griego que se compone de dos vocablos: philos (amor) y sophia (pensamiento, sabiduría, conocimiento). Por lo tanto, la filosofía es el “amor por el conocimiento”.

La fundamentación filosófica en la investigación según Rendón (2005), debe fundamentarse en la categorización y los principios de la filosofía que permitan dar respuesta a una problemática, estimulando el desarrollo de la ciencia, explicar su existencia e implicaciones, estimular su desarrollo y promover su utilización.

En este sentido se requiere definir plenamente los propósitos de la investigación, sus objetivos y los principios que se pretenden alcanzar, acompañado de preguntas del por qué y para qué tener como soporte una ciencia, fundamentándose en reflexiones y críticas epistemológicas, y poder así encontrar soluciones pertinentes a los problemas establecidos.

El carácter experimental de la UNET intrínsecamente induce a reflexionar por sí mismo sobre los procesos de enseñanza y las metodologías posibles, en función de la perfectibilidad del alumno, del entorno y porque no, la del mismo docente investigador. La posibilidad de mejorar nace con la necesidad, y tal y como se observa hay una exigencia, hay inconformidad, hay deseos de mejorar, fundamentados en lo que se ha llamado factores problemáticos.

La finalidad de mejorar el aprendizaje y desempeño del alumno se convierte en una gran oportunidad para construir posibilidades posibles, sí así mismo, posibilidades posibles, en busca de ese contexto posible, de esas realidades anheladas que permitan promover cambios sustentables con recursos propios, sin espectacularidades, sin vanidades, pero que a la postre, permita reflexionar que si se puede avanzar en busca del perfeccionamiento.

Fundamentos epistemológicos

La Dimensión epistemológica, tal y como lo señalan Benalcáceres, Yáñez, López, Meza, Paredes y Pérez (2013) en el artículo *Dimensión ontológica axiológica filosófica epistemológica metodológica*, se:

Refiere al conjunto de procedimientos por medio de los cuales el investigador selecciona conceptos, categorías, ideas, con las cuales construir el objeto problema de investigación. Incluye la identificación de una situación problemática, el recorte de un objeto, la formulación de un problema, la identificación de sus fuentes (...) (s/p).

En este sentido, el fundamentación epistemológica permitirá considerar la problemática señalada con el rigor necesario y fundamentado, para poder consolidar el conocimiento de debele las acciones que atenúen la problemática planteada. Ya lo señalan Stracuzzi y Pestana (2010) la posibilidad de no poder abatir plenamente un problema, sin embargo con el mayor ánimo posible se orientará la propuesta metodológica con plena interacción social y poder así promover la participación activa de los alumnos y cambiar la realidad problemática por una nueva forma de pensar y actuar para el desarrollo del proceso a través de nuevas ideas y la toma de conciencia.

Fundamentos metodológicos

La postura metodológica obliga al investigador a priorizar ciertos elementos, en este caso tal y como se verá en el Capítulo IV, la motivación, la fundamentación teórica y los aspectos prácticos son elemento repetitivos en los aspectos problemáticos desde la postura del alumno. Es por ello que la jerarquización de la propuesta según el modelo autoestructurante señalado por De Zibiría (2006), y como complemento las acciones señaladas por Feroso (el al.) (1994) marcaran el rumbo en la investigación.

En esta parte la experiencia y la postura del docente investigador bajo un enfoque y una práctica pedagógica reflexiva, constituirá cierto soporte para el desarrollo de un proceso participativo e integrador de los alumnos, a fin de lograr los cambios planteados en la fase diagnóstica. En este aspecto es necesario la flexibilidad de actividades y procedimientos seguros, tal y como lo señala Ibáñez (2007): «por lo tanto, si se quiere educar *alcanzando objetivos*, es necesario que el educador sepa trazar caminos seguros mediante procedimientos ordenados, repetibles, flexibles y autocorregibles.» (p. 10).

Planteamiento de Hipótesis

De acuerdo a lo señalado en el capítulo anterior, la formulación, elaboración e implementación del Modelo Pedagógico permitirá evidenciar la necesidad de fomentar nuevas herramientas metodológicas para la enseñanza y el aprendizaje, sin embargo, es importante precisar e interpelar esta intención mediante una interrogante central que induzca encontrar respuestas efectivas a la problemática planteada: ¿Cuál es el efecto sobre el aprendizaje y desempeño del estudiante UNET en la unidad curricular transferencia de calor en el tópico superficies extendidas, al disponer de un Modelo Pedagógico como herramienta metodológica de aprendizaje basado en reflexiones emergentes propias del alumno?.

Para dilucidar estas premisas, es necesario la formulación de la hipótesis, respuesta anticipada a la problemática planteada en el contexto de la investigación. En opinión de Stracuzzi y Pestana (2010), la hipótesis:

...es una proposición que expresa una solución posible, racional y demostrable de un problema. Señala una respuesta anticipada a la solución de un problema de investigación y se expresa como generalización o proposición. Esta puede ser puesta a prueba para verificar su validez. (p. 64).

Sin pretender definir las variables o aspectos que puedan influir en el proceso causa-efecto en la investigación, es importante mencionar dos realidades significativas que pueden estar influenciadas una en la otra:

1. En primer lugar, las reflexiones del estudiante UNET sobre la enseñanza, induce a la generación de un Modelo Pedagógico bajo una conducta de pensamiento motivadora y organizada.
2. En segundo lugar, es necesario evaluar el efecto producido por el modelo, fundamentalmente en cuanto a aprendizaje y desempeño.

Estas dos realidades están afectadas, lógicamente el modelo como elemento actuador o causa y, el aprendizaje y desempeño del alumno como medida o efecto del modelo. En estos términos se espera que *—la consideración, aplicación e implementación del Modelo Pedagógico, sobre la comprensión epistemológica de la transferencia de calor en superficies extendidas, dirigido a estudiantes de Ingeniería Mecánica de la UNET, se constituirá en una herramienta influyente y positiva en la motivación para la enseñanza, su aprendizaje y desempeño—*.

Esta afirmación o constructo, que viene a constituir la hipótesis de la investigación, está caracterizada por tres aspectos: 1. Es una afirmación que puede verificarse por no ser concluyente; 2. Es un testimonio preciso que indica la posibilidad de una consecuencia derivada de una causa; 3. Por existir una consecuencia, motivado a una causa, lógicamente se expresa una relación entre dos o más variables. Por su parte Salkind (1998) al referirse a

la hipótesis señala «... tal vez su papel más importante es reflejar el planteamiento general del problema» (p. 27), en efecto, este planteamiento en síntesis es una presunción ordenada y ajustada en el marco de la investigación.

Sistema de Variables

La complejidad de la enseñanza y el aprendizaje requiere del apoyo de la psicología educativa, ciencia que ha postulado enfoques como el conductismo, el cognoscitivismo y el constructivismo. Esta investigación tomará como referencia un enfoque constructivista fundamentado en los supuestos señalados por Fernández (2006), teniendo en cuenta el concepto de la Nueva Escuela de De Zubiría (2006) y las acciones señaladas por Águeda y Cruz (2005).

En este enfoque el conocimiento se suma paulatinamente dependiendo de la motivación externa y las experiencias; la motivación puede estar representada por la metodología propia del profesor que induce la enseñanza o por otros aspectos prácticos que orienten la comprensión del conocimiento según lo contemple el Modelo Pedagógico.

Ahora bien, ¿qué tiene que ver el enfoque constructivista con las variables intervinientes en la investigación?, indudablemente que mucho, prácticamente los agentes motivadores externos, constituyen variables influyentes que en forma grupal o individual, son la causa o la manipulación de la conducta y la respuesta del alumno. Por otro lado, el resultado de la medida del conocimiento aprendido por el estudiante, motivado por la causa, también constituye otra variable importante en la investigación.

Tipos de Variables

En opinión de Guàrdia, Freixa, Però y Turbany (2008), hay dos tipos de variables, «...las cualitativas y las cuantitativas. Las variables cualitativas miden atributos... Las variables cuantitativas se caracterizan porque las modalidades de respuestas representan números reales, por ejemplo la altura...» (p. 5). Dentro de las variables cuantitativas, distinguen dos tipos, las discretas y las continuas. «Una variable cuantitativa es discreta cuando entre dos valores o modalidades de respuesta existen un número finito de valores posible, en tanto que una variable cuantitativa es continua cuando entre dos valores existe un número infinito de valores posibles.» (p. 5).

Dependiendo de la influencia de algunos aspectos en la investigación, según Stracuzzi y Pestana (2010) las variables pueden ser «...independientes, dependientes e intervinientes. La variable independiente expresa la causa que produce el resultado o efecto observado. La dependiente representa el efecto o resultado por la variable independiente» (p. 67). Por su parte, las intervinientes representan factores que pueden afectar los resultados de la investigación si no se controlan.

Al igual que Stracuzzi y Pestana (2010), Salkind (1998) menciona la variable extraña, como aquella que «...tiene un impacto imprescindible sobre la variable independiente». (p. 27), pero no forma parte del experimento. Entre las variables extrañas se destacan las ambientales, que caracterizan el contexto y las históricas que reflejan las diferencias de los sujetos pueden manifestar antes y después de los procesos de enseñanza.

Variables involucradas en la investigación

Las variables involucradas pueden tener diferentes asignaciones o consideraciones tal y como se indica:

- El *Modelo pedagógico* se considerará como variable independiente (causa, motivación o elemento actuador) por admitirse que manipulará la metodología y los procesos de enseñanza y aprendizaje del alumno.
- El *Aprendizaje y Desempeño del Alumno* al momento de reconocer aplicaciones reales y plantear soluciones a problemas que involucre transferencia de calor en superficies extendidas, constituirá la variable dependiente.
- La *Repitencia* del alumno constituye una variable interviniente, la cual puede afectar los resultados de la investigación al existir cierto sesgo por el aventajamiento conceptual del alumno repitente en los grupos participantes en la investigación. Esta variable no se medirá, se bloqueará y se llamará variable bloqueada según León y Montero (2003).
- Las condiciones *Relacionadas a los alumnos*, como sexo, edad, estado civil, condición económica, entre otras, constituye una variable demográfica que de alguna manera puede influir directa o indirectamente sobre los resultados de la investigación. Este tipo de variable se clasifica dentro de las variables extrañas. Es una condición en la cual el sujeto no se puede despejar de su influencia directa o indirecta. Stracuzzi y Pestana (2010), por lo tanto no se controlará en la investigación según seleccionada.
- La influencia que puede tener el docente investigador en la metodología aplicada y (o) el cambio habitual de los sujetos del grupo experimental por la identificación o el rechazo experimentado con el docente investigador, puede afectar positiva o negativamente los resultados de la investigación, por lo tanto esta particularidad, según Stracuzzi y Pestana (2010) se categoriza por *la presencia del investigador*.

Definición conceptual y operacional de las variables

Una vez identificadas las variables, Stracuzzi y Pestana (2010) señalan la conveniencia de definir las operacionalmente, explicando su significado sin emitir juicio alguno de la incidencia que pueda tener en la investigación. Sobre la definición operacional de las variables, Rebaza (2007) comenta:

La necesidad de comprobar una variable obliga a definirla operacionalmente. Ella nos indica cómo ponderarla. En términos simples, la definición operacional constituye el medio del cual nos servimos para asignar valores (o categorías) a una variable. Es el paso de lo abstracto a lo concreto. Conduce a la identificación de los elementos de la realidad. (...) En efecto, en la medida en que la definición operacional (i) señala de manera precisa cómo medir una variable, y (ii) no captura toda la riqueza y complejidad contenida en una construcción teórica, ella limita la amplitud y profundidad de la medición. (p. 30).

Por otro lado Rebaza (2007) complementa, la importancia de definir una variable también radica en su operacionalización, con la finalidad de convertir un concepto inconcreto en un concepto empírico, que pueda ser medido a través de instrumentos apropiados de medición. Este proceso permite que un investigador con poca experiencia pueda abarcar con cierta certeza los argumentos necesarios y minimizar los errores en la investigación.

Otro lado, la definición oportunamente contextualizada, permite interpretar con cierta precisión los resultados. Con estas ideas, en la Tabla 5 se indica la definición conceptual y operacional de las variables involucradas en la investigación.

Tabla 5 Definición conceptual y operacional de las variables involucradas en la investigación.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional
<i>Modelo Pedagógico</i> (Independiente)	Conjunto de elementos organizados sistemática y metodológicamente, orientados según la concepción alumno-profesor con el propósito firme de favorecer la comprensión y el aprendizaje sobre aspectos teóricos-prácticos de la transferencia de calor en superficies extendidas. Se desarrollará bajo un enfoque constructivista según Fernández (2006) y, mediante el concepto de la Nueva Escuela según De Zubiría (2006).	Como variable independiente representa el efecto o causa sobre la variable dependiente. Esta variable no se medirá.
<i>Aprendizaje y Desempeño del Alumno</i> (Dependiente)	Condición en la cual se ha formado intencionalmente un individuo con ciertos conocimientos, según la metodología del Modelo Pedagógico, que le permite reconocer aplicaciones reales y plantear soluciones a problemas que involucre transferencia de calor en superficies extendidas.	Constituye el efecto del Modelo Pedagógico sobre el aprendizaje y el desempeño del alumno al momento de comprender y plantear soluciones en aplicaciones con transferencia de calor en superficies extendidas. Esta variable se medirá a través de: Prueba elaborada por el docente, Ruíz (2002); prueba objetiva de selección simple, Escandell (2014); y prueba objetiva de multi-ítem de base común, Carratalá (2013).
<i>Repetencia</i> (Interviniente)	Representa la condición en que un alumno ha cursado la asignatura en más de una oportunidad en el lapso en el cual se realiza la investigación.	Condición en la cual un alumno está aventajado por tener conocimientos previos. Esta variable interviniente no se medirá, tampoco se utilizará la técnica del bloqueo debido al tipo de muestra seleccionado en la investigación (muestra intencional) León y Montero (2003).
<i>Relacionadas a los alumnos</i> (Demográfica)	Condición de tipo físico y (o) social en la cual un sujeto tienen características demográficas heterogéneas.	Como variable demográfica se clasifica dentro de las variables extrañas. Es una condición en la cual el sujeto no se puede despejar de su influencia directa o indirecta. Stracuzzi y Pestana (2010). No se medirá su efecto, tampoco se controlará dada la características del diseño metodológico cuasiexperimental.
<i>Derivada de la presencia del investigador</i> (Ambiental)	Influencia positiva o negativa por el cambio habitual de los miembros del grupo debido a la identificación o rechazo con el docente investigador con características distintas en su desempeño durante la investigación.	Como variable ambiental afecta el distanciamiento emocional del comportamiento de un sujeto. Stracuzzi y Pestana (2010). No se medirá su efecto, tampoco se controlará dada la características del diseño metodológico cuasiexperimental.

Fuente: Compilación y elaboración Propia.

Operacionalización de Variables

El manejo del término operacionalización de la variable, según Stracuzzi y Pestana (2010), se refiere a la identificación de los *elementos empíricos* que de alguna manera identifican y especifican lo que se estudia o

investiga, siendo fundamental contextualizar las variables en los objetivos de la investigación lo que hará más factible su uso, observación y su medición.

Esta opinión está muy apegada a los planteamientos de Rebaza (2007), para quien la definición operacional de una variable representa la manera precisa a cómo medirla y así, capturar toda la información valiosa que puede emanar. En este sentido es menester precisar los elementos empíricos (o indicadores) que las caracterizan o representan y que de alguna manera mantienen una relación cerrada con sus definiciones.

Al referirse a los indicadores como medibles, facilitadores para cuantificar una variable y permitir establecer su relación con otras, Stracuzzi y Pestana (2010) señalan que éstos representan «...rasgos o componentes más representativos, característicos o típicos de las variables y dimensiones que intervienen en un estudio determinada: permiten que las variables sean observables y factibles de medir». (p. 74).

Por su parte, las dimensiones representan aquellos rasgos observables que pueden ser medidos en una variable para poder ser definida. Tomando en cuenta la información señalada en el Capítulo I en la Tabla 1 y Tabla 2, se pueden extraer dimensiones e indicadores empíricos para permitir operacionalizar las variables establecidas.

En la Tabla 6 se indica la operacionalización de las variables independiente y dependiente; es importante resaltar que en esta investigación sólo se medirá la variable dependiente *Aprendizaje y Desempeño del Alumno*, ya que las variables independientes no se miden, se manipulan; indudablemente que en esta investigación, tal y como se resaltaré en el siguiente capítulo la variable independiente tendrá cero manipulación.

Por su parte las demás variables indicadas anteriormente, no se controlaran según la metodología establecida en la investigación de acuerdo al diseño experimental establecido.

Tal y como lo señalan Stracuzzi y Pestana (2010), los indicadores señalados en la tabla no son datos, servirá como referencia para generar las preguntas en los instrumentos de medición.

Tabla 6 Operacionalización de variables. Referencia Stracuzzi y Pestana (2010).

Variables	Dimensiones	Indicadores	Escala de medida	Instrumento
Modelo Pedagógico	<ul style="list-style-type: none"> - Impulso motivacional. - Epistemología conceptual. - Desarrollo práctico. 	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo Práctico. - Práctica pedagógica. - Material didáctico. - Práctica Motivadora. - Experiencias prácticas. 	-	Como variable independiente no se medirá, se evaluará su efecto. Hernández, Fernández y Batista (2010)
Aprendizaje y desempeño del alumno	<ul style="list-style-type: none"> - Aprendizaje y motivación. - Experiencias prácticas. - Experiencias de campo. - Desempeño significativo. - Fundamentos teóricos. - Herramientas de cálculo. - Análisis de resultados. 	<ul style="list-style-type: none"> - Desempeño en actividades prácticas desarrolladas en las unidades UDH, UDA y UDT. - Asistencia y participación a visita industrial. - Relación de lo teórico con lo práctico. - Adiestramiento en el uso de Mathcad. - Conocimiento de ecuaciones y términos involucrados. - Conocimientos teóricos y relación con ecuaciones. - Identificación de variables en problemas. - Planteamiento de la solución a problemas. - Solución puntual. - Parametrización de la solución. - Interpretación de la solución y análisis de resultados. 	De razón.	Se evaluará a través de un plan de evaluación mediante: <ul style="list-style-type: none"> - Prueba elaborada por el docente. Ruíz (2002) - Prueba objetiva de selección simple. Escandell (2014) - Prueba objetiva de Multi-ítem de base común. Carratalá (2013)

Fuente: Compilación y elaboración Propia.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se describirá el conjunto de acciones que contribuirán a develar el efecto del Modelo Pedagógico sobre el aprendizaje y desempeño del alumno UNET y su descripción. Para ello se requiere seleccionar y desarrollar el diseño de la investigación; según Hurtado y Toro (2007) este diseño es «... el plan a seguir para dar respuesta a las preguntas formuladas y para probar las hipótesis de la investigación.» (p. 98), estableciendo y explicando los pasos a seguir bajo fundamentos y conceptos enmarcados en las ciencias humanas, al igual que lo contemplado en procedimientos convalidados por la comunidad científica, según lo indican Yuri y Urbano (2005). Entre las acciones destacadas se contemplan: método de la investigación, diseño de la investigación y tipo, sujetos involucrados en la, población/muestra y técnicas de recolección de datos.

Método de la investigación

El método de investigación es el camino o procedimiento requerido que se seguirá de manera organizada, lógica y sistemática para consolidar el objetivo planteado. De acuerdo con el Diccionario del Lenguaje Filosófico de Foulquié (1967), la palabra método viene del griego *methodos* (odos, camino; meta, hacia) que significa camino o vía utilizado para llegar a un fin o lugar.

León y Montero (2003) en su texto sobre métodos, resaltan las diversas posibilidades que hay en el uso de metodologías en áreas disciplinares en la investigación psicológica, donde se enmarcan posturas con enfoques

cualitativos y (o) cuantitativos con teorías basadas en la deducción o inducción como marcos de referencia. Sin embargo estos autores al debatir sobre las posibilidades y usos de dichas metodologías destacan:

Aunque cabe señalar que los métodos cualitativos suelen ser marcadamente inductivos, no lo son de forma exclusiva. Del mismo modo, los cuantitativos no son asimilables a la deducción. Eso hace que haya que considerar los dos ejes de clasificación (inductivo/deductivo y cuantitativo/cualitativo) como independientes. (p. 12).

Sin embargo bajo estas reflexiones, León y Montero (2003) dentro de las metodologías cualitativas, clasifican el método etnográfico, el estudio de casos y la investigación acción; dentro de las metodologías cuantitativas catalogan las investigaciones experimentales y las cuasi experimentales.

En opinión de Salkind (1997) en las ciencias sociales hay dos grandes grupos en los métodos de investigación: la investigación no experimental y la investigación experimental; en el primer grupo resalta la investigación descriptiva, la histórica y la correlacional, mientras que en el segundo grupo ubica la investigación pre-experimental, la experimental verdadera y la cuasiexperimental. En la misma idea, Navas (2010) menciona dos grupos tradicionales de investigación en psicología: la investigación experimental y la no experimental; en el primer grupo se encuentra la investigación experimental y la cuasiexperimental y, en el segundo grupo ubica la investigación de encuestas y la investigación cualitativa/observacional.

En un sentido más amplio y en un contexto más general, Ibáñez (2015) señala una gran diversidad de métodos científicos: el método inductivo, el método deductivo, el método hipotético-deductivo, los relacionados con estudios de laboratorio, los estudios de campo y los experimentos de campo, entre otros. Al prestar atención a los métodos de experimentos de campo cómo método científico, destaca sus principales características: 1. la posibilidad de hacer un análisis sistemático del fenómeno, 2. la manipulación

experimental de las variables y su correlación, 3. La baja artificialidad respecto a los experimentos realizados en el laboratorio, y 4. El escaso control experimental.

Aunque Ibáñez (2015) en su texto plantea estas definiciones en otro contexto y ciertamente remarca la diferencia entre el método experimental de campo y el experimental en un laboratorio, el autor se apegará a la ruta señalada por los métodos —experimentales de campo— por estar apegada al espíritu de esta investigación y a las características propias señaladas anteriormente tal y cómo de verá más adelante.

Diseño de la Investigación

Para evaluar la consecuencia y (o) el efecto que produce una variable independiente sobre una dependiente, en la investigación social se pueden abordar distintas modalidades de investigación tal y cómo se indicó, sin embargo en este caso se considerará una metodología cuantitativa junto a un *diseño experimental*.

En opinión de Gómez (2006), en lo estudios cuantitativos:

(...) por lo general se concibe o selecciona el diseño de investigación una vez que se ha refinado o especificado el problema de investigación, desarrollando la perspectiva teórica, estableciendo el alcance inicial del estudio y formulando la(s) hipótesis (si se requiere), es decir, en este enfoque se aplica una secuencia de pasos estructurada. (p. 86).

La cita anterior, se corresponde con el orden establecido en esta investigación tal y como se observó en los capítulos anteriores; en adelante, se reforzará los conceptos de la metodología seleccionada. Dentro de la investigación experimental, Montgomery (2004) al referirse a lo que es un experimento cita:

...un experimento puede definirse como una prueba o serie de pruebas en las que se hacen cambios deliberados en las variables de entrada de un proceso o sistema para observar e identificar las razones de los cambios que pudieran observarse en la respuesta de salida. (p. 1).

En la misma idea que Montgomery (2004), Hurtado y Toro (2007) al comentar sobre los diseños experimentales señalan que son «... aquellos en los cuales el investigador introduce una o varias variables independientes para observar los efectos que ocasiona(n) en la(s) variable(s) dependientes pudiendo manipular las primeras y ejercer cierto control sobre las variables extrañas.» (p. 104).

Sobre lo que significa una investigación experimental en las ciencias sociales existen diversas opiniones, en la Tabla 7 se muestran algunos enunciados sobre esta investigación según diversos autores:

Tabla 7 Definición de Investigación experimental en opiniones de varios autores.

Autor	Definición
Salkind (1998)	La investigación experimental investiga relaciones de causa y efecto. (p. 13).
Hernández, Fernández y Batista (2010)	Una acepción particular de experimento, más armónica con un sentido científico del término, se refiere a un estudio en el que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes (supuestas causas-antecedentes), para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes (supuestos efectos-consecuentes) (p.121).
Stracuzzi y Pestana (2010)	Es aquel según el cual el investigador manipula una variable experimental no comprobada, bajo condiciones estrictamente controladas. Su objetivo es describir de qué modo y por qué causa se produce o puede producirse un fenómeno. (p. 86).
León y Montero (2003)	Acción o acciones que ejecutan los participantes, bajo el efecto de la variable independiente, y donde se puede medir la variable dependiente. (p. 205).
Beltrán y Bueno (1995)	El método experimental tiene como finalidad establecer relaciones causales que sirvan de explicación entre los hechos observados y los factores que los producen. (p. 28).
Fontes de Gracia, S., García, C., Quintadilla, L., Rodríguez, R., Rubio de Lemus, P. y Sarriá, E. (2015)	En el método experimental, el investigador crea una situación artificial, donde manipula un aspecto determinado del ambiente para estudiar su efecto sobre la conducta del sujeto. Trata de buscar la existencia de una relación de causalidad entre un aspecto del ambiente (variable independiente) y un aspecto de la conducta del sujeto (variable dependiente), controlando el resto de los factores (variables extrañas) que podrían influir en la conducta estudiada. (p. 150).
Rodríguez (2011) (Revista)	La experimentación es el método que permite descubrir con mayor grado de confianza, relaciones de tipo causal entre hechos o fenómenos de la realidad. Por ello es el tipo y nivel más alto de investigación científica. (p. 148).

Fuente: Compilación y elaboración Propia.

Tal y cómo se observará, el criterio utilizado para asignar los participantes a los grupos, discriminará considerablemente el tipo de investigación experimental a utilizar.

Diseños experimentales

Algunos investigadores hacen referencia a la diversidad de clasificar los diseños experimentales, al respecto León y Montero (2002) señalan: «En los libros de métodos de investigación no hay uniformidad sobre la forma de agrupar o nombrar los diseños». (p. 208). En este sentido, hablan de tres tipos de diseño: Diseño de Grupos Aleatorios, Diseño de Grupos Aleatorios con Bloques y Diseños Especiales.

En la misma idea, Salkind (1998) al referirse a los diseños experimentales hace referencia al trabajo publicado por Donald Campbell y Julian Stanley en 1963 titulado (Experimental and Quasi_experimental Design for Research on Teaching), donde cita: «Ellos identificaron tres categorías generales de diseños de investigación: preexperimental, experimental verdadero y cuasiexperimental». (p. 234).

Cada uno de estos diseños, en opinión de Salkind (1998), tiene notorias diferencias, entre ellas destaca dos aspectos: el grado de control y la aleatoriedad. En la Tabla 8 se identifican estas diferencias.

Tabla 8 Diferencias entre los diseños experimentales según Salkind (1998).

Aspecto	Diseño experimental		
	Experimental verdadero	Cuasiexperimental	Preexperimental
El grado de control de las variables que se estudian	Alto	Mediano	Bajo o nulo
El grado de aleatoriedad que entra en el diseño	Incluye todos los pasos de selección y asignación de sujetos de manera aleatoria, más un grupo de control.	Es imposible asignar de manera aleatoria los participantes en los grupos de estudio, ya que toma como referencia características o cualidades (sexo, edad, grado escolar, vecindario, etcétera).	No se caracteriza por la selección aleatoria de participantes de una población, tampoco incluye grupo de control.

Fuente: Compilación y elaboración Propia.

Al destacar la significancia de *grado de control*, Salkind (1998) señala que a mayor grado de control, más fácil y confiable es atribuir una relación de causa y efecto en una investigación, sin embargo tal y cómo se observará, el grado de control no necesariamente permite lograr mejores resultados tal y como lo señalan León y Montero (2003):

Un excesivo control de la situación experimental puede desnaturalizar en tal medida el objeto de la investigación que sea prácticamente imposible la generalización a la situación natural. También puede ocurrir lo contrario, es decir, por tratar de reflejar fielmente lo que sucede en el ambiente natural nos vemos forzados a trabajar en condiciones en la que es muy difícil el control experimental. (p. 328).

Técnicamente la consecuencia en la elección de un diseño u otro se refleja en lo que se llama *validez interna y validez externa*. Señalan León y Montero (2003) que la validez interna se refiere a la medida en que puede atribuir una relación causal entre la variable independiente y la dependiente; por otro lado, la validez externa se refiere a la medida en que el investigador generalice los resultados encontrados para otros contextos.

Diseños cuasiexperimentales

De los tres diseños experimentales mencionados, en este trabajo se consideró el *diseño cuasiexperimental* por sus características y el planteamiento propio de la investigación. La Tabla 9 muestra algunas puntualidades sobre el diseño cuasiexperimental según la opinión de varios investigadores que de alguna manera apoyan su selección.

Señalan León y Montero (2003) que los diseños cuasiexperimentales surgen como una contrapuesta a los diseños experimentales para solucionar el conflicto entre la validez interna y externa; aunque en este tipo de diseño se dificulta establecer con certeza una relación causal entre las variables

independiente y dependiente, existe menor dificultad para que el investigador generalice sus resultados con otras condiciones de trabajo.

Tabla 9 Puntualidades sobre el diseño cuasiexperimental según varios autores.

Autor	Puntualidad sobre el diseño cuasiexperimental
Salkind (1998)	...en la investigación cuasiexperimental el investigador no tiene el control total sobre el criterio empleado para asignar participantes a grupos, pero en la investigación experimental si lo tiene. (p. 14).
Hernández, Fernández y Batista (2010)	Los diseños cuasiexperimentales también manipulan deliberadamente, al menos, una variable independiente para observar su efecto y relación con una o más variables dependientes, sólo que difieren de los experimentos “puros” en el grado de seguridad o confiabilidad que pueda tenerse sobre la equivalencia inicial de los grupos. (p.148). En los diseños cuasiexperimentales los sujetos no se asignan al azar a los grupos ni se emparejan, sino que dichos grupos ya están formados antes del experimento: son grupos intactos (la razón por la que surgen y la manera como se formaron es independiente o aparte del experimento). (p.148).
Amezcuca, C. y Jiménez, A. (1996)	Este diseño que puede tener una validez interna aceptable si ambos grupos son homogéneos en relación a las variables relevantes (...), basa su estrategia en la comparación de las diferencias existentes entre los dos grupos en el indicador seleccionado para medir los efectos del programa antes y después de la intervención (p 101).
Muños, Quintero y Munévar. (2005)	Estudia relaciones de causa-efecto de todos los factores que pueden afectar el experimento, pero no en condiciones de control y precisión rigurosos. Es decir, el investigador diseña un experimento, pero la diferencia consiste en que no puede controlar ni manipular con rigor todas la variables. (p. 121).
García (1994)	Los diseños cuasiexperimentales en educación buscan establecer relaciones de <i>causa-efecto</i> entre las variables del fenómeno educativo, información muy valorada por la mayoría de los trabajos en ciencias sociales. (p. 286-287).
Stracuzzi y Pestana (2010)	Es un método de control parcial, basado en la identificación de los factores que pueden influir en la validez interna y externa del mismo. Incluye el uso de grupos intactos para la realización del experimento, puesto que en un estudio no siempre es posible seleccionar los sujetos al azar. (p. 89)

Fuente: Compilación y elaboración Propia.

Dentro del diseño cuasiexperimental, Campbell y Stanley (1966) resaltan seis tipos de diseños, estos son señalados en la Tabla 10.

En la presentación de los diseños cuasiexperimentales se adopta una simbología para identificar la esquematización de cada uno de ellos, según Campbell y Stanley (1995) se tiene:

Una X representará la exposición del grupo a una variable o acontecimiento experimental, cuyos efectos se han de medir; O hará referencia a algún proceso particular de observación o medición; las X y O en una fila dada se aplican a las mismas personas específicas. La dimensión representada de izquierda a

derecha indica el orden temporal, en tanto que las X y O dispuestas en vertical señalan la presencia de simultaneidad. (...) hay que utilizar un símbolo R, que indica asignación aleatoria a diferentes grupos de tratamiento. (p. 18).

Tabla 10 Clasificación de los diseños cuasiexperimentales según Campbell y Stanley (1966).

Diseño	Esquematación o diagrama				
Experimento de series cronológicas	$O_1 O_2 O_3 O_4 X O_5 O_6 O_7 O_8$				
Diseño de muestras cronológicas equivalentes	$X_1 O \quad X_0 O \quad X_1 O \quad X_0 O$				
Diseño de muestras de materiales equivalentes	$M_a X_1 O \quad M_b X_0 O \quad M_c X_1 O \quad M_d X_0 O$				
Diseño de grupo de control no equivalente	$\frac{O \quad X \quad O}{O \quad \quad O}$				
Diseños compensados		<i>Primer Vez</i>	<i>Segunda vez</i>	<i>Tercera vez</i>	<i>Cuarta vez</i>
	<i>Grupo A</i>	$X_1 O$	$X_2 O$	$X_3 O$	$X_4 O$
	<i>Grupo B</i>	$X_2 O$	$X_4 O$	$X_1 O$	$X_3 O$
	<i>Grupo C</i>	$X_3 O$	$X_4 O$	$X_1 O$	$X_2 O$
	<i>Grupo D</i>	$X_4 O$	$X_3 O$	$X_2 O$	$X_1 O$
Diseño de muestra separada pretest-postest	$\begin{matrix} R & O & (X) \\ R & X & O \end{matrix}$				

Fuente: Compilación y elaboración Propia.

A continuación, se hará una breve descripción de cada uno de los diseños señalados en la tabla anterior.

Experimento de series cronológicas

En este tipo de diseño se realiza bajo un proceso periódico de mediciones sobre un grupo individuos. Antes del tratamiento se realizan varias mediciones para conocer la estabilidad de la conducta de los sujetos; al introducir el tratamiento, se realizan nuevamente las mediciones para detectar el efecto transversal o longitudinal sobre la conducta de los individuos, León y Montero (2003).

Diseño de muestras cronológicas equivalentes

En este diseño se somete un grupo de individuos a un tratamiento y se registra la respuesta (X_1O); pasado un tiempo, se mide nuevamente la conducta sin tratamiento (X_0O). Posteriormente se retroalimenta el grupo con el tratamiento y se mide su efecto (X_1O); pasado un tiempo se mide nuevamente la conducta sin tratamiento (X_0O). Este diseño permite evaluar los efectos transitorios de los tratamientos, Campbell y Stanley (1966).

Diseño de muestras de materiales equivalentes

Este diseño está relacionado con el anterior, y su argumento se funda en la equivalencia de las muestras de materiales a las cuales les aplican los tratamientos que se quieren comparar. Las M indican materiales específicos, Campbell y Stanley (1966).

Diseño de grupo de control no equivalente

Este tipo de diseño es llamado por León y Montero (2003) *Diseño pre-post con grupo de cuasi control*. En opinión de Campbell y Stanley (1966), es «Uno de los diseños experimentales más difundidos en la investigación educacional, comprende un grupo experimental y otro de control, de los cuales ambos han recibido un pretest y un postest, pero no poseen equivalencia preexperimental de muestreo.» (p. 93). En este caso el tratamiento se le aplica al grupo experimental, mientras que el grupo de control sirve como elemento comparativo para evaluar el efecto del tratamiento sobre el grupo de control.

Diseños compensados

En opinión de Bisquerra (2009), en este tipo de diseño se tienen varios grupos de sujetos y, a cada uno se le puede aplicar varios tratamientos en distintos tiempos para evaluar su comportamiento transversal y longitudinal. El uso de este tipo de diseños, es apropiado cuando la aplicación de un tratamiento no afecta la aplicación de otro.

Diseño de muestra separada pretest-postest

Según Campbell y Stanley (1966) este tipo de diseño se aplica a poblaciones grandes, donde hay dos grupos equivalentes seleccionados aleatoriamente. En este caso a un grupo se evalúa antes de aplicarle un posible tratamiento, mientras que al otro se le aplica la evaluación luego se haberle sometido al tratamiento.

Dada las características de estos seis diseños señalados por Campbell y Stanley (1966), en esta investigación se seleccionara el Diseño de grupo de control no equivalente; a continuación se describirá en detalle sus características tomando en cuenta la nomenclatura utilizada por León y Montero (2003).

Diseño pre-post con grupo de cuasi control

La selección de este tipo de diseño cuasiexperimental para esta investigación, obedece a tres razones fundamentales señaladas por León y Montero (2003): en primer lugar se logra tener una validez interna y externa equilibrada por trabajar con grupos ya formados, que de alguna manera representan condiciones naturales; en segundo lugar, la imposibilidad de formar grupos totalmente equivalentes ya que se trabajan con grupos ya formados, llamados grupos intactos y, en tercer lugar, la imposibilidad de

controlar totalmente las variables en la experimentación, como por ejemplo la interacción y cruce de información entre los grupos, entre otras.

Tal y como se indicó anteriormente, este diseño viene caracterizado según el siguiente esquema:

Grupo Experimental	Pretest	Con Tratamiento	Posttest
Grupo de Control	Pretest	Sin Tratamiento	Posttest

Simbólicamente según León y Montero (2003) este diseño se representa como:

$$\frac{O_1 \quad X \quad O_2}{O_1 \quad C \quad O_2}$$

La designación $O_1 \quad X \quad O_2$ en la línea superior, se refiere al Grupo Experimental: O_1 , es el pretest, X , es el tratamiento y O_2 , es el posttest. Por el contrario la designación $O_1 \quad C \quad O_2$ en la fila inferior, se refiere al Grupo de Control: O_1 , es el pretest, C , indica que a ese grupo no se le aplica tratamiento y O_2 , es el posttest. Hay que recordar que el Modelo Pedagógico (variable independiente) representa el tratamiento.

Factores que afectan la validez interna y externa en el Diseño pre-post con grupo de cuasi control

En opinión de Campbell y Stanley (1966) se identifican doce factores que amenazan la validez interna y externa. En la Tabla 11 se señalan cada

uno de estos factores y su calificativo en el diseño seleccionado según la opinión del autor.

Tabla 11 Amenazas de la validez interna y externa según Campbell y Stanley (1966).

Diseño	Validez	Amenaza/Factor	Potencialidad
Diseño de grupo de control no equivalente	Interna	1. Historia	Baja
		2. Maduración	Baja
		3. Administración de test	Nula
		4. Instrumentación	Nula
		5. Regresión estadística	Media
		6. Sesgos resultantes en una selección diferencial de participantes para los grupos de comparación	Baja
		7. Mortalidad experimental	Baja
		8. Interacción de selección y maduración	Media
	Externa	9. Interacción de administración de test y X	Media
		10. Interacción de selección y X	Baja
		11. Efectos reactivos de los dispositivos experimentales	Baja
		12. Interferencia de X múltiples	Nula

Fuente: Compilación y elaboración Propia.

Antes de considerar el efecto de estos factores sobre la presente investigación según el diseño seleccionado, se complementará lo comentado por León y Montero (2003) en relación a la validez interna y externa; bajo esta idea, Ballart (1992) cita:

Las dos cuestiones esenciales en la evaluación del impacto de un programa consisten en determinar:

1. Hasta qué punto los efectos del programa son realmente debidos al programa y no a otros factores.
2. Hasta qué punto los resultados de un programa concreto pueden ser generalizados a otras situaciones.

La primera es una cuestión de validez interna, mientras que la segunda es una cuestión de validez externa. En general se afirma que las cuestiones de validez interna son más importantes que las de validez externa, dado que hasta que no se pueda afirmar que los efectos observados se pueden atribuir al programa, no tiene sentido generalizarlos a otras situaciones. (p. 113).

Considera el autor que lo señalado por León y Montero (2003) y Ballart (1992) aclara en cierta manera la importancia del significado de la validez interna y externa, esto permitirá analizará las posibles incidencias de las amenazas señaladas en la Tabla 10 para con la presente investigación, para ello se tomara en cuenta las reflexiones de Campbell y Stanley (1966), Hernández, Fernández y Batista (2010) y Ballart (1992).

1. **Historia:** se refiere a las posibles incidencias de hechos externos (distintas a las del tratamiento) que pueden afectar los resultados de la investigación, como por ejemplo, experiencias vividas por los participantes que de alguna manera pudiesen influir sobre la variable dependiente. En este caso, se estima que el efecto de la Historia será mínimo, debido a que el tiempo de duración de la experiencia es muy corto, además, la ocupación propia del estudiante no permitirá mayor distracción posible.

2. **Maduración:** tiene que ver con el cambio personal que pudiese experimentar el sujeto durante la realización del experimento, es decir, de alguna manera el participante manifiesta una postura más madura a lo largo de la experimentación. Al igual que la amenaza anterior, la Maduración puede tener una participación irrelevante durante la experiencia.

3. **Administración de test:** En el diseño experimental seleccionado, la administración del pretest antes del experimento pudiera influir sobre la actitud o el condicionamiento del individuo cuando se enfrente al postest después del experimento. En esta investigación en particular, el objetivo del pretest es meramente exploratorio, mientras que el propósito del postest es intenta medir el efecto del tratamiento propiamente, por lo tanto la Administración de pretest se considera que no afectara los resultados de la experiencia.

4. **Instrumentación:** Esta amenaza se refiere al efecto sobre los resultados de la investigación, si las pruebas o instrumentos aplicados tanto al grupo experimental como al de control fuesen diferentes. Esta amenaza no existirá en esta investigación, ya que los instrumentos de ambos grupos es el mismo.

5. **Regresión estadística:** Se refiere al efecto que se lograría si los participantes de ambos grupos fuesen estudiantes con calificaciones promedio altas o bajas, es decir, promedios de extremos. Esta amenaza puede existir en la investigación, ya que la escogencia de los grupos experimental o de control es nula, ya que los mismos se en cuenta ya formados. Más adelante se explicará que la inclusión de los alumnos en un grupo u otro estará fuera de control tanto del profesor como del alumno.

6. **Sesgos resultantes en una selección diferencial de participantes para los grupos de comparación:** Tal y cómo se indicó en la amenaza anterior, el sesgo por la conformación de los grupos es nula, sin embargo al estar ya formados, puede existir un desequilibrio en su homogeneidad, que de alguna manera sesgue los resultados. Un ejemplo de esta amenaza pudiese ser que en uno de los grupos, coincidentalmente estén los alumnos más aventajados o viceversa.

7. **Mortalidad experimental:** Se refiere al efecto que puede ocurrir si los participantes se retiran del experimento durante su realización. Esta amenaza estará en cierta medida controlada ya que el tiempo de ejecución de la investigación es corto, además, los lapsos de retiro de alumnos en la unidad curricular, están fuera del período durante el cual se realizara la investigación.

8. **Interacción de selección y la maduración:** Esta amenaza es ligeramente potencial, ya que durante la realización de la experiencia los integrantes de los grupos experimental y de control se pudiesen comunicar y de alguna manera cruzar información que pueda afectar los resultados. El autor considera que dada la característica del desarrollo de la investigación esta variable influirá parcialmente.

9. **Interacción de administración de test y X:** Esta amenaza se refiere a la posibilidad de los resultados hallados se puedan extender sólo a situaciones semejantes de pretest. De alguna manera esta amenaza puede ser ligeramente significativa para la investigación.

10. **Interacción de selección y X:** Esta amenaza se refiere a la posibilidad de que los resultados encontrados, sólo sean aplicables al contexto que representa el grupo experimental, es decir, los resultados sólo funcionan bajo las condiciones establecidas. La potencialidad de esta amenaza puede ser significativa, sin embargo dada la experiencia de los procesos operativos de la universidad, se puede esperar que el efecto sea mínimo.

11. **Efectos reactivos de los dispositivos experimentales:** Esta amenaza se refiere al posible efecto sobre los resultados, debido al rechazo parcial del o a la imposibilidad de acceso del tratamiento a una parte de los sujetos durante la experimentación. Esta amenaza puede existir levemente, ya que algunos alumnos por distintas razones no puedan asistir a las clases o no deseen participar de la experiencia.

12. **Interferencia de X múltiples:** Esta amenaza se refiere al posible efecto sobre el desenvolvimiento y acondicionamiento de los sujetos, cuando se apliquen tratamientos múltiples. Esta amenaza no clasifica para esta investigación ya que se dispondrá de un solo tratamiento.

Niveles de manipulación de la variable independiente

En el diseño experimental es importante definir el nivel de manipulación de la variable independiente; según Gómez (2006) la manipulación puede ser de dos grados o más; cuando es mínima, se llamada *presencia-ausencia*, grado que corresponde al diseño seleccionado (*Diseño pre-post con grupo de cuasi control*), para este mínimo grado Gómez (2006) cita:

Implica que se necesitarán dos grupos, a uno se lo expone a la presencia de la variable independiente y al otro no. Luego los dos grupos se comparan para saber si el grupo expuesto a la variable independiente difiere del grupo que no fue expuesto. (p. 88).

En este sentido, si al realizar el experimento ambos grupos tienen las mismas condiciones excepto la participación de la variable independiente, es

sensato afirmar que la diferencia se deba a la presencia-ausencia de la variable independiente, excepto por la posible incidencia de algunos factores tal y como se señaló. De existir varias manipulaciones, se tendrían varios niveles o categorías lo cual se esquematiza de la siguiente manera:

Manipulación de la variable independiente	Medición del efecto sobre la Variable dependiente
X_1	Y
X_2	
.	
.	
.	

En este caso, la letra X simboliza la variable independiente, los subíndices $1, 2, \dots$ son los distintos niveles o grados de manipulación y, la letra Y , representa la variable dependiente.

Muestreo de conveniencia o de selección intencional

Según el diseño seleccionado, la implementación del Modelo Pedagógico requiere tanto del grupo experimental como del grupo de control, para ello se debe definir apropiadamente la muestra intencional seleccionada en base a una población establecida.

Para la selección de grupos dentro de una población, en opinión de Nieves y Domínguez (2010) hay dos posibilidades: el muestreo probabilístico y el no probabilístico. En el primer caso se puede ajustar a técnicas de muestreo para tener un conocimiento con cierto nivel de confianza, en el segundo caso, no se emplean mecanismos aleatorios, sino que se hace en función a un criterio de conveniencia.

Dentro del muestreo no probabilístico D'Astus, Sanabria y Pierre (2003) mencionan cinco tipos: Muestreo según el juicio, Muestreo de conveniencia, Muestreo por cuota, Muestreo en bola de nieve y Muestreo voluntario. No hay preferencia entre un tipo de muestreo y otro si no hay una

intencionalidad señala Quintana (1996), además advierte que entre el muestreo aleatorio (probabilístico) y al intencional (no probabilístico):

...no debe entenderse en ninguna forma que el muestreo aleatorio es superior en todas las ocasiones al muestreo intencional; hay casos en que sucede lo contrario, se puede tener mejores resultados con un muestreo intencional, pero siempre tenemos la desventaja de no poder cuantificar el error de muestra. (p. 156-157).

Dada la naturaleza de los diseños cuasiexperimentales, en esta investigación se optó por un muestreo no probabilístico, específicamente el *Muestreo por conveniencia*. En opinión de D'Astus (et al.) (2003):

...en un muestreo de conveniencia la muestra está compuesta por elementos seleccionados porque están disponibles, fáciles de contactar o de convencer para participar en la investigación. Por ejemplo (...) Un profesor puede utilizar su clase para probar nuevas ideas de productos ente los estudiantes. (p. 233).

Población de la investigación y muestra intencional

En opinión de Nieves y Domínguez (2010), «El concepto de población se refiere a la totalidad de los elementos que poseen las principales características que se desean analizar. (...) Una muestra, en cambio, es un parte de la población.» (p. 21).

En esta investigación se consideró como población, todos los alumnos cursantes de la unidad curricular Transferencia de Calor en el lapso académico en el cual se lleve a cabo el experimento. Para el lapso actual, 2015-I existen dos secciones, llamadas Sección 1 y Sección 2 con las características indicadas en la Tabla 12.

Tabla 12. Características de las secciones en la unidad curricular Transferencia de Calor.

	Total alumnos	Total Hembras	Total Varones	Número Repitientes
Sección 1	28	1	27	8
Sección 2	45	2	43	19

Fuente: Compilación y elaboración Propia.

Ya que esta población está constituida por grupos ya formados (intactos), clasifica para realizar un muestreo no probabilístico del tipo *Muestreo por conveniencia* tal y como lo han señalado D'Astus (et al.) (2003); de esta manera, dentro del *Diseño pre-post con grupo de cuasi control*, el Grupo Experimental estará constituido por los alumnos de la Sección 2, mientras que el Grupo de Control estará representado por los alumnos de la Sección 1. De esta manera, la muestra intencional estaría representada por el conjunto de estudiantes de la Sección 2.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

De acuerdo a lo indicado, para dilucidar la interrogante en la investigación y poder definir la relación causa-efecto se prestará atención a los pasos 5 y 6 según la recomendación Montgomery (2004), donde está implícito desarrollar los instrumentos para *medir* el efecto de la variable independiente sobre la variable dependiente y la aplicación de los mismos. En adelante se describirán los instrumentos requeridos.

Pruebas de Rendimiento Académico

Medir y evaluar el efecto de la variable independiente sobre la dependiente, es en gran medida un puntal muy importante para esta investigación, para ello se identificará el significado de las palabras medición y evaluación. En opinión de Ruiz (2002) se tiene:

La palabra medición se refiere a la cuantificación de los tipos de aprendizajes alcanzados por los estudiantes, los cuales se evidencian a través del uso de diferentes instrumentos; mientras que la evaluación implica, más bien, los juicios valorativos que el docente o el evaluador emite sobre los resultados del trabajo escolar, con base en un criterio determinado (objetivo o subjetivo). En este sentido, la evaluación es una función de naturaleza eminentemente cualitativa, lo cual no tiene por qué ser necesariamente sesgada. (p. 127).

La objetividad a juicio de Ruiz (2002), depende de los criterios bajo los cuales se fundamente el juicio valorativo de algo; sobre este proceso influyen aspectos como: la posición epistemológica, ontológica y axiológica del evaluador, el contexto de lo que se evalúa, el período establecido para el aprendizaje, entre otros. Para elaborar los instrumentos de medición se apegará a las recomendaciones emitidas por los especialistas, de tal manera de crear un marco referencialmente objetivo al momento de juzgar los resultados de la investigación, sobre todo, teniendo en cuenta *qué, cómo, cuándo y para qué evaluar* Bolívar (2002).

En opinión de algunos investigadores, los procesos de evaluación no son tan evidentes, más bien son complejos tal como lo resalta Ruiz (2002):

...la evaluación del proceso educativo es una función compleja que comprende muchos aspectos (conocimientos, actitudes, aptitudes, habilidades, destrezas, estrategias, valores, personalidad) y, por supuesto, no se agota en la utilización de las pruebas de rendimiento académico, como único instrumento de apreciación de los resultados del aprendizaje, sino que requiere de otros medios tales como, por ejemplo, la observación directa de la conducta del alumno, escalas, inventarios, cuestionarios, entrevistas e informes personales, entre otros. (p. 128-129).

En la misma opinión de Ruiz (2002), para medir el aprendizaje, hay tres aspectos importantes a tomar en cuenta, estos son: «(a) antes de iniciar la enseñanza; (b) durante el proceso; y (c) al final del mismo» (p. 129). Antes de iniciar el proceso de enseñanza, se debe conocer el nivel de conocimiento de los alumnos, desde el punto de vista cognitivista fundamentalmente, con

la finalidad de reformular las estrategias. Para ello se realizan las llamadas pruebas referidas al *nivel de conocimiento previo*, también llamada evaluación diagnóstica.

Durante el proceso evaluativo, es importante conocer la evolución del proceso mismo de enseñanza sobre el alumno, de tal manera de poder corregir efectos que se pudiesen estar generando o ignorando, que de alguna manera afecten el desarrollo eficiente del aprendizaje. En este caso se pueden implementar las pruebas diagnósticas. Al finalizar el proceso de enseñanza, se debe conocer en qué medida el alumno asimiló los objetivos instruccionales propuestos mediante una evaluación sumativa, tal y como la llama Ruiz (2002), la cual puede estar representada por otra prueba diagnóstica.

Confiabilidad, validez y objetividad del instrumento

Es indudable que en cada fase, la magnitud y las características de estas pruebas diagnósticas es diferente, ya que su objetivo también lo es. Recordando que hay distintos momentos donde es importante conocer el grado de conocimiento del alumno, es recomendable disponer de varias pruebas, con características y *requisitos* diferentes, los cuales a juicio de Hernández, Fernández y Baptista (2010) son: confiabilidad, validez y objetividad. Estos requisitos a grandes rasgos significan:

La **confiabilidad** de un instrumento de medición se refiere al grado en que su aplicación repetida al mismo individuo u objeto produce resultados iguales. (p. 200).

(...) La **validez**, en términos generales, se refiere al grado en que un instrumento realmente mide la variable que pretende medir. (p. 201).

(...) **Objetividad del instrumento** Se refiere al grado en que el instrumento es permeable a la influencia de los sesgos y tendencias de los investigadores que lo administran, califican e interpretan. (p. 207).

Por su parte Ruiz (2002), sumado a los requisitos anteriores, añade la discriminabilidad y la factibilidad de la prueba; la discriminabilidad evidencia el dominio del alumno sobre el tema, pudiéndose diferenciar que si domina, regularmente domina y no domina. En este aspecto es muy importante la valoración del puntaje que cada parte de la prueba tenga. La factibilidad de la prueba está relacionada con la utilidad de los resultados y poder hacer un diagnóstico de efectividad y así, tomar decisiones para la retroalimentación en los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Pruebas Académicas de la Investigación

La medición está orientada fundamentalmente a medir el efecto del Modelo Pedagógico sobre el Aprendizaje y Desempeño del Alumno, que no es más que medir lo aprendido y su desenvolvimiento cuando plantee soluciones a problemas referentes a la transferencia de calor en superficies extendidas; para ello es fundamental considerar apropiadamente el tipo de prueba a implementar. Al consultar distintos autores, se observa una gran diversidad de pruebas con variadas finalidades y alcance determinado. En esta investigación en particular, se apelará a tres tipos de prueba, *prueba elaborada por el docente*, *prueba objetiva de selección simple* y *prueba objetiva de multi-ítem de base común*, para ello se tomará como referencia las opiniones de Ruiz (2002), Stracuzzi y Pestana (2010), Escandell (2014) y Carratalá (2013).

Prueba elaborada por el docente

De acuerdo a la propuesta del modelo pedagógico según la postura del alumno y profesor, es importante destacar la fase Impulso Motivacional, donde el interés, el compromiso, la participación y el desempeño del

estudiante en las actividades prácticas desarrolladas, es fundamental para emprender la fase Epistemología Conceptual y Desarrollo Práctico.

En opinión de Biggs (1999) al referirse a los principios para evaluar la calidad del aprendizaje, señala la importancia de tomar en cuenta los recursos utilizados para fundamentar el aprendizaje profundo, es decir, la repercusión en el aprendizaje del alumno y no la del currículo oficial. En este sentido resalta la atención de valorar la función formativa del alumno supervisada por ellos mismos, para lo cual se debe involucrar la evaluación progresiva. Al referirse a la evaluación progresiva, Biggs (1999) señala:

La evaluación progresiva o continua, utiliza los resultados obtenidos durante el curso, al hilo del aprendizaje y con fines de calificación. Aunque esto parezca suavizar la evaluación sumativa final, no deben confundirse las funciones formativas y las sumativas. Para que funcione la formativa, los estudiantes deben sentirse libres para manifestar su propia ignorancia y los errores de su pensamiento, pero, si los resultados se utilizan para calificar, estarán muy motivados para ocultar sus posibles puntos débiles. (p. 181).

Desde la postura holística interpretada por el autor según la cita anterior, se debe considerar la actuación y la postura del estudiante para llevar a cabo una actividad práctica. En este sentido, remarca Biggs (1999) «...es necesario disponer de un marco conceptual que permita ver la relación entre las partes y el todo. Los profesores tienen que elaborar su propio marco, pero la taxonomía SOLO puede ser útil para ayudar en ese proceso». (p. 192). Esta postura incluye elementos más amplios como lo estético, la originalidad, la utilidad, la postura personal, la creatividad, entre otros.

Tomando como referencia lo sugerido por Biggs (1999) y de acuerdo a la interpretación del autor, para la evaluación de la fase *Participación del alumno* se propone tomar en cuenta los propósitos que se persiguen durante la fase Impulso Motivacional en las unidades UDH, UDA y UDT, además de la participación del alumno durante la visita industrial programada y su

intervención en la solución de problemas en Mathcad. Esta evaluación no se apegará a los procedimientos técnicos establecidos para la elaboración de los instrumentos de medición, esta característica según Ruíz (2002) las califica dentro de las pruebas informales, sin embargo se recomienda tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Seleccionar los objetivos de la evaluación, en este caso para el dominio cognoscitivo se tomara en cuenta la taxonomía de Bloom (Conocimiento, Comprensión, Aplicación, Análisis, Síntesis y Evaluación).
- Establecer el procedimiento más apropiado según la investigación.
- Elaborar una tabla de especificaciones.
- Elaborar los ítems con claridad y la organización más apropiada.
- Someter la prueba a revisión por parte de expertos en la misma asignatura.

En este sentido el marco conceptual estará constituido por distintos elementos: participación del estudiante en las unidades UDH, UDA y UDT, intervención del alumno en la vista industrial, asistencia y adiestramiento en el manejo de Mathcad, aspectos teóricos y aspectos prácticos. En el Capítulo V se incluye el marco conceptual propuesto por el autor dentro del programa de evaluación.

Pruebas objetivas

Al contextualizar la evaluación del aprendizaje y el desenvolvimiento del alumno en la presente investigación, en la interpretación y planeación de una solución donde está involucrada la transferencia de calor en una superficie extendida, se tomará en cuenta los aspectos *teóricos* y *los aspectos prácticos*.

Tal y cómo se observará más adelante, dentro de los aspectos prácticos se propondrá los indicadores siguientes: *Planteamiento del*

Problema, Solución Puntal, Parametrización de la Solución, Análisis de Resultados. Tanto los aspectos teóricos como los prácticos requerirá de una evaluación simple, que de alguna manera se puede lograr con diversos exámenes; en opinión de Escandell (2014) las pruebas objetivas son las empleadas para evaluar el aprendizaje simple, al respecto cita:

La **pruebas objetiva** es un instrumento de evaluación que se caracteriza por tener un formato de estructura cerrada, adecuada para medir aprendizajes simples y porque pretende eliminar la subjetividad del docente, tanto en la aplicación como en el análisis y la calificación de la prueba. Requiere respuestas breves y por lo general limitadas a la elección de opciones dadas. (p. 50).

El aprendizaje simple es básico, señala Escandell (2014), modifica la conducta del sujeto, permitiéndole resolver problemas a corto plazo y poco a poco con la práctica se convierte en una conducta permanente. En la Tabla 13 se muestran algunas definiciones de una prueba objetiva según la postura de varios autores.

Tabla 13 Diversas definiciones de una prueba objetiva según diversos autores.

Pruebas Objetivas	...se pueden diseñar para medir diversos resultados del aprendizaje, como el conocimiento de hechos concretos y de términos, la comprensión de conceptos y principios, la capacidad para determinar hechos y reglas, así como varias destrezas de raciocinio. (p. 16-17) Gronlund (2008)
	...son aquellas en las que el estudiante no necesita construir o redactar la respuesta, sino leer la pregunta, pensar la respuesta, identificarla y marcarla. (p. 133) Ruíz (2002)
	...son las construidas a partir de reactivos (preguntas) cuya respuesta no deja lugar a dudas respecto a su corrección o incorporación. (p. 145) Stracuzzi y Pestana (2010)
	...constituye un buen instrumento de evaluación adaptado a unos objetivos determinados y a un programa específico, el cual toma en cuenta el mayor o menor énfasis que el profesor ha puesto en el tratamiento de determinados objetivos de la asignatura. (p. 61) Morles, Valbuena y Muñoz (1977)
	Las pruebas objetivas incluyen preguntas que van desde las de bajo nivel , de “sí o no”, pasando por las de opción múltiple, hasta los ejercicios interpretativos de alto nivel que exigen utilizar los datos para descubrir relaciones y evaluar supuestos. (p. 234) McCormick y James (1997)

Fuente: Compilación y elaboración propia.

Dentro de la variedad de pruebas objetivas, en esta investigación se optó por las pruebas de selección simple; en opinión de Ruíz (2002) «Los ítems de opción simple y múltiple son los más utilizados por los especialistas

en construcción de pruebas, a pesar de ser el tipo de reactivo que es más exigente en cuanto a su redacción.» (p. 142). Complementando lo anterior, Flores (2010) señala que los ítems de selección múltiple son más flexibles y más efectivos para evaluar diferentes niveles de aprendizaje.

En la estructura de las pruebas objetivas de selección simple hay dos posibilidades, las comúnmente llamadas *Pruebas objetivas de selección simple* donde el alumno selecciona una o varias respuestas sin generarlas y, las *Pruebas de múlti-item de base común* donde hay que seleccionar una o varias respuestas pero el alumno participa en su construcción.

Pruebas objetivas de selección simple

Según Ruíz (2002) estas pruebas constan de dos partes: en primer lugar se tiene un enunciado que contiene la pregunta y, en segundo lugar, se dispone de varias posibles respuestas dentro de las cuales se encuentra la respuesta correcta. En el caso de selección simple la respuesta es una sola, mientras que si se seleccionan más de una respuesta correcta, la prueba es de selección múltiple. Las opciones que no son correctas se les llaman distractores.

Pruebas Multi-ítem de base común

En opinión de Carratalá (2013) al hablar sobre los exámenes múlti-item de base común, señala:

Consisten en presentar a los alumno una información (texto, mapa, gráfica, tabla, esquema, dibujo, etc., etc.), a partir de la cual se construyen varios ítems para que sean respondidos. Estas pruebas son muy útiles para evaluar todo tipo de contenido, pero especialmente los conceptuales y procedimentales del tipo: interpretación de datos, emisión de hipótesis, capacidad crítica, capacidad valorativa, etc., etc. (p. 103).

Este tipo de pruebas necesita de extremo cuidado, debe presentar toda la información necesaria para resolver todos los ítems; la redacción debe mantener su significado global, la extensión debe estar acorde con la complejidad del aprendizaje que se pretende medir teniendo en cuenta que se debe preferir la elección de 3 a 6 ítems de opción múltiple, cada ítem debe poder responderse independientemente con base al material.

CAPÍTULO IV

MODELO PEDAGOGICO Y SU VALORACIÓN

Modelo pedagógico

Para la propuesta del Modelo Pedagógico se tomó en cuenta el enfoque de la Nueva Escuela señalada por De Zubiría (2006) de acuerdo a lo indicado en el Capítulo II. En este caso se tendrá como referencia los postulados del constructivismo que tiene como fin que el alumno construya su propio aprendizaje, donde el profesor como mediador debe enseñar a pensar al alumno, enseñarle sobre el pensar y enseñarle sobre la base del pensar, Medina (2008).

Retomando aspectos referentes al modelo pedagógico, según Ortiz (2009) es fundamental mantener una estructura que relacione los objetivos, contenidos, métodos, medios y evaluación de la enseñanza y el aprendizaje. En este sentido al referirse a las metodologías para la elaboración de un modelo pedagógico, resalta la argumentación científica de la estructura didáctica, donde se encuentra:

La metodología para la construcción del modelo pedagógico (...) se fundamenta en el sistema categorial de la ciencia pedagógica. Este sistema de categorías integra los componentes del proceso pedagógico. Las categorías vistas desde el desarrollo y ejecución del proceso de enseñanza – aprendizaje, funcionan como configuraciones didácticas y establecen unas relaciones dinámicas entre ellas, conformando así las principales regularidades de la pedagogía, que constituyen precisamente la base para la construcción del modelo pedagógico de la institución. (p. 74).

En la misma idea, Ortiz (2009) señala que la importancia de este acomodo no está directamente en las categorías establecidas, sino en la manera cómo estas categorías se relacionan en su comportamiento, o lo que de alguna manera llama leyes pedagógicas, las cuales regulan la dinámica misma del proceso de enseñanza-aprendizaje que involucra una lógica en la secuencia de etapas en su desarrollo. Estas leyes permiten pasar de los fenómenos involucrados a la estructura, en este sentido Ortiz (2009) apoyándose en la opinión de otros investigadores, hace referencia a dos leyes: *la escuela en la vida*, donde se concreta la relación entre el problema, objeto y objetivo y *la educación a través de la instrucción*, donde se puntualiza la relación entre el objetivo, el contenido y el método. En la Tabla 14 se describen estos elementos involucrados.

Tabla 14. Elementos señalados por Ortiz (2009) dentro de las leyes pedagógicas.

Leyes	Elementos	Consideración
La escuela en la vida	Problema	Donde se manifiestan las dificultades, conflictos, contradicciones, falencias, interrogantes, vacíos o lagunas en el conocimiento presentes en el objeto, que de alguna manera el sujeto debe enfrentar para solucionarlos mediante la participación del docente en el proceso enseñanza-aprendizaje.
	Objeto	Caracterizado por los elementos del entorno comunitario o el contenido que debe asimilar el estudiante en el proceso de enseñanza-aprendizaje.
	Objetivo	Es la meta o el propósito que se debe lograr el estudiante en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Aquí se identifican los logros cognitivos (saber), logros procedimentales (saber hacer) y logros actitudinales (ser, convivir) en función de desarrollar la capacidad de pensar, sentir y actuar.
La educación a través de la educación	Objetivo	Es la meta o el propósito que se debe lograr el estudiante en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Aquí se identifican los logros cognitivos (saber), logros procedimentales (saber hacer) y logros actitudinales (ser, convivir) en función de desarrollar la capacidad de pensar, sentir y actuar.
	Contenido	Representan los mismos objetivos, pero enmarcados en los saberes que debe lograr el alumno y producir un desarrollo y una socialización adecuada en su contexto.
	Método	Representa la ruta a seguir por el estudiante para apropiarse del contenido y lograr los objetivos. Esta ruta debe ser entretenida, placentera y atractiva para dinamizar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Fuente: Compilación y elaboración Propia.

El modelo pedagógico Autoestructurante toma plenamente la acción, la vivencia y la experimentación como condición y garantía del aprendizaje, palabras de De Zubiría (2006), siendo el individuo el elemento principal que induce el desarrollo de experiencias y prácticas pedagógicas dentro de los programas y procesos educativos según sus necesidades.

En la misma idea, Medina (2008) coloca al docente como guía y orientador del alumno en la interacción para poder comprender y aplicar el conocimiento en situaciones diversas; para ello debe ser creativo de situaciones de aprendizaje dentro de un ambiente propicio generando la autonomía para aprender a aprender.

En este aspecto el diálogo horizontal entre alumnos y profesores es una condición esencial; el alumno reflexivo al cuestionarse a sí mismo e indagar mediante preguntas, permite al docente valorar su intención, estimulándole aprender a preguntar y a preguntarse, promoviendo el pensamiento crítico, palabras de Medina (2008).

En este contexto, la problemática planteada en el Capítulo I según el soporte crítico y reflexivo del alumno UNET y del docente investigador será fundamental para formular los vértices del modelo pedagógico, de tal manera de enlazar los objetivos, contenidos, métodos, medios y evaluación a los cuales hace referencia Ortiz (2009). Tal y como se señaló en el Capítulo I, en la Tabla 1 y Tabla 2 se plasmaron los factores problemáticos según la sugerencia de Stracuzzi y Pestana (2010). En este sentido se propone hacer una compilación de los aspectos comunes y poder jerarquizar una propuesta metodológica, enmarcada en *—la escuela en la vida y la educación a través de la instrucción—* como leyes pedagógicas fundamentalmente, pero dándole esa participación al sujeto en la horizontalidad comunicacional y la comprensión del docente.

Manteniendo la idea anterior, es importante remarcar lo sugerido por Ortiz (2009) en cuanto a la importancia de develar la relación de las categorías y, más aun su relación. En la Tabla 15 se muestran la compilación

de los factores problemáticos desde la perspectiva del alumno UNET según el indicador que los agrupa y la interpretación propia del autor.

Tabla 15 Factores problemáticos desde la perspectiva del alumno agrupados según los indicadores y los vértices en la propuesta pedagógica.

Compilación aspectos comunes de la problemática	Indicador	Vértices de la propuesta pedagógica	Propuesta metodológica
1.La asignatura es extensa y posee mucha información. 2.No se dispone de herramientas de cálculo avanzadas. El aprendizaje es lento. 3.La asignatura no está actualizada. 4.No se cuenta con laboratorios para hacer simulaciones al resolver problemas y hacer más eficiente el aprendizaje. 5.La tecnología utilizada es obsoleta. 6.La deficiencia en el aprendizaje desanima y se pierde el interés por la asignatura. Además, retarda y dificulta el avance. Crea también inseguridad a futuro para afrontar la vida profesional. 7.Se dificulta la utilización de libros modernos por no disponer de computadores para poder resolver ciertos ejercicios. Hay desactualización en el uso de sistemas de apoyo. 8.No se cuenta con software y (o) simuladores que ilustren mejor la solución de los problemas y poder observar mejor cómo ocurren las cosas. 9.Los métodos tradicionales requieren de mayor dedicación para resolver ejercicios y desarrollar un buen análisis de todos los posibles casos existentes.	Desarrollo Práctico	Desarrollo Práctico	Modelo Pedagógico
10. Hay pocos profesores calificados y personal de apoyo. No se cuenta con equipos de laboratorio adecuados. 11. En algunas ecuaciones las evaluaciones perjudican a los alumnos. 12. La solución de los ejercicios es larga y requiere un profundo fundamento teórico. 13. No hay una planificación adecuada en metodologías de estudio. 14. Las clases no son tan dinámicas, no se dispone de elementos didácticos que hagan más práctico el entendimiento de la asignatura. 15. Existe un arraigo en el manejo de métodos de enseñanza tradicionales. Existe escasa receptividad del docente. 16. Hay escaso material de apoyo.	Práctica pedagógica	Epistemología conceptual	
17. Hay deficiencia de conocimientos en ciertos aspectos, como ecuaciones y variables. También se observa falta de entendimiento de los temas que se evalúan. 18. Hay escasos de recursos económicos. 19. Hay una enorme dependencia de un formulario.	Material didáctico		
20. A veces se observa monotonía y aburrimiento por un programa reiterado. 21. El material que se usa para estudiar no está actualizado y el conocimiento adquirido es muy leve. 22. Al inicio de la asignatura hay cierta indisposición por el rumor que la asignatura es compleja y difícil. 23. Hay desconfianza de lo aprendido, se cree que sólo sirve como cultura general. 24. Hay escaso interés y motivación en la asignatura.	Práctica Motivadora	Impulso motivacional	

Tabla 15 (Cont.)

Compilación aspectos comunes de la problemática	Indicador	Vértices de la propuesta pedagógica	Propuesta metodológica
28. Hay poca actividad práctica que haga más didáctico el aprendizaje.	Experiencias prácticas		
29. Existe cierto divorcio de lo teórico y la realidad con la industria, lo que origina desinterés.			
30. Hay deficiencia en el planteamiento de aplicaciones reales por parte del docente, originando cierta monotonía.			

Fuente: Compilación y elaboración Propia

De igual manera, en la Tabla 16 se reitera el mismo procedimiento para con los factores problemáticos desde la perspectiva del investigador referente al alumno y a la práctica pedagógica.

Tabla 16 Factores problemáticos desde la perspectiva del investigador referidos al estudiante y a la práctica pedagógica agrupados según los indicadores y los vértices en la propuesta pedagógica.

Compilación aspectos comunes de la problemática referentes al alumno	Indicadores	Vértices de la propuesta pedagógica	Propuesta metodológica
1. Carencias de conocimientos en ciertas temáticas.	Material didáctico	Epistemología conceptual	Modelo Pedagógico
2. Desconcierto en la postura de ideas coherentes al plantear soluciones a un problema en particular.			
3. Desconfianza e inseguridad al enfrentar una planificación futura en el mundo laboral al evidenciarse algunas deficiencias en el aprendizaje.			
4. El número de reprobados es significativo, por lo general el repitiente no asiste a clase.			
5. Retraimiento para enfrentar discusiones que permitan la solución teórica al planteamiento de problemas ingenieriles.	Práctica pedagógica	Desarrollo Práctico	Modelo Pedagógico
6. Incongruencia al relacionar procesos teóricos y reales.	Desarrollo Práctico		
7. Se observa una intención muy fuerte a solucionar problemas mecánicamente, dejando a un lado los fundamentos teóricos. Se depende fuertemente de procedimientos repetitivos y del uso de un formulario personal.	Práctica Motivadora	Impulso motivacional	Modelo Pedagógico
8. En algunos casos, se observa interés sólo por aprobar la asignatura más no por aprender.			
9. Poca motivación a participar en el desarrollo de las clases durante los procesos de enseñanza.			
10. No hay disponibilidad del uso de herramientas computacionales de cálculo que permitan parametrizar y ver la solución grafica a problemas teóricos.	Experiencias prácticas	Impulso motivacional	Modelo Pedagógico
11. La deficiencia en el aprendizaje desanima y se pierde el interés por la asignatura.			

Tabla 15 (Cont.)

Compilación aspectos comunes de la problemática referentes a la práctica pedagógica	Indicadores	Vértices de la propuesta pedagógica	Propuesta metodológica
18. Deficiencias pedagógicas (escasa motivación, falta de claridad expositiva, actividades poco adecuadas, mal uso de recursos didácticos, inadecuada evaluación, etcétera).	Práctica pedagógica	Práctica pedagógica	Modelo Pedagógico
19. Escasa participación práctica que ilustre y mejore la comprensión teórica.			
20. Desvinculación con el mundo real.	Desarrollo Práctico	Desarrollo Práctico	
21. Poca participación en la generación de material de apoyo para el uso de estudiantes.	Material didáctico	Epistemología conceptual	
22. Desmotivación en la práctica pedagógica por la baja participación del alumno.	Práctica Motivadora		
23. Uso escaso de herramientas computacionales de cálculo que permitan parametrizar y ver la solución gráfica a problemas teóricos.	Desarrollo Práctico	Desarrollo Práctico	

Fuente: Compilación y elaboración Propia.

Obsérvese cómo estos factores problemáticos se han agrupado en cinco grandes indicadores, *Desarrollo práctico*, *Práctica pedagógica*, *Material didáctico*, *Práctica Motivadora* y *Experiencias prácticas*. Estos indicadores a su vez, se han agrupado en tres niveles definidos según la interpretación del autor manteniendo cierto apego a la propuesta de Ortiz (2009), estas son: *Impulso Motivacional*, *Epistemología Conceptual* y *Desarrollo Práctico*.

Cada uno de estos niveles tiene una gran importancia en la comprensión de la transferencia de calor en superficies extendidas y deben estar íntimamente relacionados durante su desarrollo e implementación.

Impulso Motivacional:

Esta fase motivacional acopla dos indicadores, *Práctica motivadora* y *Experiencias prácticas*. Cada uno de ellos tienen en común, pero de manera diferente, motivar al alumno con experiencias desarrolladas por ellos mismos como protagonistas, de tal manera de promover la comprensión conceptual simple de manera teórico-práctica, donde el docente, tal y como lo indica Malagón (2007), genere ambientes estimulantes de experiencias que

permitan al alumno lograr el aprendizaje requerido sobre una superficie extendida y su aplicación, resaltando la observación, aspectos geométricos, termo-físicos, principios fundamentales, analogías y cálculos introductorios. En el indicador *Práctica motivadora*, el alumno podrá realizar algunas actividades relacionadas con procesos de transferencia de calor en superficies extendidas, para lo cual dispuso de tres *unidades didácticas* llamadas *UDH UDA y UDT*. Estas unidades son equipos medianamente instrumentados, de operación manual y simple, preparados por el autor, a través de los cuales el alumno puede evaluar el efecto de una superficie extendida como elemento captador o disipador de calor en aplicaciones relacionados con la ingeniería. Aquí podrá descubrir con experiencias controladas y bajo su propio protagonismo, cómo es el mecanismo de transferencia de calor en una superficie extendida, cual es el efecto de la temperatura de la base y la conductividad térmica del material en el flujo de energía, entre otras.

En el indicador *Experiencias prácticas* se involucró la visita industrial guiada a la central Térmica Planta Táchira, donde se centró la atención a procesos propios de la industria, sobre todo los vinculados con la transferencia de calor. Aquí el alumno pudo vivir muy de cerca aspectos reales, alejados de suposiciones y teoría, que de alguna manera le muestre la importancia de su formación, no solo en la unidad curricular involucrada, sino en otras áreas del conocimiento.

De esta manera la fase Impulso motivacional tiene como propósito fundamental que el alumno logre niveles motivacionales altos, comprenda con experiencias prácticas y guiadas la importancia de su formación, que se estimule como protagonista en la acción y las vivencias para lograr un aprendizaje significativo. Por otro lado, le creará una perspectiva más real de la importancia de su formación y así, poder enfrentar con mayor madurez otras áreas de conocimiento, y lograr un mayor aprendizaje y desempeño. En el apéndice A se describe en detalle esta fase.

Epistemológica Conceptual

Al igual que la fase anterior, la Epistemología conceptual conecta dos indicadores, Práctica pedagógica y Material didáctico. El entendimiento amplio de lo que significa *práctica pedagógica* está fuera del alcance de esta investigación, sin embargo se hará una breve descripción de lo que Díaz (2006) define por práctica pedagógica:

La actividad diaria que desarrollamos en las aulas, laboratorios u otros espacios, orientada por un currículo y que tiene como propósito la formación de nuestros alumnos es la práctica pedagógica. (...)

Ahora bien, cuando examinamos nuestra práctica pedagógica ¿Cómo nos vemos cómo docentes? ¿Cómo nos perciben los demás? Es indudable que somos nosotros quienes le damos vida a la práctica pedagógica, pero realmente, qué respondemos, cuando nos hacemos la pregunta ¿Quién soy? ¿Soy realmente un docente ideal? (p. 90).

En opinión del autor, algunas respuestas a estas preguntas se pueden encontrar en la Tabla 1 y Tabla 2 del Capítulo I y son el pilar fundamental para la realización de la presente investigación. Desde una postura ontológica tiene que existir un vínculo entre los vértices de la propuesta pedagógica, según se resalta en el modelo autoestructurante y lo señalado por Ortíz (2009). En este sentido la Práctica pedagógica obedecerá al marco de las acciones requeridas por el constructivismo según Medina (2008) y por la Nueva Escuela de la cual habla De Zubiría (2006).

Con relación al Material didáctico, el alumno recibió un material guía organizado y secuencial sobre la transferencia de calor en superficies extendidas elaborado por el autor. Este recurso entre sus características cuenta con ilustraciones, conceptos, principios, ecuaciones, analogías, preguntas, respuestas y ejemplos desarrollados en Mathcad, con el propósito que se facilite la comprensión teórica epistemológica de la transferencia de calor en superficies extendidas. En el apéndice B se describe en detalle esta fase.

Desarrollo Práctico

Esta fase junto al Impulso Motivacional enlazan el contenido del modelo, constituye la comprensión de los elementos que requiere la solución de problemas de transferencia de calor con superficies extendidas, haciendo uso de Mathcad como herramienta de cálculo, manteniendo un marco de referencia con cuatro indicadores llamados ejes de desarrollo, estos son: *Planteamiento del Problema*, *Solución Puntual*, *Parametrización de la Solución* y *Análisis de Resultados*; todos enmarcados en la *Epistemológica Conceptual*. En el apéndice C se describe en detalle esta fase.

Aquí el alumno dispuso de un compendio de diez problemas relacionados directamente con superficies extendidas de sección transversal constante y variable. El procedimiento sugerido para la implementación de esta fase, es que el alumno plantee, consolide y discuta la solución numérica de estos ejercicios en forma grupal e individual, pero siempre, con la ayuda del computador y la guía del docente investigador.

Esquema del modelo pedagógico

En la Figura 1 se esquematiza los niveles del modelo pedagógico y su relación de acuerdo a lo establecido en la Tabla 15 y Tabla 16. Obsérvese como cada nivel tiene su estructura secuencial, manteniendo el apego a la relación que deben tener las categorías tal y como lo sugiere Ortiz (2009).

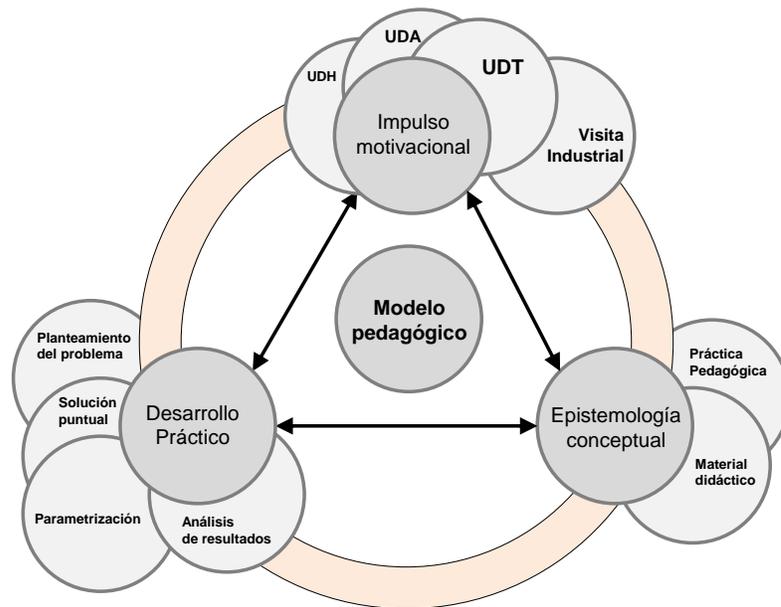


Figura 1 Niveles del Modelo Pedagógico y su relación
Fuente: Compilación y elaboración Propia.

Complementando lo anterior, de acuerdo a la opinión de Ortiz (2009) es importante mostrar la relación de estas tres fases como elementos constituyentes del Modelo Pedagógico (Impulso motivacional, Epistemología conceptual y Desarrollo práctico), en este sentido, en la Figura 2 se esquematizan la estructura del modelo, los distintos niveles y el contenido de cada uno de ellos.

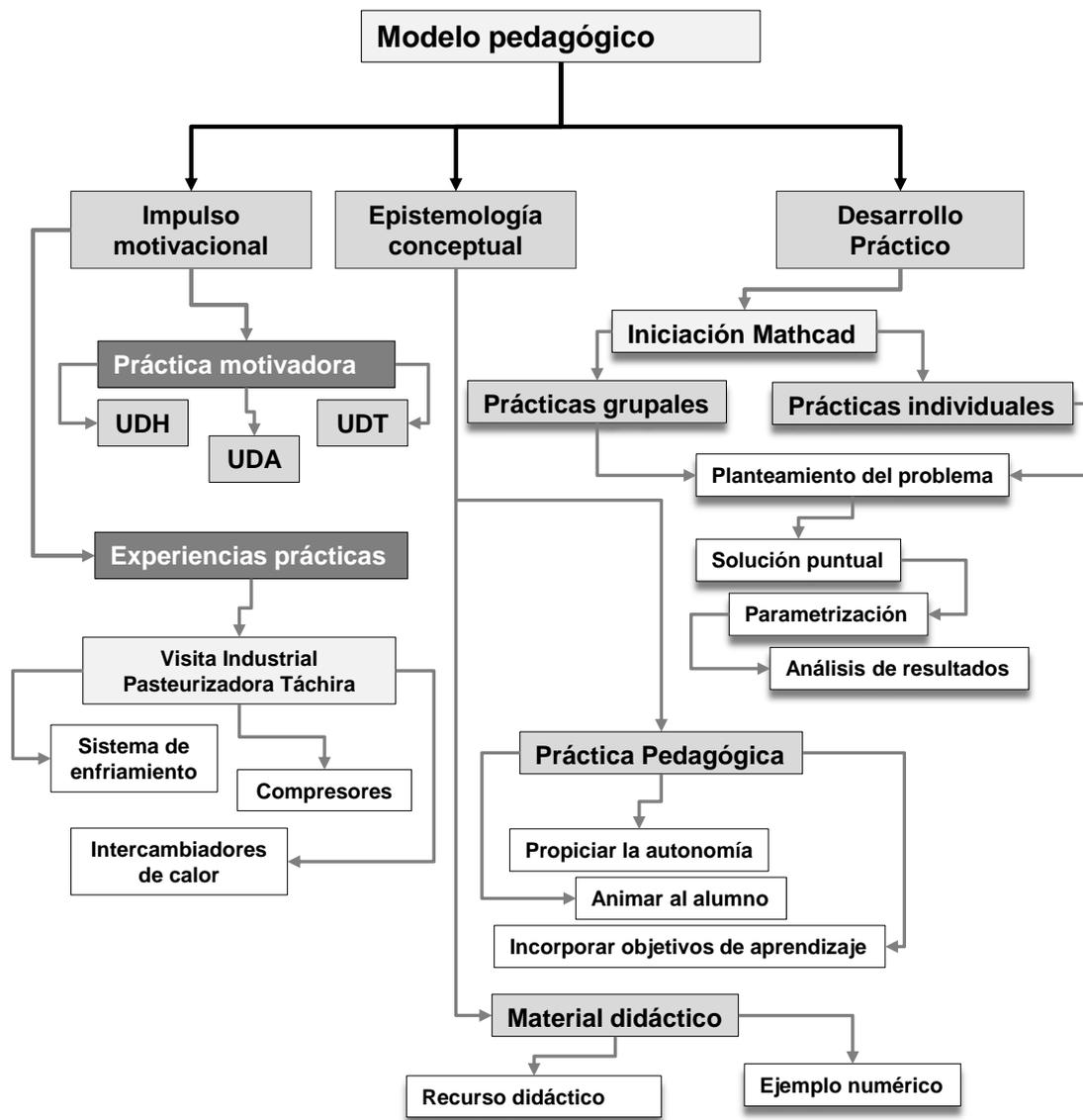


Figura 2 Estructuración del Modelo Pedagógico
Fuente: Compilación y elaboración Propia.

Metodología para la implementación del Modelo Pedagógico

La posición del docente dentro del constructivismo, en opinión de Medina (2008) se inicia como planeador de estrategias en base a objetivos establecidos de acuerdo a las necesidades en el contexto, para luego actuar como ejecutor de estas estrategias según una planificación creada; para ello

es importante la experiencia y el establecimiento de la horizontalidad al estructurar el plan y poder ejecutar los procesos de enseñanza; en tal sentido Medina (2008) recomienda seguir los siguientes pasos:

1. Especificar los objetivos de enseñanza.
2. Decidir el tamaño del grupo de trabajo.
3. Preparar o condicionar el aula.
4. Planear los materiales de enseñanza.
5. Asignar los roles para asegurar la interdependencia.
6. Explicar las tareas académicas.
7. Estructurar la meta grupal de interdependencia positiva.
8. Estructurar la valoración individual.
9. Estructurar la cooperación intergrupo.
10. Explicar los criterios del éxito.
11. Especificar las conductas deseadas.
12. Monitorear la conducta de los estudiantes.
13. Proporcionar asistencia con relación a la tarea.
14. Intervenir para enseñar con relación a la tarea.
15. Proporcionar un cierre a la lección.
16. Evaluar la calidad y cantidad de aprendizaje de los alumnos.
17. Valorar el funcionamiento del grupo.

Tomando como referencia los pasos señalados, en la Tabla 17 se describen brevemente cada uno de ellos según la interpretación del autor y de acuerdo al orden que se mencionan. El orden cronológico para llevar a cabo estos pasos es muy importante, debe estar en el mismo marco estructural señalado en la Figura 2, es decir, debe existir plena afinidad con el modelo de tal manera de poder llevar su ejecución en el orden establecido según el cronograma de actividades.

Tabla 17 Pasos sugeridos por Medina (2008) para ejecutar los procesos de Enseñanza-Aprendizaje.

Paso	Descripción
1	<p>Los objetivos planteados son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Realizar actividades prácticas donde se involucre la transferencia de calor en superficies extendidas. - Comprender el significado de una superficie extendida y sus aplicaciones. - Describir el mecanismo de transferencia de calor en una superficie extendida. - Deducir una ecuación matemática que permita encontrar la distribución de temperatura en una superficie extendida. - Resolver ejemplos numéricos utilizando Mathcad como herramienta de cálculo para conocer la aplicabilidad de la ecuación anterior. - Realizar una visita industrial e identificar procesos fundamentados en la transferencia de calor. - Comprender y aplicar el concepto de eficiencia de una superficie extendida.
2	<p>El tamaño del grupo estará constituido por los 45 alumnos integrantes de la sección 02 de la unidad curricular Transferencia de Calor.</p>
3	<p>La preparación del aula consistirá en acondicionar dos ambientes de trabajo: Primeramente se preparará un aula donde el alumno disponga de computadores con Mathcad como herramienta de cálculo y otros recursos como pizarrón acrílico y Video Beam. En segundo lugar se preparará un aula donde el alumno pueda realizar las actividades prácticas mencionadas en el paso 1.</p>
4	<p>La planeación de los materiales de enseñanza consistirá: En primer lugar, elaborar un material didáctico de apoyo conceptual; en segundo lugar, desarrollar un conjunto de problemas con aplicaciones de transferencia de calor en superficies extendidas resueltos en Mathcad y ponerlos a disposición del estudiante para su análisis y discusión en grupo; en tercer lugar, diseñar y construir las unidades didácticas UDH, UDA y UDT.</p>
5	<p>En la asignación de los roles para asegurar la interdependencia el docente debe instruir al alumno señalándoles los objetivos y los recursos e involucrándolo en la participación tanto individual como en grupo. En cada etapa se debe resaltar la importancia de su participación y la evaluación correspondiente.</p>
6	<p>Las tareas académicas estarán integradas por el desarrollo de cada una de las tres fases del modelo pedagógico, donde se resaltan acciones grupales e individuales. Por otro lado, la formación protagónica en aspectos teóricos y prácticos.</p>
7	<p>Para estructurar la meta grupal de interdependencia positiva se considerarán dos aspectos: las actividades individuales y, de grupos. En cada caso el alumno conocerá las metas y asignaciones de tal manera de incentivar la participación.</p>
8	<p>La valoración individual debe tener como referencia la importancia de la temática en la industria, donde el alumno destaque la importancia de su aprendizaje y desempeño.</p>
9	<p>La secuencia para realizar algunas actividades en forma grupal es fundamental para la comprensión de los hallazgos, ya que la posibilidad de manejar diversos parámetros según la instrucción del profesor o la libertad propia del alumno en el manejo de las unidades didácticas, permitirá encontrar situaciones diversas, cada una con una explicación e interpretación particular.</p>

Tabla 17 (cont.)

10	En cuanto a los criterios del éxito, el autor interpreta que el alumno debe aceptar ciertas condiciones o reglas que le permitan, según su experiencia, actuar bajo una guía de procedimientos que permita el buen desarrollo de las actividades. En este caso es difícil tener un marco definido, sin embargo hay que tener ciertas referencias en base a los objetivos establecidos. En este caso se consideraran los siguientes criterios: a) Participar plenamente en las actividades programadas, interactuando con preguntas y respuestas, b) Fundamentarse en el material didáctico facilitado por el profesor, c) Asistir a las tutorías para resolver problemas y formar grupos de trabajo, fomentando la discusión en el Planteamiento del problema, la Solución puntual, la Parametrización y el Análisis de resultados. En este caso el docente debe valorar la participación del alumno para promover la motivación.
11	Especificar las conductas deseadas es una actividad imperiosa, el docente debe motivar y fomentar la responsabilidad, no de manera obligatoria, sino en el valor fundamental de la formación del alumno como sujeto central en actividades de trabajo.
12	El monitoreo de la actuación del alumno debe ser una prioridad en todo momento, de tal manera de atender sus planteamientos, conocer sus inquietudes, e incluso, proponer nuevas estrategias que puedan retroalimentar las acciones programadas.
13	La asistencia en las actividades grupales se fundamentará en la atención programada de acuerdo a las actividades y a la estructura misma del modelo pedagógico.
14	La intervención del docente para enseñar tal y como se ha señalado, es una prioridad en la Nueva Escuela.
15	El proporcionar un cierre a la lección estará definido con el planteamiento inicial de los objetivos, en este caso el alumno debe saber el contenido y los recursos.
16	La evaluación de la calidad y cantidad de aprendizaje de los alumnos constituye uno de los grandes objetivos de la investigación, y es precisamente evaluar el efecto del modelo pedagógico sobre el aprendizaje y desempeño del alumno.
17	Valorar el funcionamiento del grupo. Esta tarea es fundamental para implementar acciones correctivas para futuras acciones.

Fuente: Elaboración Propia.

Pérez (2006) al referirse a la implantación e implementación del programa como plan de acción para consolidar ciertas metas tal es el caso del Modelo Pedagógico, resalta la importancia de tomar en cuenta la satisfacción de los participantes, al respecto cita:

Y, sin lugar a dudas, un criterio que debe ser tomado en consideración por ser un indicador de gran relieve sobre la corrección del proceso de aplicación del programa es el de la *satisfacción* directa o manifestada por las diferentes partes

afectadas, desde el personal responsable y aplicador del programa y sus destinatarios hasta aquellos a los que les afecta de modo directo. (p. 90).

De acuerdo a la postura del autor, y según los factores problemáticos señalados en el Capítulo I, el Modelo Pedagógico es una propuesta metodológica con la finalidad de mejorar el aprendizaje del alumno y su desempeño según los tres niveles señalados: *Impulso Motivacional*, *Epistemología Conceptual* y *Desarrollo Práctico*.

Tomando como referencia lo señalado por Pérez (2006) esta estructura de alguna manera toma en cuenta los participantes, alumnos y profesor. La satisfacción manifestada por las partes afectadas se develará al final de la implementación del modelo, según la evaluación y los resultados hallados.

Para estructura la aplicación del Modelo Pedagógico se tomó en cuenta estos tres niveles y la opinión de De Zubiría (2006), quien resalta la armonía que debe existir entre los distintos factores intervinientes en el modelo. Al referirse al efecto de las construcciones previas sobre el aprendizaje significativo, manifiesta la importancia de que los nuevos conocimientos deben estar vinculados de una manera clara y estable con los conocimientos previos de los cuales dispone el alumno. En este caso, se debe presentar al alumno un contenido sin una versión final, es decir, el contenido debe ser descubierto e integrado antes de ser asimilado, palabras de De Zubiría (2006).

Para consolidar esta postura deben coexistir tres condiciones: En primer lugar, debe permitirse que el contenido del aprendizaje se aprenda significativamente en un orden cronológico; en segundo lugar, el alumno debe poseer conceptos formados previamente y poder relacionarlos con los conocimientos nuevos; y en tercer lugar, se requiere una actitud positiva hacia el aprendizaje.

Tomando las opiniones de Medina (2008), Pérez (2006) y De Zubiría (2006) para la implementación del Modelo Pedagógico, según las actividades

planificadas, se han proyectado ocho fases, ejecutadas en orden cronológico tal y como se muestra en la Tabla 18.

En principio se inicia con la Fase 1, donde el alumno recibe una introducción de las actividades a desarrollar. Seguidamente en la Fase 2, se hace una evaluación diagnóstica al alumno con la finalidad de conocer el nivel de conocimientos previos a la introducción de la temática señalada. De acuerdo a los resultados, el docente investigador podrá planificar con los estudiantes participantes ajustes de nivelación. Luego en las Fases 3, 4 y 5 se implementan los dos primeros niveles señalados en el Modelo Pedagógico. Obsérvese como se inicia en la Fase 3 con el nivel Impulso Motivacional, se continúa en la Fase 4 el nivel Epistemología Conceptual y se continúa nuevamente con el nivel Impulso Motivacional en la Fase 5.

De acuerdo las sugerencias de De Zubiría (2006) esta secuencia, según la interpretación del autor, permite que los nuevos conocimientos estén vinculados de una manera clara y estable con los conocimientos previos de los cuales dispone el alumno.

Ya en la Fase 5 el estudiante está preparado con cierto nivel para poder establecer la prueba paralela durante la Fase 6. Esta prueba paralela estará en un nivel equivalente a la prueba posttest, Ruíz (2002); sin embargo la estructura de esta prueba permitirá evaluar los aspectos técnicos de la prueba misma, de tal manera de mejorar y corregir todas las deficiencias que se encuentren.

La Fase 7, es donde el alumno desarrollará el potencial necesario para poder enfrentar y proponer soluciones numéricas estructuradas a problemas relacionados con aplicaciones de la transferencia de calor en superficies extendidas.

Finalmente en la Fase 8, se realiza la evaluación posttest, que constituye la evaluación de los aspectos teórico y aspectos prácticos mediante pruebas objetivas de selección simple y de multi-ítems de base común respectivamente. Esta evaluación se realizará a la población de

estudiantes cursantes de la unidad curricular Transferencia de Calor y, los resultados serán la base para evaluar el Modelo Pedagógico. Terminada la Fase 8, culmina la aplicación del modelo, en adelante, corresponderá su evaluación y el análisis de resultados.

Tabla 18. Fases de la implementación del modelo pedagógico.

	Actividades		Descripción
Fase 1	Introducción	Explicación de la metodología	Situación problemática y Modelo Pedagógico.
		Propósito	Mejorar el aprendizaje y desempeño del alumno.
		Objetivos Temática: Transferencia de calor en superficies extendidas (TCSE)	Conocer la TCSE.
			Comprender el proceso de la TCSE
	Evaluación	Identificar los elementos que participan en la TCSE.	
Aplicar los conocimientos en la solución de problemas relacionados con la TCSE.			
Analizar sintetizar y evaluar los resultados logrados.			
		Participación del alumno (10%).	
		Aspectos teóricos (34%).	
		Aspectos prácticos (66%).	
Fase 2	Evaluación diagnóstico	Evaluación pretest	La prueba pretest permitirá evaluar los conocimientos previos del alumno al inicio de los niveles que estructuran el modelo. De ser necesario el docente investigador propondrá acciones de nivelación en común acuerdo con los alumnos.
Fase 3	Impulso Motivacional	Manejo de las unidades UDH y UDA	Desarrollo de actividades prácticas y evaluación parcial.
Fase 4	Epistemología Conceptual	Aspectos teóricos y su relación con las actividades desarrolladas en las unidades UDH y UDA. Inicialización del manejo de Mathcad en la solución de un ejemplo numérico.	Deducir una ecuación para predecir la distribución de temperatura en una superficie extendida y evaluar distintas condiciones de borde. Resolver un problema numérico para evaluar la aplicación del modelo y el cálculo del calor transferido. Conocer el manejo del concepto de eficiencia de una superficie extendida.

Tabla 18 (cont.)

Fase 5	Impulso Motivacional	Manejo de las unidades UDA y UDT. Realizar visita industrial	Desarrollo de actividades prácticas complementarias y evaluación parcial. Conocer la realidad de la industria y las implicaciones de la transferencia de calor en los procesos industriales.
Fase 6	Evaluación paralela	Evaluación prueba paralela	Esta permite evaluar aspectos técnicos, mejorar y corregir todas las deficiencias que se encuentren en la prueba.
Fase 7	Desarrollo Práctico	Resolver problemas relacionados con aplicaciones de la vida real. Complementar la solución de aspectos relacionados con las unidades UDA y UDT.	Plantear la solución a problemas con TCSE destacando el planteamiento del problema, la solución puntual, la parametrización de la solución y el análisis de resultados.
Fase 8	Evaluación	Evaluación posttest	Aspectos teóricos (34%) Aspectos prácticos (66%) Esta evaluación se realizará a la población de estudiantes cursantes de la unidad curricular Transferencia de Calor y los resultados serán la base para evaluar el modelo pedagógico.

Fuente: Elaboración Propia.

Aunque la información plasmada en la Tabla 18 es importante para evaluar el contenido del modelo fase por fase, es importante conocer el desarrollo de cada una de estas en el tiempo. Para ello se debe estructurar cada una de estas fases de acuerdo a las actividades por horas, según un cronograma de Gantt, y así poder establecer una matriz donde se ubican las actividades en orden cronológico según el tiempo programado para realizarlas. En la Tabla 19 se esquematiza el diagrama de Gantt y el orden cronológico de cada actividad.

Tal y cómo se observa, las ocho fases están planificadas en un período de 20 horas, actividades que se realizaron en un lapso de dos semanas. Cada una de ellas tuvo una continuidad según lo señalado en el diagrama,

tal y como lo sugiere De Zubiría (2006), permitiéndole al alumno enlazar el crecimiento de la exploración junto al aprendizaje en cada fase.

Tabla 19 Diagrama de Gantt, orden cronológico de cada fase.

Fases	Horas																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	█																			
2		█																		
3			█	█																
4					█	█	█	█	█	█										
5											█	█	█							
6														█						
7															█	█	█	█	█	
8																				█

Fuente: Elaboración Propia.

Implicaciones del modelo

Aspectos previos

Para establecer el plan de evaluación según el efecto del Modelo Pedagógico sobre el aprendizaje y desempeño del alumno, se tomaron como referencia los objetivos establecidos en el programa analítico de la unidad curricular Transferencia de Calor, las normas de evaluación de la UNET y las variables involucradas. En el programa analítico la temática considerada se ubica en la Unidad III, el Objetivo 6 y el Contenido 9. En la Tabla 20 se muestra el programa, los objetivos, actividades, contenidos, y otros aspectos.

Tabla 20 Unidad III del programa analítico de la unidad curricular Transferencia de Calor.

Asignatura	Transferencia de calor
Unidad III	Conducción de calor unidimensional en estado estable
Objetivo General	Aplicar la ecuación de difusión de calor para obtener las soluciones para la distribución de temperatura en geometrías planas, cilíndricas o esféricas, con y sin generación interna de energía térmica.
Objetivos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aplicar la ecuación de difusión de calor para obtener la solución para la distribución de temperatura en una pared plana, cilíndrica o esférica, sin generación. 2. Establecer la analogía entre el flujo de corriente eléctrica y el flujo de calor. 3. Analizar sistemas térmicos que implique la conducción de calor unidimensional a través de paredes simples o compuestas en serie y serie-paralelo. 4. Reconocer la existencia de resistencias térmicas de contacto. 5. Aplicar la ecuación de difusión de calor para obtener la solución para la distribución de temperatura en una geometría plana, cilíndrica y esférica, con generación. 6. Deducir y aplicar la ecuación general para superficies extendidas o aletas.
Actividades	<ol style="list-style-type: none"> 1. Clases expositivas teóricas y de resolución de ejercicios. 2. Dinámica de grupos para resolución de ejercicios y análisis de textos. 3. Prueba formativa.
Contenidos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Distribución de temperatura en una pared plana sin generación. 2. Analogía entre flujo de calor y flujo de corriente eléctrica. 3. Paredes en serie y en serie-paralelo. 4. Coeficiente global de transferencia de calor. 5. Resistencia térmica de contacto.

Tabla 20 (cont.)

Contenidos	6. Distribución de temperatura en sistemas radiales sin generación: paredes cilíndricas y esféricas. 7. Radio crítico de aislamiento para una tubería. 8. Distribución de temperatura en una geometría plana, cilíndrica o esférica, con generación. 9. Transferencia de calor en superficies extendidas: aletas de sección transversal uniforme y no uniforme. Efectividad y eficiencia de una aleta. Eficiencia global de una superficie con aletas.
Evaluación	Prueba escrita teórico-práctica.
Recursos	1. Pizarra acrílica. 2. Retroproyector. 3. Computador. 4. Video Beam
Bibliografía	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fundamentos de Transferencia de Calor. Frank P. Incropera y David P. Dewitt. Editorial Prentice Hall. ▪ Transferencia de Calor. Yunus A. Çengel. Editorial McGraw-Hill.

Fuente: Departamento de Ingeniería Mecánica de la UNET.

Plan de evaluación propuesto grupo experimental

Al consultar a Pérez (2006) sobre los criterios y referencias para evaluar un programa de formación como plan de acción para consolidar ciertas metas y poder dar respuesta a carencias o expectativas de un grupo de personas, tal es el caso de esta investigación, es menester analizarlo y valorarlo desde dos perspectivas: en primer como documento y su aplicación en el marco de los objetivos y, en segundo lugar hay que considerar los resultados en función a las carencias y necesidades que lo originaron.

Esta segunda postura será fundamental para la evaluación del Modelo Pedagógico tal y como se verá más adelante. Al referirse a la evaluación de los resultados según las necesidades, Pérez (2006) señala la importancia de considerar que tan útil y necesario es el programa y que interés y compromiso manifiestan las personas a las cuales va dirigido según su desenvolvimiento.

En la misma idea, al referirse a la evaluación de la enseñanza en su desarrollo y resultados, manifiesta que hay que tomar en cuenta la pluralidad de componentes y la participación de los sujetos dentro del clima del aula, es

decir, es preciso valorar la naturaleza del contexto donde se desarrolla el aprendizaje y la influencia de los instructivos sobre los estudiantes.

De acuerdo a la interpretación del autor, el plan de evaluación según la estructura del Modelo Pedagógico se organizará en tres fases, cada una relacionada con el ambiente de aula o el contexto donde se desarrolla el aprendizaje, tal y como lo menciona Rosales (2000); cada fase considerará un nivel de la estructura del modelo: *Impulso Motivacional, Epistemología Conceptual y Desarrollo Práctico*.

Las fases evaluativas propuestas para los distintos niveles son: Participación del alumno, Aspectos teóricos y Aspectos prácticos; en la Tabla 21 se describe cada una.

Tabla 21 Evaluación del Modelo Pedagógico según el desempeño del alumno durante la implementación metodológica.

	Fase	Descripción	Instrumento	Ponderación Porcentual
Evaluación	Participación del alumno	Esta fase involucra la evaluación del interés, el compromiso, la participación y el desempeño del estudiante en actividades prácticas desarrolladas en el nivel Impulso Motivacional, tal y como lo sugiere Pérez (2006) y Rosales (2000). En este caso particular se tomará en cuenta las actividades desarrolladas en las unidades UDH, UDA y UDT.	Elaborado por el docente. (Ruíz (2002))	10% (adicional)
Evaluación	Participación del alumno	Este aspecto considerará la asistencia y la participación del alumno en la visita industrial y su intervención durante las actividades que involucre el adiestramiento en el uso de Mathcad como herramienta de cálculo en la solución de problemas referentes a superficies extendidas.	Elaborado por el docente. (Ruíz (2002))	10% (adicional)

Tabal 21 (Cont.)

	Aspectos teóricos	En esta fase se evaluará parte de los conocimientos adquiridos por el alumno en los niveles Impulso Motivacional y Epistemología Conceptual. Para ello se apelará a pruebas de rendimiento académico bajo la estructura de prueba objetiva de selección simple. En este caso se tomará como referencia el dominio cognoscitivo y los objetivos según la taxonomía de Bloom.	Prueba objetiva de selección simple. Escandell (2014)	34%
	Aspectos prácticos	Esta fase tomará en cuenta el nivel Desarrollo Práctico, donde el alumno propone la solución a un problema relacionado con la transferencia de calor en superficies extendidas en una aplicación determinada. Para ello se considerará la estructura de la prueba objetiva de Multi-ítems de base común, Carratalá (2013). Al igual que el caso anterior, el dominio cognoscitivo será la referencia según los objetivos de la taxonomía de Bloom. En la estructura de la prueba se tomara en cuenta el planteamiento del problema, la solución puntual, la parametrización de la solución y análisis de resultados.	Prueba objetiva de Multi-ítem de base común. Carratalá (2013)	66%

Fuente: Elaboración Propia.

El instrumento para su evaluación y la asignación correspondiente según el peso establecido por el investigador, estuvieron apagados a las normas de evaluación de la UNET.

En la Tabla 22 se ubican cada indicador según el tipo de prueba establecido para la evaluación del aprendizaje y el desempeño del alumno de acuerdo a lo establecido en la parametrización de las variables.

Tabla 22 Diferentes pruebas según los indicadores para evaluar del aprendizaje y el desempeño del alumno.

Fase	Indicadores	Prueba
Participación del alumno	<ul style="list-style-type: none"> - Actividades unidades UDH, UDA y UDT. - Participación visita industrial. - Solución de problemas con Mathcad como herramienta de cálculo. 	Prueba elaborada por el docente. Ruíz (2002)
Aspectos teóricos	<ul style="list-style-type: none"> - Conocimiento de ecuaciones y términos involucrados. - Conocimientos teóricos y relación con ecuaciones - Comprensión e identificación de variables en problemas. 	Prueba objetiva de selección simple. Escandell (2014)
Aspectos prácticos	<ul style="list-style-type: none"> - Planteamiento de la solución a problemas. - Solución puntal. - Parametrización de la solución. - Interpretación de la solución y análisis de resultados. 	Prueba Multi-ítem de base común. Carratalá (2013)

Fuente: Compilación y elaboración Propia.

De acuerdo al diseño experimental seleccionado y al plan de evaluación propuesto, en esta investigación se consideraron tres pruebas adicionales a las indicadas en la Tabla 22, estas son:

- Prueba pretest (o diagnostico): esta evaluación tiene como propósito conocer el conocimiento previo que posee el alumno antes de recibir el tratamiento, Balluerka y Vergara (2002). Hay que recordar que el tratamiento incluye conocimientos que son totalmente novedosos para el alumno, sin embargo, es importante contar con una base de objetivos logrados según se mostró en el programa analítico, situación que se develará con esta prueba.

- Prueba paralela aspectos teóricos y prueba paralela aspectos prácticos: tal y cómo se verá más adelante, la preparación de la prueba postest necesitó la verificación de la confiabilidad de la prueba, para ello se consideró el método de confiabilidad de versiones equivalentes sugerido por Ruíz (2002); en este sentido la prueba equivalente de la prueba postest la constituye la prueba paralela.

En los Anexos A y B se muestran las pruebas pretest (o diagnóstico) y la prueba paralela respectivamente; de igual manera la prueba participación del alumno y la prueba postest se muestran en los Anexos C y D.

Tabla de especificaciones

En la opinión de varios autores, entre ellos Escandell (2014), Gronlund (2008) y Ruíz (2002), la *Tabla de especificaciones* de una prueba es un instrumento que representa el contenido a evaluar, donde se resalta la importancia relativa que tendrá cada tópico según la programación de aquello que realmente se quiere evaluar; para ello es fundamental tener en cuenta el dominio cognoscitivo junto las categorías establecidas en la taxonomía de Bloom y, poder así establecer los objetivos según los niveles de conocimiento, comprensión, aplicación, análisis, síntesis y evaluación.

Para el desarrollo de la tabla de especificaciones, se seguirá la metodología sugerida por los investigadores señalados, quienes esquematizan la estructura de la tabla en dos dimensiones; en este sentido se tomará como dimensiones el *Objetivo* y el *Contenido* referido a la temática transferencia de calor en superficies extendidas, pero proponiendo una subdivisión en sub-objetivos y sub-contenidos para poder así tener un mayor panorama de elementos evaluativos; en la Tabla 23 se muestra este planteamiento.

Tabla 23 Objetivos y contenidos derivados según el programa analítico referido a la transferencia de calor en superficies extendidas.

Objetivo según programa	Subdivisión objetivos
<p><i>Deducir y aplicar la ecuación general para superficies extendidas o aletas.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Conocer el concepto de una superficie extendida, la manera como se transfiere el calor en ella y sus aplicaciones. - Comprender y establecer una metodología para generar un modelo y poder predecir la distribución de temperatura en una superficie extendida e interpretar la utilidad de la ecuación para el cálculo del calor transferido. - Aplicar el modelo anterior en la solución de problemas de transferencia de calor en superficies extendidas bajo diferentes condiciones, cuando actúan como elementos captadores o disipadores de calor. - Analizar el efecto de algunos parámetros involucrados en la solución de problemas utilizando Mathcad como herramienta de cálculo. Complementar mediante un análisis de resultados.
Contenido según programa	Subdivisión contenidos
<p><i>Transferencia de calor en superficies extendidas: aletas de sección transversal uniforme y no uniforme. Efectividad y eficiencia de una aleta. Eficiencia global de una superficie con aletas.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Experiencias prácticas con unidades didácticas relacionadas con la transferencia de calor en superficies extendidas. - Transferencia de calor en superficies extendidas y sus aplicaciones. - Superficies extendidas de sección transversal uniforme y no uniforme. - Eficiencia de una superficie extendida de sección transversal no uniforme tal es el caso de aletas anulares. - Manejo de Mathcad como herramienta de cálculo.

Fuente: Compilación y elaboración Propia.

Esta información a juicio del autor, representa elementos del contexto de la transferencia de calor en superficies extendidas a tomar en cuenta para la evaluación, los cuales se ubicarán en las dimensiones establecidas por Bloom; para tener una referencia y poder ubicar los diferentes indicadores en cada dimensión, se considerará algunos lineamientos establecidos por Hermán (2014) incluidos en la Tabla 24.

Tabla 24. Niveles de complejidad de Bloom en la dimensión cognitiva de acuerdo a Hermán (2014).

Objetivo	Nivel
Conocimiento	Involucra el recuerdo y la retención de la información por parte del alumno mediante términos, conceptos básicos y respuestas. Palabras identificadoras: defina, identifique, describa, examine, etc.
Comprensión	Refleja el entendimiento de la información aprendida por el alumno. Puede demostrar hechos e ideas por medio de la organización, descripción y formulación de ideas. Palabras identificadoras: prediga, resume, interprete, contraste, etc.
Aplicación	Significa cómo utiliza el alumno la información enseñada lo nuevo aprendido. En este caso se hace uso de la información mediante métodos, conceptos. Palabras identificadoras: demuestre, complete, experimente, resuelva, etc.
Análisis	Representa el estudio de la información enseñada en sus partes constitutivas, analiza los elementos sus relaciones y principios de organización. Palabras identificadoras: seleccione, clasifique, analice, compare, etc.
Síntesis	El sujeto comprende, integra y combina las ideas para formar un todo original. Palabras identificadoras: diseñe, prepare, componga, desarrolle, etc.
Evaluación	Aquí la persona se centra y hace una valoración de su desempeño. Compara y discrimina ideas, elige bajo argumentos razonables. Palabras identificadoras: pruebe, mida, concluya, argumente, etc.

Fuente: Compilación y elaboración Propia.

Tal y como se indicó, en esta investigación se consideraron seis evaluaciones independientes (pretest, participación del alumno, paralela aspectos teóricos, paralela aspectos prácticos, posttest aspectos teóricos y posttest aspectos prácticos), cada prueba tiene asociado una tabla de especificaciones con las características señaladas anteriormente, según se muestra en los Anexos A, B, C y D.

Confiabilidad del instrumento

La confiabilidad de un instrumento puede calcularse correlacionando las puntuaciones logradas por los mismos sujetos en dos tiempos diferentes Moreno (2000); para ello se puede utilizar el mismo instrumento u otro con reactivos equivalentes.

Dentro de las formas utilizadas para calcular la confiabilidad de un instrumento, se optó por el formato que toma en cuenta la correlación entre las puntuaciones obtenidas al aplicar dos formas equivalentes del mismo instrumento a los mismos sujetos, llamado por Moreno (2000) *Confiabilidad de formas equivalentes* o *Confiabilidad de versiones equivalentes* por Ruíz (2002). Dada la característica de esta investigación se ha seleccionado este formato, en primer lugar para evitar la memorización de los reactivos por parte del alumno y, en segundo lugar poder evaluar el desempeño ante diferentes muestras de reactivos. Esta forma de evaluar la confiabilidad de un instrumento, según Moreno (2000) «...es la más rigurosa y la más exigente de que se dispone.» (p. 70).

Con relación a la homogeneidad de los instrumentos, Ruíz (2002) señala que ambos deben estar integrados por ítems que son representativos del contenido a evaluar, en cuanto a cantidad y dificultad. Por otro lado se tomó en cuenta la uniformidad, instrucciones, tiempo de ejecución, ilustraciones y formato de presentación.

Para estimar la confiabilidad se debe calcular un coeficiente (o índice) de confiabilidad con las puntuaciones correspondientes a cada sujeto en las dos series de medidas. Este índice de confiabilidad según Moreno (2000) se llama coeficiente de Pearson y está dado por la siguiente ecuación:

$$r = \frac{N \cdot \sum(X \cdot Y) - \sum X \cdot \sum Y}{\sqrt{[N \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2][N \cdot \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

De esta relación, cada término representa:

- r , coeficiente de correlación entre las dos administraciones de la prueba.
- N , número de sujetos.
- X , puntuación individual por sujeto de la primera evaluación.
- Y , puntuación individual por sujeto de la segunda evaluación.

Es importante resaltar que el coeficiente de Pearson es una prueba estadística ajustada plenamente al nivel de medición *de razón* utilizado en esta investigación. Mientras más cercano esté dicho coeficiente a la unidad, el instrumento es altamente confiable. Ruíz (2002) señala una escala para discriminar la confiabilidad del instrumento según el coeficiente de Pearson; en la Tabla 25 se muestra los distintos rangos y la jerarquía establecida.

Tabla 25 Rangos establecidos para el coeficiente de correlación de Pearson según su aceptación.

Rangos	Magnitud
0,81 a 1,00	Muy alta
0,61 a 0,80	Alta
0,41 a 0,60	Moderada
0,21 a 0,40	Baja
0,01 a 0,20	Muy baja

Fuente: Ruíz (2002) (p. 70).

De acuerdo a este criterio, Ruíz (2002) señala que un coeficiente aceptable debe estar por encima de 0,80, sin embargo para pruebas de rendimiento académico se puede aceptar coeficientes entre 0,61 a 0,80. Otros autores como Hernández, Fernández y Batista (2010) manifiestan que no hay una regla que indique el valor que debe tener el coeficiente para garantizar cierta fiabilidad del instrumento, sin embargo en términos más o menos generales señalan: «...si obtengo 0.25 en la correlación o coeficiente, esto indica baja confiabilidad; si el resultado es 0.50, la fiabilidad es mediana o regular. En cambio, si supera el 0.75 es aceptable, y si es mayor a 0.90 es elevada, para tomar muy en cuenta.» (p. 302).

Los instrumentos involucrados en la confiabilidad son la prueba paralela y la prueba postest, en ambos casos se tomó en cuenta los aspectos teóricos y los aspectos prácticos bajo una estructura equivalente tal y como se exige en cuanto a forma, número de ítems, dificultad y tiempo.

Para complementar la estimación de la confiabilidad dado por el análisis de versiones equivalentes se utilizó la evaluación de la consistencia interna sugerida por Ruíz (2002). Ya en este caso no se correlacionan dos pruebas, sino que el objetivo es evaluar la correlación de los ítems de una prueba entre sí, para ello se utilizó el método de *dos mitades* mediante el coeficiente de Spearman-Brown. Para ello se dividieron la ponderación de los ítems en dos mitades, la mitad superior y la mitad inferior, ordenadas de mayor a menor.

El coeficiente de Spearman-Brown, según Hogan (2015) corrige la correlación entre las dos mitades y así, poder obtener la correlación de la prueba entera; la fórmula es la siguiente:

$$r_c = \frac{2 \cdot r_m}{1 + r_m}$$

De esta relación, cada término representa:

- r_c , coeficiente de confiabilidad corregida de toda la prueba.
- r_m , correlación entre las dos mitades de la prueba.

Para discriminar el nivel de consistencia interna y el valor del coeficiente dado por la fórmula anterior, se utilizaron los mismos valores especificados en la Tabla 25 señalada por Ruíz (2002).

Validez del instrumento

Ya en el Capítulo III se mencionó la validez del instrumento, en este caso se resaltan los tipos de validez de acuerdo a la postura de varios autores; Morles, Muños y Valbuena (1977) señalan que la validez está relacionada con el grado en que un instrumento sirve para el propósito que se pretende utilizar, es decir, que el instrumento mida lo que se necesita

medir. Dentro del concepto de validez se encuentran tres tipos: validez de contenido, validez de constructo y validez predictiva, Ruíz (2002). Cada tipo de validez tendrá el valor asociado al contexto tal y como lo señala Salkind (1997): «...la validez de un instrumento a menudo se define dentro del contexto de cómo se está usando la prueba.» (p. 125).

Al revisar las opiniones de diversos autores, se encuentra que cada validez tiene sus implicaciones; la validez predictiva permite saber que tan bien una prueba predice el desempeño a futuro de las personas participantes en la evaluación, Salkind (1997); la validez de constructo está asociada a la medición de rasgos, actitudes, satisfacción, valoración, inteligencia, entre otros, aspectos que deben estar estructurados bajo una conceptualización en base a una teoría, Ruíz (2002); y la validez de contenido intenta determinar hasta dónde los ítems de un instrumento representan el contexto a evaluar, Stracuzzi y Pestana (2010).

Tomando en cuenta lo anterior, en esta investigación se tomará en cuenta la validez de contenido, enfocando la atención al contexto propiamente de la transferencia de calor en superficies extendidas según el programa analítico de la unidad curricular Transferencia de Calor.

Validez de contenido

En opinión de Morles (el al.) (1977) este tipo de validez «...es el que fundamentalmente se exige de los instrumentos de evaluación del aprovechamiento escolar; por ello este es el tipo de validez que mejor debe conocer el docente.» (p. 40). Por otro lado Stracuzzi y Pestana (2010) señalan que la validez de contenido intenta determinar el grado de representatividad que tienen los ítems sobre un determinado contenido, es decir, hasta donde los ítems incluidos en el instrumento representan el dominio de lo que se desea y se debe evaluar.

En opinión de Ruíz (2002) para determinar este tipo de validez se utiliza un procedimiento llamado —juicio de expertos—, quienes revisan el contenido, la relación y la pertinencia de cada ítems en la prueba, de tal manera de hacer las recomendaciones necesarias y poder realizar las correcciones oportunas. A continuación se describen los pasos necesarios para este procedimiento:

1. Se seleccionan tres jueces o expertos que tengan la capacidad de juzgar el contenido del instrumento, fundamentalmente los ítems y cualquier otra información; los aspectos a tomar en cuenta son: congruencia (pertinencia), claridad (redacción) y tendenciosidad (adecuación).
2. Cada juez debe recibir la información por escrito, ésta debe incluir: el propósito de la prueba, objetivos generales (contenido), el instrumento a revisar y la tabla de especificaciones. Luego se entrega una matriz donde se discrimina según los criterios establecidos.
3. Revisado el material, se procesa la información: Los ítems con plena coincidencia favorable entre los jueces se aprueban, donde hay mediana coincidencia, se revisan y se someten a juicio nuevamente y, donde se observe coincidencia desfavorable se rechazan.

Para elaborar un cronograma organizado de la evaluación del instrumento por los expertos, se tomará como referencia el formato sugerido por Stracuzzi y Pestana (2010) tal y como se observa en el Anexo E.

Resultados validez de contenido de las pruebas

Los resultados consolidados en las distintas pruebas son la consecuencia de varias revisiones individuales entre el investigador y los evaluadores; cada juez realizó observaciones de forma, redacción e

ilustración. El Anexo F muestra la compilación de las evaluaciones de cada juez para las distintas pruebas según el formato señalado en el Anexo E.

Tal y como se observa, la evaluación de los diferentes ítems por cada juez en cada aspecto, fue calificado con la letra B, Bueno. Esta calificación manifiesta que los jueces evalúan las pruebas con un grado, en cuanto a contenido, igual o mayor al mínimo aceptable, según criterio de Stracuzzi y Pestana (2010).

Resultados confiabilidad de la prueba postest

Prueba paralela y prueba postest

En la Tabla 26 se muestra los resultados de la prueba paralela y la prueba postest de un subgrupo de 19 alumnos que forman parte del grupo experimental; estas evaluaciones tienen una base sobre 100 puntos. Dada la imposibilidad de realizar evaluaciones adicionales a las programadas en el plan de evaluación con cierta libertad, este grupo de alumnos asistió de manera voluntaria a la prueba.

Tabla 26 Resultados de la prueba paralela y prueba postest para el grupo experimental.

Alumnos	Puntaje prueba paralela		Alumnos	Puntaje prueba postest	
	Teoría	Práctica		Teoría	Práctica
1	90	65	1	80	45
2	85	10	2	85	18
3	85	10	3	85	40
4	80	45	4	80	70
5	80	65	5	75	95
6	75	15	6	50	70
7	75	25	7	75	60
8	75	55	8	75	90
9	70	0	9	45	0
10	70	65	10	65	100
11	70	15	11	70	95
12	65	55	12	65	85
13	65	10	13	60	40
14	60	15	14	60	15
15	60	10	15	65	20
16	50	15	16	55	15
17	50	35	17	50	95
18	40	10	18	55	20
19	35	15	19	25	20

Fuente: Elaboración Propia.

Los datos se han ordenado de mayor a menor tomando como referencia la prueba paralela de aspectos teóricos. En la Tabla 27 se identifica con las letras X y Y las puntuaciones individuales por sujeto en la primera y segunda evaluación respectivamente, para tener una correspondencia con la ecuación de Pearson.

Tabla 27 Resultados de la prueba paralela y prueba postest ordenados de acuerdo a los puntajes de la prueba paralela.

Puntaje prueba paralela		Puntaje prueba postest	
X	Y	X	Y
90	35	80	45
85	10	85	18
85	10	85	40
80	45	80	70
80	65	75	95
75	15	50	70
75	25	75	60
75	55	75	90
70	0	45	0
70	65	65	100
70	20	70	95
65	55	65	85
65	10	60	40
60	15	60	15
60	10	65	20
50	15	55	15
50	35	50	95
40	10	55	20
35	15	25	20

Fuente: Elaboración Propia.

Tal y como se ha señalado, la confiabilidad de la prueba se determinará con el coeficiente de Pearson de acuerdo a lo sugerido por Moreno (2000):

$$r = \frac{N \cdot \sum(X \cdot Y) - \sum X \cdot \sum Y}{\sqrt{[N \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2][N \cdot \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

Utilizando Excel como herramienta de cálculo, al correlacionar los puntajes de la prueba paralela (valores X) y los puntajes de la prueba posttest (valores Y) individualmente tanto para los aspectos teóricos como para los prácticos, se obtuvieron los siguientes resultados:

Coeficiente de Pearson	
Aspectos teóricos	Aspectos prácticos
0,81	0,81

Tal y como se observa el coeficiente de Pearson resultó ser igual para ambas pruebas. De acuerdo a lo establecido por Ruíz (2002), el coeficiente de Pearson calculado para la prueba aspectos teóricos y aspectos prácticos califica en el intervalo 0,81 a 1,00, lo cual implica que tienen una confiabilidad Muy alta.

Consistencia interna de la prueba posttest

Según el listado oficial emitido por la Unidad de Control de Estudios de la UNET (ver Anexo G), el número de alumnos inscritos en la sección 02 de la unidad curricular Transferencia de Calor es 45, sin embargo cinco de estos alumnos no asistieron a ninguna de las actividades realizadas. Por otro lado, para el día de la prueba sólo se presentaron 38 alumnos.

En la Tabla 28 se muestran los resultados de la prueba posttest ordenados de mayor a menor de acuerdo a los resultados en la prueba aspectos teóricos; en este caso se identifican las respuestas correctas e

incorrectas de cada uno de los ítems que la conforman según el formato señalado por Ruíz (2002).

Tabla 28 Resultados por ítems de la prueba postest para los aspectos teóricos y aspectos prácticos.

Sujeto s	Ítems aspectos teóricos (1 a 14)														Ítems aspectos prácticos (15 a 22)								Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	√	x	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	x	20	
2	√	x	√	√	x	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	x	x	x	x	X	x	14
3	√	x	√	√	√	√	√	√	x	√	√	√	√	√	√	√	√	x	x	X	x	16	
4	√	x	√	√	√	√	√	x	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	20	
5	√	x	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	x	√	√	√	√	x	x	X	x	16
6	√	x	√	√	x	√	√	√	√	√	x	√	√	√	√	√	√	√	x	√	√	√	18
7	√	x	√	√	√	√	√	x	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	x	19
8	√	x	√	√	√	√	x	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	x	X	√	18
9	√	x	√	√	x	√	√	√	√	√	x	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	18
10	√	√	√	√	x	√	x	√	√	√	x	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	19
11	√	x	√	√	√	√	√	√	x	√	x	√	√	√	√	√	√	√	x	x	X	x	15
12	√	√	√	√	√	√	x	x	x	x	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	18
13	√	x	√	√	x	√	x	√	√	x	x	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	17
14	√	x	√	√	√	√	x	x	√	x	x	√	√	√	√	√	√	√	√	√	X	x	15
15	√	√	√	√	√	√	x	x	x	√	x	√	√	√	√	√	√	√	x	x	X	x	14
16	√	x	√	√	√	√	x	x	x	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	x	17
17	√	x	√	√	x	√	x	√	x	x	√	√	√	√	√	√	√	√	√	x	√	x	15
18	√	√	√	√	x	√	x	√	√	x	x	√	√	√	√	√	√	√	x	√	√	x	16
19	√	x	√	√	x	√	x	√	x	x	x	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	x	15
20	√	x	√	√	√	√	x	√	√	x	x	x	√	√	√	√	√	√	x	√	X	x	14
21	√	x	√	√	√	√	√	x	x	x	x	√	√	√	√	√	√	√	x	√	√	x	15
22	√	√	x	√	√	√	x	√	x	x	x	√	√	√	√	√	√	√	x	√	X	x	14
23	√	√	√	√	√	√	√	√	√	x	x	x	x	√	√	√	√	√	x	x	X	x	14
24	√	x	√	√	√	√	√	√	√	x	x	x	x	√	√	√	√	√	√	x	X	x	14
25	√	x	√	√	x	√	x	√	√	√	x	x	√	√	√	√	√	√	x	√	√	x	15
26	√	x	√	√	x	√	√	√	x	x	x	x	√	√	√	√	√	√	√	x	√	√	15
27	√	x	√	√	x	√	x	√	x	√	x	x	√	√	√	√	√	√	√	x	√	√	15
28	√	x	x	√	x	√	√	√	√	x	x	x	√	x	√	√	√	√	√	√	√	x	14
29	√	x	√	x	x	√	x	x	√	√	x	x	x	√	√	√	√	√	√	√	√	√	14
30	√	x	x	√	x	x	x	√	x	√	√	√	√	x	√	√	√	x	x	x	X	x	10
31	√	x	√	√	√	√	√	x	x	√	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	X	x	7
32	√	x	√	√	x	√	√	√	x	x	x	x	x	√	√	√	√	√	x	√	X	x	12
33	√	x	√	√	√	√	x	x	x	x	x	x	x	√	√	√	√	√	x	x	X	x	10
34	√	x	x	x	x	x	x	x	√	x	√	x	x	√	√	√	√	√	x	√	√	x	10
35	√	x	√	√	x	√	x	√	x	x	x	x	x	√	√	√	√	√	x	x	√	x	11
36	√	√	x	x	x	x	x	x	x	√	x	√	x	x	√	√	x	√	x	x	√	x	8
37	√	x	x	√	√	√	√	√	x	x	x	x	x	√	√	√	√	√	x	x	X	x	9
38	√	x	√	x	√	x	x	x	x	x	x	x	x	√	√	√	√	√	x	X	x	8	

Fuente formato: Ruíz (2002).

Para distinguir las respuestas correctas en la tabla anterior se ha utilizado el símbolo \surd , mientras que las respuestas incorrectas se identifican con x. En la columna de la derecha identificada con la leyenda —Total—, se registran el número de aciertos por ítems de cada sujeto.

En la Tabla 29 se han ponderado el valor de cada ítems para las prueba aspectos teóricos y la prueba aspectos prácticos, en este caso se han clasificado los datos en dos mitades, la superior y la inferior para cada caso.

Tabla 29 Clasificación de los resultados de la prueba posttest en dos mitades, superior e inferior.

Sujetos	Prueba aspectos Teóricos		Prueba aspectos Prácticos	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior
1	95	60	100	60
2	90	60	100	60
3	85	55	100	55
4	85	55	95	50
5	85	55	95	45
6	80	50	95	45
7	80	50	90	40
8	75	50	90	40
9	75	45	90	40
10	75	45	90	32
11	70	45	90	32
12	70	40	85	20
13	70	40	85	20
14	65	40	80	20
15	65	35	70	20
16	65	35	70	18
17	60	30	70	12
18	60	25	70	10
19	60	15	67	5

Fuente: formato Ruíz (2002).

Al correlacionar las dos mitades de datos de cada prueba se encuentran los respectivos coeficientes de Pearson, lo cual permite encontrar

el coeficiente de Spearman-Brown y, así poder evaluar la confiabilidad de consistencia interna de cada una de las pruebas. En la Tabla 30 se muestra los coeficientes de Pearson y Spearman-Brown para las pruebas aspectos teóricos y aspectos prácticos calculados según Moreno (2000) y Hogan (2015).

Tabla 30 Coeficientes de Pearson y Spearman-Brown para las pruebas aspectos teóricos y aspectos prácticos según el método de dos mitades.

Coeficiente	Prueba aspectos Teóricos	Prueba aspectos Prácticos
Pearson	0,93	0,94
Spearman-Brown	0,96	0,97

Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo a lo establecido por Ruíz (2002), el coeficiente de confiabilidad de consistencia interna hallado en cada una de las pruebas califica en el intervalo de 0,81 a 1,00, lo que implica que las pruebas tienen una confiabilidad de consistencia interna Muy alta. En este caso el coeficiente Pearson para cada prueba satisface la condición requerida para lograr una consistencia interna Muy alta, sin embargo, es el coeficiente de Spearman-Brown quien determina la confiabilidad para este caso tal y como lo resalta Hogan (2015).

Procesamiento estadístico de los resultados

Verificada la confiabilidad y validez de la prueba posttest, se procede a organizar los diferentes datos según las exigencias, de tal manera de poder hacer un análisis de manera ordenada y sistemática. Para llevar a cabo este

procesamiento estadístico, se tomó como referencia la estructura presentada por Morles (el al.) (1977) tal y cómo se señala a continuación:

Paso	Procesamiento estadístico de los resultados de las pruebas	
1	Presentación de resultados.	<ul style="list-style-type: none"> - Organización de los datos. - Elaboración de tablas. - Representación gráfica.
2	Medidas de tendencia central.	<ul style="list-style-type: none"> - Media aritmética. - Mediana.
3	Medidas de variabilidad.	<ul style="list-style-type: none"> - Amplitud total. - Desviación típica.
4	Grado de dificultad general de la prueba.	
5	Análisis de ítems.	

Presentación de los resultados

Con el propósito de interpretar adecuadamente los datos obtenidos, Nieves y Domínguez (2010) hacen referencia al manejo de la estadística descriptiva y la estadística inductiva o inferencial; la estadística descriptiva permite generar tablas y gráficas de tal manera de poder describir la situación de origen de los datos, por otro lado, focaliza la atención sobre ciertos parámetros de medida de tendencia central y variabilidad; por su parte, la estadística inductiva o inferencia utiliza los datos organizados para proveer conclusiones detectando las interrelaciones que puede existir entre ellos y las hipótesis.

Estadística descriptiva

Procesamiento estadístico de los resultados

Expertos en el manejo de pruebas de rendimiento escolar como Morles (el al.) (1977) se fundamentan en la estadística descriptiva para organizar los datos o las puntuaciones obtenidas por los alumnos (llamado puntaje directo o bruto) y poder hacer interpretaciones más objetivas de los mismos. En este sentido se estableció el siguiente orden para el procesamiento estadístico de los resultados en base a la estadística descriptiva: presentación de resultados, organización de los datos, cálculo de medidas de tendencia central y variabilidad y análisis de resultados.

Presentación de los resultados

Características del grupo control y experimental

Tal y como se indicó anteriormente, el grupo control y experimental están integrados respectivamente por los alumnos de las secciones 01 y 02 de la unidad curricular Transferencia de Calor; según el listado oficial emitido por la Unidad de Control de Estudios de la UNET, la sección 01 tiene 28 integrantes y la sección 02 consta de 45 alumnos (Ver Anexo G).

En ambas secciones se encuentran alumnos de diversas características en cuanto a sexo, edad, condición social, índice académico, repitencia, entre otras, sin embargo en esta investigación sólo se resaltarán los aspectos relacionados con índice académico (o índice acumulado) y la repitencia de cada grupo como elemento indicador.

En la Tabla 31 se muestra esta información. Estos datos se han ordenado de mayor a menor teniendo como referencia el índice acumulado de cada alumno.

Tabla 31 Características de los grupos de control y experimental en cuanto a índice académico y repitencia.

N°	Sección 01		N°	Sección 02	
	Índice Acumulado/9	Número de veces cursada		Índice Acumulado/9	Número de veces cursada
1	8.06	0	1	8.00	0
2	7.61	0	2	7.87	0
3	7.33	0	3	7.16	0
4	6.83	0	4	7.13	0
5	6.75	0	5	7.04	0
6	6.36	1	6	6.98	0
7	6.29	0	7	6.95	0
8	6.26	0	8	6.90	0
9	6.19	1	9	6.79	0
10	5.94	0	10	6.56	0
11	5.92	0	11	6.52	0
12	5.78	2	12	6.50	0
13	5.70	0	13	6.49	0
14	5.56	2	14	6.41	0
15	5.53	0	15	6.30	0
16	5.43	0	16	6.13	0
17	5.38	0	17	6.12	0
18	5.37	0	18	6.07	0
19	5.36	0	19	6.05	1
20	5.35	2	20	6.04	0
21	5.33	1	21	6.02	0
22	5.28	0	22	6.00	2
23	5.24	10	23	5.99	1
24	5.22	0	24	5.90	0
25	5.21	0	25	5.83	1

Tabla 31 (Cont.)

26	5.17	2	26	5.76	1
27	5.16	0	27	5.71	0
28	5.16	0	28	5.63	0
-	-	-	29	5.63	1
-	-	-	30	5.58	2
-	-	-	31	5.57	1
-	-	-	32	5.56	1
-	-	-	33	5.46	0
-	-	-	34	5.45	2
-	-	-	35	5.44	0
-	-	-	36	5.42	1
-	-	-	37	5.42	1
-	-	-	38	5.29	1
-	-	-	39	5.29	1
-	-	-	40	5.28	2
-	-	-	41	5.28	16
-	-	-	42	5.27	0
-	-	-	43	5.27	1
-	-	-	44	5.26	1
-	-	-	45	5.21	7

Fuente: Unidad de Control de Estudios de la UNET.

Al analizar y procesar los datos señalados en la Tabla 31 con Excel como herramienta de cálculo se han determinado las medidas de tendencia central, de tal manera de ver y destacar las diferencias potenciales en forma grupal de ambos grupos.

En la Tabla 32 se muestran los diferentes estadísticos calculados, al igual como que se resalta los datos referentes a la repitencia del alumno en cada grupo, así como la ponderación porcentual de cada uno.

Tabla 32 Medidas de tendencia central y variabilidad sobre el índice acumulado de los alumnos que integran los grupos de control y experimental.

Grupo	Estadístico	Grupo control 28 sujetos	Grupo experimental 45 sujetos
Estadísticos	Media	5,88	6,06
	Moda	5,16	5,63
	Desviación estándar	0,798	0,717
	Varianza	0,636	0,514
	Rango	2,9	2,8
	Mínimo/Máximo	5,15/8,06	5,21/8,00
Repitencia	Total repitientes	8 (29%)	19 (42%)
	Repitientes más de una vez	5 (18%)	6 (13%)

Fuente: Elaboración Propia.

Análisis de resultados de las características del grupo control y experimental

- Tal y como se observa hay una diferencia apreciable en el número de integrantes de cada grupo, el grupo experimental lo integran 45 alumnos, mientras que en el grupo de control hay 28. Esta disparidad es una variable no controlable ya que los grupos se forman según la disponibilidad de horario de cada alumno y al orden de inscripción.
- La media del índice académico de los grupos es ligeramente diferente, el grupo experimental tiene un promedio de 6,06/9 (se lee 6,06 puntos de 9 puntos), mientras que el grupo de control tiene un índice de 5,88/9. Aunque esta diferencia no es muy grande, de alguna manera el grupo de experimental tiene estudiantes ligeramente aventajados en cuanto a rendimiento.
- La variación del índice en ambos grupos es muy parecida, sin embargo hay menos desviación en el grupo experimental respecto a lo que se observa en el grupo de control.

- Los valores extremos de los índices en ambos grupos son similares, en este caso el mayor y menor índice respectivamente está en el grupo de control.
- El número de repitientes en el grupo experimental es superior al encontrado en el grupo de control; el 42% de los alumnos del grupo experimental son repitientes, mientras que en el grupo de control está constituido por 29% de estudiantes repitientes. De este total de repitientes, en el grupo experimental hay un 13% que ha cursado la asignatura en más de una oportunidad, mientras que en el grupo de control el 18% de los alumnos ha cursado la asignatura más de una vez.

De acuerdo a la estadística descriptiva señalada en la Tabla 32 se observa que los grupos de control y experimental no son equivalentes, ya que hay ciertas diferencias entre los integrantes en cuanto a índice y repitencia. Sin embargo una variable importante a considerar, es el índice académico de los alumnos, y cómo se observó, no hay una diferencia considerable en este parámetro en forma grupal.

Prueba pretest (Diagnostico)

Una de las finalidades de la prueba pretest según Balluerka y Vergara (2002), es observar el nivel de conocimientos de los grupos experimental y control antes del tratamiento, de tal manera de destacar las posibles diferencias formativas de ambos grupos; de igual manera, esta característica permite estimar que tan equivalentes son los grupos antes del tratamiento en cuanto a rendimiento, Pérez, Galán y Quintanal (2012).

De acuerdo a la propuesta del diseño experimental y al objetivo del Modelo Pedagógico, la prueba pretest en esta investigación se limitará a conocer el nivel de conocimiento de los grupos experimental y control antes

del tratamiento, de tal manera de relacionar el nivel de comprensión con los resultados de la prueba postest en ambos grupos.

En la Tabla 33 se muestran los resultados de la prueba pretest de los grupos experimental y control ordenados de mayor a menor. Es importante aclarar que de acuerdo a las normas de evaluación de la UNET las evaluaciones se realizan en la escala de 0 a 100 puntos; de 0 a 44 puntos se reprueba, mientras que de 45 a 100 puntos se aprueba; por esta razón las evaluaciones señaladas estarán en base a 100 puntos.

Tabla 33 Resultados de la prueba pretest para los grupos experimental y control.

grupo experimental									
100	100	100	100	100	100	100	95	95	90
85	85	80	80	80	80	80	75	75	70
70	70	70	70	70	65	65	60	60	55
55	55	50	50	50	50	50	45	25	25
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-

grupo control									
100	95	95	80	75	75	70	65	65	60
60	55	50	50	45	35	25	25	25	20
10	10	10	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración Propia.

Previo al análisis de esta información, es importante aclarar que durante la realización de las actividades anteriores a la prueba, en el grupo experimental sólo participaron 41 alumnos, lo que implica un total de 41 datos. Por otro lado, el número de estudiantes del grupo de control que asistió a la prueba fue de 23, para un total de datos de 23.

En la Tabla 34 se hace una breve observación sobre las medidas de tendencia central y variabilidad de los resultados la prueba pretest para los grupos experimental y control, para ello se utilizó Excel como herramienta de cálculo.

Tabla 34 Medidas de tendencia central y variabilidad de las pruebas pretest para el grupo experimental y control.

Estadístico	Grupo experimental	Grupo control
Media	70,73	52,17
Mediana	70	55
Moda	100	25
Desviación estándar	21,81	28,20
Varianza	475,70	795,06
Rango	80	90
Mínimo/Máximo	20/100	10/100

Fuente: Elaboración Propia.

Análisis de resultados de la prueba pretest

A pesar de que los grupos experimental y de control no tienen una marcada diferencia que evidencia un aventajamiento de un grupo sobre el otro antes de la prueba, los resultados mostrados en la Tabla 34 reflejan que el grupo experimental obtuvo mejor rendimiento que el logrado por el grupo de control.

- En el grupo experimental sólo 3 alumnos reprobaron la prueba, lo cual representa un 7,3%, mientras que en el grupo de control hay 8 alumnos reprobados, lo que representa un 34,7%.
- El valor promedio de la calificación logrado por el grupo experimental es de 70,73/100 puntos, mientras que el promedio logrado por el grupo de control es de 52,17/100 puntos. Esto representa una diferencia considerable que supera los 18/100 puntos.
- El valor que más se repite en las evaluaciones en un grupo y el otro acentúa la diferencia, en el grupo experimental la moda es 100, mientras que en el grupo de control es 25. Este contraste indudablemente pone de manifiesto el mayor rendimiento de un grupo sobre el otro.

- Los valores extremos de las evaluaciones en ambos grupos no reflejan tanta diferencia, sin embargo el grupo de control tiene el valor mínimo de las evaluaciones.

De acuerdo a los resultados observados, el grupo experimental tiene un nivel de conocimiento mayor que el grupo de control, lo cual permite estimar la no equivalencia entre los grupos; esta evidencia es uno de los objetivos señalados por Pérez (et al.) (2012) que se persigue con la prueba diagnóstica.

La prueba pretest fue aplicada antes de la implementación del Modelo Pedagógico, sin embargo para el momento de la prueba el autor presume que el grupo experimental tiene mayor motivación y disposición que el grupo de control. Las razones que inducen esta apreciación son las siguientes:

- El contenido del curso transferencia de calor en la primera parte consta de cuatro temáticas, para simplificar, éstas se llamarán A, B, C y D. La materia referente a superficies extendidas corresponde a la temática C. Al inicio del curso (temática A), el autor por razones operativas —indujo actividades— que de alguna manera le permitieran retroalimentar la propuesta metodológica que se impartiría durante el desarrollo de la temática C, de tal manera de poder tantear la aceptación por parte de los estudiantes y hacer las correcciones necesarias para hacer más eficaz y eficiente la propuesta. La razón fundamental de esta iniciativa es poder detectar rápidamente cualquier sugerencia del contexto, ya que el tiempo disponible para desarrollar las temáticas A y B es escasamente de dos semanas.
- Las actividades desarrolladas estuvieron representadas por tres aspectos: el primer día de clase se realizó una experiencia introductoria cuya finalidad fue inducir al estudiante a la comprensión del porqué la Transferencia de Calor como asignatura del pensum de la carrera de ingeniería mecánica. Para ello se utilizó una unidad didáctica construida

y preparada para por el investigador, en donde el alumno observó los distintos modos de transferencia de calor durante la puesta en marcha y funcionamiento de una máquina de vapor. Como complemento a esta actividad, en los días venideros, se incluyó el manejo de Mathcad como herramienta de cálculo en la solución y análisis de problemas relacionados con la transferencia de calor y la utilización de equipos didácticos adicionales.

Para tantear el efecto de la experiencia introductoria sobre la percepción del alumno en la asignatura y su motivación, se realizó una consulta vía internet explicando el propósito y la importancia de la opinión del alumno sobre la misma, para ello se realizó la siguiente pregunta: ¿Cómo califica usted la actividad práctica realizada por el profesor al inicio de la clase desde el punto de vista didáctico y motivacional?

A esta pregunta los alumnos respondieron de manera voluntaria y por escrito, sin tener en cuenta una formalidad rigurosa en su presentación. En la Tabla 35 se muestran algunas respuestas transcritas textualmente que los alumnos emitieron a la pregunta realizada:

Tabla 35 Respuestas de algunos alumnos a la consulta realizada sobre la experiencia introductoria al inicio del curso desarrollada por el profesor.

N°	Respuesta
1	Me pareció una excelente manera de comenzar la clase, ya que se observó directamente cómo suceden algunos de los procesos de transferencia de calor de forma experimental. Esto me facilitó la comprensión del tema y en mí recomendación me gustaría que al inicio de cada tema sea demostrado de esa manera...
2	El experimento fue muy interesante y bueno ya que en una simple actividad de estas se dio la introducción de manera agradable de la materia y al entrar a ver la teoría se torna más sencillo entenderla; si se aplica en todas las materias se empieza con buen pie ya que el estudiante le crea mayor curiosidad.
3	La actividad realizada aclaró dudas sobre algunas inquietudes del contenido de la materia el cual se centró en los modos de transferencia de calor y su relación con la Termodinámica II. La actividad se puede calificar como excelente debido que la introducción práctica motivó y agilizó el entendimiento de los conceptos básicos de la materia. Con aplicaciones reales se comprende mejor los objetivos de la asignatura tal cual como se dio en dicha clase.

Tabla 35 (Cont.)

4	La actividad realizada en mi opinión personal fue muy buena ya que aunque fue sencilla, nos fue útil para introducción a la materia y también para el desarrollo de algunos conceptos básicos durante esa primera clase. Espero que nos encontremos con más actividades de este tipo durante el desarrollo del curso, ya que esto hace que nos encontremos más motivados con el curso.
5	En cuanto a la metodología de bienvenida al curso me pareció muy buena e interesante, a pesar de ser un ejemplo simple, hace ver lo aplicativo y práctico de la asignatura, haciendo que provoque entrar a clase.
6	Desde el punto de vista personal, me parece de gran importancia lo observado en el laboratorio, en relación al tema introductorio de los modos de transferencia de calor, en primer lugar porque acrecienta el aprendizaje y no solo se limita en el campo teórico de la materia sino también a nivel laboral (...) y en segundo lugar porque sirve de motivación al alumnado para el posterior análisis y estudio de los mismos; en referencia a eso propongo que sería de gran interés la presentación de prototipos modelo o material didáctico en la explicación de cada tema.

Fuente: Elaboración Propia.

Indudablemente que estas respuestas indujeron la realización de otras actividades adicionales durante el desarrollo las temáticas A y B. De alguna manera estos resultados crearon confianza en el investigador durante la implementación de las clases, por su parte el alumno se sintió más comprometido con la signatura y de alguna manera fue atraído con la metodología tal y cómo lo han manifestado ellos mismos.

Esta plataforma posiblemente influyó a que el grupo experimental lograra mejores rendimientos en la prueba pretest que el grupo de control. Este análisis se complementará con los resultados logrados en la prueba posttest tal y como se observará más adelante.

Prueba posttest aspectos teóricos y aspectos prácticos

En esta parte se presentan y cotejan los resultados del grupo experimental y del grupo de control después del tratamiento aplicado durante la temática superficies extendidas. En la Tabla 36 y Tabla 37 se muestran los resultados por filas de la prueba posttest para el grupo experimental y el grupo control.

Tabla 36 Resultado de la prueba postest grupo experimental.

Datos aspectos teóricos									
95	90	85	85	85	80	80	75	75	75
70	70	70	65	65	65	60	60	60	60
60	55	55	55	50	50	50	45	45	45
40	40	40	35	35	30	25	15	-	-

Datos aspectos prácticos									
100	100	100	95	95	95	90	90	90	90
90	85	85	80	70	70	70	70	67	60
60	55	50	45	45	40	40	40	32	32
20	20	20	20	18	12	10	5	-	-

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 37 Resultado de la prueba postest grupo control.

Datos aspectos teóricos									
90	70	50	45	45	45	45	45	40	40
40	35	35	30	30	30	30	25	20	20
15	10	-	-	-	-	-	-	-	-

Datos aspectos prácticos									
100	50	25	25	20	20	20	20	20	15
15	15	15	15	15	15	15	10	10	10
10	1	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración Propia.

El análisis individual de los datos señalados en la Tabla 36 y Tabla 37 permitirá discriminar el efecto de la variable independiente (Modelo Pedagógico) sobre la variable dependiente (Aprendizaje y desempeño del alumno).

En la Tabla 38 se muestra las medidas de tendencia central y variabilidad (estadística descriptiva) de resultados señalados en las tablas anteriores. En este caso se ha el módulo Análisis de datos utilizado Excel cómo herramienta de cálculo.

Tabla 38 Medidas de tendencia central y variabilidad de las pruebas posttest aspectos teóricos y aspectos prácticos del grupo experimental y control.

	Estadístico	Grupo experimental	Grupo control
Aspectos teóricos	Media	58,95	37,95
	Mediana	60	37,5
	Moda	60	45
	Desviación estándar	19,07	17,63
	Varianza	363,73	311,09
	Rango	80	80
	Mínimo/Máximo	15/95	10/90
Aspectos prácticos	Media	59,37	20,95
	Mediana	63,5	15
	Moda	90	15
	Desviación estándar	30,49	19,87
	Varianza	929,59	394,81
	Rango	95	99
	Mínimo/Máximo	5/100	1/100

Fuente: Elaboración Propia.

Análisis de resultados prueba posttest

Prueba aspectos teóricos

Tal y como se observa en la Tabla 36 y la Tabla 37, no todos los alumnos asistieron a la prueba; en el grupo experimental el número de participantes rondó el 84% respecto al total de alumnos inscritos, mientras que en el grupo de control sólo asistió un 78% del total de los alumnos registrados. En tal sentido, el análisis de los resultados se hará en función al número de alumnos que presentaron la prueba.

En términos generales se hará un breve comentario de los resultados encontrados en la estadística descriptiva, sin embargo en el contraste de hipótesis se puntualizará sobre la postura de los mismos.

- En el grupo experimental se observa que el 78,94% de los alumnos aprobó la prueba, mientras que en el grupo de control sólo el 36,36% lo logró.
- El valor promedio de la calificación logrado por el grupo experimental es de 58,95/100 puntos, mientras que el promedio logrado por el grupo de control es de 37,95/100 puntos. Estos resultados muestran una diferencia de 21/100 puntos de un grupo sobre el otro, lo que representa un aventajamiento significativo del grupo experimental en la prueba.
- El valor que más se repite en la prueba en un grupo y el otro resalta la diferencia entre ambos, en el grupo experimental la moda es 60, mientras que en el grupo de control es 45.
- Los valores extremos de los resultados de la prueba, son muy similares en ambos grupos, sin embargo el rango encontrado representa un valor muy alto en cada caso.

De acuerdo a estos resultados, el grupo experimental logró un mayor aprendizaje y desempeño en la prueba de aspectos teóricos que los logrados por el grupo de control. (Este análisis se complementará más adelante)

Prueba aspectos prácticos

Al igual que en la prueba de aspectos teóricos, en la prueba de aspectos prácticos se hará un breve comentario de los resultados encontrados en la estadística descriptiva, resaltando que en el contraste de hipótesis se fortalecerán los resultados y su análisis.

- El número de aprobados en el grupo experimental está por el orden del 65%, mientras que en el grupo de control el número de aprobados ronda el 9%. Estos resultados muestran que ambos grupos tuvieron un mayor desempeño en los aspectos teóricos sobre los prácticos.

- El valor promedio de la calificación logrado por el grupo experimental es de 59,37/100 puntos, mientras que el promedio logrado por el grupo de control es de 20,95/100 puntos; esto representa una diferencia de más de 38/100 puntos. De acuerdo a estos resultados, el grupo experimental aventaja considerablemente al grupo de control sobre el desempeño en la prueba.
- La moda en el grupo experimental es 90, mientras que en el grupo de control contrariamente es 15. Esta diferencia ratifica el mejor desempeño del grupo experimental en la prueba.
- A igual que en la prueba de aspectos teórico, los valores extremos de los resultados en la prueba práctica, son muy similares en ambos grupos, sin embargo el rango encontrado sigue representando un valor no deseado en cada caso.

Según los resultados encontrados en ambas pruebas, el grupo experimental mostro mayor desempeño que el grupo de control, como resultado de un mayor aprendizaje. Según el análisis del investigador, esta diferencia está influenciada por la metodología enmarcada en el Modelo Pedagógico según su estructura basada en los tres niveles: Impulso Motivacional, Epistemología Conceptual y Desarrollo Práctico; este constructo está planteada en la hipótesis de la investigación tal y cómo se explicó en el Capítulo II. Indudablemente que estos resultados son satisfactorios, ya que de alguna manera muestran el aprovechamiento logrado por los alumnos en cada fase metodológica.

Aunque los resultados logrados en la prueba pretest de alguna manera mostraron una aceptación positiva por parte de los alumnos sobre las actividades prácticas realizadas, el investigador antes de realizar la prueba postest se planteó las siguientes preguntas: ¿Qué ocurre si los resultados de la prueba postest muestran que el grupo de control aventaja al grupo experimental? ¿Resultaría en vano la propuesta metodológica? Intentar

responder a estas preguntas sería posiblemente complicado, sin embargo esta posibilidad sería el peor escenario posible al que se pudiese llegar en la investigación.

Para dilucidar esta posibilidad se consideró hacer una nueva pregunta a los alumnos del grupo experimental antes de la prueba posttest, referida a la metodología impartida durante el tratamiento, de tal manera de tener otro punto de vista distinto a los resultados numéricos que se pudiesen encontrar en la prueba. En este sentido se envió a cada alumno vía internet la siguiente consulta:

A continuación se realizara una pregunta referente a la metodología implementada en la asignatura Transferencia de Calor en el tópico superficies extendidas. Esta consulta es netamente voluntaria, usted tiene plena libertad para responder. Su opinión y su respuesta es muy importante para consolidar mejoras en los procesos de enseñanza y aprendizaje en futuras oportunidades.

¿Qué opinión tiene usted sobre la metodología implementada por el profesor en los procesos de enseñanza de la transferencia de calor en superficies extendidas para consolidar el aprendizaje y desempeño del alumno?

A la pregunta los alumnos respondieron voluntariamente por escrito vía internet, con plena libertad de palabra y formalismo, de tal manera de mantener la misma horizontalidad de comunicación durante la propuesta metodológica. En la Tabla 39 se muestran algunos extractos transcritos textualmente de algunas respuestas que los alumnos emitieron a la pregunta realizada:

Tabla 39 Respuestas a la consulta realizada sobre la propuesta metodológica.

N°	Respuestas
1	<p>Excelente, no sólo se motiva el estudiante sino que se incrementa proceso de aprendizaje, y se genera un aprecio aún más grande por la asignatura y carrera. Nada como que un estudiante tenga la oportunidad de ver maquinaria industrial en funcionamiento.</p> <p>Todas las asignaturas deberían tener métodos de enseñanza similares, en lo personal, siento que más de tener una buena opinión estamos en extremo agradecidos por la oportunidad de vivir la asignatura de esta forma y además con uso de software.</p>
2	<p>Considero que es muy buena toda la metodología implementada, porque ha logrado que personalmente a mí me interese más aprender la materia. Es la segunda vez que tomo el curso y la primera vez que creo realmente poder entenderlo. Gracias a todas las actividades que hemos podido desarrollar hasta ahora, definitivamente he comprendido mucho más la ciencia detrás de los procesos involucrados en la transferencia de calor y al mismo tiempo esto me ha generado un mayor interés en mi carrera profesional. (...) Cabe destacar que estás actividades son un método muy interesante para salir de la monotonía de las clases donde todo es teoría, ecuaciones y cálculos.</p>
3	<p>En primer lugar, agradecer por el gran esfuerzo por Ud ha realizado por brindarnos una mejor educación, lo cual denota el espíritu que todo maestro debe poseer. Es en la educación donde nace la solución a los problemas que afectan a la sociedad y es gracias a buenos maestros, comprometidos y dedicados que uno puede inspirarse y seguir ejemplo. (...)</p>
4	<p>Es una forma de enseñar muy innovadora y aceptable desde mi punto de vista dado que en la mayoría de las materias (por no decir que todas) los profesores solo se dedican a explicar en un pizarrón y no llevan esos conceptos teóricos a la práctica como debe ser (...)</p>
5	<p>En cuanto a la metodología implementada, considero que las experiencias efectuadas antes de comenzar el tema de superficies extendidas (aletas), explica de forma amena, concisa y didáctica los conceptos fundamentales (aletas como elementos disipadores y captadores de calor) para su mejor entendimiento al momento de la resolución de problemas. (...)</p>
6	<p>La metodología implementada por el profesor me parece una excelente labor, ya que con todas las actividades prácticas realizadas, así como con la visita industrial se logró una mayor comprensión de la transferencia de calor en superficies extendidas, observando las aplicaciones de las aletas en la realidad. Todo esto se complementó aún más con las explicaciones dadas durante cada clase, los ejercicios realizados en Mathcad y la epistemología conceptual, en la que se explicaba de manera muy entendible y didáctica la parte teórica del tema. Estas clases me parecen muy productivas y significativas en nuestra formación como futuros ingenieros, incluso en otras materias de la carrera sería bueno que también se implementaran este tipo de actividades cognitivas.</p>
7	<p>Considero que este punto de vista de explicar la asignatura rompe con la monotonía con la cual nos han estado acostumbrando al transcurrir los semestres.</p> <p>Por lo cual, sería muy bueno que los demás profesores de Transferencia de Calor también lo aplicaran.</p> <p>Las actividades motivacionales y el desarrollo práctico ayudan aclarar muchas dudas que pueden surgir al momento de estar resolviendo los problemas. Ya que me parece que es una manera sencilla y rápida de explicar el tema de superficies extendidas. (...)</p>
8	<p>No soy alumno de su sección, sin embargo pude asistir a algunas clases. El modelo de ensayo practico que se hizo en el laboratorio de termodinámica me pareció muy interesante ya que nos mostraba en la vida real el funcionamiento de una aleta como disipaba calor entre otras cosas, ese tipo de prácticas nos ayude a entender mejor aún el interés principal de la materia más allá de solo hacer cálculos. (...)</p>
9	<p>En la aprendizaje del día a día de las asignaturas de la carrera ing. Mecánica a mi modo de pensar, siempre se implementa la enseñanza y el estudio para una prueba parcial en la cual se aprende para el momento, y los conocimientos que le quedan al alumno con el pasar del tiempo se van olvidando y más aún si se paraliza el semestre por varios meses. En la asignatura transferencia de calor, y en la enseñanza del tema superficies extendidas considero que a pesar de que hemos tenido que hacer un esfuerzo, esto ha valido la pena ya que los métodos de enseñanza son efectivos. En casi todas las clase existió un experimento o un ejemplo real de aplicación del tema de superficies extendidas, de esta manera la clase no es tan monótona, surgen dudas, se va un poco la pereza, el cansancio, se despierta el deseo de aprender y de prestar atención a los cálculos de problemas que se realizan, por tal motivo se aprende con mayor facilidad.</p>

Tabla 39 (Cont.)

10	<p>Los experimentos hechos en el t3pico de superficies extendidas es bastante interesante, porque se logra palpar su funci3n y aplicaci3n y eso es algo que a pesar de verse en la teor3a y calcular y calcular ecuaciones no se apreciaba en su esencia, siempre es importante visualizar los procesos y fen3menos que se estudian en lo te3rico. Lamentablemente la UNET est3 perdiendo hasta su nombre; que es "Experimental" y ya los estudiantes est3n haciendo algo parecido a un acto de fe (creer sin ver). Pero en esta asignatura dirigida por el profesor Orlando P3rez ha quedado en evidencia que no se necesitan grandes instrumentos ni equipos para mostrarle a los muchachos la aplicaci3n esencial del tema, sino ganas, entusiasmo y amor por ensear, por otro lado es important3simo mencionar lo fruct3fero y did3ctico que resulto el uso de mathcad como software de ayuda en la asignatura, puesto que permite evaluar y analizar las m3ltiples soluciones de un mismo problema en tiempo real. (...)</p>
11	<p>La metodolog3a implementada en clases respecto al tema de superficies extendidas en la asignatura de transferencia de calor en mi opini3n ha sido interesante y satisfactoria puesto que se complementan diferentes herramientas, m3todos y procedimientos con el fin de ayudar a comprender mejor los temas te3ricos, contenidos program3ticos y anal3ticos de esta materia. En primer lugar soy de esos alumnos que promueve este tipo de iniciativas y considero que nosotros como estudiantes de ingenier3a deber3amos tener m3s actividades complementarias como estas en cada uno de los temas de nuestra carrera, en cada asignatura manejar herramientas de compresi3n, videos, an3cdotas, etc. (...) Para finalizar le comento con toda honestidad que eh comprendido todos y cada uno de los temas referentes al primer parcial no solo superficies extendidas, y estoy seguro que ha llegado mejor el conocimiento de esta manera como usted lo plantea, tambi3n le confieso que ha sido una de las pocas asignaturas que implementan esta metodolog3a como herramienta de aprendizaje y le agradezco sinceramente su vocaci3n, dedicaci3n y compromiso.</p>

Fuente: Compilaci3n y elaboraci3n Propia.

Estas respuestas, entre otras, ratifican de alguna manera el constructo planteado por el investigador previo a la realizaci3n del experimento, donde se presume con cierta contundencia la influencia positiva del tratamiento sobre el aprendizaje y desempea3n del alumno en la tem3tica transferencia de calor en superficies extendidas, bajo el esquema de la Nueva Escuela (modelo pedag3gico Autoestructurante) tal y como lo seala De Zubir3a (2006).

Por otro lado, el di3logo horizontal entre alumnos y profesor represent3 una condici3n esencial; el alumno reflejo un esp3ritu reflexivo junto a la postura dialogante del docente durante la propuesta metodol3gica y la realizaci3n pr3ctica de las actividades planificadas, permitiendo una valoraci3n y est3mulo al pensamiento cr3tico, tal y como lo seala Medina (2008).

Ciertamente no hay que dejar de lado el tipo de diseño implementado en esta investigación, ya que indirectamente se condiciona la *validez interna* y *validez externa* del mismo tal y como lo señala León y Montero (2003). El diseño cuasiexperimental no permite consolidar una buena validez interna y externa, sin embargo los testimonios de los alumnos involucrados ratifican que en efecto el tratamiento tiene una relación directa entre la variable independiente y la dependiente; de igual manera, se puede generalizar con cierta precaución que esta metodología es factible utilizarla en otros contextos y poder lograr resultados satisfactorios.

Estadística inductiva o inferencia prueba postest

Según Salkind (1998) el espíritu de la estadística inferencial es poder caracterizar rasgos de una población tomando como referencia los resultados de una muestra representativa de dicha población, es decir, conocido lo que le ocurre a una muestra se pueden extrapolar los resultados y predecir lo que le puede ocurrir a dicha población de donde fue tomada la muestra bajo ciertos criterios.

Este concepto de inferencia según la postura de Salkind (1998), está íntimamente relacionado con la estadística probabilística, situación contraria al planteamiento del diseño experimental establecido en esta investigación, el cual es un diseño cuasiexperimental con muestras no probabilísticas, es decir muestras intencionales ya formadas que están disponibles según un acomodo no controlado por el investigador.

Sin embargo para mantener cierto apego a los criterios estadísticos se utilizó parte de los conceptos de la estadística inferencial para el manejo de la información y poder establecer conclusiones entre la relación de los datos y las implicaciones en la hipótesis de la investigación tal y como lo señalan Morles (et al.) (1977); indudablemente en este caso no se podrá extrapolar los resultados a otras situaciones externas con alta fidelidad motivado a la

median validez externa del diseño cuasiexperimental tal y como ya se ha señalado. En este sentido Balluerka y Vergara (2002) al referirse al análisis estadísticos en los diseños experimentales señalan que estas técnicas «...pueden aplicasen tanto a los datos procedentes de diseños experimentales como cuasiexperimentales, e independientemente del modelo de diseño ...» (p. 209). Por su parte, Navas (2010) al comentar sobre la preferencia de un diseño experimental o cuasiexperimental en cuanto a validez señala:

...los diseños cuasi experimentales procuran esquemas de acción que minimizan los riesgos a la falta de aleatorización. Los diseños cuasi experimentales son muy útiles y son muy necesarios. Hay diseños mejores, es cierto. Pero hay veces en que lo mejor, simplemente, no puede ser. Y en esas situaciones, lo que puede ser, es lo mejor. (p. 367).

Esta postura de Balluerka y Vergara (2002) y Navas (2010) ratifican la importancia de considerar la estadística inductiva o inferencial a pesar de tener un diseño cuasiexperimental. En este sentido se utilizaran los datos organizados para proveer conclusiones detectando las interrelaciones que puede existir entre ellos y las hipótesis tal y como se indicó al inicio del capítulo.

Contraste de hipótesis

En el Capítulo II en el planteamiento de la hipótesis se realizó la siguiente proposición: *la consideración, aplicación e implementación del Modelo Pedagógico, sobre la comprensión epistemológica de la transferencia de calor en superficies extendidas, dirigido a estudiantes de Ingeniería Mecánica de la UNET, se constituirá en una herramienta influyente y positiva en la motivación para la enseñanza, su aprendizaje y desempeño.* Tal y como se señaló, este constructo representa la hipótesis de la investigación,

por lo tanto será el referente para validar los resultados encontrados en la estadística descriptiva mediante el uso de la estadística inductiva o inferencial.

Los resultados develados en la estadística descriptiva de la prueba postest tanto en los aspectos prácticos como en los aspectos teóricos, muestran que el grupo experimental logro un promedio (en las evaluaciones) mayor que el logrado por el grupo control. Aunque esta diferencia se pudiese considerar significativa, el apegarse a los análisis estadísticos exige una comparación estadística llamada contraste de hipótesis.

Este procedimiento según Cáceres (2007) constituye una regla de decisión que conduce a rechazar o aceptar un supuesto negado de la hipótesis de la investigación. En la misma idea, en opinión de Nieves y Domínguez (2010) la comprobación de hipótesis constituye un modelo estadístico comúnmente usado en matemáticas en donde se demuestra que al asumir una hipótesis y obtener un resultado absurdo, se concluye que la hipótesis de partida es falsa de acuerdo a un error establecido.

Modelo estadístico

Para adaptar este modelo a la estadística, según Nieves y Domínguez (2010) se parte de dos hipótesis lógicas llamadas hipótesis nula e hipótesis alternativa (hipótesis de la investigación) representadas por H_0 y H_1 respectivamente. Para esta investigación, el planteamiento de las hipótesis nula y alternativa sería:

- H_0 : El modelo pedagógico no constituye una herramienta influyente para el aprendizaje y el desempeño del alumno en la temática transferencia de calor en superficies extendidas.
- H_1 : El modelo pedagógico constituye una herramienta influyente y positiva en la motivación para la enseñanza, el aprendizaje y el desempeño del alumno en la transferencia de calor.

En los modelos estadísticos es la hipótesis nula sobre la cual se centra el análisis de descarte, al respecto Nieves y Domínguez (2010) señalan: «La estructura y mecánica del modelo tienen la hipótesis nula H_0 como la referente alrededor del cual se desarrollan el análisis estadístico y se toma la decisión final; esto da lugar a sólo dos decisiones: aceptar H_0 o rechazar H_0 .» (p. 417).

Según este planteamiento hay la posibilidad de cometer dos errores al tomar una u otra decisión: el primero se llama *error tipo I*, y ocurre cuando se rechaza la hipótesis nula siendo verdadera; por el contrario, si se acepta la hipótesis nula cuando es falsa, el error se llama *error tipo II*. De estos dos errores de manera directa es más preponderante el *error tipo I*, ya que según Cáceres (2007) el investigador puede tomar el control de la probabilidad de que éste ocurra al fijar su valor. Este error se designa con la letra α , y se le llama nivel de significancia; los valores más comunes para α , son 0,1, 0,05 y 0,01.

Tipo de prueba estadística

Al interpretar la proposición de las hipótesis nula y alternativa se puede establecer el siguiente razonamiento para discriminar el efecto del modelo sobre los resultados de la prueba posttest en los grupos experimental y control.

H_0 : El Modelo Pedagógico no constituye una herramienta influyente para el aprendizaje y el desempeño del alumno en la temática transferencia de calor en superficies extendidas, por lo tanto los resultados promedios de la prueba posttest para los grupos experimental y control son iguales.

H_1 : El Modelo Pedagógico constituye una herramienta influyente y positiva en la motivación para la enseñanza, el aprendizaje y el desempeño del alumno en la temática transferencia de calor en superficies extendidas, por lo tanto los resultados promedio de la prueba posttest en el grupo experimental son mayores a los resultados promedio en el grupo de control.

Tal y como se observa, la hipótesis nula expresa una condición de no cambio, mientras que la hipótesis alternativa plantea una situación de cambio con una dirección específica, un mayor rendimiento en los resultados del grupo experimental respecto al grupo de control. Las condiciones planteadas por ambas hipótesis son probables, sin embargo dada las características de la investigación, la hipótesis nula es un escenario no deseado desde el punto de vista de resultados numéricos, ya que el propósito del Modelo Pedagógico es atender una problemática y mejorar precisamente el aprendizaje y desempeño del alumno.

Si se considera que μ , es el parámetro promedio poblacional de interés, entonces μ_1 , es la evaluación promedio de la prueba postest del grupo experimental y μ_0 , la evaluación promedio de la prueba postest del grupo de control. De esta manera, matemáticamente la hipótesis nula y alternativa apegada a la simbología tradicional, según Nieves y Domínguez (2010) se puede expresar de diferentes maneras o opciones:

Opción A	Opción B
$H_0: \mu_0 \geq \mu_1$	$H_0: \mu_1 \leq \mu_0$
$H_1: \mu_0 < \mu_1$	$H_1: \mu_1 > \mu_0$

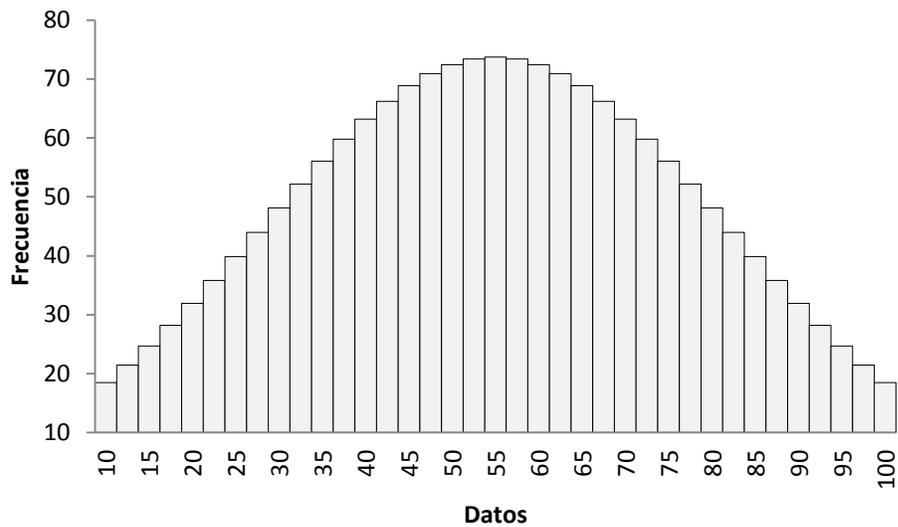
En términos de la mediana Me , la hipótesis alternativa se puede expresar diciendo: la mediana de los resultados de la prueba postest del grupo de control es menor que la mediana de los resultados de la prueba postest del grupo experimental:

$$H_0: Me_0 \geq Me_1$$

$$H_1: Me_0 < Me_1$$

Este planteamiento de la hipótesis alternativa señala una sola posibilidad, estadísticamente se clasifica como prueba de cola izquierda según Nieves y Domínguez (2010), ya que presupone que el promedio de la prueba postest del grupo experimental es mayor al promedio de la prueba postest del grupo control, es decir, el promedio de la prueba postest del grupo de control es menor al promedio de la prueba postest del grupo experimental.

Establecido el modelo para el contraste de hipótesis, es necesario definir el estadístico requerido para precisar los criterios de aceptación o rechazo de la hipótesis nula; para ello hay que conocer previamente si los datos compilados de la prueba postest en ambos grupos obedecen o no a una distribución normal, ya que dependiendo de cuál sea el caso, se recurre a los métodos *paramétricos* o *no-paramétricos*, Márquez (2013). En la Figura 3 se muestra como referencia un conjunto de datos con una distribución normal ajustada en un 100% a la ecuación propuesta por De Moivre y su respectivo diagrama de caja, de tal manera de establecer una referencia comparativa con los resultados hallados en la prueba postest en ambos grupos, y poder así discriminar sobre la normalidad de los mismos.



Histograma de frecuencia

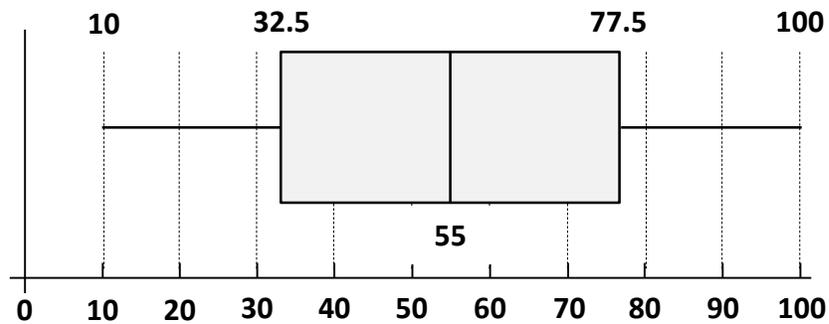
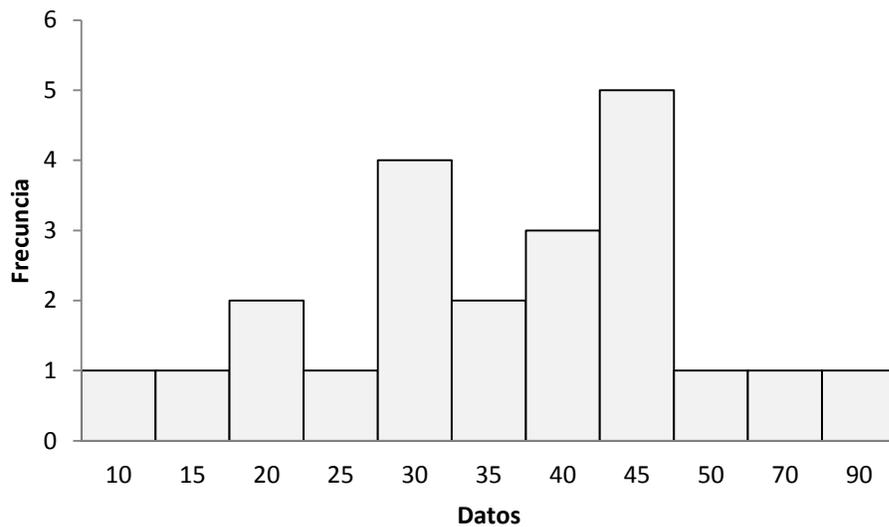


Diagrama de caja

Figura 3. Histograma de frecuencias y diagrama de caja para un conjunto de datos con distribución normal.
Fuente: Elaboración Propia.

En la estadística no-paramétrica no es importante conocer cómo es la distribución de la población, esta característica hace que las estadística no-paramétrica puede ser utilizada para cualquier tipo de distribución; lógicamente los métodos paramétricos son los más acertados.

Para determinar si los datos de las pruebas posttest del grupo experimental y grupo de control tienen una distribución normal, se trazará el histograma de frecuencias y el diagrama de caja en cada caso, para ello se utilizará Excel como herramienta de cálculo. En la Figura 4, Figura 5, Figura 6 y Figura 7 se han representado gráficamente estos diagramas.



Histograma de frecuencia

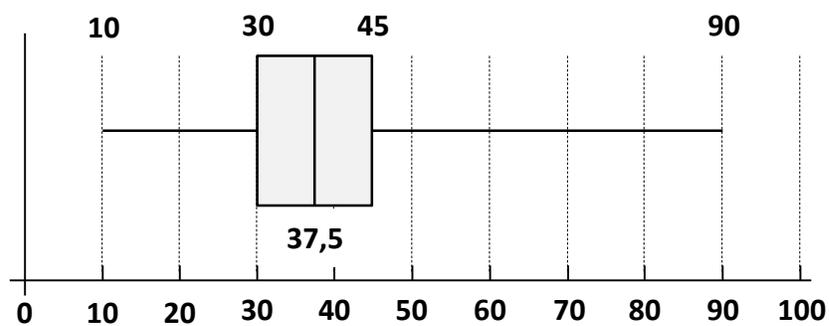
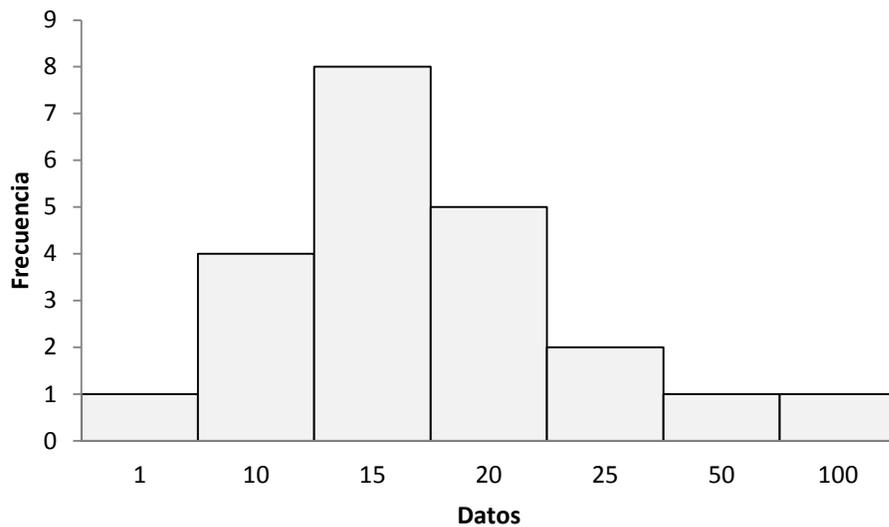


Diagrama de caja

Figura 4. Histograma de frecuencias y diagrama de caja según los datos de la prueba posttest aspectos teóricos para el grupo de control.
Fuente: Elaboración Propia.

En la Figura 4 se observa que la distribución de los datos en la prueba postest aspectos teóricos para el grupo de control de acuerdo al histograma de frecuencias y al diagrama de caja no tienen una distribución normal. Esta misma situación se aprecia para los datos de la prueba postest aspectos prácticos según el histograma de frecuencias y diagrama de caja indicado en la Figura 5.



Histograma de frecuencia

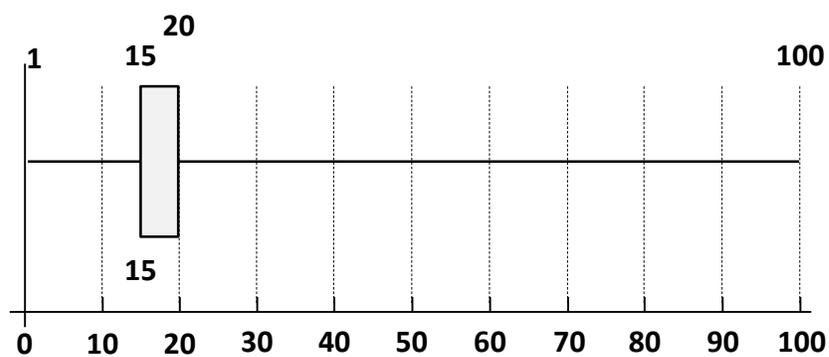
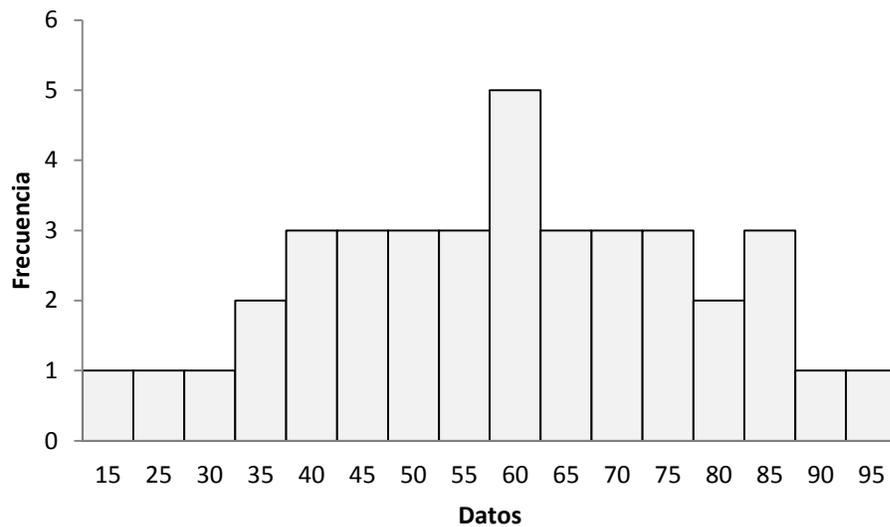


Diagrama de caja

Figura 5. Histograma de frecuencias y diagrama de caja según los datos de la prueba postest aspectos prácticos para el grupo de control.
Fuente: Elaboración Propia.

Al igual que los datos de la prueba posttest en el grupo de control, para el grupo experimental se observa que los datos tampoco tienen un comportamiento normal tal y como se observa en las Figura 6 y Figura 7 según en el histograma de frecuencias y al diagrama de caja para cada prueba.



Histograma de frecuencia

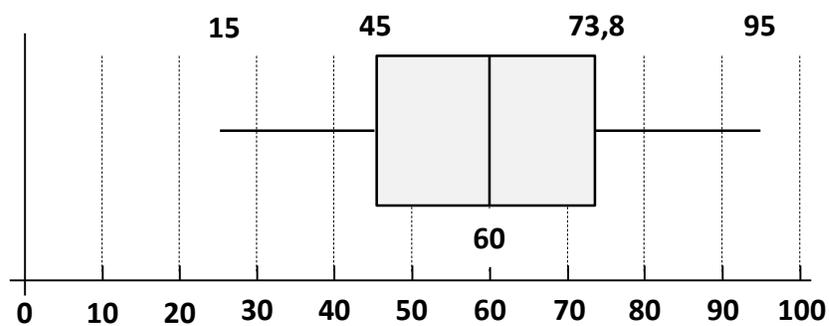
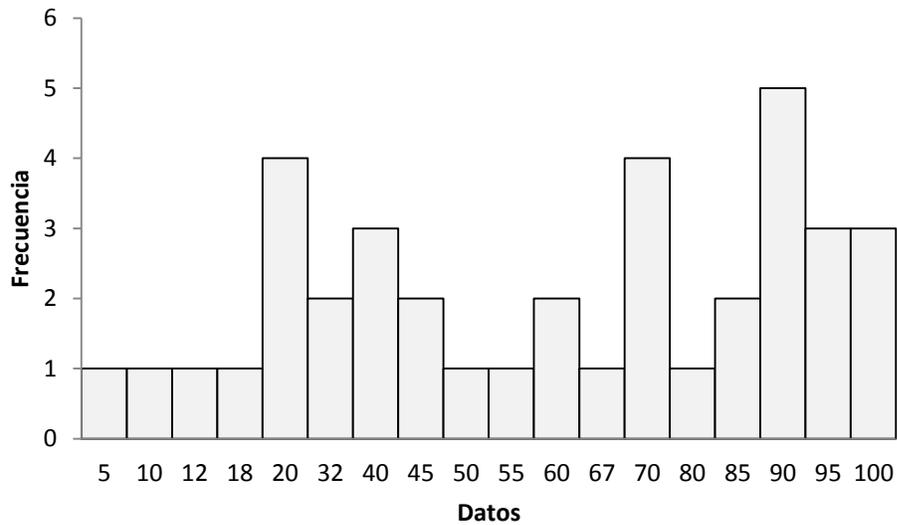


Diagrama de caja

Figura 6. Histograma de frecuencias y diagrama de caja según los datos de la prueba posttest aspectos teóricos para el grupo de experimental.
Fuente: Elaboración Propia.



Histograma de frecuencia

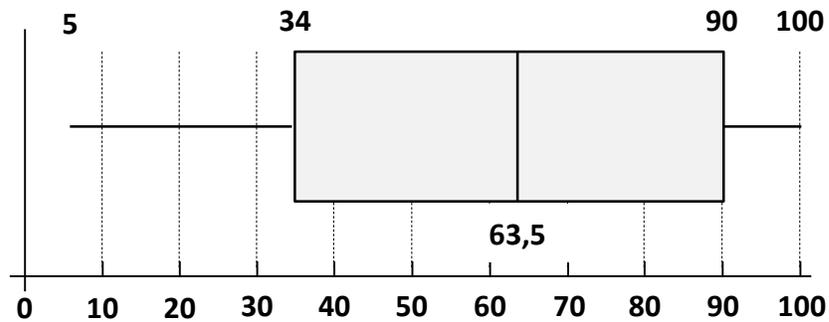


Diagrama de caja

Figura 7. Histograma de frecuencias y diagrama de caja según los datos de la prueba postest aspectos prácticos para el grupo de experimental.
Fuente: Elaboración Propia.

Dado que los datos encontrados en ningún caso muestran un comportamiento normal, para el análisis estadístico se optará por un modelo no paramétrico. En este caso se tomará como referencia la opinión de Pérez, Galán y Quintanal (2012), quienes señalan que para pruebas no paramétricas el estadístico Mann-Whitney es la prueba más potente con

grupos de sujetos independientes cuando se quiere probar hipótesis acerca de dos medias de dos muestras cuya información se pueda clasificar en la escala de rango. Dada las características de esta investigación según la elección de los grupos de control y experimental, y al tipo de datos manejados las exigencias del estadístico de Mann-Whitney están cubiertas.

Prueba de la U de Mann-Whitney

Complementando lo anterior, Pérez-Tejada (2008) afirma que la prueba de Mann-Whitney es la alternativa a la prueba paramétrica t de Student que se utiliza para comprobar la diferencia entre dos medias en dos muestras independientes cuyo comportamiento es normal, y puede ser utilizada para muestras de diferente tamaño (pequeñas $n < 20$, grandes para $n > 20$).

Para obtener el estadístico U de Mann-Whitney se siguió la metodología establecida por Marques (2014) y Pérez-Tejada (2008). Las ecuaciones para evaluar el estadístico U se identifican en la Tabla 40:

Tabla 40. Ecuaciones para evaluar el estadístico U .

N°	Estadístico	Observaciones
1	$U_1 = n_1 n_2 + \frac{n_1(n_1 + 1)}{2} - R_1$	Estadístico U asociado al primer grupo; Donde R_1 es la suma de los rangos de orden de la distribución grupo 1.
2	$U_2 = n_1 n_2 + \frac{n_2(n_2 + 1)}{2} - R_2$	Estadístico U asociado al segundo grupo; Donde R_2 es la suma de los rangos de la distribución grupo 2.
3	$U = \min(U_1, U_2)$	U corresponde al estadístico mínimo entre U_1 y U_2 .
4	$\mu_U = \frac{n_1 n_2}{2}$	Media del estadístico U .
5	$T_i = \frac{t_i^3 - t_i}{12}$	Factor de corrección por empates debido al solapamiento.

Tabla 40 (Cont.)

6	$\sigma_U = \sqrt{\left(\frac{n_1 n_2}{N(N-1)}\right) \left(\frac{N^3 - N}{12} - \sum_i^k T_i\right)}$	Desviación estándar del estadístico U corregida. Donde k es el número de rangos distintos en los que existen empates, y t_i número de puntuaciones empatadas en el rango i .
7	$z = \frac{U - \mu_U}{\sigma_U}$	Para muestras grandes ($n > 20$) se convierte el estadístico U en el estadístico z bajo la suposición de un distribución normal.

Fuente: Tejedor y Etxeberria (2006) (p. 347-348). Compilación Propia.

Analisis prueba postest aspectos teóricos y aspectos prácticos

Para tener un apego a la nomenclatura utilizada en el cálculo de la U , los datos para la prueba postest aspectos teóricos y aspectos prácticos respectivamente, se clasificaron en dos series, con X , se identificó el grupo de control y con Y , se identificó el grupo experimental.

Datos prueba postest aspectos teóricos									
Grupo de control (X)									
90	70	50	45	45	45	45	45	40	40
40	35	35	30	30	30	30	25	20	20
15	10	-	-	-	-	-	-	-	-
Grupo experimental (Y)									
95	90	85	85	85	80	80	75	75	75
70	70	70	65	65	65	60	60	60	60
60	55	55	55	50	50	50	45	45	45
40	40	40	35	35	30	25	15	-	-
Datos prueba postest aspectos prácticos									
Grupo de control (X)									
100	50	25	25	20	20	20	20	20	15
15	15	15	15	15	15	15	10	10	10
10	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Grupo experimental (Y)									
100	100	100	95	95	95	90	90	90	90
90	85	85	80	70	70	70	70	67	60
60	55	50	45	45	40	40	40	32	32
20	20	20	20	18	12	10	5	-	-

Al sumar las series X-Y, determinar los rangos de orden R_X y R_Y y encontrar el número de empates y el factor de corrección para la prueba, resultan los datos señalados en la Tabla 41 y Tabla 42:

Tabla 41 Compilación de los datos del grupo de control (X), grupo experimental (Y) y los rangos correspondientes para la prueba posttest aspectos teóricos y aspectos prácticos.

N°	Prueba aspectos teóricos					Prueba aspectos prácticos				
	X + Y			R_X	R_X	X + Y			R_X	R_X
1	95	60	40	58,5	60	100	60	20	58,5	58,5
2	90	60	40	47,5	58,5	100	60	20	36,5	58,5
3	90	60	40	32,5	56	100	55	20	27,5	58,5
4	85	55	40	26,5	56	100	50	18	27,5	55
5	85	55	35	26,5	56	95	50	15	22	55
6	85	55	35	26,5	53,5	95	45	15	22	55
7	80	50	35	26,5	53,5	95	45	15	22	51
8	80	50	35	26,5	51	90	40	15	22	51
9	75	50	30	19,5	51	90	40	15	22	51
10	75	50	30	19,5	51	90	40	15	12,5	51
11	75	45	30	19,5	47,5	90	32	15	12,5	51
12	70	45	30	14,5	47,5	90	32	15	12,5	47,5
13	70	45	30	14,5	47,5	85	25	12	12,5	47,5
14	70	45	25	10	44	85	25	10	12,5	46
15	70	45	25	10	44	80	20	10	12,5	43,5
16	65	45	20	10	44	70	20	10	12,5	43,5
17	65	45	20	10	40	70	20	10	12,5	43,5
18	65	45	15	6,5	40	70	20	10	5	43,5
19	60	40	15	4,5	40	70	20	5	5	41
20	60	40	10	4,5	40	67	20	1	5	39,5
21	-	-	-	2,5	40	-	-	-	5	39,5
22	-	-	-	1	36	-	-	-	1	38
23	-	-	-	-	36	-	-	-	-	36,5
24	-	-	-	-	36	-	-	-	-	34,5
25	-	-	-	-	32,5	-	-	-	-	34,5
26	-	-	-	-	32,5	-	-	-	-	32
27	-	-	-	-	32,5	-	-	-	-	32

Tabla 41 (Cont.)

28	-	-	-	-	26,5	-	-	-	-	32
29	-	-	-	-	26,5	-	-	-	-	29,5
30	-	-	-	-	26,5	-	-	-	-	29,5
31	-	-	-	-	19,5	-	-	-	-	22
32	-	-	-	-	19,5	-	-	-	-	22
33	-	-	-	-	19,5	-	-	-	-	22
34	-	-	-	-	14,5	-	-	-	-	22
35	-	-	-	-	14,5	-	-	-	-	17
36	-	-	-	-	10	-	-	-	-	8
37	-	-	-	-	6,5	-	-	-	-	5
38	-	-	-	-	2,5	-	-	-	-	2
$\sum R_x = 415,5$					-	$\sum R_x = 381$				
$\sum R_y = 1412,5$						$\sum R_y = 1449$				

Fuente: Compilación y elaboración Propia.

Tabla 42 Número de empates y factor de corrección para la prueba postest aspecto teóricos y aspectos prácticos.

Prueba aspectos teóricos			Prueba aspectos prácticos		
Series	t_i	Factor de corrección $\left(\frac{t_i^3 - t_i}{12}\right)$	Series	t_i	Factor de corrección $\left(\frac{t_i^3 - t_i}{12}\right)$
95	1	0	100	4	5
90	2	0.5	95	3	2
85	3	2	90	5	10
80	2	0.5	85	2	0.5
75	3	2	80	1	0
70	4	5	70	4	5
65	3	2	67	1	0
60	5	10	60	2	0.5
55	3	2	55	1	0
50	4	5	50	2	0.5
45	8	42	45	2	0.5
40	6	17.5	40	3	2
35	4	5	32	2	0.5
30	5	10	25	2	0.5

Tabla 42 (Cont.)

25	2	0.5	20	9	60
20	2	0.5	18	1	0
15	2	0.5	15	8	42
10	1	0	12	1	0
-	-	-	10	5	10
-	-	-	5	1	0
-	-	-	1	1	0
Sumatoria, $T = \sum \left(\frac{t_i^3 - t_i}{12} \right) = 105$			Sumatoria, $T = \sum \left(\frac{t_i^3 - t_i}{12} \right) = 139$		

Fuente: Compilación y elaboración Propia.

Teniendo como referencia el orden y las ecuaciones señaladas en la Tabla 40 con los resultados de la Tabla 41 y Tabla 42, se calculó cada parámetro requerido; en este sentido, en la Tabla 43 se muestra la secuencia y el cálculo de las diferentes variables que permiten obtener el estadístico U , para ambas pruebas.

Tabla 43 Secuencia del cálculo del estadístico U y resultados para la prueba posttest aspectos teóricos y aspectos prácticos.

Parámetro/Estadístico	Valor numérico	
	Aspectos teóricos	Aspectos prácticos
n_1	22	22
n_2	38	38
$N = n_1 + n_2$	60	60
$\sum R_X$	415,5	381
$\sum R_Y$	1412,5	1449
$U_1 = n_1 n_2 + \frac{n_1(n_1 + 1)}{2} - R_1$	671,5	708
$U_2 = n_1 n_2 + \frac{n_2(n_2 + 1)}{2} - R_2$	164,5	128
$U = \min(U_1, U_2)$	164,5	128

Tabla 43 (Cont.)

$T_i = \frac{t_i^3 - t_i}{12}$	105	139
$\mu_U = \frac{n_1 n_2}{2}$	418	418
$\sigma_U = \sqrt{\left(\frac{n_1 n_2}{N(N-1)}\right) \left(\frac{N^3 - N}{12} - \sum_i^k T_i\right)}$	65	64,9
$z = \frac{U - \mu_U}{\sigma_U}$	- 3,9	- 4,47

Fuente: Compilación y elaboración Propia.

Hallado el estadístico U , se tomó la decisión de rechazar o aceptar la hipótesis nula según el nivel de significación considerado; para este caso se asumió un nivel $\alpha = 0,05$, el cual representa la probabilidad de tomar la decisión de rechazar erróneamente la hipótesis nula H_0 de 5%. De acuerdo a la hipótesis alternativa expresada en términos de la mediana, se tiene una hipótesis de cola izquierda tal y como se ilustra en la Figura 8.

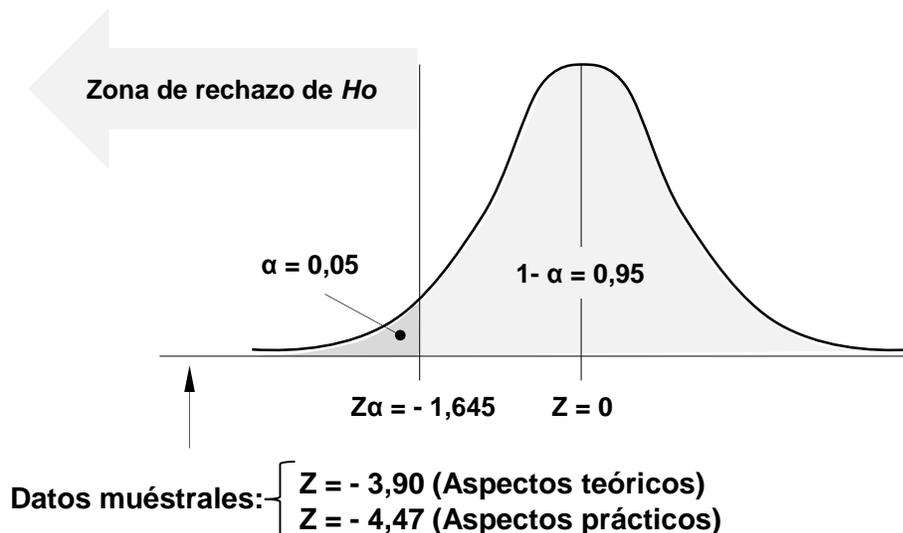


Figura 8. Esquema de la zona de rechazo para el análisis de la prueba posttest de aspectos teóricos y aspectos prácticos.

En este caso el valor crítico de z para el nivel de significancia establecido para una prueba unilateral es $-1,645$ (Ver anexo H). De acuerdo a lo planteado por Pérez-Tejada (2008), si $Z_{muestral} < Z_{crítico}$, entonces se rechaza la hipótesis nula de acuerdo al grado de significancia señalado, de esta manera según los resultados encontrados para la prueba de aspectos teóricos y aspectos prácticos, resulta:

Prueba	Criterio	Conclusión
Aspectos Teóricos	Como $-3,90 < -1,645$	Se rechaza H_0 favoreciendo H_1 de acuerdo a un nivel de significancia $\alpha = 0,05$
Aspectos Prácticos	Como $-4,47 < -1,645$	Se rechaza H_0 favoreciendo H_1 de acuerdo a un nivel de significancia $\alpha = 0,05$

Esta conclusión permite establecer que hay suficiente evidencia para reconocer que la —consideración, aplicación e implementación del Modelo Pedagógico, sobre la comprensión epistemológica de la transferencia de calor en superficies extendidas, dirigido a estudiantes de Ingeniería Mecánica de la UNET, constituye una herramienta influyente y positiva en la motivación para la enseñanza, su aprendizaje y desempeño—.

Estos resultados son una consecuencia de los datos mostrados en la Tabla 38, donde se muestran las medidas de tendencia central para la prueba aspectos teóricos y aspectos prácticos tanto para el grupo de control como el grupo experimental; de igual manera ya se había considerado de manera adjetiva esta conclusión con las opiniones personales que han hecho algunos alumnos a la consulta realizada sobre la propuesta metodológica, tal y como se señaló en la Tabla 35 y Tabla 39.

Es importante retomar lo establecido anteriormente con relación a la validez interna y validez externa del diseño cuasiexperimental seleccionado,

llamado —Diseño pre-post con grupo de cuasi control—; de acuerdo a lo establecido por Ballart (1992), la validez interna se refiere hasta qué punto los resultados encontrados son debidos al Modelo Pedagógico, mientras que la validez externa se refiere hasta qué punto los resultados se pueden generalizar a otras situaciones.

Por otro lado, los factores influyentes en el diseño señalado por Campbell y Stanley (1966) se evidenciaron tal y como se señaló en el Capítulo III, de esta manera se ratifica que los resultados hallados son potencialmente válidos para el contexto UNET de acuerdo a la planificado, sin embargo se pueden generalizar para otros tópicos en la misma unidad curricular Transferencia de Calor, u otras asignaturas tal y como los mismos alumnos lo han manifestado según sus propias opiniones. Indudablemente que en cada caso el docente investigador debe conocer las necesidades del contexto y poder así proponer soluciones acordes con las posibilidades según los recursos disponible, entre otros.

Ante esta situación, y entendiendo que efectivamente ocurrió una afectación no intencional, una vez finalizada la implementación del tratamiento se planifico una vista industrial a los alumnos del grupo de control a la empresa Pasteurizadora Táchira en San Cristóbal, de tal manera de compensar la desatención ocurrida.

La manifestación y el testimonio de esta experiencia fue valorada considerablemente por los alumnos, percibiéndose un ambiente motivador, un agradecimiento pleno por haberseles tomado en cuenta al igual que el grupo experimental.

CAPÍTULO V

APORTES FINALES

Aportaciones Generales de la investigación

El Capítulo I se inició con la siguiente reflexión:

La participación del hombre dentro de los distintos contextos de convivencia, le plantea exigencias individuales y colectivas que de manera organizada debe enfrentar día a día con estrategias enmarcadas en lo epistemológico y ontológico, con la misión de crear posturas adecuadas para un mejoramiento de su entorno, e incluso, generar y tener fehacientes interrelaciones de convivencia.

La interpretación literal de este párrafo contextualiza la postura ontológica con la cual se enfrentó el desarrollo de la investigación; es indudable que la participación del docente en su contexto requiere que día a día plantee estrategias de manera organizada para —mejorarlo—.

En sentido general en esta investigación se plantearon algunos objetivos, unos con mayor trascendencia que otros, sin embargo el enfoque central consistió en —proponer una metodología para mejorar la enseñanza y el desempeño del alumno en la temática transferencia de calor en superficies extendidas— teniendo como referencia la postura del alumno y la del docente investigador; recordando que la postura es la exigencia intrínseca de la evidencia empírica de un problema, o simplemente la develación de una inconformidad.

Al interpretar la postura de los alumnos ante la problemática señalada en el Capítulo I, se evidencia la necesidad de que día a día hay que mejorar, sabiendo que literalmente nunca se estará plenamente satisfecho, ya que siempre el contexto estará cambiando inexorablemente; hoy las exigencias son unas, mañana serán otras. El planteamiento de la propuesta metodológica, llamada Modelo Pedagógico, basado en el esquema de la Nueva Escuela o modelo pedagógico Autoestructurante, según De Zubiría (2006), permitió evidenciar la necesidad de cambio, se ratificó que hay un problema en las metodologías aplicadas, se hizo evidente que la horizontalidad exigida por los alumnos es una realidad.

Con relación a lo anterior alguien pudiese preguntar ¿Cuál es la evidencia de la necesidad de cambio? ¿Cuál es la evidencia del problema? Para responder a estas preguntas hay que trascender a los resultados encontrados en la pruebas posttest en los grupos de control y experimental, por ello el autor prefiere ir al testimonio del alumno, a las respuestas transcritas literalmente en la Tabla 35 y Tabla 39, por considerarlas más importantes que los tantos números indicados en el trabajo.

Al interpretar las respuestas señaladas y otras, se evidencia que hubo un agrado con la metodología en la temática considerada, no solo desde lo motivacional, también con cierto carácter de entretenimiento en algunos pasajes, en incluso como mencionó alguien, *se minimizó la monotonía, la pereza, el cansancio y se despertó el deseo de aprender*. Sin embargo como se ha mencionado muchas veces, —nada es gratis en la vida—, pues aquí también se evidenció el esfuerzo adicional que hay que hacer para poder ir más allá de lo tradicional. Para complementar se pudiesen señalar otras opiniones, sin embargo a modo de reflexión se prefiere llamar la atención a una crítica hecha por un estudiante, que si se interpreta firmemente, literalmente se deberían —encender las alarmas—, al respecto se cita: Lamentablemente la UNET está perdiendo hasta su nombre; que es

“Experimental” y ya los estudiantes están haciendo algo parecido a un acto de fe (creer sin ver) (s/p).

Sin discutir la interpretación del alumno sobre el carácter experimental de la UNET, se prefiere la interpretación coloquial de la frase intentando ser más horizontal y reflexivo como lo demanda la Nueva Escuela, y así poder señalar que ciertamente en la carrera de ingeniería mecánica (se presume que en algunas asignaturas) hay la necesidad de testimoniar mucho más apegados a la realidad, y no tanto al pizarrón, sabiendo que éste aburre y cansa. Como reflexión a las respuestas, se induce a ser más extensivo, que ciertamente hay que apropiarse de la práctica pedagógica como lo señalan Gómez-Chacón (el al.) (2005); abarcar lo conceptual, lo reflexivo y lo práctico, sin dejar de lado las preconcepciones implícitas del alumno, las cuales son el punto de partida para la preparación, y como respuesta, para el aprendizaje y desempeño eficiente del propio estudiante.

En esta investigación se evidencio que la espectacularidad no es demanda por los estudiantes, no se requiere preponderancias; bajo tanta necesidad, con cosas simples como las unidades UDH, UDA y UDT o simplemente con una buena visita industrial se puede trascender con el protagonismo del alumno, como sujeto presto a aprender.

Los resultados encontrados se pueden mejorar, ciertamente hay y habrá un inacabamiento tal y como lo ha señalado Freire (2004) en su libro Pedagogía de la Autonomía, siempre existirá la necesidad del rigor, de la construcción y reconstrucción. De alguna manera se debe involucrar la componente curricular en pleno, de tal manera de poder incluir programáticamente propuestas similares que fortalezcan los conocimientos previos requeridos y hacer más eficiente la enseñanza en unidades curriculares tan complejas como la Transferencia de Calor, y desde luego, ir domesticando un sistema agobiante y carente de reflexiones teniendo como norte la reflexión crítica sobre la práctica pedagógica.

Aportes e implicaciones de la investigación

Teniendo como referencia los objetivos específicos y las preguntas de la investigación, en adelante se estructura los distintos aportes e implicaciones de la investigación.

¿Cómo percibe el estudiante UNET la metodología en los procesos de la enseñanza de la transferencia de calor en superficies extendidas?

La apreciación del estudiante sobre la metodología en los procesos de enseñanza de la transferencia de calor en superficies extendidas revela un conjunto de necesidades e inconformidades que de alguna manera constituyen una problemática generalizada en el aspecto metodológico. En la Tabla 1 se evidenció lo que se han llamado factores problemáticos desde la perspectiva del alumno, los cuales fueron agrupados en cinco grandes indicadores que representan según la interpretación del autor, inquietudes, necesidades, frustraciones, inconformidad, deseos de mejorar, etcétera. Los indicadores establecidos según los aspectos problemáticos del alumno señalan deficiencias en situaciones relacionadas con aspectos de desarrollo práctico, prácticas pedagógicas, material didáctico/material de apoyo, prácticas motivacionales y experiencias prácticas.

¿Qué elementos emergerán según las reflexiones del estudiante UNET y del docente investigador que induzcan la generación de la propuesta curricular?

De acuerdo a la perspectiva del alumno y la reflexión del docente investigador se observó plena coincidencia entre los factores problemáticos vinculados con aspectos metodológicos en la unidad curricular Transferencia de Calor; estos cinco indicadores develados, permitieron emerger elementos relacionados con la motivación, la fundamentación teórica y el desarrollo de elementos prácticos.

Los aspectos motivacionales de alguna manera evidencia la carencia de estímulos por el arraigo a las metodologías tradicionales manejadas, originando monotonía y aburrimiento en las clases; por otro lado se observó cierta predisposición del alumno hacia la signatura por considerarla compleja según los historiales y la predisposición misma de los compañeros; de igual manera hay una innegable queja por el excesivo manejo de la teoría y el poco contacto con la realidad, originando cierta desconfianza de lo aprendido, que de alguna manera lo sugestiona y le crea inseguridad y desinterés.

La fundamentación teórica intenta recoger aquellas inquietudes por la incertidumbre acareada por el bajo dinamismos y escasos elementos didácticos en la metodología del docente, sumado al insuficiente material de apoyo, que de alguna manera predisponen al alumno al entendimiento de la asignatura. Esta última situación induce al estudiante a la dependencia excesiva del uso del formulario, que en definitiva se acentúa por la falta de los fundamentos epistemológicos, creando actitudes mecanicistas que debilitan la racionalidad. Indudablemente que esta situación acentúa la necesidad de disponer de una planificación orientada de la asignatura, que potencie los aspectos teóricos (conceptos, ecuaciones, variables, entre otros) y así poder mejorar oportunamente el entendimiento de las temáticas antes de las evaluaciones.

El desarrollo práctico manifiesta la ausencia de herramientas de cálculo computacional como apoyo al planteamiento y la solución e interpretación de problemas, lo que origina un entendimiento lento, corto e

insuficiente. La ausencia de aspectos prácticos orientados al análisis y entendimiento de la solución de algunos problemas en la temática Transferencia de Calor, origina desanimo en el alumno y la pérdida de interés, promoviendo muchas veces la búsqueda de un resultado numérico sin el convencimiento y el entendimiento del fundamento teórico bajo un juicio razonado. Estos aspectos reclaman la atención reflexiva del docente, la necesidad de invertir mayor interés en el planteamiento y la solución de ejercicios apoyándose en experiencias prácticas, y como complemento fortalecer lo realizado con un buen análisis de los resultados siempre en la búsqueda de una autonomía pedagógica tal y como lo señaló el maestro Freire.

¿Cómo generar un modelo pedagógico para la comprensión e interpretación epistemológica de la transferencia de calor en superficies extendidas?,

Los factores problemáticos identificados desde la perspectiva del estudiante UNET y del docente investigador se compilaron en cinco indicadores: Desarrollo práctico, Práctica pedagógica, Material didáctico, Práctica motivadora y Experiencias prácticas, estos indicadores a su vez se agruparon en tres grandes categorías llamadas: Impulso Motivacional, Epistemología Conceptual y Desarrollo Práctico.

Bajo estos tres indicadores se organizó la estructura del Modelo Pedagógico, manteniendo como único propósito mejorar el aprendizaje y el desempeño del alumno bajo la postura de la teoría de la Nueva Escuela.

El eje Impulso Motivacional permitió al alumno realizar un conjunto de actividades relacionadas con los procesos de transferencia de calor en superficies extendidas disponiendo de las unidades UDH, UDA y UDT. En

cada unidad se establecieron estrategias de aprendizaje guiadas por el docente investigador, con carácter cooperativo de grupo, teniendo en cuenta los planteamientos señalados por Barriga y Hernández (2001) en actividades grupales: Interdependencia positiva, Interacción cara a cara, responsabilidad individual, Utilización de habilidades interpersonales y Procesamiento grupal. Al evaluar el impacto de cada una de las experiencias realizadas según la opinión del alumno, se encontró una manifestación de total agrado con cada una de las actividades, sin embargo, las experiencias realizadas en la unidad UDT impactó considerablemente su atención, motivado a la relación directa que tiene este acople con asignaturas previas y los procesos industriales en la ingeniería mecánica. Esta última consideración ratifica la necesidad exigida por el alumno de apegarse lo más cercano que se pueda a la realidad y separarse lo más que se pueda del pizarrón.

Por otro lado, el eje impulso motivacional se complementó con una visita industrial guiada a la central térmica Planta Táchira, localizada en las proximidades de la ciudad de La Fría. Aquí el alumno tuvo el contacto anhelado con el majestuoso mundo real de la ingeniería. En esta experiencia se resaltó fundamentalmente procesos relacionados con la transferencia de calor en superficies extendidas como lo son: sistemas de enfriamiento de aceite para los cojinetes de la unidad turbo-compresor, sistemas de enfriamiento de aire de refrigeración para la corona de toberas de la turbina, sistema de enfriamiento de aire comprimido para procesos de control, entre otros.

De acuerdo a la opinión del alumno, esta experiencia fue enormemente motivadora y cautivadora, ya que le permitió resaltar la diferencia abismal de la realidad respecto al corto aprendizaje en el aula. Un aspecto importante de destacar durante la visita industrial fue el gran impacto emocional que causó a los alumnos saber el alto costo económico y ambiental que hay que pagar para poder obtener la energía eléctrica partiendo de la quema de un combustible de origen fósil. Aquí se devela que este tipo de actividades

trascienden a otras latitudes, en este caso se evidencia la importancia que el alumno relacione aspectos prácticos de su carrera con otros como los económicos y ambientales.

Por su parte, el eje Epistemología Conceptual permitió facilitar al alumno un material de apoyo didáctico, donde se vinculó de manera organizada la definición de lo que es una superficie extendida, ejemplos prácticos ilustrados de la vida real, ecuaciones fundamentales de la transferencia de calor para superficies extendidas y su relación con las actividades desarrolladas en la unidad UDH. De igual manera se incluyó la solución de algunos ejemplos resueltos paso a paso utilizando Mathcad como herramienta de cálculo.

El eje Desarrollo Práctico representó el acople de algunos elementos constituyentes de los ejes Impulso Motivacional y Epistemología Conceptual. Esta fase involucró fundamentalmente el uso de Mathcad como herramienta de cálculo en la solución de problemas relacionados con transferencia de calor en superficies extendidas, para ello se ejecutaron dos fases: la primera fase involucró un proceso de inducción que le permitió al alumno aprender aspectos básicos de la herramienta y su utilidad; en la segunda fase se incorporó la utilización de Mathcad como herramienta fundamental para la metodología aplicada en el aula de clase durante la aplicación del tratamiento.

¿Qué impacto causará la aplicación del modelo pedagógico en la comprensión e interpretación epistemológica de la transferencia de calor en superficies extendidas?

Uno de los puntos centrales del desarrollo de esta investigación es precisamente evaluar el efecto del Modelo Pedagógico sobre el aprendizaje y

desempeño del alumno. Para ello se consideraron dos aspectos: los resultados de la prueba postest y la opinión voluntaria del alumno sobre la metodología utilizada en la investigación.

Al comparar los resultados de la prueba postest (aspectos teóricos y aspectos prácticos) de los grupos de control y experimental, se observó una ventaja considerable en los resultados a favor del grupo experimental tal y como se señaló en la Tabla 36 y Tabla 37. Los resultados de la prueba aspectos teóricos muestran un promedio de 58,95/100 puntos para el Grupo Experimental, mientras que el Grupo de Control obtuvo un promedio de 37,95/100 puntos. De igual manera para la prueba aspectos prácticos los resultados muestran un promedio de 59,37/100 puntos para el Grupo Experimental y 20,95/100 puntos para el Grupo de Control.

Tal y como se observó el rendimiento del Grupo Experimental se mantuvo en las dos pruebas de manera aproximada sobre los 58/100 puntos, contrario al rendimiento del Grupo de Control, donde hubo un descenso de alrededor de 17/100 puntos en la prueba aspectos prácticos respecto a la prueba aspectos teóricos. Un punto acentuadamente negativo de analizar, es que el promedio de notas en el grupo de control en ambas pruebas estuvo por debajo de la nota aprobatoria, 45/100. Estos señalamientos se pudieron esquematizar y ver en forma gráfica en los diagramas de caja tal y como se señaló en la Figura 4 y la Figura 5.

Contextualizando con el análisis estadístico, se observó y ratificó en el contraste de hipótesis la diferencia acentuada y señalada en el análisis anterior, ya que según la prueba U de Mann Whitney se evidenció que en ambos casos (la prueba postest aspectos teóricos y la prueba postest aspecto prácticos) el estadístico z hallado, estuvo muy por debajo del valor crítico establecido según el nivel de significancia establecido.

Al considerar la interpretación del alumno sobre la propuesta metodológica del Modelo Pedagógico, se encontraron resultados altamente

satisfactorios tal y como se señaló en la Tabla 35 y la Tabla 39 según las respuestas dadas por los mismos alumnos.

Al compilar los resultados numéricos y las opiniones de los alumnos se puede considerar que ciertamente hubo una influencia positiva del tratamiento sobre el Grupo Experimental, ya que se apreció de manera significativa un mejor aprendizaje y desempeño del alumno en la temática considerada.

Indudablemente que el tipo de diseño considerado (cuasiexperimental) no permite numéricamente establecer una relación causa-efecto contundente entre los resultados, es decir, no se puede establecer una relación determinante entre los resultados de la prueba posttest del Grupo Experimental y el tratamiento solo debido a resultados numéricos, ya que la mediana validez interna del diseño no lo permite, sin embargo los resultados encontrados en la opinión del alumno sobre la metodología del tratamiento, si permiten concluir que ciertamente existió una relación altamente favorable entre el tratamiento y los resultados de la prueba en el Grupo Experimental respecto a los resultados del Grupo de Control.

Ciertamente los resultados numéricos no son tajantes por la validez interna del diseño cuasiexperimental, sin embargo representan una condición más real que los que se encontrarían en un diseño experimental verdadero tal y como lo señalan León y Montero (2003), por la no desnaturalización de los ambiente propios en las aulas de clase.

Por otro lado se evidenció que los ambientes estimulados en las distintas experiencias por el docente investigador, lejos de constituir condiciones espectaculares, contribuyeron al desarrollo pedagógico, permitiendo abrirse a experiencias superiores, privilegiando el interés por la consulta de contenidos disponibles en otros medios relacionados con la temática, predominando la enseñanza sobre la transferencia de conocimientos.

Un aspecto importante de resaltar y posiblemente negativo, fue la postura de algunos alumnos del Grupo de Control ante el conocimiento de las experiencias vividas por sus compañeros (Grupo Experimental) durante la implementación del modelo. Sin saber este grupo de la propuesta metodológica, anhelaron participar en ciertas experiencias, tal es el caso de la visita industrial donde se sintieron desmejorados y desatendidos según la opinión verbal de algunos; este contexto desairado por así decirlo, de acuerdo a la interpretación del docente investigador causo cierto resentimiento en algunos alumnos por no considerárseles.

¿De qué manera contextualizar la comprensión epistemológica de la transferencia de calor en superficies extendidas para estudiantes de ingeniería mecánica?

Esta pregunta trasciende mucho más allá de su significado literal, ya que la valoración numérica de los resultados bajo el diseño implementado, posiblemente limiten el alcance de los resultados encontrados tal y como se señaló. Para dar respuesta a esta pregunta se tendrá como referencia nuevamente los resultados encontrados en la Tabla 35 y la Tabla 39.

Para considerar las respuestas se parte de la idea que las actividades y el desempeño autoestructurante del alumno está influenciada por el efecto del tratamiento, y ciertamente la enseñanza de alguna manera responde también al contexto colaborador del Grupo Experimental al permitir el compendio de actividades que se han realizado. En este sentido se consideraran aspectos positivos y aspectos de refuerzo.

Aspectos en positivos:

- En reiteradas oportunidades se observó que prevaleció un ambiente con alta motivación en el alumno, tanto individual como grupal. El alumno mostró mayor interés por aprender.
- La postura del alumno ante la asignatura mantuvo un alto interés por las actividades prácticas orientadas a contextualizar aplicaciones de la vida real.
- La utilización de Mathcad como herramientas de cálculo en la solución de problemas representó una alternativa muy atractiva, destacándose la utilidad de poder parametrizar las soluciones y observar los resultados en forma gráfica.
- La prevalencia del diálogo horizontal entre alumnos y profesor representó una condición esencial, el alumno reflejó un espíritu reflexivo junto a la postura dialogante del docente.
- El alumno mostró seguridad considerable durante el desarrollo de las pruebas, destacándose una baja influencia del formulario durante las evaluaciones.
- La asistencia a las actividades en horas de clase fueron masivas, así como las experiencias prácticas en las unidades UDH y UDA y la visita industrial.
- Se evidenció que el aprendizaje tiene significado para el alumno, tal y como lo señala Méndez (2006), al relacionar lo teórico con lo práctico.
- El esfuerzo realizado por los alumnos en las diferentes actividades realizadas aseguró de alguna manera el aprendizaje, promoviendo el acceso progresivo y secuencial en las distintas etapas de su desarrollo intelectual según las necesidades establecidas.
- Hay una reiterada solicitud de los alumnos para que metodologías como estas se utilicen en otros tópicos de la asignatura transferencia de calor, e incluso que sea extensible a otras asignaturas.

Aspectos de refuerzo:

- Durante la metodología de observó que los alumnos requiere mayor disponibilidad de tiempo. De igual manera el tiempo requerido por el docente para desarrollar las diversas actividades es considerablemente alto. Previamente a la implementación del tratamiento, el docente requiere preparar las unidades prácticas a utilizar, así como los ambientes de trabajo y el material de apoyo.

- Por otro lado la preparación de actividades extras de trabajo (como la inducción al manejo de Mathcad) en algunas ocasiones coincidió con otras labores de los alumnos, por lo que el docente debe reprogramar actividades en jornadas extras para cubrir la asistencia.

- Actividades como la planificación de la visita industrial depende considerablemente de agentes externos, en este sentido hay que reprogramar ciertas actividades internas por coincidencia de horario.

- Aunque las unidades UDH, UDA y UDT son sencillas, se requiere de ciertas habilidades para conformarlas. De igual manera se necesita de algunos implementos auxiliares como sensores de temperatura, anemómetro, voltímetro, cronómetros, recipientes graduados, fuentes de calor, entre otros.

- La necesidad de implementar herramientas de cálculo computarizadas, necesita de aulas con computadores disponibles, así como de elementos audiovisuales cómo Video Bem; el trámite de estos recursos requiere una planificación anticipada.

Al valorar estos aspectos, positivos y de refuerzo, se observó que a pesar de los inconvenientes y el esfuerzo adicional, el alumno acepta esta metodología con agrado y promueve su utilización en otras temáticas y asignaturas.

Propuestas de la investigación

La implementación de metodologías con actividades extras requiere de una planificación curricular, es decir, se requiere una participación institucional de tal manera de poder disponer de los espacios necesarios y no perturbar las demás actividades del alumno.

Es imprescindible implementar visitas industriales semestrales en todas las asignaturas del ciclo profesional, de tal manera que el alumno conozca las implicaciones del mundo real y complemente los aportes académicos vistos en las horas de clase y se estimule el deseo por aprender.

La implementación de herramientas de cálculo como Mathcad, son fundamentales para mejorar la enseñanza y el aprendizaje, en tal sentido debe existir una vinculación con este tipo de recursos en asignaturas básicas, de tal manera de fortalecer su utilidad en asignaturas del ciclo profesional.

El desarrollo de actividades prácticas como las realizadas en las unidades UDH, UDA y UDT son altamente motivadoras, en este sentido hay que implementar el usos de estos recursos en otras temáticas o asignaturas. Para llevar a cabo esta propuesta se puede ejecutar actividades vía proyectos grupales, donde exista el incentivo por la participación y un crecimiento sostenido semestre a semestre.

Proyecciones de la investigación

Para contextualizar las interpretaciones del alumno en esta investigación y su vigencia con el mundo práctico, el docente investigador sugiere evaluar las implicaciones de los egresados UNET en ingeniería mecánica, al juzgar y tantear sus aprendizajes en una temática de interés

bajo metodologías similares a las usadas en esta investigación. La temática práctica pudiese consistir en el análisis termodinámico de algún elemento mecánico práctico bajo metodologías tradicionales y metodologías fundamentadas en la Escuela Activa, de tal manera de conocer hasta donde pudiese ser suficiente lo teórico y lo práctico, y poder así, tener referencias y testimonios prácticos para establecer límites y reflexiones en los distintos procesos de la enseñanza en carreras, tal es el caso de la ingeniería mecánica.

Reflexiones finales

Indudablemente que esta propuesta constituye un pequeño avance en ese mar tan inmenso de posibilidades que existen, o deben existir para mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje de los alumnos. Ciertamente esta propuesta metodológica llamada Modelo Pedagógico no es lo mejor de lo mejor, hay cosas por mejorar, sin embargo se evidenció que la propuesta del modelo pedagógico autoestructurante permite desarrollar capacidades altamente motivadoras en los alumnos.

Los resultados numéricos de las pruebas permitieron discriminar el desempeño de un grupo sobre el otro, pero nada como el testimonio hablado en forma escrita por los estudiantes para poder decir —vale la pena hacer un esfuerzo adicional— con tal y lograr motivar al alumno y hacer que se manifieste el interés por aprender.

Para finalizar se cita un pensamiento del maestro Simón Rodríguez, que induce a mejorar por el bien personal y el bien de la patria: *Nadie hace bien lo que no sabe; por consiguiente nunca se hará República con gente ignorante, sea cual fuere el plan que se adopte.*

REFERENCIAS

- Águeda, B., Cruz, A. (2005). Nuevas claves para la docencia universitaria en el Espacio Europeo de Educación Superior. NARCEA, S.A. EDICIONES. Madrid. España.
- AKAL, Básica de Bolsillo. (2012). DIDÁCTICA MAGNA COMENIUS. Madrid. España.
- Albornoz, O. (2006). LA UNIVERSIDAD LATINOAMERICANA, ENTRE DAVOS Y PORTO ALEGRE. Editorial CEC, S.A. Caracas. Venezuela.
- Aldape, T. (2008). Desarrollo de Las Competencias del Docente. Demanda de La Aldea Global Siglo XXI. Libros en red.
- Amezcuca, C. y Jiménez, A. (1996). Evaluación de programas sociales. Ediciones Díaz de Santos S. A. Madrid. España.
- Asún, R., Zúñiga, C. y Ayala, M. (2013). La formación por competencias y los estudiantes: confluencias y divergencias en la construcción del docente ideal, 38, 277-304.
- Ávila, H. (2006). Introducción a la metodología de la investigación. Editorial. Eumed.net. Chihuahua. México.
- Ballart, X. (1992). ¿Cómo evaluar programas y servicios públicos?: aproximación sistemática y estudio de casos. Ministerio para las administraciones públicas. Madrid. España.
- Balluerka, N. y Vergara A. (2002). Diseños de Investigación Experimental en psicología. Editorial Prentice Hall. Madrid. España.
- Betancourt, Grajales, R. (2003). Transferencia molecular de calor, masa y/o cantidad de movimiento. Impreso Centro de Publicación Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales. Colombia.

- Betrán, J. y Bueno, J. (1995). *Psicología de la Educación*. Editorial Maixareu Universitaria. España.
- Biggs, J. (1999). *Calidad del aprendizaje universitario*. Ediciones Narcea, S.A. Madrid. España.
- Bisquerra, R. (1996). *Orígenes y desarrollo de la ORIENTACIÓN PSICOPEDAGÓGICA*. Editorial NARCEA S. A. Madrid. España.
- Bolívar, C. (2002). *Instrumentos de Investigación Educativa. Procedimiento para su Diseño y Validación*. Impresión Tipografía y Litografía Horizontes, C. A. Barquisimeto. Venezuela.
- Cairns, T. (2002). *La Edad Media: AKAL/CAMBRIDGE • HISTORIA DEL MUNDO PARA JÓVENES 4*. Ediciones Akal, S. A. Toledo. España.
- Campbell, D. y Stanley, J. (1966). *Diseños experimentales y cuasiexperimentales en la investigación social*. Amotortu editores, S. A. Buenos Aires. Argentina.
- Carratalá, F. (2013). *La comunicación lingüística: como competencia transversal*. Ediciones de la Torre. Madrid. España.
- Castejón, J. y Navas, L. (2009). *APRENDIZAJE, DESARROLLO Y DISFUNCIONES: implicaciones para la enseñanza en la EDUCACIÓN SECUNDARIA*. Editorial Club Universitaria. España.
- Çengel, Y. (2004). *Transferencia de Calor*. MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. México D.F. México.
- Coll, C., Martín, E., Mauri, T., Miras, M., Onrubia, J., Solé, I. y Zabala, A. (1999) Editorial Graó. Barcelona. España.
- D'Astus, A., Sanabria, R. y Pierre, S. (2003). *Investigación de mercados Una manera de conocer preferencias, comportamientos y tendencias*. Grupo Editorial NORMA S. A. Bogotá. Colombia.
- De Hostos, M. (1991). *Ciencia de la pedagogía: nociones e historia*. Editorial de la Universidad de Puerto Rico. República Dominicana.
- De Zubiría (2006). *Los modelos pedagógicos: hacia una pedagogía dialogante*. Ediciones Aula Abierta Magisterio. Bogotá. Colombia.

- Declaración Final de la Conferencia Regional de Educación Superior en América Latina y El Caribe Conferencia Regional de Educación Superior (2008). (Documento en Línea). Disponible: www.oei.es/salactsi/cres.htm/ [Consultada: 2016, Enero 04]
- Definición.De (2015). (Documento en Línea). Disponible: <http://definicion.de/> [Consultada: 2015, Agosto 07]
- Díaz, F. (2002). Didáctica y currículo: un enfoque constructivista. Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha. España.
- Díaz, F. y Hernández G. (1999). Estrategias docentes para un aprendizaje
- Díaz, F., Sánchez, Z. y Roa, J. (2009). ESTUDIO EGRESADOS UNET.
- Diccionario de la Lengua Española. (1992). Madrid. España.
- Dimensión ontológica axiológica filosófica epistemológica metodológica. (2013) (Documento en Línea), disponible: <http://epistemologiadelagerenciavanzada.blogspot.com>, [Consulta: 2016 Agostos 21].
- Drucker, P. (1996). Una visión sobre: La administración La organización basada en la información La economía. Grupo editorial NORMA S. A. Bogotá. Colombia.
- Duque, J. (2006). Efectos de la Educación a Distancia en Estudiantes Repitientes de Termodinámica I. Tesis doctoral no publicada, Nova Southeastern University, Fischler School of Education and Human Services. Estados Unidos.
- Elliott, J. (2005). El cambio educativo desde la investigación-acción. Ediciones MORATA S. L. Madrid. España.
- Escandell, C. (2014). Evaluación del proceso de enseñanza-aprendizaje en formación profesional para el empleo. Editorial Ideaspropias. Vigo. España.
- Escandell, C. (2014). Evaluación del proceso de enseñanza-aprendizaje en formación profesional para el empleo. Editorial Ideaspropias. Vigo. España.

- Escribano, A. (2004). Aprender a enseñar: fundamentos de didáctica general. Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha. España.
- Fermín, G. (2005). Epistemología de la Educación y la Pedagogía. Impreso en Lito-Formas. San Cristóbal. Venezuela.
- Fermoso, P., Capella, J. y Collom, A. (1994) Teoría de la Educación. Editorial Universidad Nacional a Distancia. San José. Costa Rica.
- Fernández, E. (2006). Constructivismo, Innovación y Enseñanza Efectiva. Editorial EQUINOCCIO Universidad Simón Bolívar. Caracas Venezuela.
- Flores, R. (2010). Manual Cómo Elaborar Pruebas Objetivas. Instituto Politécnico Nacional Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos. México.
- Fontes de Gracia, S., García, C., Quintadilla, L., Rodríguez, R., Rubio de Lemus, P. y Sarriá, E. (2015). Fundamentos de Investigación en Psicología. Ediciones Universidad Nacional de Educación a Distancia. Madrid. España.
- Foulquié, P. (1967). Diccionario del Lenguaje Filosófico. Editorial LABOR, S. A. Barcelona. España.
- Francesc, J. (2008). Medición y evaluación educativa. Editorial La Muralla S.A. Madrid. España.
- Galindo, L. (Coordinador) (2000). Técnicas de investigación en sociedad, cultura y comunicación. S.A. ALHAMBRA MEXICANA. México.
- Garbanzo, G. (2007). Factores asociados al rendimiento académico en estudiantes universitarios, una reflexión desde la calidad de la educación superior pública. Revista Educación 31(1), 43-63, ISSN: 0379-7082, 2007. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Gómez, M. (2006). Introducción a la metodología de la investigación científica. Editorial Brujas. Córdoba. Argentina.
- Gómez-Chacón, M., González, J., Bosswick, W. y Besserer, F. (2005). Educación Superior y Retos de la Cooperación Internacional: Migraciones y Derechos Humanos Intercultural y Paz. Publicaciones de la Universidad de Deustro. Bilbao. España.

- Gonzales, A. (2004). Aprender a enseñar: fundamentos de didáctica general. Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha. España.
- Gonzales, V. (2003). Estrategias de Enseñanza y Aprendizaje. Ediciones Pax México, Librería Carlos Cesarman, S. A. México.
- Grau Pacheco, J. (2006). Representaciones Sociales de la Ciencia y Tecnología en Instituciones de Educación Superior de la Región Andina Tachireense; Caso de Estudio: Instituto Universitario de Tecnología Agroindustrial (IUT) y Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET). Tesis doctoral no publicada. Universidad Nacional Experimental Libertador.
- Gronlund, N. (2008). Elaboración de tests de aprovechamiento. Editorial Trillas. México.
- Guàrdia Olmos, J., Freixa Blanchart, M., Però Cebollero, M. y Turbany Oset, J. (2008). Análisis de Datos en Psicología. Publicaciones Universitarias. Madrid. España.
- Gutiérrez, I. y Yagüe, M. (x) Pruebas Objetivas. Departamento de Didáctica y Organización Escolar. Universidad de Murcia. (Documento en línea), disponible: <https://digitum.um.es/jspui/bitstream>, [Consulta: 2016 mayo 09].
- Gutiérrez, T. (2007). Efectos de una Estrategia de Enseñanza Computarizada en la Opinión, Participación y Rendimiento de Estudiantes de Ingeniería Mecánica. Tesis doctoral no publicada, Nova Southeastern University, Fischler School of Education and Human Services, en Estados Unidos.
- Hermán, M. (2014). Evaluación del proceso de enseñanza-aprendizaje en formación profesional para el empleo. Editorial ic. Madrid. España.
- Hernández, R., Fernández, C., y Batista, M. (2010). Metodología de la Investigación. Editorial McGRAW-HILL. México.
- Hogan, T. (2015). Pruebas psicológicas, Una introducción práctica. Editorial El Manual Moreno, S.A. México.

- Hurtado, I. y Toro, J. (2007). Paradigmas y Métodos de Investigación en Tiempos de Cambio. Editorial CEC, S. A. Caracas Venezuela.
- Ibáñez, C. (2007). Metodología para la Planeación de la Educación Superior Una aproximación desde la Psicología Interconductual. Mora-Cantúa Editores, S.A. Hermosillo. México.
- Ibáñez, J. (2015) Métodos, técnicas e instrumentos de la investigación criminológica. Editorial Dykinson. Madrid. España.
- Incropera, F. y DeWitt D. (1999). Fundamentos de Transferencia de Calor. Prentice Hall Hispanoamericana S. A. México. México.
- Kreith, F., Manglik, R. y Bohn, M. (2011). Principios de transferencia de calor. Editorial Latinoamericana. México. México.
- Lavín, S. y Del Solar, S. (2002). El Proyecto Educativo Institucional como herramienta de transformación de la vida escolar. LOM Ediciones/PIIE. Santiago de Chile.
- León, O. y Montero, I. (2003). Métodos de Investigación en Psicología y Educación. Editorial McGRAW-HILL, LATINOAMERICANA DE ESPAÑA, S. A. U. Madrid. España.
- Lizardo de Álvarez, S. (2008). *Los Buenos "Profes": la Calidad del Docente Universitario Desde la Perspectiva de los Estudiantes*, Tesis de doctorado no publicado, Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela. (Documento en Línea), disponible: <http://www.human.ula.ve/doctoradoeducacion/investigacion/tesis.php>, [Consulta: 2014 Abril 20-21].
- Malagón, L. A. (2007). Currículo y pertinencia en la educación superior. Editorial magisterio. Bogotá. Colombia.
- Manacorda, M. A. (2006). Historia de la Educación: 1, De la Antigüedad al 1500. Novena edición en español. siglo xxi editores, S. A. México. México.
- Marques, M. (2014). Estadística Básica un enfoque no paramétrico. Fondo Editorial Universidad Nacional Autónoma de México. México.

- Marrou, H. (2004). Historia de la educación en la Antigüedad. Ediciones Akal, S. A. Madrid. España.
- Martínez, M. (2002). Congreso Internacional sobre el Nuevo Paradigma de la Ciencia de la Educación: la Posibilidad de Ser. México. (Documento en línea), disponible: <http://prof.usb.ve/miguelm/nuevoparadigmaeducacion.html>, [Consulta: 2016 mayo 02].
- McCormick, R. y James, M. (1997). Evaluación del curriculum en los centros escolares. Ediciones Motara, S. L. Madrid. España.
- McCormick, R. y James, M. (1997). Evaluación del curriculum en los centros escolares. Ediciones Motara, S. L. Madrid. España.
- Méndez, Z. (2006). Aprendizaje y Cognición. Editorial Universidad Estatal a Distancia San José de Costa Rica. Costa Rica.
- Montes del Castillo, A. (2000). Servicio de publicaciones Universidad de Murcia. Murcia. España.
- Montgomery, D. (2004). Diseño y Análisis de Experimentos. Editorial LIMUSA S.A. México.
- Moreno, G. (2000). Introducción a la Metodología de la investigación educativa. Editorial Progreso, S.A. México.
- Moreno, M. (2003). Filosofía Volumen II. Antropología, Psicología y Sociología. Editorial Mad, S. L. Sevilla. España.
- Morles, V., Muñoz, L. y Valbuena, A. (1977). Manual sobre las pruebas de rendimiento escolar. Ediciones CO-BO. Caracas. Venezuela.
- Muños, J., Quintero, J. y Munévar, R. (2005). Competencias investigativas para profesionales que forman y enseñan: cómo desarrollar competencias investigativas en educación. Cooperativa Editorial Magisterio. Bogotá. Colombia.
- Murillo, F. (2006). (Coordinador) Estudios sobre eficacia escolar en Iberoamérica: 15 buenas investigaciones. Ediciones Convenio Andrés Bello. Bogotá. Colombia.

- Navas, J. (Coordinadora) (2010). Métodos, diseños y técnicas de investigación psicológica. Universidad Nacional de Educación a Distancia. Madrid. España.
- Navas, M. (Coordinadora) (2010). Métodos, diseños y técnicas de investigación psicológica. Universidad Nacional de Educación a Distancia. Edición digital. Madrid. España.
- Nieves, A. y Domínguez, F. (2010). Probabilidad y estadística para ingeniería: un enfoque moderno. Editorial McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S. A. México.
- Olivero-Sánchez, F., Suasnabas-Pacheco, L., Solís-Velasco, P. y Jácome-Encalada, S. (2015). Reflexiones sobre Calidad Educativa en la educación universitaria venezolana. Revista Ciencia UNEMI. Vol. 8 - N° 14, Junio 2015, pp. 75 -82. ISSN: 1390 – 4272.
- Oñoro, R. (2003). Educación superior y formación de educadores. Editorial Universidad de Cartagena. Cartagena. Colombia.
- Pérez, R. (2006). Evaluación de programas educativos. Editorial La Muralla, S.A. Madrid. España.
- Pérez, R., Galán, A. y Quintanal, J. (2012). Métodos y diseños de investigación en educación. Universidad Nacional de Educación a Distancia. Edición digital. Madrid. España.
- Quintana, C. (1998). Elementos de Inferencia Estadística. Editorial de la Universidad de Costa Rica. San José. Costa Rica.
- Rebaza, I. (2007). La Investigación Contable-tributaria Teoría Y Práctica. Editorial Colegio de Contadores Públicos de Lima. Perú.
- Rendón, M. (2005). Bases teóricas y filosóficas de la bibliotecología. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Rodríguez, E. (2005). Metodología de la Investigación. La creatividad, el rigor de estudio y la integridad son factores que transforman al estudiante e u profesionalista de éxito. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

- Rodríguez, N. (2011). *Diseños Experimentales en Educación*. 2, 147-158.
- Rojas, R. (2005). Historia de la Universidad Venezolana. (Documento en Línea), disponible: <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/21037/1/articulo2.pdf>. [Consulta: 2015 Octubre 10].
- Rosales, C. (2000). *Evaluar es reflexionar sobre la enseñanza*. Ediciones Narcea, S.A. Madrid. España.
- Ruiz, C. (2002). *Instrumentos de Investigación Educativa. Procedimientos para su Diseño y Validación*. Tipografía y Litografía Horizontes, C. A. Barquisimeto. Venezuela.
- Sáez, J. (2003). *Educación y aprendizaje en las personas mayores*. Editorial Dykinson S. L. Madrid. España.
- Salkind, N. (1998). *Métodos de Investigación*. Editorial Prentice Hall Hispanoamericana, S.A. México.
- Schunk, D. (1997). *Teorías del aprendizaje*. Editorial Prentice-Hall. México.
- Significativo. *Una interpretación constructivista*. Editorial McGraw Hill. México.
- Stracuzzi, S. y Pestana F. (2010). *Metodología de la investigación cuantitativa*. FEDUPEL. Caracas. Venezuela.
- Tavera, F. (2000). *La calidad en la enseñanza de la ingeniería ante el siglo XXI*. Editorial Limusa, S.A. México.
- Tejedor, F. y Etxeberria, J. (2006). *Análisis inferencial de datos en educación*. Editorial la Muralla, S.A. Madrid. España.
- Tejedor, J. (2008). *Investigación educativa: su desarrollo en el ámbito de la Tecnología Educativa*. Ediciones Universidad de Salamanca. España.
- Toledo, A. (2006). *Agua, Hombre y Paisaje*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, México, México.
- Tünnermann, Bernheim, C. (2003). *La Universidad ante los retos del siglo XXI*. Ediciones de la Universidad autónoma de Yucatán. México.

- Una Didáctica Basada en el Cognoscitvismo. Dimensión epistemológica y científica de la didáctica (2015). (Documento en Línea), disponible: <https://es.scribd.com/doc/268388169/DIDACTICA-3-Y-4>, [Consulta: 2015 Noviembre 20].
- Valero, J. (1989) La escuela que yo quiero. Editorial Progreso, S. A. de C. V. México.
- Yuri y Urbano (2005). Mapas y Herramientas para conocer la escuela. Investigación Etnográfica Investigación-Acción. Editorial Brujas. Córdoba. Argentina.

APÉNDICES

APENDICE A
Impulso Motivacional

Generalidades

Como se ha comentado anteriormente, el impulso motivacional está relacionado con un conjunto de actividades que realiza el alumno bajo la orientación del docente investigador, de tal manera de fomentar el interés en la temática transferencia de calor en superficies extendida, con el firme propósito de estimular el aprendizaje y desempeño del alumno. En este aspecto se ha estructurado tres actividades prácticas a desarrollar en el aula de clase y una actividad complementaria que consiste en la realización de una visita industrial.

Impulso Motivacional

Como ya es conocido en cualquier actividad desarrollada por el hombre, la motivación es fundamental para el accionar y su desenvolvimiento. Esto no escapa a las actividades académicas, tanto alumnos y profesores en sus distintas tareas, permanentemente necesitan de elementos y (o) acciones motivacionales que de alguna manera mejoren el quehacer diario en su entorno. Con relación a la actuación de los alumnos durante los procesos de enseñanza y aprendizaje, Castejón y Navas (2011) comentan:

La motivación es un constructo explicativo de indudable importancia para el aprendizaje. Junto con los conocimientos previos que posee el aprendiz cuando llega a la situación de aprendizaje y la inteligencia, la motivación es uno de los factores explicativos más importantes del rendimiento. La motivación por sí misma, independientemente de variables, tales como la inteligencia ayuda a entender las causas de los logros de los alumnos; o lo que es lo mismo, entre dos alumnos de nivel intelectual semejante aquél más motivado es el que tendrá mayor rendimiento académico. (p. 133).

Tal y como se comentó en la definición del Impulso Motivacional, en esta fase se utilizarán tres unidades didácticas (UDH, UDA y UDT) sobre las cuales se fundamentará la motivación inicial; aquí el alumno podrá participar

en la ejecución de procesos prácticos relacionados con la transferencia de calor en superficies extendidas, permitiéndole comprender principios relacionados con la temática. Esta fase tienen que ver con ambientes estimulantes de experiencias que aporta el profesor facilitando al alumno lograr el aprendizaje requerido, comprender la manera como se transfiere el calor en una superficie extendida mediante experiencias prácticas y simples, haciendo analogías con aprendizajes ya conocidos.

A continuación se describe cada una de estas unidades y, se plantean actividades posibles a realizar en ellas, tratando en lo posible que estas sean divertidas, donde se evalúen resultados reales e inmediatos y fáciles de comprender.

Unidad UDH

En la Figura 1 se muestra una fotografía de la unidad UDH y sus componentes, entre los que se destaca: Depósito graduado con agua, válvula de control, conexiones y tubo agujereado. Con el uso de esta unidad se persigue dos propósitos fundamentales:

1. Identificar el efecto de la altura del agua en el depósito, sobre el flujo de agua en el tubo agujereado.
2. Reconocer la variación del flujo interno de agua a lo largo del tubo agujereado debido a las fugas por los orificios laterales.

Al circular el agua por el tubo agujereado se puede observar, medir y caracterizar de manera simple la variación del flujo de agua, tanto por el interior del tubo agujereado como por los orificios laterales. Con cierta analogía, estas variaciones de flujo son semejantes a la variación de los flujos del calor transferido por conducción y convección en una superficie extendida de sección transversal constante cuando actúa como elemento disipador de calor.



- 1 Válvula de control.
- 2 Depósito de agua graduado.
- 3 Tubo agujereado.

Figura 1 Fotografía de la unidad UDH y sus componentes.
Fuente: Elaboración Propia.

En esta experiencia el estudiante debe realizar los siguientes pasos:

1. Cerrar la válvula de control y llenar el depósito de agua hasta el menisco 25 o nivel superior.
2. Abrir la válvula de control completamente y observar como es el flujo de agua por el tubo agujereado mientras el nivel desciende desde el menisco superior al inferior.
3. Repetir el paso anterior y registrar dos instantes a través de fotografías (para dos o más niveles) y discutir su registro en grupo.
4. Mantener constante el nivel de agua para al menos dos de los niveles indicados (desde 5 a 25), deje que fluya el agua libremente y mida el flujo que ingresa al tubo agujereado y las fugas parciales por los orificios laterales.

Para realizar esta experiencia se debe disponer de una fuente con agua, trozo de manguera, recipiente graduado, cronómetro y cámara fotográfica.

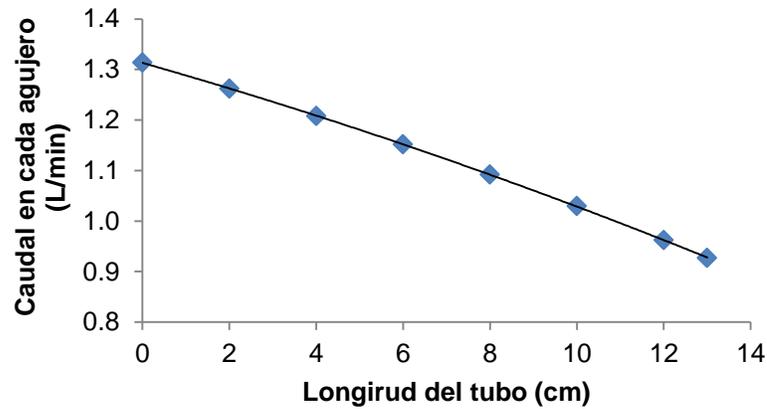
Con esta información se puede representar y determinar la relación del flujo de agua por el tubo agujereado y el nivel de agua en el depósito. También se pudiese evaluar la variación del caudal de agua por cada orificio dependiendo del nivel de agua en cada menisco. En la Figura 3 se muestra una fotografía de la UDH cuando el nivel de agua en el depósito está en el menisco 25; para esta condición fluye agua por el tubo agujereado, el agua se logra derramar por cada uno de los orificios a lo largo del tubo.



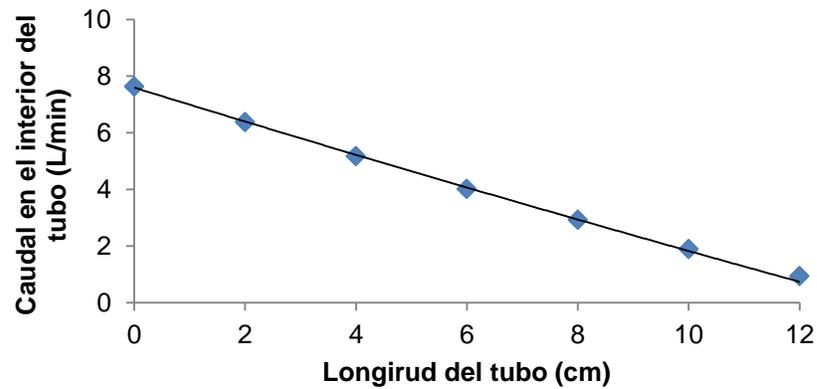
Figura 2 Flujo de agua a lo largo del tubo agujereado para un nivel en el menisco de 25.
Fuente: Elaboración Propia.

Obsérvese como la mayor fuga de agua ocurre por el primer orificio, en adelante, hay una disminución progresiva de los flujos de agua a lo largo del tubo. Para esta experiencia se ha medido el caudal parcial en litros por minuto (L/min) por cada orificio. Con esta simple información, se puede

obtener la representación gráfica indicada en la Figura 3, resultados que muestran la variación del flujo de agua tanto por los orificios como el flujo interno a lo largo del tubo.



(a)



(b)

Figura 3 Variación del flujo de agua en, (a) cada agujero y (b) el interior del tubo. Fuente: Elaboración Propia.

La disminución progresiva del flujo de agua por cada uno de los orificios Figura 3 (a) es la causa de la reducción del flujo de agua en el interior del tubo Figura 3 (b), esta interacción entre estos flujos de agua representa un

efecto combinado entre lo que circula por el interior del tubo y las fugas laterales, que de alguna manera se condicionan el uno al otro. Estos resultados aparentemente simples, son muy importante para comprender la transferencia de calor en una superficie extendida tal y como se observará más adelante. Estas actividades se pueden reconocer y consolidar aún más con las experiencias que se podrán hacer en la unidad UDA.

Unidad UDA

En la Figura 4 se muestran dos fotografías de la unidad UDA y sus componentes, entre ellos se destaca: dos barras macizas, una de aluminio y otra de acero; un núcleo hueco de cobre; la estructura y la fuente de calor (mechero a gas. En la Tabla 1 se encuentran las características geométricas de las barras de aluminio, de acero y el núcleo de cobre, también se muestra la conductividad térmica de cada material, leída a 300 K.

Tabla 1 Características geométricas y conductividad térmica del aluminio, acero y cobre, leídas a 300 K.

Barras	Longitud (mm)	Diámetro (m)	Conductividad térmica (W/m·K)
Aluminio	66	6,3	237
Acero	66	6,3	64
Cobre	32	19/6,35	401

Fuente: Elaboración Propia (2016).

Tanto la barra de aluminio como la de acero tienen 7 entalladuras distanciadas entre sí 10 mm, con una profundidad de 1 mm cada una y, de $\frac{1}{8}$ de pulgada de diámetro; el núcleo de cobre es hueco, también incluye una entalladura en la parte central, con un diámetro de $\frac{1}{8}$ de pulgada; en estas entalladuras se introducirá un sensor de temperatura (termopar tipo K) para poder medir la temperatura en cada punto.

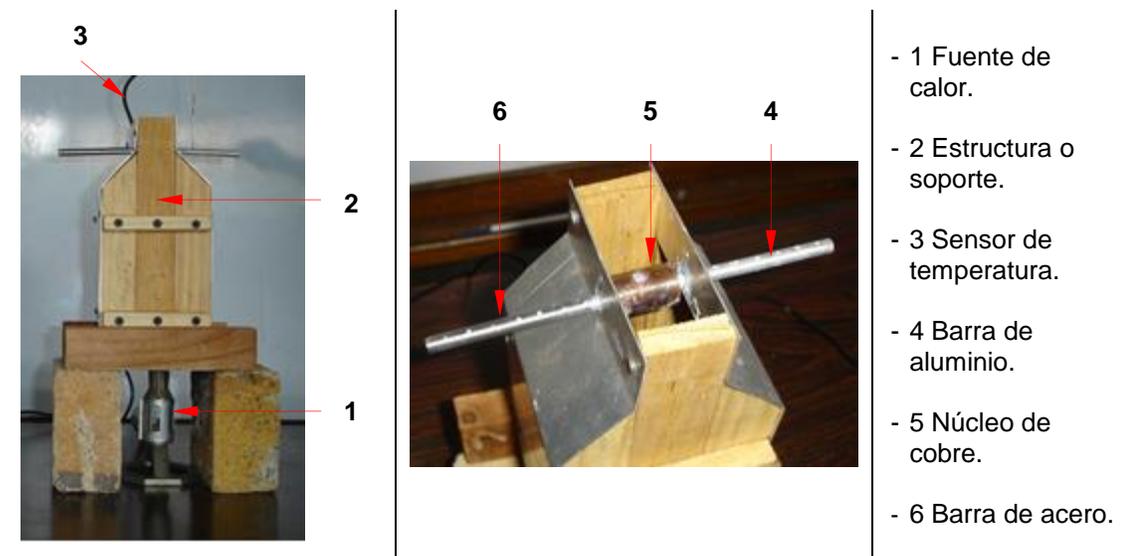


Figura 4 Fotografía de la unidad UDC y sus componentes.
Fuente: Elaboración Propia.

Para mayor simplicidad, en adelante cada entalladura se llamará simplemente nodo. En la unidad UDT se persigue tres propósitos fundamentales:

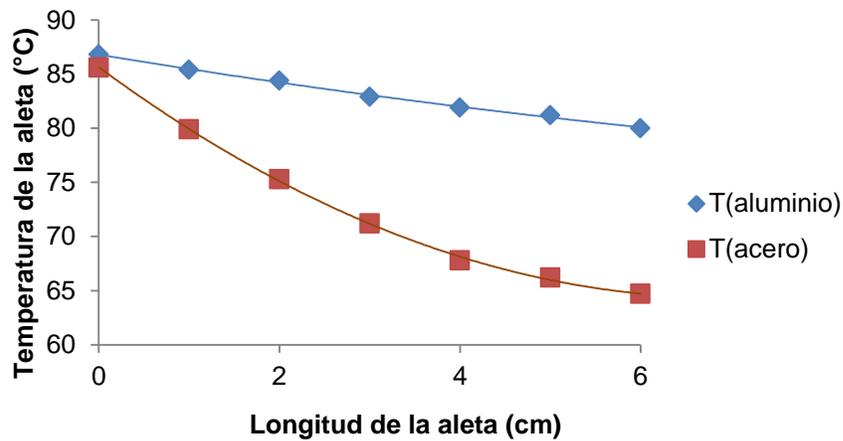
1. Evaluar el efecto sobre la temperatura del núcleo de cobre, con y sin barras. En este caso se debe resaltar el efecto de las barras como elementos disipadores de calor sobre la temperatura del núcleo.
2. Identificar el efecto de la temperatura en el núcleo de cobre, sobre la distribución de temperatura en las barras de aluminio y de acero.
3. Reconocer la variación de la temperatura en cada nodo (tanto en el aluminio como en el acero) y relacionarla con la conductividad térmica de cada barra.

Para esta experiencia el alumno debe realizar los siguientes pasos:

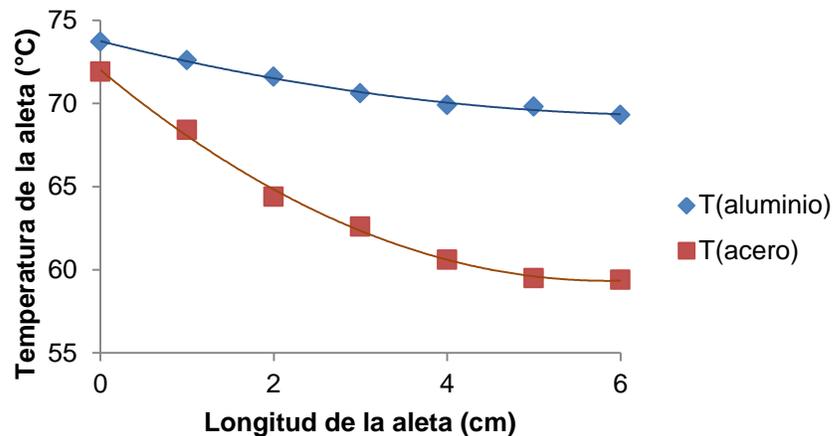
1. Manteniendo el núcleo de cobre con un soporte adecuado, calentarlo sin las barras de aluminio y de acero, hasta que la temperatura se estabilice en un valor máximo (registrar este valor con la ayuda del termopar tipo K disponible).

2. Con la misma intensidad de la fuente de calor sobre el núcleo de cobre, colocar las barras de aluminio y acero en los agujeros laterales.
3. Al estabilizarse las temperaturas, registrar los valores en cada uno de los nodos, tanto en el núcleo de cobre como en las barras de aluminio y de acero.

Como una muestra, en la Figura 5 se muestra la distribución de temperatura en las barras de aluminio y de acero para dos temperaturas del núcleo de cobre, 103 y 86 °C respectivamente. Como se observa, a mayor temperatura en el núcleo de cobre, se logran mayores temperaturas en la barras. Por otro lado, las temperaturas más altas se obtienen en la barra de aluminio para cada una de las temperaturas del núcleo de cobre.



(a)



(b)

Figura 5 Distribución de temperatura en las barras de aluminio y acero para dos temperaturas del núcleo, (a) 103 °C y (b) 86 °C.
Fuente: Elaboración Propia.

Una vez consolidada la información anterior, es conveniente que el alumno haga las siguientes preguntas:

1. ¿Qué hace que la distribución de temperatura en las barras de aluminio y el acero tenga la forma indicada?
2. ¿Por qué a mayores temperaturas en el núcleo de cobre se alcanzan mayores temperaturas en las barras?
3. ¿Tiene esta distribución de temperaturas una ecuación específica?
4. ¿Por qué en la barra de acero se observa mayor caída de temperatura que en el aluminio?
5. ¿Cómo ocurre la transferencia de calor en las barras?
6. ¿Qué tiene que ver los resultados de la unidad UDH con los encontrados en la unidad UDC?

Cada una de estas preguntas tiene una respuesta fundamentada en conceptos previos que el alumno maneja, por ejemplo, la respuesta a la primera pregunta se puede fundamentar tomando como referencia los

resultados logrados en la unidad UDH. En este caso se observó que el flujo de agua que ingresa al tubo agujereado por su base, disminuye progresivamente tal y como se indicó en la Figura 3 (b). Esta disminución del flujo interno es debido a las fugas por los orificios laterales, según se observó.

En las barras de aluminio y de acero ocurre algo semejante; por ejemplo, hay un calor por conducción que fluye del núcleo de cobre a la barra de aluminio inducido por la diferencia de temperatura que hay entre el cobre ($T = 86\text{ }^{\circ}\text{C}$) y el ambiente ($T = 26\text{ }^{\circ}\text{C}$). Como la barra tiene una temperatura mayor a la del ambiente, se induce también un flujo de calor por convección desde la barra al aire. Esto resulta en un efecto combinado de dos flujos de calor; el calor que fluye por conducción en la barra se fuga por convección a través de la superficie al aire y, poco a poco se desvanece, perdiéndose lógicamente la capacidad de calentamiento debido a la disminución de este calor, lo cual hace que la distribución de temperatura descienda según la forma indicada

En este caso el flujo de calor transferido por convección desde la superficie de la barra al aire, representa las fugas de agua por los orificios laterales del tubo agujereado, y el calor por conducción a través de la barra representa el flujo de agua por el interior del tubo agujereado.

En la experiencia realizada en la UDH fue sencillo medir los flujos de agua indicados, sin embargo, los flujos de calor señalados en la UDC no se pueden medir, simplemente hay que calcularlos con las ecuaciones respectivas partiendo de la distribución de temperatura hallada.

Con esta distribución de temperatura y los datos indicados en la Tabla 1 se puede determinar el flujo de calor por conducción a lo largo de ambas barras, para ello se utilizará la ecuación de Fourier (esto se fundamentará más adelante). En la Figura 6 se muestra la variación del flujo de calor por conducción a lo largo de cada barra cuando el núcleo está a $86\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Esta variación del flujo de calor por conducción en el acero y aluminio, es semejante a la variación del flujo de agua por el interior del tubo, según se indicó en la Figura 4 (b). Lógicamente si las barras estuviesen aisladas no existiera fugas por convección y, el calor por conducción sería constante a lo largo de la barra; de igual manera ocurriría en el tubo agujereado, si no existieran orificios, el flujo de agua internamente sería el mismo a lo largo del tubo.

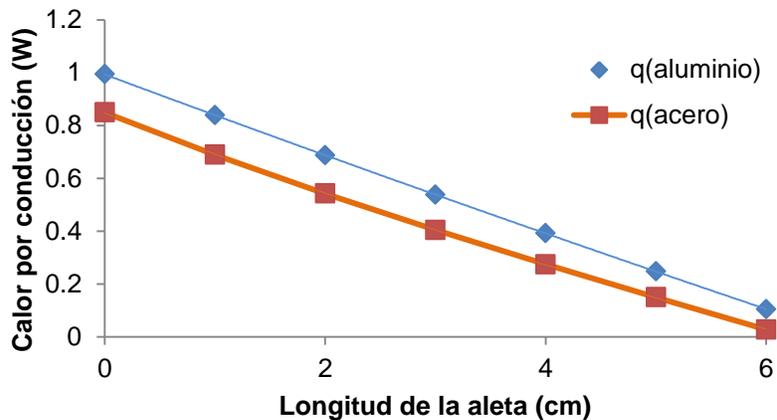


Figura 6 Variación del flujo de calor por conducción a lo largo de las barras de aluminio y acero para una temperatura del núcleo de 86 °C.
Fuente: Elaboración Propia.

Unidad UDT

La actividad con la unidad UDT en esta fase posiblemente sea una experiencia que va más allá de comprender la aplicabilidad de las superficies extendidas en procesos industriales como elementos captadores de calor. La unidad UDT constituye literalmente la realidad del principio de funcionamiento de una planta térmica con turbina a vapor para generar potencia eléctrica partiendo de la quema de un combustible como energía base.

En la Figura 7 se muestran dos fotografías de la unidad UDT donde se señalan los principales componentes y su disposición. Dentro de estos componentes se resalta el generador de vapor y un sobrecalentador (ambos elementos son muy básicos).

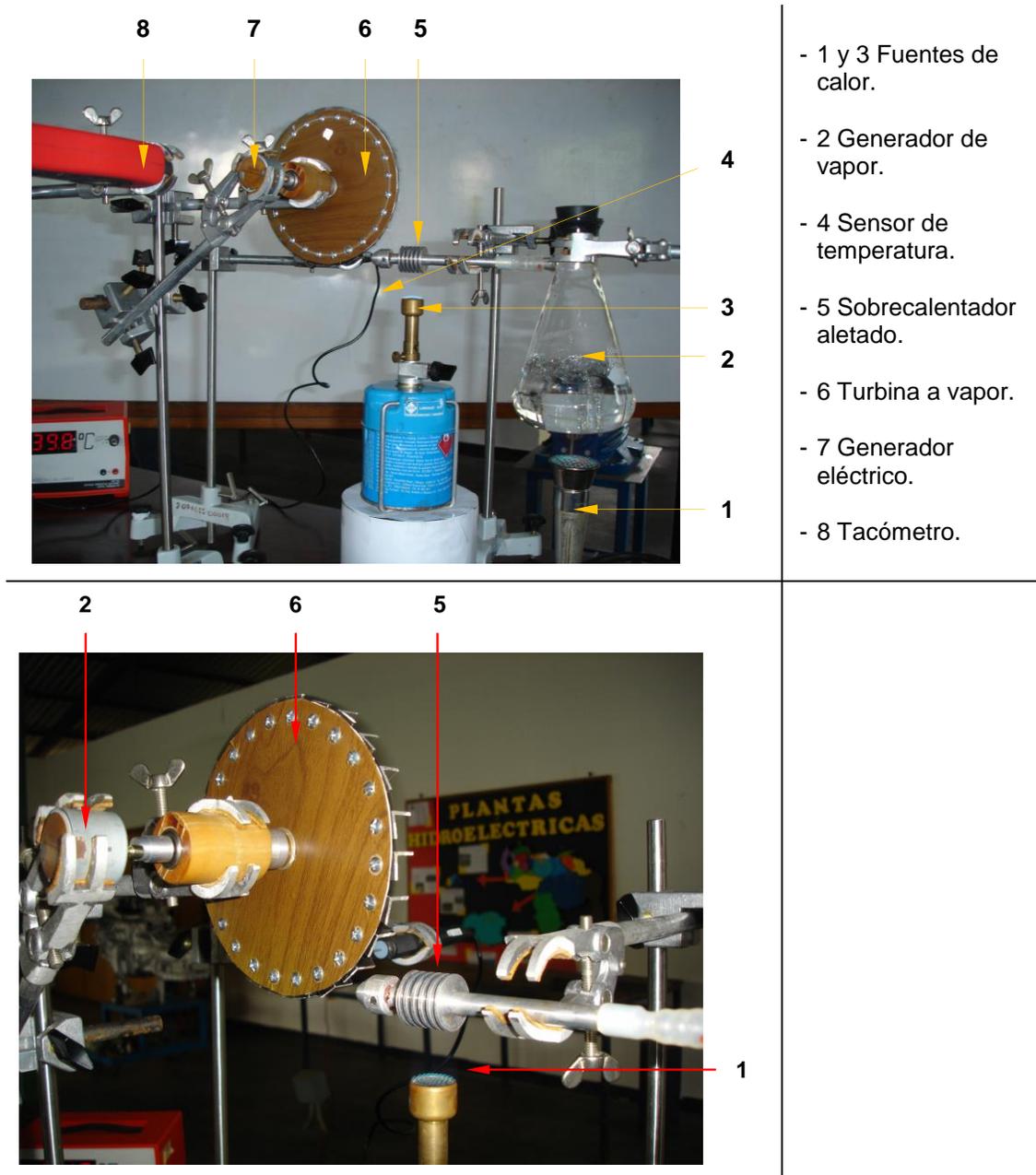


Figura 7. Fotografía de la unidad UDT y sus componentes.
Fuente: Elaboración Propia.

El generador de vapor es un matraz kitazato resistente a cambios de presión moderados, el sobrecalentador consiste en un tubo de aluminio que tiene dos tramos bien característicos, una parte es lizo totalmente y la otra tiene superficies extendidas (llamadas aletas anulares). También se dispone de una rueda con paletas (turbina básica a vapor) conectada a un micro-generador eléctrico. De igual manera se incluyen dos elementos calefactores a gas, uno para el generador de vapor y el otro para el sobrecalentador.

Al igual que en las anteriores unidades, en este caso se han omitido elementos auxiliares, sin embargo el alumno dispondrá de cualquier recurso adicional que haga falta para su utilización. En la unidad UDT se persigue dos propósitos fundamentales:

1. Evaluar el efecto sobre la temperatura del vapor a la salida del sobrecalentador, cuando el elemento calefactor actúa individualmente tanto en el tramo lizo como en el tramo con aletas.
2. Identificar el efecto de la temperatura del vapor a la salida del sobrecalentador, sobre la velocidad de giro de la rueda con paletas y la tensión generada en el micro-generador.

Par realizar esta experiencia se debe disponer de: dos elementos calefactores, agua destilada, sensor de temperatura, tacómetro y voltímetro. De consolidarse los propósitos planteados, es conveniente que el alumno discuta en grupo sobre las diferencias en cada caso. El docente investigador debe orientar la discusión de tal manera que se manejen conceptos aprendidos en las unidades curriculares previas, lo que permitirá conceptualizar apropiadamente las experiencias.

Una vez explicado el propósito de la experiencia por el docente investigador, el alumno con extrema prudencia debe realizar los siguientes pasos:

1. Abrir la válvula de suministro de gas a la fuente de calor 1, inmediatamente encenderla. Esperar que hierva el agua en el

generador, en adelante la rueda girará suavemente, al transcurrir el tiempo el sistema se estabiliza y la rueda alcanza una velocidad considerable. En este momento se debe medir la temperatura del vapor a la salida del sobrecalentador (para este momento el sobrecalentador no actúa como tal), la velocidad de giro de la rueda y la tensión lograda en el generador eléctrico.

2. Manteniendo la fuente de calor 1 encendida, encienda la fuente de calor 2, y caliente el sobrecalentador en el sector lizo, espere que se estabilice la unidad y registre e nuevo la temperatura del vapor a la salida del sobrecalentador, la velocidad de giro de la rueda y la tensión lograda en el generador eléctrico.
3. Repita el paso anterior, pero caliente el sobrecalentador en el sector aletado, espere que el sistema se estabilice y registrar nuevamente la temperatura del vapor a la salida del sobrecalentador, la velocidad de giro de la rueda y la tensión lograda en el generador eléctrico.

En la Tabla 2 se muestran los resultados de la experiencia realizada en la unidad UDT de acuerdo al procedimiento anterior.

Tabla 2 Resultados encontrados en la unidad UDT

Condición de trabajo	Temperatura (°C)	Velocidad de giro (rpm)	Tensión (mV)
Sin sobrecalentamiento	96	255	208
Con sobrecalentamiento en el sector lizo	153	305	298
Con sobrecalentamiento en el sector aletado	171	370	345

Fuente: Elaboración Propia.

Por su puesto para comprender aún más el proceso de transferencia de calor en las experiencias involucradas en cada una de las unidades

señaladas, se necesita ir un poco más en busca del fundamento teórico que permita involucrar leyes físicas y consideraciones, que de alguna manera permita acceder al conocimiento y a la solución amplia de problemas prácticos cuando existan superficies extendidas actuado como elementos captadores o disipadores de calor.

En adelante se pasará a la Epistemología Conceptual para consolidar este objetivo.

APENDICE B
Epistemología Conceptual

Epistemología Conceptual

En el Capítulo II en el tópico *La Didáctica como disciplina pedagógica*, se señaló la importancia del modelo pedagógico para mejorar el aprendizaje y desempeño del alumno, requiriendo involucrar acciones pedagógicas intencionales. En este caso la epistemología como disciplina que busca conocer el conocimiento constituye un puntal fundamental, según González (2008) es didáctica en su pura esencialidad.

Entendiendo que este material estará dirigido a estudiantes, como parte del material didáctico, se construirá en un sentido práctico. Por ello la Epistemología Conceptual constituirá un material teórico centrado en la temática transferencia de calor en superficies extendidas, que involucra ilustraciones, conceptos, definiciones, ecuaciones, analogías, preguntas y respuestas, que de alguna manera contextualizarán al estudiante.

Definición de una superficie extendida (aletas)

Para explicar este concepto se utilizara un ejemplo práctico; suponga que se quiere refrigerar con aire la pared externa de un cilindro de un motor de combustión interna, que literalmente está caliente motivado a los 500 °C en promedio que tienen los gases de combustión en su interior. En la Figura 1 se ilustra esta idea.

Al utilizar aire a 25 °C como refrigerante, e impulsarlo por el exterior del cilindro mediante un ventilador se logra una temperatura en la pared del cilindro de 250 °C. Este proceso de enfriamiento puede ser insuficiente para las condiciones de operación del motor, lo que amerita mejorarlo y disminuir aún más la temperatura superficial del cilindro por debajo de los 250 °C.

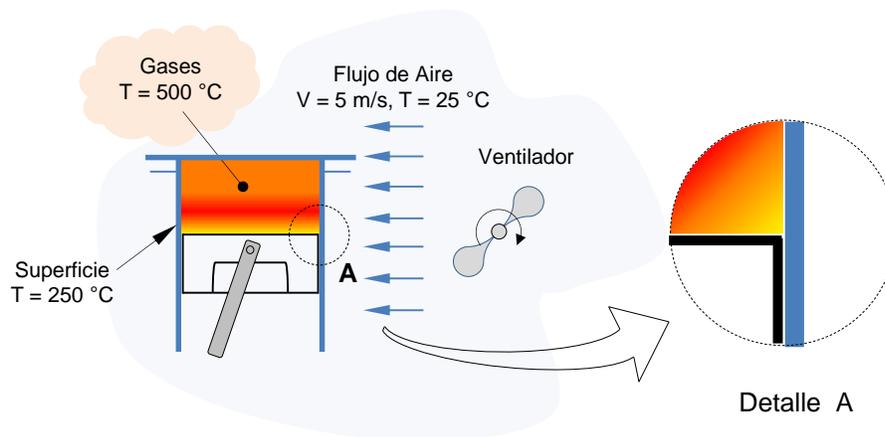


Figura 1 Proceso de enfriamiento del cilindro sin aletas.
Fuente: Elaboración Propia.

Una propuesta para mejorar el enfriamiento consiste en incorporar aletas en la pared externa del cilindro tal y como se ilustra la Figura 2. En este caso se seguirá utilizando aire como refrigerante a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ impulsándolo por el exterior con el ventilador.

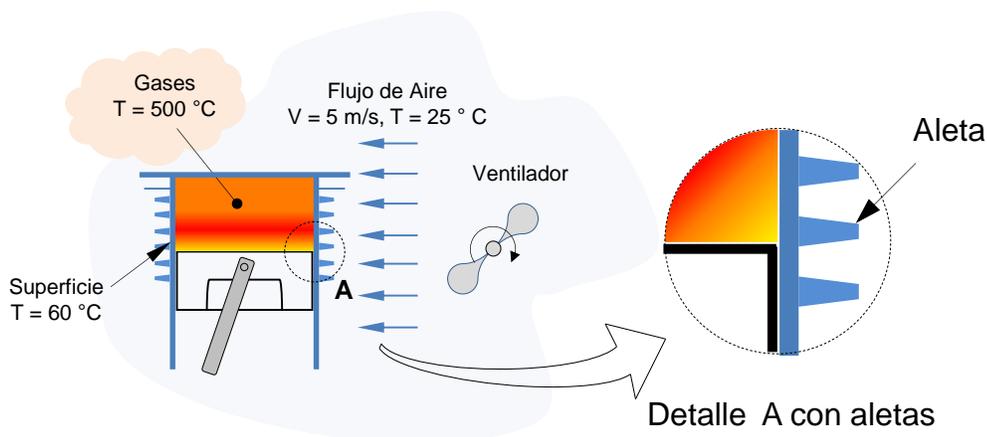


Figura 2 Proceso de enfriamiento del cilindro con aletas.
Fuente: Elaboración Propia.

En este caso se han mantenido las condiciones de temperatura para los gases y el aire, sin embargo debido al efecto de las aletas, se observa que la

temperatura externa del cilindro disminuye considerablemente, desde 250 °C (sin aletas) a 60 °C (con aletas). ¿Por qué ocurre esta disminución de temperatura? Más adelante se observará que las temperaturas altas en la superficie del cilindro son debidas a un atasco en el flujo de calor.

Para el caso ilustrado en la Figura 1, una vez que el calor pasa de los gases a la pared interna del cilindro, se transfiere por conducción a través del material con cierta dificultad; al llegar a la pared externa del cilindro, pasa al aire de enfriamiento, pero con mayor dificultad con la cual paso por la pared. Literalmente este incremento en la dificultad crea un represamiento de la energía en la pared del cilindro, trayendo como consecuencia que su temperatura se incremente.

Por el contrario al colocar aletas, caso Figura 2, aumenta la vía de escape por la pared externa hacia el aire de enfriamiento, es decir, ya no es tan alta la dificultad con la cual pasa el calor de la pared al aire, por lo tanto el represamiento de la energía dentro de la pared baja y como consecuencia disminuye también su temperatura.

Con relación a lo anterior, es importante considerar una nueva pregunta: ¿qué significa aumentar la vía de escape del calor? Si se comparan los arreglos en las figuras anteriores, la única diferencia es el área de contacto entre el aire de enfriamiento y la superficie del cilindro; a mayor área superficial menor temperatura o viceversa. En otras palabras se puede decir que la dificultad con la cual se encuentra el calor para pasar de la pared del cilindro al aire disminuye con el aumento del área convectiva, por lo tanto a mayor área de contacto aire-pared, mayor vía de escape.

Las aletas pueden formar parte de la misma superficie que se quiere enfriar, como en la Figura 2, pero en otras ocasiones pueden ser colocadas de manera independiente o en forma grupal con camisas aletadas. En la Figura 3 se ilustra el mismo arreglo pero con una camisa aletada.

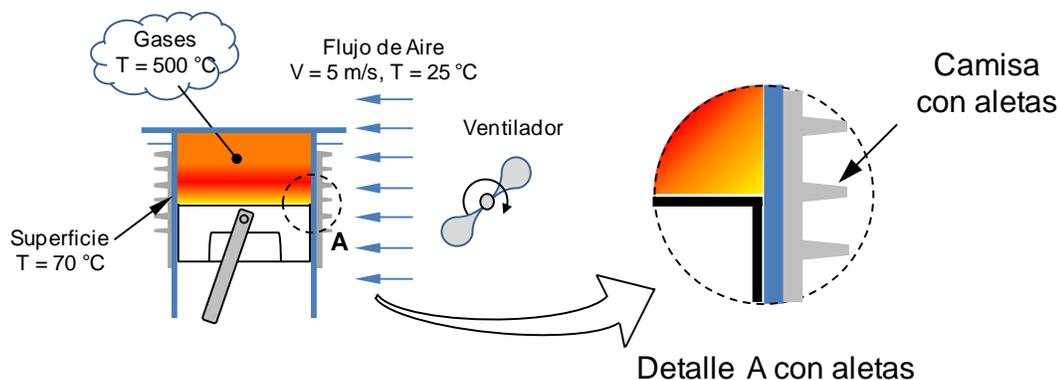


Figura 3 Enfriamiento de una superficie caliente con una camisa aletada.
Fuente: Elaboración Propia.

En este caso se logra una temperatura superficial de $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ en lugar de los $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ logrados en el arreglo señalado en la Figura 2, pero aun así, es mucho menor a la temperatura que se logra sin aletas ($250\text{ }^{\circ}\text{C}$). Aunque en este caso no se hará un análisis exhaustivo, por ahora se dirá simplemente que la diferencia de los resultados de la temperatura superficial logrados con los arreglos de la Figura 2 y Figura 3, se debe a la resistencia de contacto existente entre la camisa aletada y la pared externa del cilindro.

Comprendido el ejemplo anterior, en opinión del autor se puede definir una superficie extendida como *—un elemento en forma de protuberancia o saliente colocado sobre una superficie que se quiere refrigerar o calentar, que actúan como elemento disipador o captador de calor cuando en el entorno hay un fluido frío o caliente respectivamente—*. Esta definición se corresponde a lo señalado por Betancourt (2003), la superficie extendida «...se utiliza específicamente para aumentar la velocidad de transferencia de calor entre un sólido y un fluido adyacente.» (p. 52).

En adelante para simplificar la escritura, a una superficie extendida se le llamará simplemente *aleta* en singular y (o) *aletas* en plural. En la Figura 4 se muestran algunas aplicaciones de las aletas como elementos disipadores de calor.

Disipadores de calor

Los disipadores de calor para componentes electrónicos constituyen una de las grandes aplicaciones de sistemas de enfriamiento con las aletas. En esta área se pueden encontrar una gran diversidad de formas y tamaños.



Fuente: <http://www.dhresource.com/albu>

Motores eléctricos

La refrigeración de los motores eléctricos con aire utilizando aletas, les permite trabajar en condiciones de operación adecuadas cuando se someten a regímenes de trabajo exigentes, sobre todo los motores de alta tensión que tienden a sobrecalentarse por efecto Joule.



Fuente: <http://www.motoresyenergia.com/motores>

Termorregulación

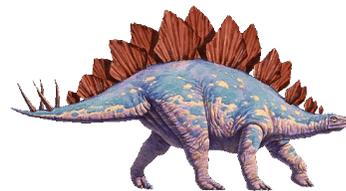
El sistema venoso que drena la sangre en la cabeza del perro mediante conexiones con círculos alternativos en el seno de su lengua, le permiten enfriar la sangre al exponerla en contacto con el aire. Este proceso es parte de los mecanismos de control de calor y de la temperatura del cuerpo.



Fuente: <http://www.todoperros.com/regulacion-de-la-temperatura-corporal-del-perro/>

Los estegosaurios

Fueron animales de una gran fortaleza y robustez. Las placas sobre su lomo, según la opinión de algunos investigadores, podrían haber servido para el control de la temperatura del animal de una manera similar a las orejas de los modernos elefantes. Las placas tenían vasos sanguíneos que corrían a través de surcos, y el aire que fluía en torno a las placas habría refrescado la sangre.



Fuente: <http://es.jurassicpark.wikia.com/wiki/Stegosaurus>

Tubos aletados

Son tubos que se les ha aumentado el área de transferencia con aletas radiales o longitudinales, con el propósito de aumentar la superficie extendida y mejorar sustancialmente su capacidad para transferir calor, generalmente entre 9 a 10 veces respecto a lo logrado con un tubo liso. Entre sus múltiples aplicaciones se tiene: radiadores industriales, soloaires, condensadores, secadores, enfriadores de aceite, evaporadores, unidades manejadoras de agua fría, entre otras. Se pueden fabricar en diversos materiales dependiendo su aplicación como: cobre-aluminio, acero al carbón-aluminio, inoxidable-cobre, inoxidable-inoxidable, cobre-cobre.



Fuente: <http://www.tubal.com.br/imagens/produtos/tubos>



Fuente: <http://www.runboard.com/basociacin4x4extremocostarica>

Figura 4 Distintas aplicaciones del uso de aletas.
Fuente: Compilación y elaboración Propia.

Para complementar la información anterior, se destacará una de las grandes aplicaciones del uso de tubos aletados en los sistemas de recuperación de calor en calderas en donde se observa las grandes ventajas de estos arreglos, al respecto la empresa —Aletas y Birlos— en su página web destaca:

El tubo de acero aletado soldado por alta frecuencia incrementa la superficie exterior del tubo, siendo así que un tubo aletado equivale a tener de 4 hasta 8 tubos lisos en un serpentín, por lo que se reduce el número de tubos requeridos, a la vez que se maximiza la transferencia de calor, logrando con esto reducir considerablemente los costos del equipo y subir su eficiencia. Sus usos en el mercado se extienden desde economizadores para caldera, calderas de recuperación y de ciclo combinado, hasta secciones de convección de calentadores de proceso y enfriadores de aceite. (s/p).

Al referirse a lo que es un economizador — Aletas y Birlos— señala que son arreglos mediante los cuales «...se recupera Energía Calorífica desperdiciada por una fuente de calor (Ejemplo: Chimenea de Caldera) para pre-calentar algún elemento que lo requiera (ejemplo: Agua de alimentación a la Caldera).» (s/p). En la Figura 5 se muestra un economizador de calor fabricado por la empresa señalada.



Figura 5 Economizador de calor fabricado por la empresa Aletas y Birlos.
Fuente: http://www.aletasybirlos.com/productos_aletados.html

Entre los beneficios de usar recuperadores de calor se tiene una disminución de costos de operación, incrementa la eficiencia de la caldera, reduce las emisiones de algunos contaminantes, entre otros.

Ecuaciones involucradas en la transferencia de calor en superficies extendidas

Tal y como se observa en la figura anterior, en el mundo de la transferencia de calor existen múltiples aplicaciones en las cuales se quiere refrigerar o calentar una superficie utilizando un fluido frío o un fluido caliente, en estos casos existen efectos combinados de transferencia de calor por convección y conducción. Las ecuaciones básicas que permite encontrar los modelos para determinar la transferencia de calor en este efecto combinado, en opinión de Çengel (2004), son la ley de enfriamiento de Newton y la ecuación de conducción de Fourier.

Fundamentalmente la ley de enfriamiento de Newton se utiliza para evaluar la transferencia de calor entre una superficie sólida y un fluido en movimiento, indistintamente si se calienta o refrigera la superficie:

$$q = h \cdot A \cdot (T_s - T_\infty) \quad (1)$$

Dónde:

- q , calor trasferido por convección desde la superficie al fluido, en W.
- A , área convectiva de transferencia de calor, en m^2 .
- T_s , temperatura media de la superficie, en °C o K.
- T_∞ , temperatura del fluido refrigerante lejos de la superficie, en °C o K.

Para medios donde hay transferencia de calor sin movimiento como por ejemplo los sólidos, Çengel (2004) señala la ecuación de Fourier:

$$q_x = -k \cdot A_c \cdot \frac{dT}{dx} \quad (2)$$

Dónde:

- q_x , calor trasferido por conducción a través del sólido en la dirección x, en W.
- k , conductividad térmica del sólido, en W/(m·K)
- A_c , área de transferencia de calor por conducción, en m².
- $\frac{dT}{dx}$, gradiente de temperatura en la dirección al flujo de calor, en °C/m o K/m.

En los procesos de calentamiento o enfriamiento donde se involucra un gas o una mezcla de gases, como por ejemplo aire o gases de combustión, los coeficientes de transferencia de calor involucrados son bajos y, si sumado a esto, se tiene poca área de transferencia, la refrigeración o el calentamiento no son suficientes o satisfactorios.

Para corregir este inconveniente y mejorar la transferencia de calor existen tres posibilidades, en la misma opinión de Çengel (2004), se tiene: 1. Incrementar el coeficiente de transferencia de calor por convección aumentando la velocidad del fluido; 2. Colocar un área de transferencia mayor y, 3. Combinando las dos posibilidades anteriores. De estas tres opciones en este contenido se analizará la segunda posibilidad.

Para complementar lo anteriormente, se realizará un ejemplo muy simple que permita ver a grueso modo, por qué ocurre el represamiento de la energía sin aletas. Admítase que se quiere analizar la transferencia de calor desde aceite caliente ($T_{ac} = 250$ °C) a aire fresco ($T_a = 25$ °C) a través de una pared plana de acero, tal y como se ilustra en Figura 6.

Los datos indicados en cuanto a coeficientes convectivos y de más, son muy razonables para una aplicación real, lo cual permitirá hacer y emitir un juicio razonable sobre los resultados que se encuentren. Primeramente el

calor pasa por convección desde el aceite a la superficie interna de la pared, luego por conducción a través de la pared, para finalmente pasar por convección desde la superficie externa de la pared al aire.

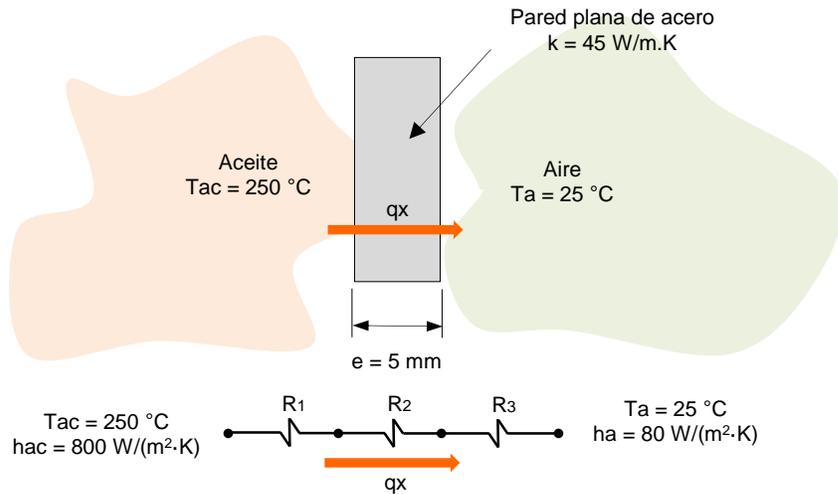


Figura 6 Flujo de calor desde el aceite al aire a través de una placa plana.
Fuente: Elaboración Propia.

El calor pasa por las tres resistencias térmicas indicadas en la figura, las cuales condicionaran el flujo de calor; en opinión de Çengel (2004), el calor se puede calcular así:

$$q = U \cdot A \cdot (T_{ac} - T_a) \quad (3)$$

Dónde:

- q , calor trasferido desde el aceite al aire a través de la pared, en W.
- U , coeficiente global de transferencia calor, en $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$.
- A , área de transferencia de calor, m^2 .
- T_{ac} , temperatura media del aceite, °C o K.
- T_a , temperatura media del aire, °C o K.

En términos de las resistencias térmicas R_1 , R_2 y R_3 , el coeficiente global de transferencia, U en la misma opinión de Çengel (2004) es:

$$U \cdot A = \frac{1}{R_1 + R_2 + R_3}$$

Definiendo estas tres resistencias para el problema planteado, según se ilustra en la Figura 6, resulta:

$$R_1 = \frac{1}{h_{ac} \cdot A}, \quad R_2 = \frac{e}{k \cdot A} \quad \text{y} \quad R_3 = \frac{1}{h_a \cdot A}$$

Para un valor de área, A , igual a 1 m^2 y los datos indicados, los valores de las resistencias, en K/W , son:

$$R_1 = 0,00125, \quad R_2 = 0,000111 \quad \text{y} \quad R_3 = 0,0125$$

Obsérvese que la mayor resistencia es R_3 , luego está R_1 y la menor es R_2 . El calor que pasa por estas tres resistencias es el mismo, pero está condicionado mayormente por la resistencia R_3 , la diferencia está en la facilidad o dificultad con la que pasa el calor a través de ellas, de esta manera se tiene que el calor pasará mucho más fácil por R_2 que por R_1 y aún más que por R_3 .

Otro aspecto importante de resaltar es que las resistencias convectivas (R_1 y R_3) son las que tienen mayor valor, siendo la más alta la que tiene el coeficiente convectivo más bajo. Si se cambia el valor de alguna de estas resistencias, cambia el calor según el efecto de la resistencia, pero se reacomoda de acuerdo al mayor valor que tengan éstas. En este caso se puede concluir que R_3 restringe el flujo de calor desde la superficie externa de la pared al aire, generando un represamiento o cuello de botella, originando bajo flujo de calor y altas temperaturas en la placa de acero.

Para complementar lo anterior, se han obtenido múltiples valores tanto del flujo de calor como de las temperaturas superficiales. En la Figura 7 se observa el efecto de R_3 sobre el calor transferido y las temperaturas superficiales, manteniendo constante R_1 y R_2 . En la Figura 7 (a) se muestra como aumenta significativamente el calor transferido al disminuir R_3 . Para poder reducir esta resistencia, simplemente se aumenta el área convectiva añadiendo aletas a la superficie externa del lado del aire (donde el coeficiente convectivo es bajo). Es importante aclarar que cuando hay aletas, ya R_3 , se determina de manera diferente a la indicada.

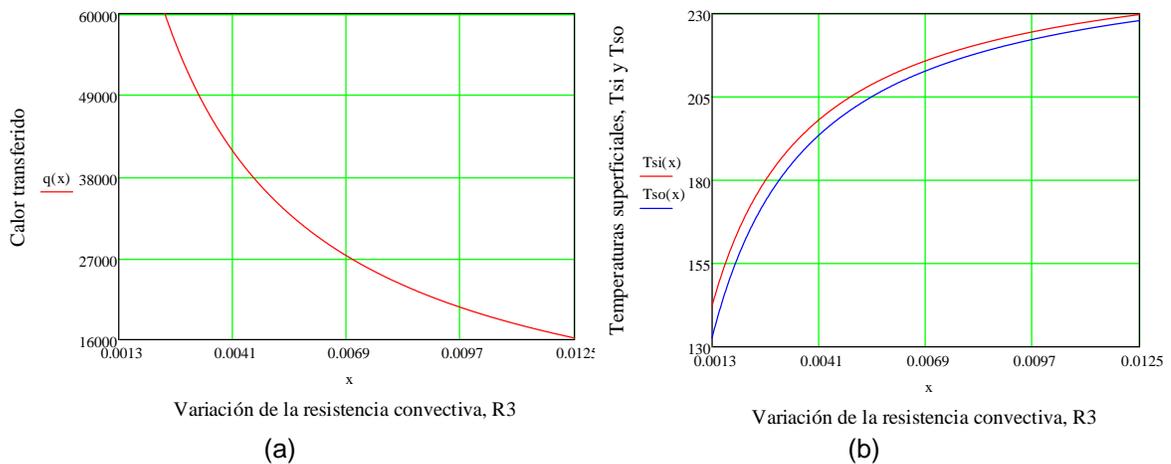


Figura 7 Efecto de la resistencia convectiva R_3 , sobre el calor transferido y las temperaturas superficiales interna, T_{si} , y externa, T_{so} sobre la placa.
Fuente: Elaboración Propia.

De igual manera en la Figura 7(b) se muestra el efecto ocasionado por R_3 sobre las temperaturas superficiales (externa e interna); al bajar R_3 , estas temperaturas disminuyen rápidamente, motivado a la disminución del represamiento de la energía indicado anteriormente; de otra manera, cuando la resistencia convectiva es alta, las temperaturas superficiales también son altas y, viceversa. Con estos ejemplos se puede tener una idea relativamente

amplia de lo que es una superficie extendida y su importancia, sin embargo el mecanismo y (o) la manera como se transfiere el calor es estos elementos se verá y analizará en adelante.

Mecanismo de transferencia de calor en una aleta

Los ejemplos anteriores han mostrado a grueso modo el efecto que pueden tener las aletas cuando hay transferencia de calor desde una superficie a un fluido; ahora bien, ¿Cómo ocurre la transferencia de calor en una aleta? Ya en el Impulso Motivacional se mencionaron algunos aspectos importantes, sin embargo para comprender aún más lo que es una aleta y, la manera como se transfiere el calor en ella, a continuación se describirá una superficie caliente y plana que tiene incorporada una aleta de forma rectangular, en un entorno donde hay aire con ciertas condiciones de temperatura tal y como se ilustra en la Figura 8.

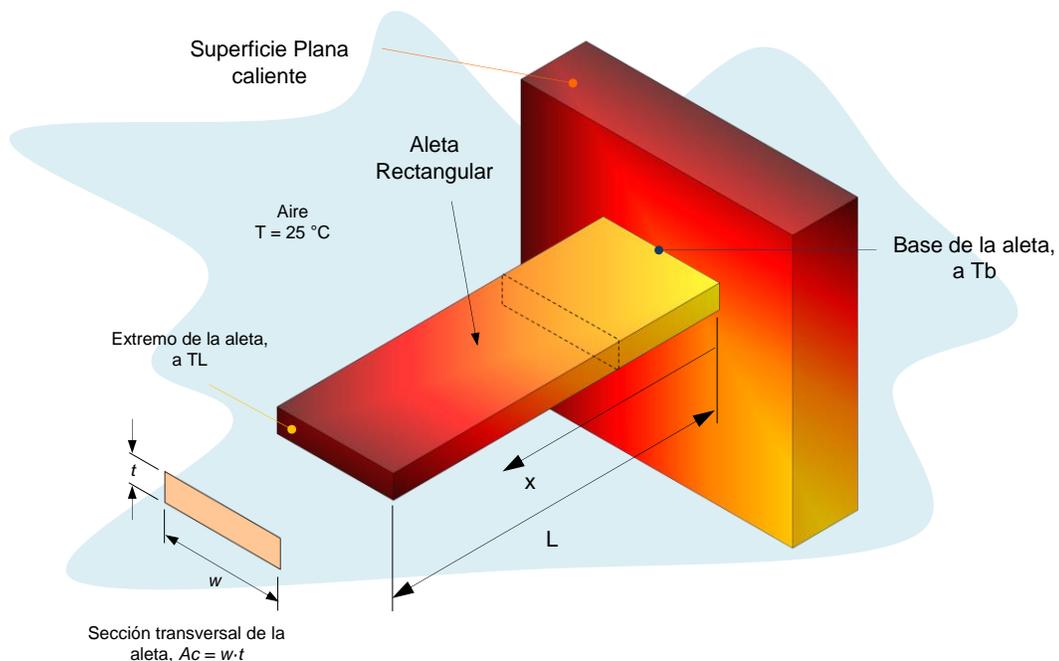


Figura 8 Placa caliente con aleta de sección transversal rectangular.
Fuente: Elaboración Propia.

Consideraciones previas:

- En la aleta siempre se define la base y el extremo; la base es aquella parte de la aleta que está unida a la superficie plana, es decir, la superficie caliente. En la base se habla de una temperatura en la base, T_b y, también se habla del calor en la base que se designa por, q_b o q_f . El extremo es el lado opuesto a la base, el cual tiene una temperatura T_L y, está a una distancia, L , de la base; esta distancia es la longitud de la aleta.
- El área o sección transversal de la aleta, A_c , puede ser variable o constante, en este caso es de sección transversal rectangular constante, $A_c = w \cdot t$
- La aleta tiene un espesor, t , muy pequeño (del orden de los milímetros) esto permite suponer que no hay gradientes de temperatura apreciables en la sección transversal; lo que significa que en cualquier punto del área transversal, la temperatura es aproximadamente la misma.
- En el análisis de aletas se supone que la temperatura del medio circundante, el coeficiente convectivo y demás propiedades termo-físicas de la aleta son constantes.

En la Figura 9 se ilustra una aleta como la anterior, donde se definen las temperaturas de la base y el extremo, también se muestra la temperatura del aire. Para este caso, obsérvese que la temperatura de la aleta disminuye a lo largo de su longitud (x), pero en cualquier punto su valor es mayor a la del aire.

Esta diferencia de temperatura entre la aleta y el aire induce un flujo de calor por convección, el cual es mayor en la base y menor en el extremo. Para este análisis se recomienda tener en cuenta los resultados hallados en la unidad UDH.

Para hacer más didáctico el ejemplo, la aleta se ha dividido en cinco sectores (1, 2, 3, 4 y 5). En cada sector existen los flujos de calor indicados

(se omiten las unidades para simplificar el ejemplo). En el sector 1, entra un calor por conducción justo en la base, $q_f = 100$, parte de este calor se transfiere por convección al aire, $q_1 = 32,3$ y, la diferencia se transfiere por conducción al sector 2, en este caso, $q_{12} = 67,7$. Seguidamente, parte del calor que entra al sector 2, se transfiere nuevamente por convección al aire, $q_2 = 23,2$, quedando la diferencia que se transfiere al sector 3, $q_{23} = 44,5$.

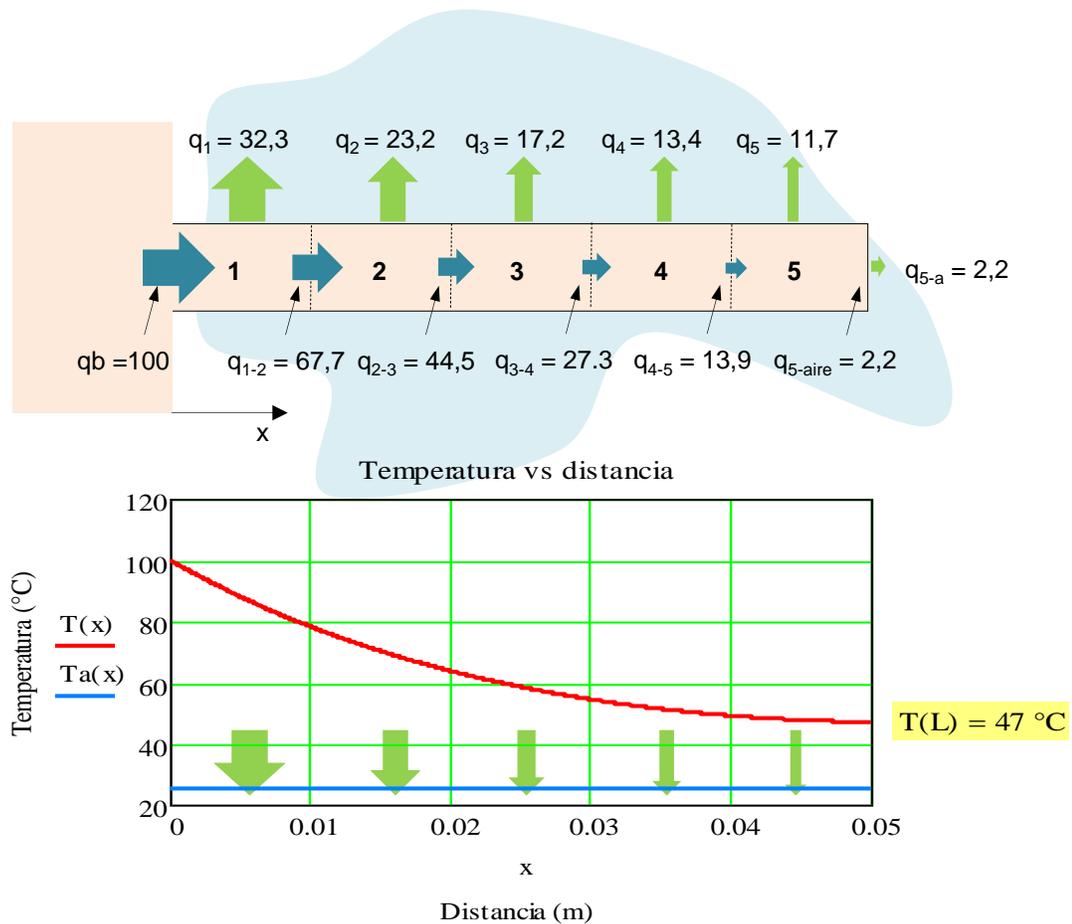


Figura 9 Distribución de temperatura en la aleta y flujos de calor. Fuente: Elaboración Propia.

En adelante se repite el procedimiento; en definitiva se puede decir lo siguiente: *parte del calor por conducción que entra a un sector se fuga o*

transfiere por convección desde dicho sector al aire y la diferencia, pasa al siguiente sector. Este procedimiento es exactamente igual a la visto en experiencia realizada en la unidad UDH con el tubo agujereado.

Entendiendo que el calor por conducción a través de la aleta como elemento disipador de calor disminuye, vale la pena hacer una reflexión utilizando la Ecuación de Fourier, con la finalidad de validar el supuesto gradiente de temperatura indicado en la Figura 9. Para ello se analizará la causa sustentada del porqué este gradiente disminuye a lo largo de la aleta a medida que el calor por conducción disminuye. La Ecuación de Fourier, es:

$$q = -k \cdot A_c \cdot \frac{dT}{dx}$$

Despejando el gradiente térmico, resulta:

$$\frac{dT}{dx} = -\frac{q}{k \cdot A_c}$$

Para el caso en el cual k y A_c son constantes, el gradiente térmico es negativo y depende sólo del calor. A medida que el calor disminuye a lo largo de la aleta, también lo hará el gradiente, pero negativamente. Justo en la base de la aleta, el calor es mayor, por lo tanto la pendiente, (dT/dx) , será máximo en ese punto; pero a medida que el calor disminuye a lo largo de la aleta, la pendiente o gradiente (dT/dx) también lo hace. Esto es coherente con lo indicado en la Figura 9. Por supuesto, esta disminución del calor a lo largo de la aleta, hace que su temperatura disminuya y como consecuencia, también disminuye el calor por convección, motivado a que se reduce la diferencia de temperatura entre la superficie y el aire.

En el caso de que la aleta sea utilizada como elemento captador del calor, manteniendo la referencia de la aleta en su base ($x = 0$), ocurre el

inverso al caso anterior. El calor va entrando por convección a la aleta a través de su superficie y como consecuencia, el calor por conducción poco a poco se incrementa, lo cual origina que el gradiente aumente en la misma proporción que lo hace el calor.

En la Figura 10a, se ilustra la disminución del gradiente motivado a la reducción del calor por conducción cuando se disipa calor en la aleta y, en la Figura 10b, se ilustra el aumento del gradiente por el incremento del calor por conducción cuando se capta calor en la aleta. En este caso el extremo de la aleta está más caliente, mientras que su base esta fría. Más adelante se realizarán algunos problemas donde se aclaren aspectos de forma y (o) dudas que hayan surgido en los casos analizados.

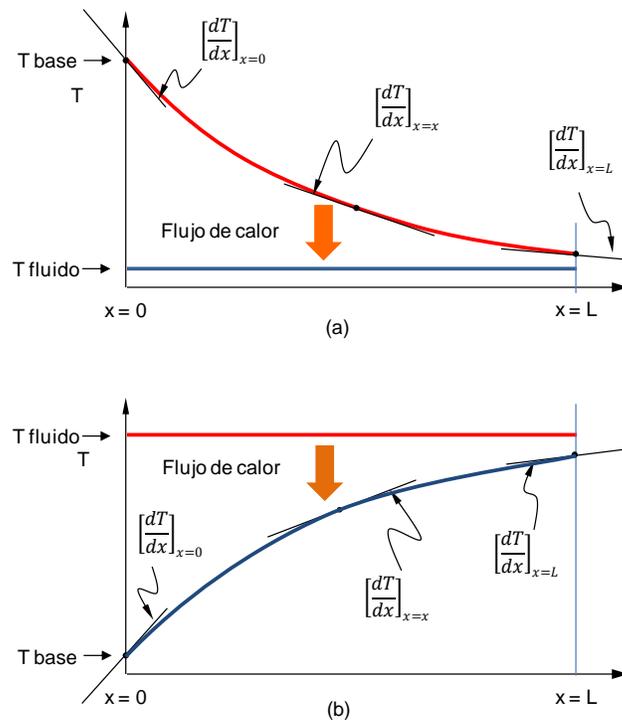


Figura 10 Gradiente térmico en una aleta, a) como disipador de calor y, b) como captador de calor.

Fuente: Elaboración Propia.

Análisis térmico de una aleta de sección transversal constante

Una vez comprendido la manera como se transfiere el calor en una aleta, en adelante se tendrá como objetivo encontrar una ecuación que permita determinar la distribución de temperatura a lo largo de ella; para ello se tomarán en cuenta sus propiedades termo-físicas, la geometría y las condiciones del medio circundante que la rodean. Obtenida la distribución de temperatura, se podrá determinar la transferencia de calor que puede existir en una aleta para ciertas condiciones de operación.

Para simplificar el análisis, sólo se consideraran aletas de sección transversal constante, tal y como se indicó. Para iniciar se retomará la idea del ejemplo ilustrado en la Figura 9 con la diferencia que la aleta es de sección transversal circular, de diámetro, D . En este caso se prestará atención a un sector de la aleta, observando lo que ocurre macro y diferencialmente en dicho sector.

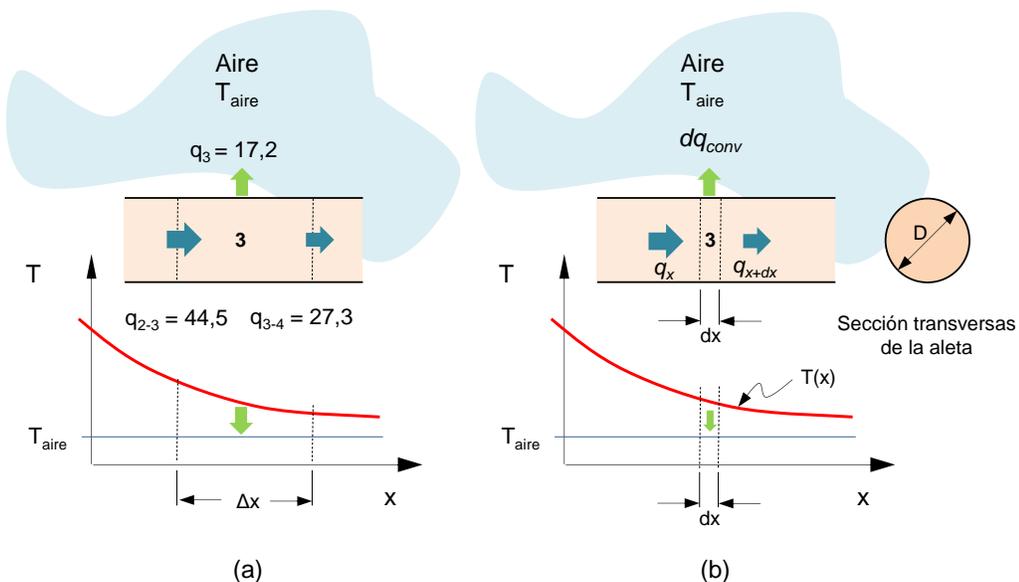


Figura 11 Flujos de calor en el sector tres, a) análisis macroscópico y, d) análisis diferencial. Fuente: Elaboración Propia.

En la Figura 11a se resalta lo que ocurre en el sector 3 ilustrado en la Figura 9; hay que recordar que al sector 3 entra un calor por conducción, $q_{2-3} = 44,5$, parte de este calor se transfiere por convección al aire, $q_3 = 17,2$ y la diferencia, pasa por conducción al sector 4, $q_{3-4} = 27,3$. Haciendo un balance de energía entorno al sector 3, se tiene:

$$q_{2 \rightarrow 3} = q_3 + q_{3 \rightarrow 4} \quad \rightarrow \quad 44,5 = 17,2 + 27,3$$

En esta misma idea, en la Figura 11b se ilustran los flujos de calor en un sector diferencial, así se tiene:

$$q_x = dq_{conv} + q_{x+dx}$$

Reacomodando la Ecuación anterior e igualándola a cero, resulta:

$$q_{x+dx} - q_x + dq_{conv} = 0 \quad (4)$$

El calor por convección viene dado por la ley de enfriamiento de Newton:

$$dq_{conv} = h \cdot dA \cdot (T - T_{\infty}) \quad (5)$$

En este caso, T , representa la temperatura del sector 3, dA , es el área convectiva, la cual es el área perimetral para una longitud, dx y, T_{∞} es la temperatura del aire. Hay que diferenciar plenamente entre el área convectiva y el área conductiva. El área convectiva es aquella superficie que está en contacto directo con el aire; mientras que el área conductiva, es el área perpendicular al flujo de calor por conducción. Para el caso indicado en la Figura 11, donde la aleta es de sección transversal circular de diámetro, D , las áreas convectiva y conductiva serían:

- Área convectiva: $dA = \pi \cdot D \cdot dx = P \cdot dx$
- Área conductiva: $A = \pi r^2 = \frac{\pi}{4} D^2$

En el análisis de aletas es frecuente trabajar en términos del perímetro, P ($P = \pi \cdot D$). Sustituyendo el área convectiva en la Ecuación 5 en términos del perímetro, resulta:

$$dq_{conv} = h \cdot (P \cdot dx) \cdot [T - T_{\infty}] \quad (6)$$

El calor por conducción, q_x y q_{x+dx} , de acuerdo a la Ecuación de Fourier:

$$q_x = -k \cdot A_c \cdot \left[\frac{dT}{dx} \right]_x \quad (7)$$

$$q_{x+dx} = -k \cdot A_c \cdot \left[\frac{dT}{dx} \right]_{x+dx} \quad (8)$$

Sustituyendo las Ecuaciones 6, 7 y 8 en la Ecuación 4, resulta:

$$-k \cdot A_c \cdot \left[\frac{dT}{dx} \right]_{x+dx} + k \cdot A_c \cdot \left[\frac{dT}{dx} \right]_x + h \cdot (P \cdot dx) \cdot [T - T_{\infty}] = 0$$

Dividiendo ambos miembros de la Ecuación anterior por $[(k \cdot A_c) \cdot dx]$ y, reacomodando resulta:

$$\underbrace{\left\{ \frac{\left[\frac{dT}{dx} \right]_{x+dx} - \left[\frac{dT}{dx} \right]_x}{dx} \right\}}_1 - \left(\frac{h \cdot P}{k \cdot A_c} \right) \cdot [T - T_{\infty}] = 0 \quad (9)$$

Prestando atención al término 1 en la Ecuación anterior, por el concepto de derivada, se tiene:

$$\lim_{dx \rightarrow 0} \frac{\left[\frac{dT}{dx}\right]_{x+dx} - \left[\frac{dT}{dx}\right]_x}{dx} = \frac{d}{dx} \left(\frac{dT}{dx}\right) = \frac{d^2T}{dx^2}$$

Teniendo en cuenta esta definición, la Ecuación 9 se transforma en:

$$\frac{d^2T}{dx^2} - \left(\frac{h \cdot P}{k \cdot A_c}\right) \cdot [T - T_\infty] = 0 \quad (10)$$

Haciendo un cambio de variables, en términos de, mf y θ , resulta:

$$mf^2 = \frac{h \cdot P}{k \cdot A_c} \quad \rightarrow \quad mf = \sqrt{\frac{h \cdot P}{k \cdot A_c}} \quad \theta = T - T_\infty$$

Derivando una y otra vez, θ , para T_∞ constante, se tiene:

$$d\theta = dT \quad \rightarrow \quad d^2\theta = d^2T$$

Sustituyendo estas variables en la Ecuación 10, resulta:

$$\frac{d^2\theta}{dx^2} - mf^2\theta = 0 \quad (11)$$

La Ecuación 11 es una ecuación diferencial sencilla de resolver, sus características son: ecuación diferencial de segundo orden, homogénea, lineal y de coeficientes constantes. En el Anexo I se muestra la solución a

esta ecuación diferencial y sus consideraciones. Tomando esta solución se tiene:

$$\theta_{(x)} = C_1 \cdot e^{mf \cdot x} + C_2 \cdot e^{-mf \cdot x} \quad (12)$$

$$T_{(x)} = T_{\infty} + C_1 \cdot e^{mf \cdot x} + C_2 \cdot e^{-mf \cdot x} \quad (13)$$

La Ecuación 13 permite encontrar la distribución de temperatura para una aleta de sección transversal constante; es apropiado y conveniente recordar que significa cada término en esta Ecuación:

- $T_{(x)}$, temperatura de la aleta en un punto a una distancia x determinada, en K o °C. La distancia x , se mide respecto a un sistema de referencia definido, usualmente en la base de la aleta, donde $x = 0$.
- T_{∞} , temperatura del fluido que rodea la aleta, en K o °C.
- C_1 y C_2 , constantes de integración, sus unidades vienen expresadas en K o °C.
- mf , parámetro que relaciona el coeficiente convectivo, la geometría y la conductividad térmica de la aleta. Sus unidades son 1/m.
- x , distancia a la cual se quiere encontrar la temperatura, en m.

Para determinar las constantes C_1 y C_2 , se necesita dos condiciones de contorno o de frontera en cualquier parte de la aleta. Por ejemplo, si en la base de la aleta, $x = 0$ implica que $T = T_b$. Más adelante se indicarán otras posibles condiciones de contorno que se pueden encontrar en una aleta dependiendo de los escenarios planteados.

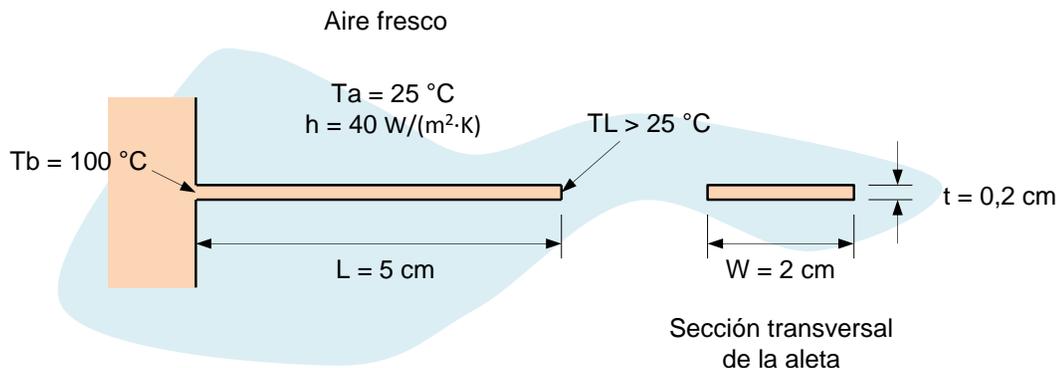
Para observar la aplicabilidad de la Ecuación 13, a continuación se desarrollará un ejemplo, con el objetivo de observar la metodología y los requerimientos que permitan encontrar la distribución de temperatura en una

aleta y los parámetros que influyen en la solución. Para agilizar las operaciones matemáticas se utilizará Mathcad como herramienta de cálculo.

Ejemplo numérico

Considérese una aleta de sección transversal rectangular, construida de acero de conductividad térmica $k = 45 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, la cual tiene las dimensiones indicadas en la figura. Esta aleta se utiliza como elemento disipador de calor sujeta a una superficie caliente que está a una temperatura T_b . En la periferia hay aire como fluido refrigerante con una temperatura T_a y como resultado hay un coeficiente convectivo, h . Para este caso, se supone que la aleta en el extremo tiene una temperatura mayor a la del aire, es decir, $T_L > T_a$. Los demás datos se indican en la figura. En este ejemplo se quiere que el alumno analice y determine lo siguiente:

1. Verificar que la aleta actúa como elemento disipador de calor.
2. Plantear una estrategia para encontrar la distribución de temperatura en la aleta partiendo de la Ecuación 13.
3. Determinar el efecto de la conductividad térmica sobre el gradiente térmico. Para este caso se supone que la conductividad térmica, k , tienen los siguientes valores: 2, 20, 45, 90 y 180 $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
4. Analizar los resultados.



Solución:

1. En efecto, la aleta actúa como elemento disipador de calor, ya que hay un gradiente de temperatura entre la pared ($T_b = 100 \text{ °C}$) y el aire (25 °C). De acuerdo a los datos indicados, la aleta en toda su superficie tiene una temperatura mayor a la del aire, por lo tanto se transferirá calor por convección hacia el aire por toda su superficie.
2. Para encontrar la distribución de temperatura, se aplicará la Ecuación 13, ya que la aleta es de sección transversal constante:

$$T_{(x)} = T_{\infty} + C_1 \cdot e^{mf \cdot x} + C_2 \cdot e^{-mf \cdot x}$$

Mediante esta Ecuación se podrá encontrar la distribución de temperatura en la aleta, para ello hay que determinar mf , C_1 y C_2 .

a) Cálculo de mf , sabiendo que se define por:

$$mf = \sqrt{\frac{h \cdot P}{k \cdot A_c}}$$

Hay que determinar el perímetro, P , y el área conductiva, A_c :

$$P = 2 \cdot (w + t) = 0,044 \text{ m}$$

$$A_c = w \cdot t = 4 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$$

Sustituyendo en mf , resulta:

$$mf = 31,269 \text{ m}^{-1}$$

- b) Cálculo de C_1 y C_2 . Este paso es uno de los más difíciles en la mayoría de los problemas que tienen que ver con aplicaciones de transferencia de calor en aletas, para ello hay que tomar en cuenta las condiciones de borde o de frontera.

Las condiciones de borde, son circunstancias que permiten definir y (o) conocer una condición o variable en un punto determinado de la aleta con la finalidad de poder encontrar otra variable o una ecuación. Aparentemente, para poder encontrar C_1 y C_2 , se requieren sólo dos ecuaciones independientes, lo que implica tener dos condiciones de borde, estas serían:

- En $x = 0$, $T = T_b$, de la Ecuación 13 resulta:

$$T_b = T_\infty + C_1 + C_2$$

$$100 = 25 + C_1 + C_2 \quad 1$$

- En $x = L$, $T = T_L$, de igual manera, resulta:

$$T_L = T_\infty + C_1 \cdot e^{mf \cdot L} + C_2 \cdot e^{-mf \cdot L}$$

$$T_L = 25 + C_1 \cdot e^{mf \cdot L} + C_2 \cdot e^{-mf \cdot L} \quad 2$$

Estas dos Ecuaciones (1 y 2), aunque son independientes, no permiten resolver el problema de manera inmediata, ya que T_L no se conoce, aunque se supone que es mayor a 25 °C. En tal sentido hay que considerar y encontrar otra ecuación con una tercera condición de borde, esta es:

- En $x = L$, $q_{cond} = q_{conv}$. Para ejemplificar esta condición de borde se observará nuevamente la Figura 9, específicamente el sector 5; la aleta en el extremo tiene una temperatura mayor a la del aire, así el calor que justamente llega por conducción al extremo (en este caso $q_{5-aire} = 2,2$) se transfiere por convección al aire, así resulta:

$$-k \cdot A_c \cdot \left[\frac{dT}{dx} \right]_{x=L} = h \cdot A_c \cdot (T_L - T_\infty)$$

Simplificando, se tiene:

$$-k \cdot \left[\frac{dT}{dx} \right]_{x=L} = h \cdot (T_L - T_\infty)$$

Al derivar la Ecuación 13 se encuentra el gradiente térmico, y al evaluarlo en $x = L$, resulta:

$$\left[\frac{dT}{dx} \right]_{x=L} = mf \cdot (C_1 \cdot e^{mf \cdot L} - C_2 \cdot e^{-mf \cdot L})$$

Sustituyendo, se encuentra la tercera ecuación requerida:

$$-k \cdot [mf \cdot (C_1 \cdot e^{mf \cdot L} - C_2 \cdot e^{-mf \cdot L})] = h \cdot (T_L - T_\infty) \quad 3$$

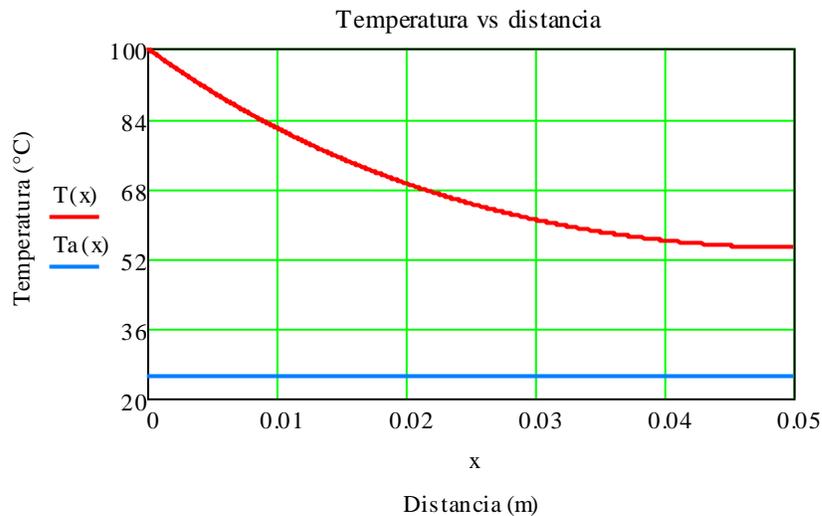
Si se analizan las Ecuaciones 1, 2 y 3, se observa que hay únicamente tres incógnitas, $C_1 + C_2$ y T_L . Al resolver este sistema de ecuaciones, se encuentran los siguientes resultados, todos en °C:

$$\begin{cases} C_1 = 2,983 \\ C_2 = 72,017 \\ T_L = 54,328 \end{cases}$$

De esta manera, se conoce plenamente la distribución de temperatura de la aleta:

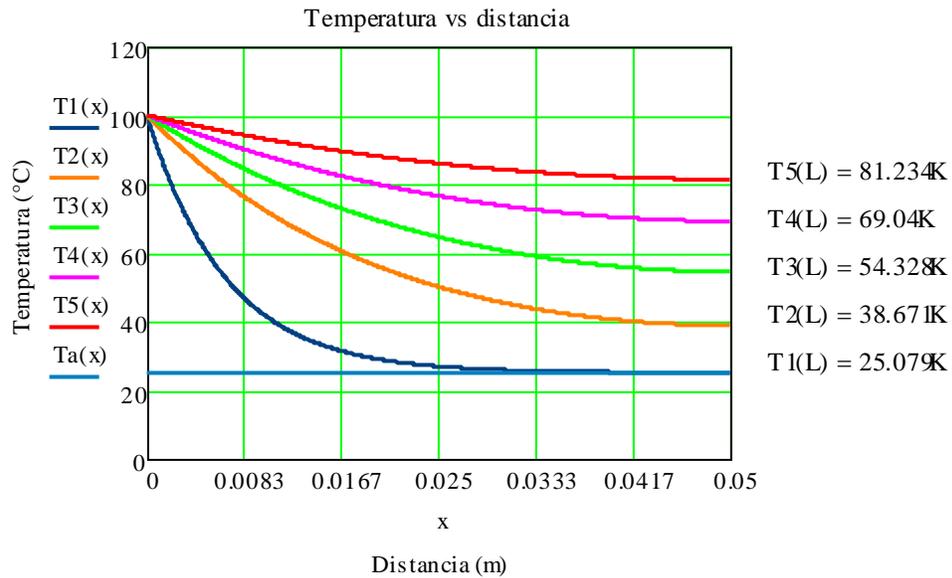
$$T_{(x)} = 25 + 2,983 \cdot e^{31,269 \cdot x} + 72,017 \cdot e^{-31,269 \cdot x}$$

Utilizando Mahtcad se puede representar gráficamente esta función, entre $0 \leq x \leq L$, al igual que la temperatura del aire, así resulta:



Obsérvese como esta solución, está de acuerdo con lo visto e interpretado en la Figura 10a, donde el gradiente de temperatura disminuye progresivamente desde la temperatura de la base ($T_b = 100$ °C) hasta la temperatura del extremo ($T_L = 54,328$ °C).

- Al repetir el procedimiento para los distintos valores de conductividad térmica 2, 20, 45, 90 y 180 W/(m·K), se encuentra el efecto de esta variable sobre el gradiente térmico. A continuación se muestra los resultados.



4. Análisis de resultados:

Al observar la figura anterior, se evidencia firmemente el efecto que tiene la conductividad térmica sobre el gradiente de temperatura en la aleta. *La conductividad térmica, en principio es una medida de la facilidad o la dificultad con la cual fluye el calor a través de un material*, a mayor conductividad térmica, mayor facilidad de la transferencia de calor; por el contrario, a menor conductividad térmica, mayor dificultad de transferir el calor.

La función, $T5(x)$, corresponde a una conductividad térmica, $k = 180 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ (relativamente alta), en este caso se logra una temperatura en el extremo, $T_L = 81,23 \text{ }^\circ\text{C}$; mientras que la función, $T1(x)$, resulta para una conductividad térmica, $k = 2 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, lográndose en este caso una temperatura en el extremo, $T_L = 25,079 \text{ }^\circ\text{C}$. En el primer caso ($k = 180 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$), el calor fluye con cierta facilidad y, parte de él llega al extremo de la aleta alcanzándose una temperatura alta; en el segundo caso ($k = 2 \text{ W/m}\cdot\text{K}$), el calor prácticamente no llega al extremo, lo que origina que la temperatura en $x = L$ sea prácticamente la temperatura del aire. En

definitiva, a mayor conductividad térmica, menor caída de temperatura en la aleta y, a menor conductividad térmica, mayor caída de temperatura en la aleta.

Condiciones de borde o de frontera en una aleta

Básicamente hay cuatro condiciones generales en las cuales se puede considerar una aleta, dependiendo de los entornos de operación, estas son: 1. Aleta definida en uno o más puntos, 2. Aleta muy larga o infinita, 3. Aleta adiabática en el extremo y, 4. Aleta convectiva en el extremo. En cada una de estas condiciones se puede encontrar una o más condiciones de borde o de frontera, siempre involucrando la Ecuación 13.

Aleta definida en uno o más puntos

Una aleta es definida en uno o más puntos, cuando se considera la temperatura en uno o más puntos, ya sea que se conozcan las temperaturas o porque se desean conocer. Al particularizar la Ecuación 13 en cada punto, resulta una ecuación independiente para cada caso. En la Figura 12 se ilustra una aleta en la cual se define la temperatura en tres posibles puntos, en $x = 0$, en $x = L/2$ y en $x = L$. En este esquema se han colocado valores numéricos para tener una perspectiva más clara de las condiciones de operación de la aleta. Para este caso hipotético se puede considerar tres condiciones de borde, estas son:

- 1) Condición de borde 1: En $x = 0$, $T = T_b = 100\text{ °C}$
- 2) Condición de borde 2: En $x = L/2$, $T = 58\text{ °C}$
- 3) Condición de borde 3: En $x = L$, $T = T_L = 45\text{ °C}$

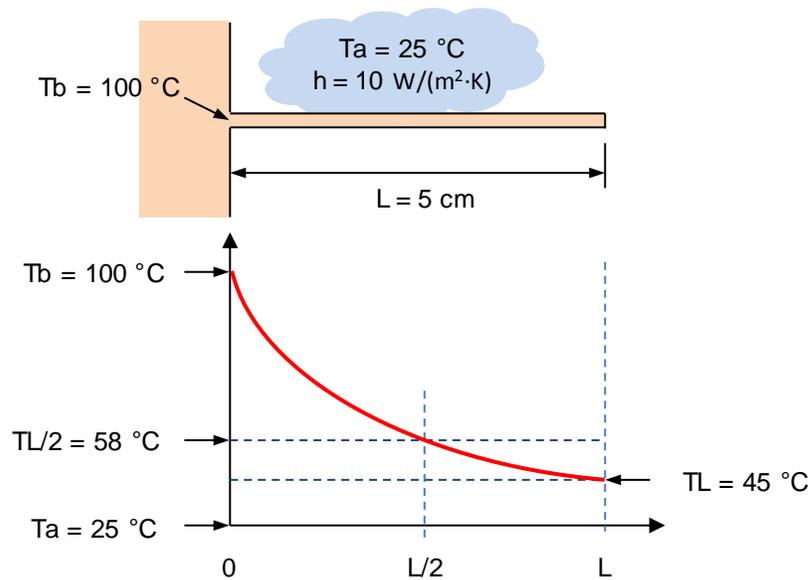


Figura 12 Aleta definida en uno o más puntos
Fuente: Elaboración Propia.

Para cada una de estas condiciones resultan tres ecuaciones independientes, con la Ecuación 13 se encuentra:

Condición de borde	Ecuación
1	$100 = T_{\infty} + C_1 + C_2$
2	$58 = T_{\infty} + C_1 \cdot e^{mf \cdot L/2} + C_2 \cdot e^{-mf \cdot L/2}$
3	$45 = T_{\infty} + C_1 \cdot e^{mf \cdot L} + C_2 \cdot e^{-mf \cdot L}$

Dependiendo del valor de mf y L , se pudiese intentar resolver un sistema de ecuaciones y calcular algunas incógnitas de interés. Lo importante es saber que cada una de estas ecuaciones es independiente y pueden ser utilizadas dependiendo de la necesidad que se tenga.

Aleta muy larga o infinita

Una aleta es muy larga o infinita cuando hay una parte o un sector de ella que está a la misma temperatura que el fluido refrigerante (el aire) lo que implica que en éste sector la aleta no transfiere calor por convección. En la Figura 13 se ilustra una aleta con dos posibles escenarios para la distribución de temperatura.

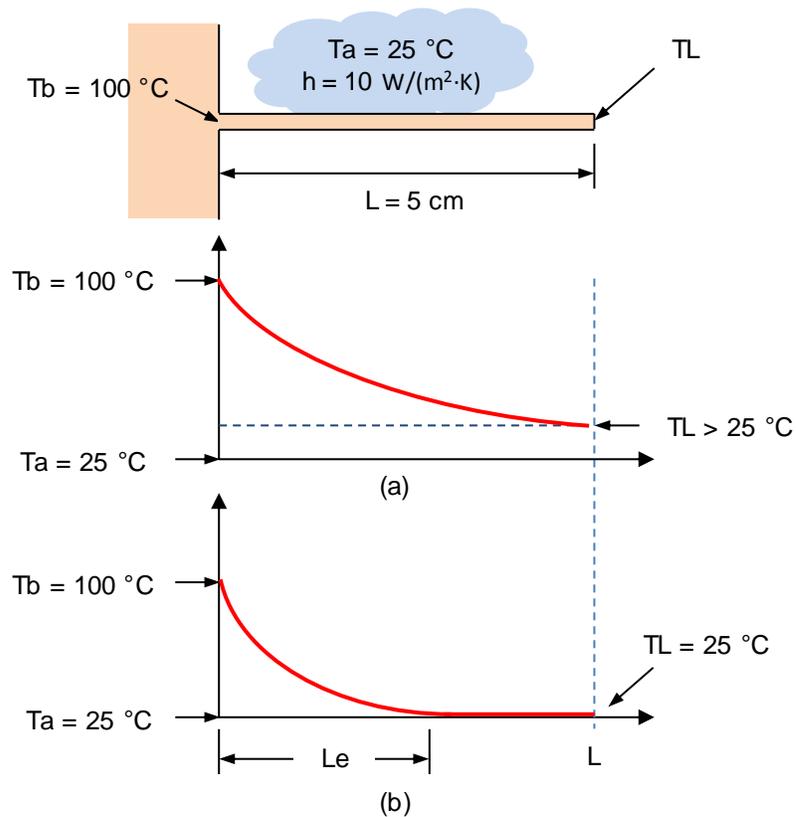


Figura 13 Aleta muy larga o infinita, a) temperatura superficial mayor a la del aire y, b) aleta infinita.

Fuente: Elaboración Propia.

En la Figura 13a, la distribución de temperatura muestra que la aleta en toda su longitud tiene una temperatura mayor a la del aire (25 °C), por lo tanto no es una aleta infinita ya que hay transferencia de calor por convección en toda su superficie. Por el contrario, la Figura 13b muestra una

aleta infinita, ya que sólo el sector identificado con la longitud efectiva, L_e , tiene una temperatura mayor a la del aire; el tramo restante tiene una temperatura igual a la del aire.

Cuando una aleta es muy larga o infinita sencillamente se interpreta que su longitud es muy grande y, matemáticamente tiende a infinito, es decir, $L \rightarrow \infty$. Las condiciones de borde que se pueden considerar en este caso son:

1) Condición de borde 1: En $x = L$, $T = T_\infty$ (Con $L \rightarrow \infty$).

Particularizando la Ecuación 13 para esta condición, resulta:

$$T_\infty = T_\infty + C_1 \cdot e^{mf \cdot \infty} + C_2 \cdot \underbrace{e^{-mf \cdot \infty}}_1$$

Sabiendo que el término 1 es cero, se interpreta que para que se satisfaga la igualdad, C_1 tiene que ser cero, por lo tanto la distribución de temperatura se simplifica a:

$$T_{(x)} = T_\infty + C_2 \cdot e^{-mf \cdot x}$$

2) Condición de borde 2: En $x = 0$, $T = Tb = 100$

Particularizando la Ecuación anterior para esta nueva condición, resulta:

$$Tb = T_\infty + C_2 \cdot e^{-mf \cdot 0}$$

Al simplificar se concluye que $C_2 = Tb - T_\infty$. Sustituyendo resulta la ecuación particular en términos de, Tb , para este tipo de aleta:

$$T_{(x)} = T_\infty + (Tb - T_\infty) \cdot e^{-mf \cdot x}$$

Aleta aislada en el extremo

Una aleta es aislada en el extremo cuando justo en $x = L$ no hay transferencia de calor, indistintamente de la temperatura que se tenga. Si en ese punto no hay transferencia de calor por conducción, según la Ecuación de Fourier, el gradiente de temperatura en ese punto es cero, $\left[\frac{dT}{dx}\right]_{x=L} = 0$. En la Figura 14 se ilustra esta posibilidad, a pesar de que $T_L = 34\text{ °C}$ (temperatura mayor a la del aire) no hay transferencia de calor por estar aislada:

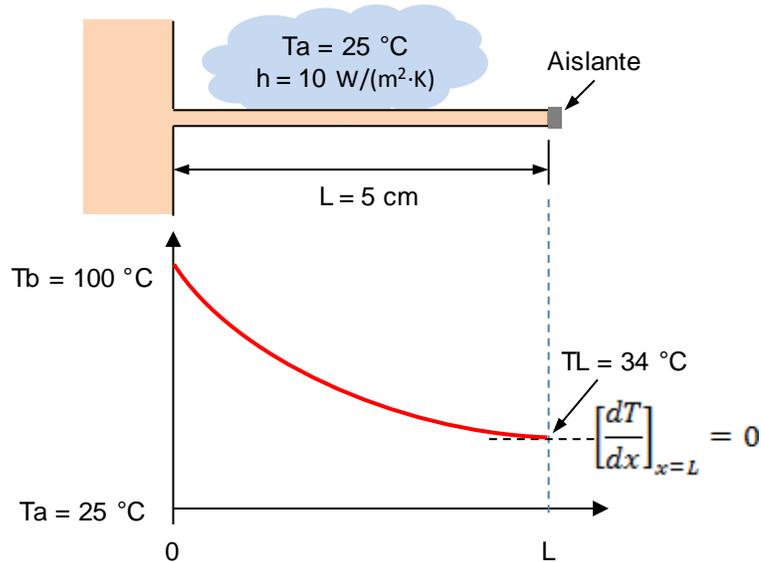


Figura 14 Aleta aislada en el extremo.
Fuente: Elaboración Propia.

Las condiciones de borde para este caso son:

- 1) Condición de borde 1: En $x = L$, $\left[\frac{dT}{dx}\right]_{x=L} = 0$

Particularizando la Ecuación 13 para esta condición, al derivar y evaluarla en $x = L$, resulta:

$$\frac{dT}{dx} = mf \cdot C_1 \cdot e^{mf \cdot L} - m \cdot C_2 \cdot e^{-mf \cdot L} = 0$$

Este resultado conduce a una relación entre C_1 y C_2 :

$$C_1 \cdot e^{mf \cdot L} = C_2 \cdot e^{-mf \cdot L} \rightarrow C_1 \cdot e^{2mf \cdot L} = C_2$$

2) Condición de borde 2: En $x = 0$, $T = T_b = 100$

Al evaluar la Ecuación 13 para esta condición, resulta:

$$T_b = T_\infty + C_1 \cdot e^{mf \cdot 0} + C_2 \cdot e^{-mf \cdot 0} = T_\infty + C_1 + C_2$$

Resolviendo las ecuaciones resultantes para las dos condiciones de borde consideradas, se tiene:

$$C_1 = \frac{1}{1+e^{2mf \cdot L}} \cdot (T_b - T_\infty) \text{ y } C_2 = \frac{e^{2mf \cdot L}}{1+e^{2mf \cdot L}} \cdot (T_b - T_\infty)$$

Dependiendo del valor de mf , se puede evaluar ambas constantes y definir la distribución de temperatura. El caso considerado es muy particular, sin embargo, puede existir otras posibilidades como la que se ilustra en la Figura 15, en donde el aislamiento de la latea no es tan evidente. En esta oportunidad hay una aleta confinada entre dos superficies de igual temperatura, lo cual origina una distribución de temperatura simétrica, cumpliéndose que en $x = L/2$ el gradiente térmico es cero, o lo que es lo mismo, en ese punto la aleta es adiabática.

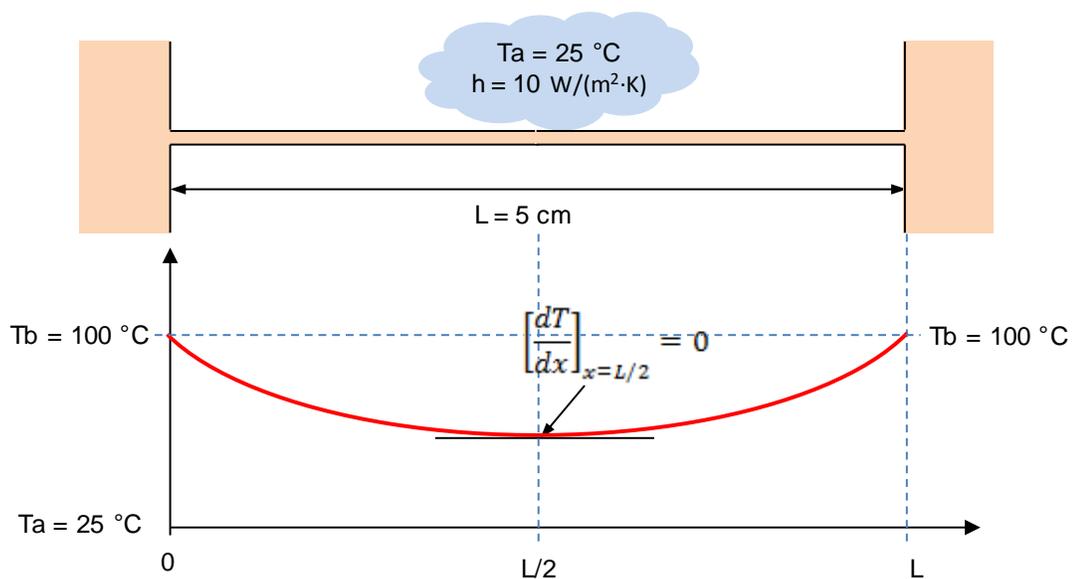


Figura 15 Aleta confinada entre dos superficies.
Fuente: Elaboración Propia.

Para este caso existirían tres condiciones de borde, estas son:

- 1) Condición de borde 1: En $x = 0$, $T = T_b = 100\text{ °C}$
- 2) Condición de borde 2: En $x = L/2$, $\left[\frac{dT}{dx}\right]_{x=L/2} = 0$
- 3) Condición de borde 3: En $x = L$, $T = T_L = 100\text{ °C}$

Aleta convectiva en el extremo

En la Figura 12 se ha ilustrado una aleta en la cual la distribución de temperatura alcanza en su extremo un valor supuesto de temperatura mayor a la del aire ($45\text{ °C} > 25\text{ °C}$). Esta condición hace que la aleta en su extremo transfiera calor por convección a través del área transversal, A_c . Aunque esta condición se consideró en el ejemplo numérico, aquí se abordará de nuevo. Las condiciones de borde son:

1) Condición de borde 1: En $x = L$, $q_{cond} = q_{conv}$.

Esta condición se traduce en:

$$\underbrace{-k \cdot A_c \cdot \left[\frac{dT}{dx} \right]_{x=L}}_{q_{cond}} = \underbrace{h \cdot A_c \cdot (T_L - T_a)}_{q_{conv}}$$

Con la Ecuación 13 se consigue el gradiente térmico evaluado en $x = L$, $\left[\frac{dT}{dx} \right]_{x=L} = mf \cdot (C_1 \cdot e^{mf \cdot L} - C_2 \cdot e^{-mf \cdot L})$, al sustituir y simplificar resulta:

$$-k \cdot [mf \cdot (C_1 \cdot e^{mf \cdot L} - C_2 \cdot e^{-mf \cdot L})] = h \cdot (T_L - T_a)$$

2) Condición de borde 2: En $x = 0$, $T = T_b = 100$

Del análisis anterior, se tiene:

$$T_b - T_\infty = C_1 + C_2$$

Sabiendo que cada una de estas ecuaciones es independiente, dependiendo del planteamiento que se tenga, se pudiese intentar resolver un sistema de ecuaciones y calcular algunas incógnitas de interés.

Otras consideraciones

Dentro de los casos que se han considerado, hay otras posibilidades en las cuales se puede plantear diferentes condiciones de borde, tal es el caso de dos o más aletas en contacto directo. En la Figura 16 se ilustra un arreglo de dos aletas de diferente material, alineadas y colocadas entre dos paredes.

En este caso se puede considerar tres aspectos importantes: 1. La cara de contacto entre las dos aletas tiene la misma temperatura, 2. El calor por conducción transferido de una aleta a la otra, justo en la cara, es el mismo y, 3. Cada aleta tiene una ecuación diferente para su distribución de temperatura, por lo tanto sus constantes C_1 y C_2 son diferentes, de igual manera ocurrirá para el término mf .

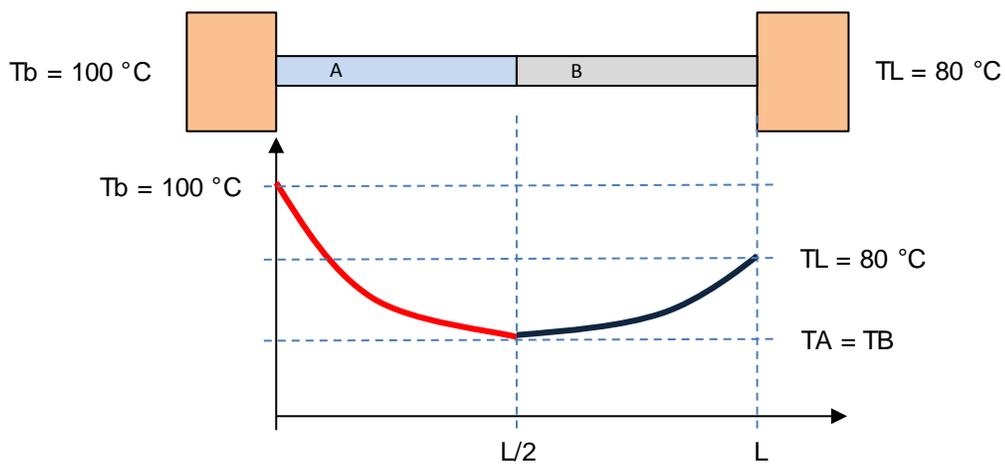


Figura 16 Aletas de diferente material alineadas entre dos paredes.
Fuente: Elaboración Propia.

De esta manera se pueden considerar cuatro condiciones de borde adicionales a las consideradas anteriormente:

1) Condición de borde 1: En $x = L/2$, $T_A = T_B$

$$\underbrace{T_{\infty} + C_1 \cdot e^{mf \cdot x} + C_2 \cdot e^{-mf \cdot x}}_{\text{Para A}} = \underbrace{T_{\infty} + C_1 \cdot e^{mf \cdot x} + C_2 \cdot e^{-mf \cdot x}}_{\text{Para B}}$$

Cada aleta tiene sus propiedades y constantes; particularizando los parámetros para de cada una en términos de las letras A y B, se tiene:

$$C_{1A} \cdot e^{m_{fA}x} + C_{2A} \cdot e^{-m_{fA}x} = C_{1B} \cdot e^{m_{fB}x} + C_{2B} \cdot e^{-m_{fB}x}$$

2) Condición de borde 2: En $x = L/2$, $q_A = q_B$ (El calor que sale de la aleta A es el que entra a la aleta B, o viceversa).

$$\underbrace{-k_A \cdot A_c \cdot \left[\frac{dT}{dx} \right]_{x=L/2}}_{q_A} = \underbrace{-k_B \cdot A_c \cdot \left[\frac{dT}{dx} \right]_{x=L/2}}_{q_B}$$

$$\begin{aligned} -k_A \cdot m_{fA} \cdot \left[C_{1A} \cdot e^{m_{fA} \cdot \left(\frac{L}{2}\right)} - C_{2A} \cdot e^{-m_{fA} \cdot \left(\frac{L}{2}\right)} \right] \\ = -k_B \cdot m_{fB} \cdot \left[C_{1B} \cdot e^{m_{fB} \cdot \left(\frac{L}{2}\right)} - C_{2B} \cdot e^{-m_{fB} \cdot \left(\frac{L}{2}\right)} \right] \end{aligned}$$

Considerando las condiciones de borde indicadas anteriormente, también se puede decir:

3) Condición de borde 3: En $x = 0$, $TA = Tb$: $Tb = T_\infty + C_{1A} + C_{2A}$

4) Condición de borde 4: En $x = L$, $TB = TL$

$$Tb = T_\infty + C_{1B} \cdot e^{m_{fB}L} + C_{2B} \cdot e^{-m_{fB}L}$$

Resumiendo, las ecuaciones encontradas son:

Condición de borde	Ecuación
1	$C_{1A} \cdot e^{m_{fA}x} + C_{2A} \cdot e^{-m_{fA}x} = C_{1B} \cdot e^{m_{fB}x} + C_{2B} \cdot e^{-m_{fB}x}$
2	$\begin{aligned} -k_A \cdot m_{fA} \cdot \left[C_{1A} \cdot e^{m_{fA} \cdot \left(\frac{L}{2}\right)} - C_{2A} \cdot e^{-m_{fA} \cdot \left(\frac{L}{2}\right)} \right] \\ = -k_B \cdot m_{fB} \cdot \left[C_{1B} \cdot e^{m_{fB} \cdot \left(\frac{L}{2}\right)} - C_{2B} \cdot e^{-m_{fB} \cdot \left(\frac{L}{2}\right)} \right] \end{aligned}$

3	$Tb = T_{\infty} + C_{1A} + C_{2A}$
4	$TL = T_{\infty} + C_{1B} \cdot e^{mf_B \cdot L} + C_{2B} \cdot e^{-mf_B \cdot L}$

Cada una de estas ecuaciones son independientes y se pueden utilizar en el planteamiento de un problema, tal sea el caso. Aparte de estas consideraciones generales donde se han resaltado las condiciones de borde o de frontera, existen otras condiciones que se conocerán en la fase Desarrollo Práctico en la solución de algunos problemas.

Calor transferido en una aleta

Para determinar el calor que se transfiere en una aleta, se planteará dos maneras de hacerlo, para ello se debe conocer la distribución según lo indicado en la Ecuación 13. Supóngase una aleta como la estudiada en el ejemplo anterior con las mismas condiciones ilustradas en la Figura 17.

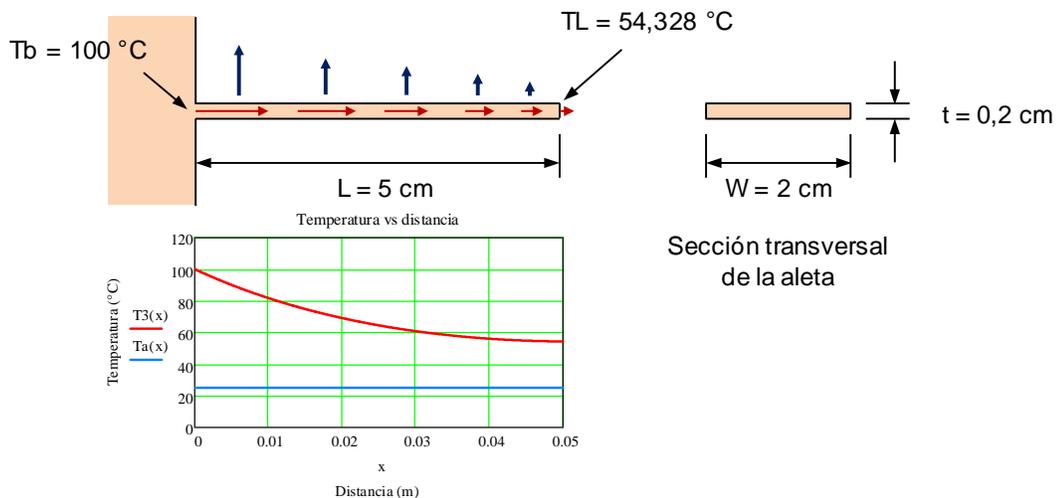


Figura 17 Aleta convectiva cálculo del calor.
Fuente: Elaboración Propia.

Cálculo del calor mediante la ley de Fourier

Para determinar el calor con la Ecuación de Fourier, $q = -k \cdot A_c \cdot \frac{dT}{dx}$, es prioridad saber la distribución de temperatura definida con la Ecuación 13, ya que k y A_c son constantes. Al derivar la Ecuación 13, se observa que es una función que depende sólo de x , así se tiene:

$$\left[\frac{dT}{dx} \right] = mf \cdot (C_1 \cdot e^{mf \cdot x} - C_2 \cdot e^{-mf \cdot x})$$

Al representar gráficamente este gradiente en función de x , se obtiene la Figura 18; a medida que aumenta x , el gradiente disminuye.

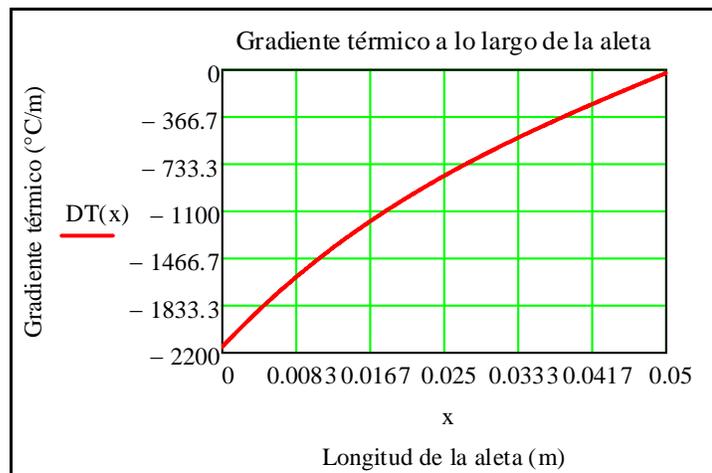


Figura 18 Variación del gradiente térmico a lo largo de la aleta.
Fuente: Elaboración Propia.

El mayor gradiente ocurre para $x = 0$, $\left[\frac{dT}{dx} \right]_{x=0} = -2159 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{m}$ y el menor en $x = L$, $\left[\frac{dT}{dx} \right]_{x=L} = -26,07 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{m}$. Con la pendiente justo en $x = 0$, se puede encontrar el calor que entra a la aleta desde la superficie; lógicamente, este calor será el que se disipará en ella y se designa como q_b o q_f . Hay que

recordar que el calor por conducción a medida que fluye por la aleta, disminuye en la misma proporción que lo hace el gradiente térmico tal y cómo se indicó en la Figura 18. Para observar la variación del calor por conducción se procede de la siguiente manera:

$$q = -k \cdot A_c \cdot \left[\frac{dT}{dx} \right] \quad q_{(x)} = -k \cdot A_c \cdot [mf \cdot (C_1 \cdot e^{mf \cdot x} - C_2 \cdot e^{-mf \cdot x})]$$

En la Figura 19 se muestra la representación gráfica de la Ecuación anterior. El valor máximo se encuentra en $x = 0$, y el mínimo, en $x = L$.

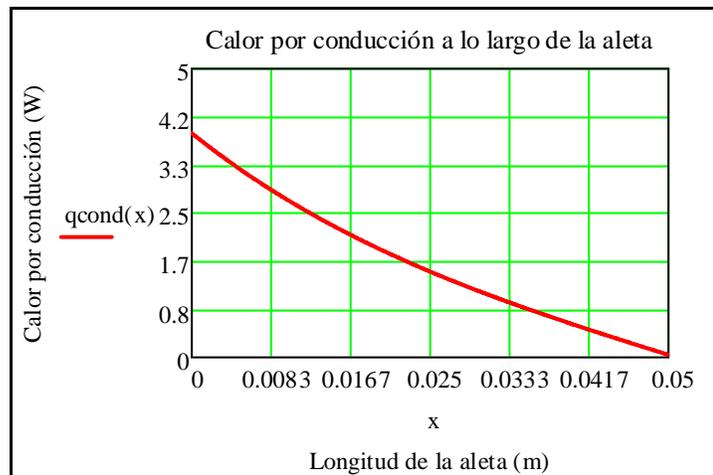


Figura 19 Variación del calor por conducción a lo largo de la aleta. Fuente: Elaboración Propia (2016).

Comprendido el análisis anterior y complementando con lo indicado en la Figura 19, el calor que se disipa en la aleta es justo el que se determina en la base, q_b . Así, mediante la Ecuación de Fourier, para el gradiente máximo, en $x = 0$, resulta:

$$qb = -k \cdot A_c \cdot \left. \frac{dT}{dx} \right|_{x=0}$$

14

$$q_{(x)} = -k \cdot A_c \cdot [mf \cdot (C_1 - C_2)]$$

Cálculo del calor mediante la ley de enfriamiento de Newton

El calor en la base, qb , literalmente se distribuye por la aleta y se transferirse por convección hacia el aire circundante. De acuerdo a lo que se observa en la Figura 17, la temperatura superficial de la aleta es mayor a la del aire en toda su superficie.

El calor por convección por la periferia es aquel que se transfiere por todas las caras de la aleta, esta área perimetral es: $2 \cdot (w+t) \cdot L$, en términos del perímetro, P , el área es: $P \cdot L$. Como la temperatura de la aleta varía en esta área, la ley de enfriamiento de Newton expresada en forma diferencial, es:

$$dq_{conv\ periferia} = h \cdot \underbrace{(P \cdot dx)}_{\text{área perimetral}} \cdot [T_x - T_\infty]$$

Integrando desde la base al extremo, resulta:

$$q_{conv\ periferia} = \int_0^L h \cdot P [T_x - T_\infty] dx$$

Sustituyendo T_x y simplificando, se tiene:

$$q_{conv\ periferia} = \int_0^L h \cdot P \left[\underbrace{(T_\infty + C_1 \cdot e^{m \cdot x} f + C_2 \cdot e^{-m f \cdot x})}_{T_x} - T_\infty \right] dx$$

$$q_{conv\ periferia} = \int_0^L h \cdot P [C_1 \cdot e^{mf \cdot x} + C_2 \cdot e^{-m \cdot x} f] dx$$

Por otro lado, el calor por convección en el extremo, es el que se transfiere por el área transversal justo en el extremo de la aleta, así resulta:

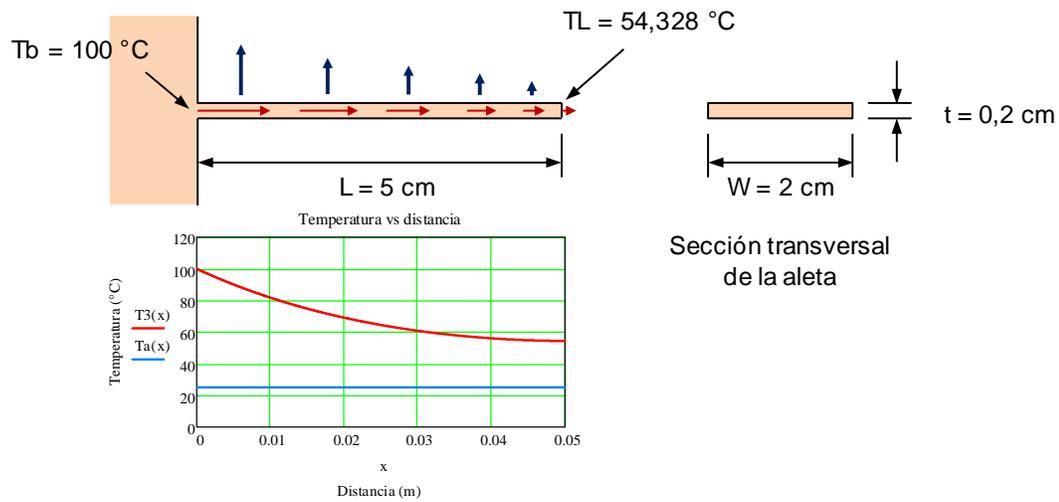
$$q_{conv\ extremo} = h \cdot (w \cdot t)(TL - T_{\infty})$$

Al sumar el calor por la periferia y el calor por el extremo, resulta el calor disipado por toda la superficie de la aleta, el cual simplemente se llamará calor por convección.

$$q_{conv} = \underbrace{\int_0^L h \cdot P (C_1 \cdot e^{mf \cdot x} + C_2 \cdot e^{-mf \cdot x}) dx}_{\text{Calor en la periferia}} + \underbrace{h \cdot (w \cdot t)(TL - T_{\infty})}_{\text{Calor en el extremo}} \quad 15$$

Ejemplo numérico (continuación)

Para observar la aplicabilidad de las Ecuaciones 14 y 15, se continuará con el ejemplo anterior y, poder así calcular el calor disipado por la aleta para una conductividad térmica de 45 W/(m·K). En la figura siguiente se ilustra el esquema del problema anterior. De igual manera, para los cálculos se utilizará Mathcad como herramienta.



Solución:

Cálculo del calor, ley de Fourier

1. Para la Ecuación de Fourier, el calor en la base es:

$$q_b = -k \cdot A_c \cdot \left[\frac{dT}{dx} \right]_{x=0}$$

2. Luego, partiendo de la Ecuación 13, se determina el gradiente térmico en $x = 0$, así resulta:

$$T(x) = T_\infty + C_1 \cdot e^{mf \cdot x} + C_2 \cdot e^{-mf \cdot x}$$

$$\left[\frac{dT}{dx} \right]_{x=0} = mf \cdot [C_1 \cdot e^{mf \cdot x} - C_2 \cdot e^{-mf \cdot x}]_{x=0} = mf \cdot (C_1 - C_2)$$

$$\left[\frac{dT}{dx} \right]_{x=0} = -2159 \text{ }^\circ\text{C/m}$$

De esta manera, al sustituir k y A_c , el calor disipado por la aleta es:

$$q_b = 3,89 \text{ W}$$

Cálculo del calor, ley de enfriamiento de Newton

1. En esta parte, la aleta tiene una temperatura en el extremo mayor a la del aire, por lo tanto es una aleta convectiva, de esta manera, la Ecuación 15 es:

$$q_{conv} = \int_0^L h \cdot 2 \cdot (w + t) [C_1 \cdot e^{mf \cdot x} + C_2 \cdot e^{-mf \cdot x}] dx + h \cdot (w \cdot t) (TL - T_{\infty})$$

2. Sustituyendo las variables involucradas, resulta:

$$q_{conv} = \underbrace{3,84 \text{ W}}_{\text{Calor en la periferia}} + \underbrace{0,05 \text{ W}}_{\text{Calor en el extremo}}$$

$$q_{cov} = 3,89 \text{ W}$$

Análisis de resultados

En la tabla siguiente se muestran de manera resumida los resultados encontrados mediante las Ecuaciones 15 y 16.

Procedimiento	Ecuación	Área (m ²)	Calor (W)
1	Ecuación de Fourier	4x10 ⁻⁵	3,89
2	Ley de enfriamiento de Newton	A _p = 2,2x10 ⁻³ A _c = 4,0x10 ⁻⁵	3,89

Antes de juzgar los resultados, es importante resaltar que técnica e ingenierilmente, estos dos procedimientos son totalmente válidos, ya que tienen como fundamento las ecuaciones de Fourier y la ley de enfriamiento de Newton. En el primer caso, utilizar la Ecuación de Fourier es muy sencillo y práctico ya que en un mismo punto se focaliza el objetivo deseado; en el segundo caso, el procedimiento es más laborioso y, requiere precisar con

más detenimiento el cálculo del calor a pesar de lograr el mismo valor. En adelante, para determinar el calor, se hará con la Ecuación de Fourier (Ecuación 14).

Ecuaciones generales para calcular el calor

Para calcular el calor se partirá de la Ecuación 14; en este caso se requiere definir las constantes C_1 y C_2 tal sea la condición. A continuación se encontrará la ecuación particular para el cálculo del calor para tres tipos de aletas: infinita, adiabática en el extremo y convectiva en el extremo.

$$q_f = -k \cdot A_c \cdot [mf \cdot (C_1 - C_2)]$$

Para una aleta infinita

De acuerdo a lo visto anteriormente, para una aleta infinita las constantes C_1 y C_2 son:

$$C_1 = 0 \text{ y } C_2 = Tb - T_\infty$$

Al sustituir estas constantes en la Ecuación 14, resulta:

$$q_f = k \cdot A_c \cdot mf \cdot (Tb - T_\infty) \quad 16$$

Obsérvese como la Ecuación 16 es independiente de la longitud de la aleta L , pero se requiere conocer la temperatura de la base Tb .

Para una aleta adiabática en el extremo

Tal y como se observó anteriormente, para una aleta adiabática las constantes C_1 y C_2 son:

$$C_1 = \frac{1}{1+e^{2mf \cdot L}} \cdot (T_b - T_\infty) \text{ y } C_2 = \frac{e^{2mf \cdot L}}{1+e^{2mf \cdot L}} \cdot (T_b - T_\infty)$$

Al sustituir estas constantes en la Ecuación 14, resulta:

$$q_f = -k \cdot A_c \cdot \left[mf \cdot \left(\frac{1}{1+e^{2mf \cdot L}} \cdot (T_b - T_\infty) - \frac{e^{2mf \cdot L}}{1+e^{2mf \cdot L}} \cdot (T_b - T_\infty) \right) \right]$$

$$q_f = -k \cdot A_c \cdot mf \cdot (T_b - T_\infty) \left(\frac{1 - e^{2mf \cdot L}}{1 + e^{2mf \cdot L}} \right)$$

Multiplicando el numerador y el denominador por $e^{-mf \cdot L}$, resulta:

$$q_f = k \cdot A_c \cdot mf \cdot (T_b - T_\infty) \underbrace{\left(\frac{e^{mf \cdot L} - e^{-mf \cdot L}}{e^{mf \cdot L} + e^{-mf \cdot L}} \right)}_1$$

El término 1 representa la tangente hiperbólica del argumento $mf \cdot L$, de esta manera la ecuación resultante es:

$$q_f = k \cdot A_c \cdot mf \cdot (T_b - T_\infty) \cdot \tanh(mf \cdot L) \quad 17$$

La función $\tanh(mf \cdot L)$ está limitada en el siguiente intervalo:

$$0 \leq \tanh(mf \cdot L) \leq 1$$

Será cero cuando $L = 0$, crece a medida que L se incrementa y, tiende a uno cuando el argumento tiende a un valor muy grande. De esta manera se concluye que la aleta adiabática disipa menos calor que la aleta infinita para

las mismas condiciones, sin embargo, ambas ecuaciones se hacen iguales cuando $L \rightarrow \infty$.

Para una aleta convectiva en el extremo

Haciendo algunas modificaciones, se puede encontrar ecuaciones simples para algunas configuraciones y poder calcular el calor transferido por una aleta convectiva teniendo como referencia la Ecuación 17 para una aleta adiabática. Supóngase que una aleta convectiva se desea tratar como una aleta adiabática, en esta caso hay que hacer alguna equivalencia para tal conversión. En la Figura 20 se ilustra la conversión de una aleta convectiva a una aleta adiabática.

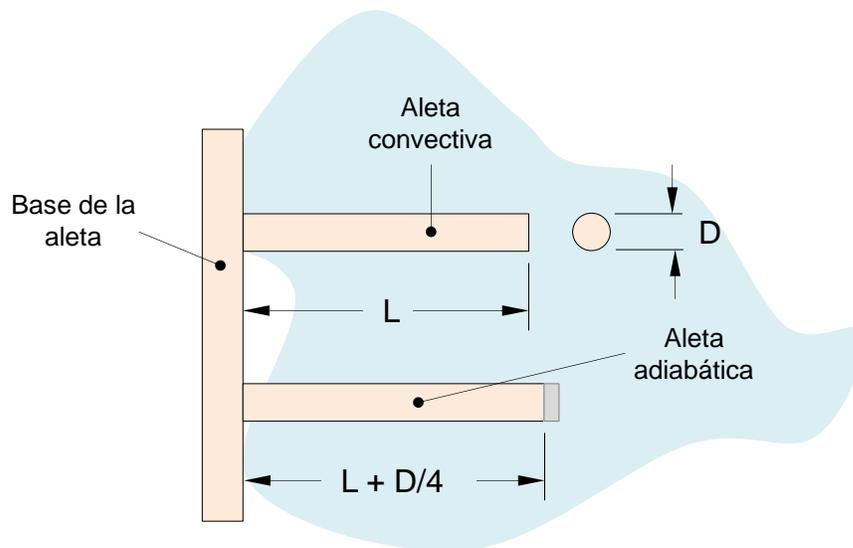


Figura 20 Conversión de una aleta convectiva a una aleta adiabática.
Fuente: Elaboración Propia.

En este caso la aleta convectiva de longitud L , se alarga una longitud extra igual a $D/4$ y se aísla en el extremo; al alargarla simplemente se compensa el área aislada; la longitud extra L_{extra} , se calcula de tal manera que el área perimetral sea igual al área transversal:

$$\underbrace{\frac{\pi}{4} \cdot D^2}_{\text{área transversal}} = \underbrace{P \cdot L_{extra}}_{\text{área perimetral}} = \pi \cdot D \cdot L_{extra} \rightarrow L_{extra} = \frac{D}{4}$$

De esta manera, una aleta convectiva de longitud L , se puede tratar como una aleta adiabática reemplazando L por $L + D/4$. En este caso se ha considerado que la aleta es de sección transversal circular de diámetro, D . Para el caso de una aleta de sección transversal rectangular de ancho w y espesor t , la longitud extra de la aleta es:

$$\underbrace{w \cdot t}_{\text{área transversal}} = \underbrace{P \cdot L_{extra}}_{\text{área perimetral}} = 2(w + t) \cdot L_{extra} \rightarrow L_{extra} = \frac{w \cdot t}{2(w + t)}$$

Si se considera que el ancho de la aleta es muy superior al espesor ($w \gg t$), en toces resulta:

$$L_{extra} = \frac{t}{2}$$

De esta manera, el calor transferido por una aleta convectiva tratada como adiabática, es:

$$q_f = k \cdot A_c \cdot mf \cdot (T_b - T_\infty) \cdot \tanh[mf(L + L_{extra})] \quad 18$$

Obsérvese cómo el calor transferido por una aleta convectiva (Ecuación 17) es mayor que el calor transferido por una aleta adiabática (Ecuación 18) para las mismas condiciones, esto se debe a que el argumento de la función tangente hiperbólica es mayor en este caso.

En los tres tipos de aletas considerados, para poder calcular el calor con las Ecuaciones 16, 17 y 18 es necesario conocer la temperatura de la base de la aleta, en caso contrario, hay que conocer previamente esta variable.

Longitud óptima de la aleta en la transferencia de calor

La longitud de la aleta influye considerablemente en la transferencia de calor, ya que a mayor longitud, mayor área de transferencia. Sin embargo, hay un límite para esta longitud y es precisamente la condición de una aleta infinita. En la Figura 21 se ilustra la distribución de temperatura para el ejemplo anteriormente con una longitud de la aleta de 25 cm. En este caso se han considerado distintos valores de conductividad térmica: 2, 20, 45, 90 y 180 W/(m·K).

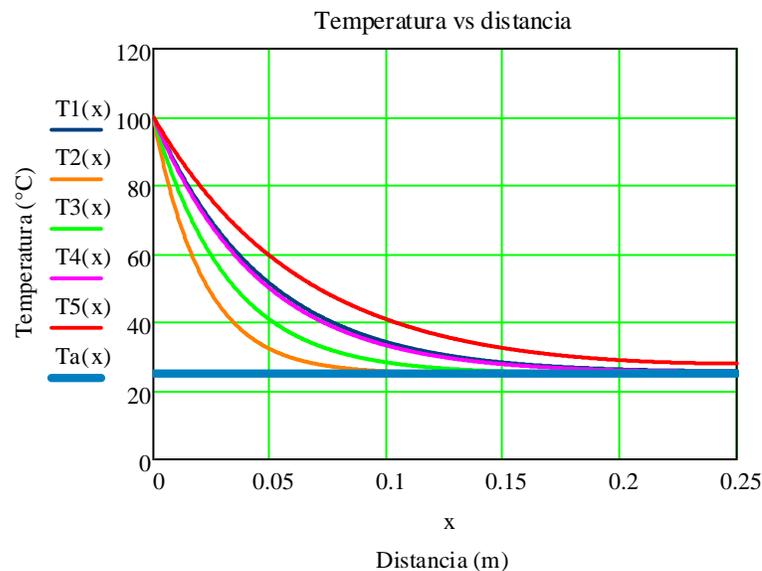


Figura 21 Variación de la temperatura en la aleta para distintos valores de conductividad térmica.

Fuente: Elaboración Propia.

Tal y como se observa, la aleta con mayor conductividad térmica, caso de la función $T5(x)$, en toda su longitud su temperatura superficial está por encima de la temperatura del aire. En el caso contrario, la aleta con menor conductividad térmica, caso de la función $T2(x)$, mantienen una temperatura superficial por encima a la del aire sólo en un tramo. Lógicamente la aleta que logre mantener una temperatura superficial promedio por encima a la del aire disipara más calor, es por ello que siempre es preferible aletas con alta conductividad térmica.

Para saber cuál es la mayor longitud posible de una aleta y garantizar que siempre su temperatura superficial en cualquier punto está por encima a la del aire, hay que tomar como referencia el calor transferido por una aleta infinita, ya que estas, transfieren mayor calor que cualquier otra aleta para las mismas condiciones tal y como se observó en las Ecuaciones 16, 17 y 18.

Si se retoma nuevamente el ejemplo numérico planteado y, se calcula el calor transferido por la aleta para las condiciones de aleta infinita, adiabática y convectiva (para una $k = 45 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$), se tienen los siguientes resultados:

Condición de la aleta	Calor (W)
Infinita	$q_{fi} = 4,22$
Convectiva	$q_{fi} = 3,89$
Adiabática	$q_{fa} = 3,87$

Como se comentó, el calor hallado con la condición de aleta infinita es el mayor posible, mientras que el calor con la condición de aleta convectiva es prácticamente igual al hallado con la aleta adiabática. Conocido estos resultados, es interesante hacer la siguiente pregunta: ¿qué longitud debe tener las demás aletas con condición convectiva y (o) adiabática para que transfiera el mismo calor que una aleta infinita? Para responder esta

pregunta es importante conocer las ecuaciones de cada aleta en función de su longitud.

Con la intención de simplificar un poco el planteamiento anterior, se considerará la información obtenida sólo para la aleta infinita y adiabática, sin embargo los resultados se generalizaran para las aletas convectivas.

Aleta	C_1	C_2
Infinita	0	$T_b - T_\infty$
Adiabática	$\frac{e^{2m \cdot L} \cdot (T_b - T_\infty)}{1 + e^{2mf \cdot L}}$	$\frac{(T_b - T_\infty)}{1 + e^{2mf \cdot L}}$

Con la ayuda de la Ecuación 14 y la información anterior, se puede obtener la ecuación en términos generales para evaluar el calor en las aletas señaladas. En este caso para la aleta infinita el calor se designa por, qfi , mientras que para la aleta adiabática se llamará, qfa .

$$qfi = k \cdot Ac \cdot mf \cdot (Tb - T_\infty) \quad 16$$

$$qfa = k \cdot Ac \cdot mf \cdot (Tb - T_\infty) \cdot \frac{(e^{2 \cdot mf \cdot L} - 1)}{(e^{2 \cdot mf \cdot L} + 1)} \quad 17$$

Obsérvese cómo la diferencia entre las Ecuaciones 16 y 17 está en el término $(e^{2 \cdot mf \cdot L} - 1)/(e^{2 \cdot mf \cdot L} + 1)$, el cual es menor a uno, lo que implica que el calor de la aleta adiabática (para cualquier L) es menor que el calor de la aleta infinita, tal y como se comentó anteriormente. Ahora bien, si se divide la Ecuación 17 por la Ecuación 16, se obtiene lo siguiente:

$$\frac{qfa}{qfi} = \frac{k \cdot Ac \cdot mf \cdot (Tb - T_{\infty}) \cdot \frac{(e^{2 \cdot mf \cdot L} - 1)}{(e^{2 \cdot mf \cdot L} + 1)}}{k \cdot Ac \cdot mf \cdot (Tb - T_{\infty})}$$

En estos términos, se definirá la relación de calores como rq , de esta manera se logra:

$$\frac{qfa}{qfi} = rq = \frac{(e^{2 \cdot mf \cdot L} - 1)}{(e^{2 \cdot mf \cdot L} + 1)} \quad 18$$

Los valores de rq , en la Ecuación 18 están limitados en el dominio $0 \leq rq \leq 1$; será cero cuando la aleta adiabática tenga una longitud $L = 0$ y será uno cuando la longitud de la aleta tienda a infinito. Al despejar la longitud L , de la Ecuación 18 en términos de la relación de calores, rq , se tiene:

$$L = \frac{1}{2 \cdot mf} \cdot \ln\left(\frac{1 + rq}{1 - rq}\right) \quad 19$$

La Ecuación 19 permite calcular la longitud de una aleta adiabática en función de la relación de calor rq , y el parámetro mf , según el siguiente procedimiento: En primer lugar se debe fijar la fracción de calor que se desea disipar con la aleta adiabática respecto a la aleta infinita, luego se define el parámetro mf . Supóngase que se desea estimar la longitud de la aleta adiabática para que disipe el 75% del calor disipado por la aleta infinita para un valor $mf = 30 \text{ 1/m}$, de esta manera la longitud de la aleta es:

$$L = \frac{1}{2 \cdot 30} \cdot \ln\left(\frac{1 + 0,75}{1 - 0,75}\right) = 0,032 \text{ m} = 32 \text{ mm}$$

Este resultado significa que una aleta de longitud 32 mm disipa el 75% del calor transferido por una aleta infinita para un mismo $mf = 30 \text{ 1/m}$. Tal y como se observa, es muy simple obtener una determinada longitud para un requerimiento específico. Este resultado se puede verificar calculando el calor que corresponde para la aleta adiabática con una longitud $L = 0,032 \text{ m}$ y un valor de $mf = 30 \text{ 1/m}$, la relación de calor rq , es:

$$\frac{q_{fa}}{q_{fi}} = \frac{3,038}{4,050} = 0,75$$

Para tener un panorama más general de los posibles resultados logrados con la Ecuación 18, en la Figura 21 se ha representado gráficamente la variación de la longitud de la aleta, para distintos valores de mf . En este caso, la función $L10(rq)$ representa la curva para una valor de $mf = 10 \text{ 1/m}$.

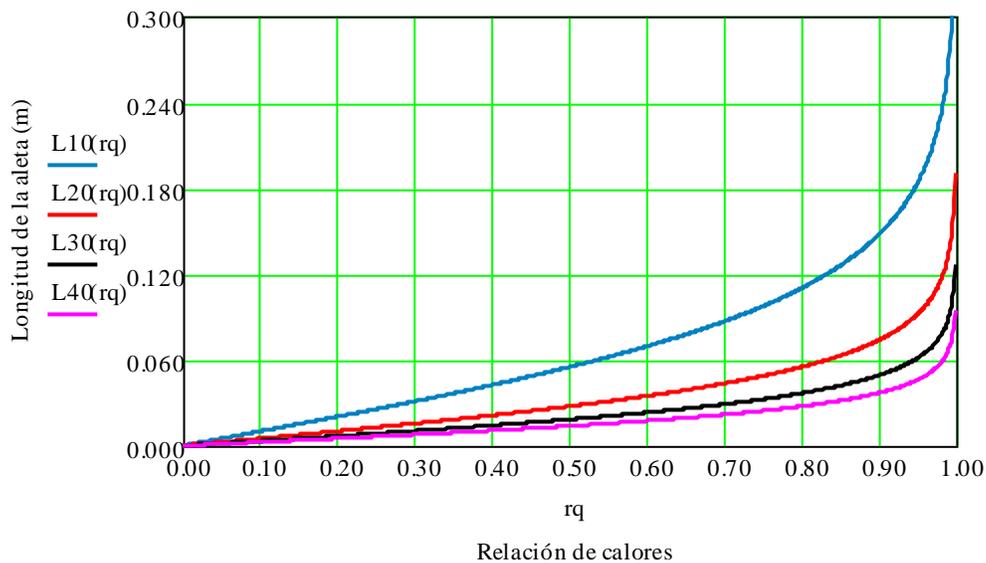


Figura 21 Longitud de la aleta adiabática en función de la relación de calor para valores de $mf = 10, 20, 30$ y 40 (1/m) .

Fuente: Elaboración Propia.

Obsérvese como a medida que mf aumenta, para una misma relación de calor rq , se requiere menos longitud de la aleta para disipar el mismo calor. Otro aspecto importante de resaltar es que para relaciones de calor pequeñas, se logra una relación aproximadamente lineal con la longitud de la aleta, ya para altos valores, se acentúa una función exponencial entre estas variables tal y como lo describe la misma Ecuación 18.

Para complementar el análisis anterior, es importante hacer la siguiente pregunta: ¿Qué longitud debe tener una aleta adiabática para que el calor transferido sea el 50, 80 y 100 % del calor transferido por una aleta infinita en las mismas condiciones? A continuación se muestran los resultados de la longitud, L , y los calores respectivos para las distintas aletas con un valor de $mf = 31,269 \text{ 1/m}$ (caso del ejemplo numérico):

$rq(\%)$	$L(\text{m})$	Aleta adiabática $qfa \text{ (W)}$	Aleta convectiva $qfc \text{ (W)}$
50	0,018	2,153	2,240
80	0,035	3,371	3,410
100	0,900	4,221	4,219

Analizando los resultados se destacará varios aspectos:

- Al observar los valores de la longitud calculados para las relaciones de calor señalados, se encuentra que hay una diferencia significativa en estas longitudes, sin embargo, tal y como se observó en la Figura 21 no hay una relación lineal entre estas variables. A mayores relaciones de calor, se requiere mucho más longitud.
- Si se observan los valores de los calores obtenidos para las longitudes señaladas, se aprecia que para una misma longitud el calor hallado con una aleta adiabática es muy parecido al calor hallado con la aleta convectiva. Por otro lado se resalta la diferencia de los calores hallados respecto a la diferencia entre las longitudes respectivas; obsérvese con

la longitud de 0,9 m es 25,7 veces la longitud 0,035 m, mientras que el calor transferido para una longitud de 0,9 m es 1,25 veces el calor transferido para una longitud de 0,035 m.

- A pesar que la respuesta para una aplicación específica puede depender de otras consideraciones, en opinión del autor se puede concluir que es preferible tener una aleta con 0,035 m de longitud que transfiere el 80 % del calor máximo y, no una aleta con 0,9 m de larga para que transfiera el 100 % de este calor.

Eficiencia de una aleta

La eficiencia de la aleta es uno de los parámetros más importantes relacionados con la transferencia de calor en superficies extendidas en su amplio campo de aplicaciones en problemas de transmisión de calor, entre los que se destaca radiadores de automóviles o equipos de aire acondicionado, elementos combustibles de reactores nucleares refrigerados por gases, elementos de absorción de calor, disipación de energía en vehículos espaciales, equipos de refrigeración y calentamiento en la industria química, incluyendo los sistemas de enfriamiento en componentes electrónicos Kreith, Manglik y Bohn (2011).

Según Incropera y Dewitt (1999) al referir a la eficiencia de una aleta señalan que es la relación entre el calor transferido por la aleta respecto al calor que ésta transferiera si su temperatura fuese uniforme e igual a la temperatura de la base; este último calor sería el calor máximo posible a transferir por la aleta ya que se lograría la máxima diferencia de temperatura entre la superficie y el fluido refrigerante. En este sentido la eficiencia de una aleta es:

$$\eta_f = \frac{\text{Calor real}}{\text{Calor máximo}} = \frac{q_f}{h \cdot A_f \cdot (T_b - T_\infty)} \quad 20$$

En algunos casos conocer el calor real que se trasfiere en una aleta puede resultar difícil, por lo general la solución analítica de la distribución de temperatura está limitada a casos muy particulares. Sin embargo utilizando la Ecuación 20 se puede calcular este calor disipado por la aleta teniendo como dato la eficiencia de la aleta, de esta manera se tiene:

$$q_f = \eta_f \cdot h \cdot A_f \cdot (T_b - T_\infty)$$

En este caso q_f , es el calor que transferiría la aleta en sus condiciones establecidas, sea convectiva, adiabática o aislada en el extremo. En el caso del calor máximo, se ha cambiado T_s por T_b , ya que se supone que la temperatura superficial de la aleta es T_b . El área, A_f , es toda la superficie de la aleta en contacto con el fluido refrigerante.

En el libro de Incropera y Dewitt (1999) se pueden encontrar algunas figuras que muestran cómo es la eficiencia de una aleta en función de ciertas variables geométricas establecidas, tal es el caso de una aleta anular (de sección transversal variable) como la que se indica en la Figura 22.

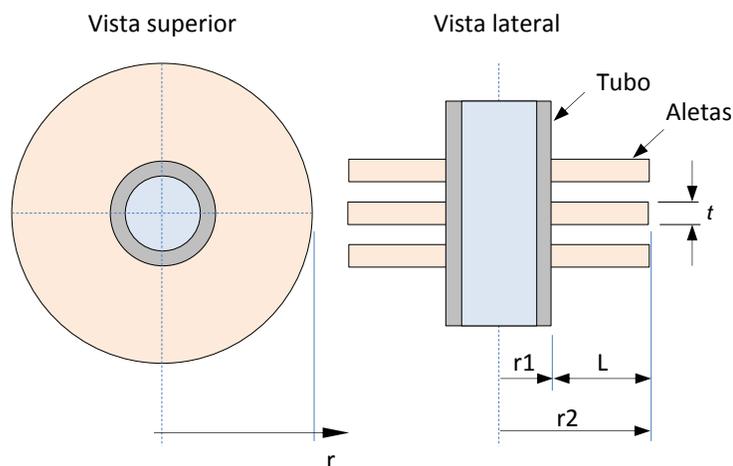


Figura 22 Aleta anular de perfil rectangular.
Fuente: Elaboración Propia.

En las Figuras 23 y 24 se muestra la eficiencia de algunos tipos de aletas en función de ciertos parámetros geométricos. Para destacar la aplicabilidad de esta información se considerará el caso de una aleta anular de perfil rectangular; previamente es importante considerar algunos parámetros tomando como referencia la información indicada en la Figura 22 y lo señalado por Incropera y Dewitt (1999).

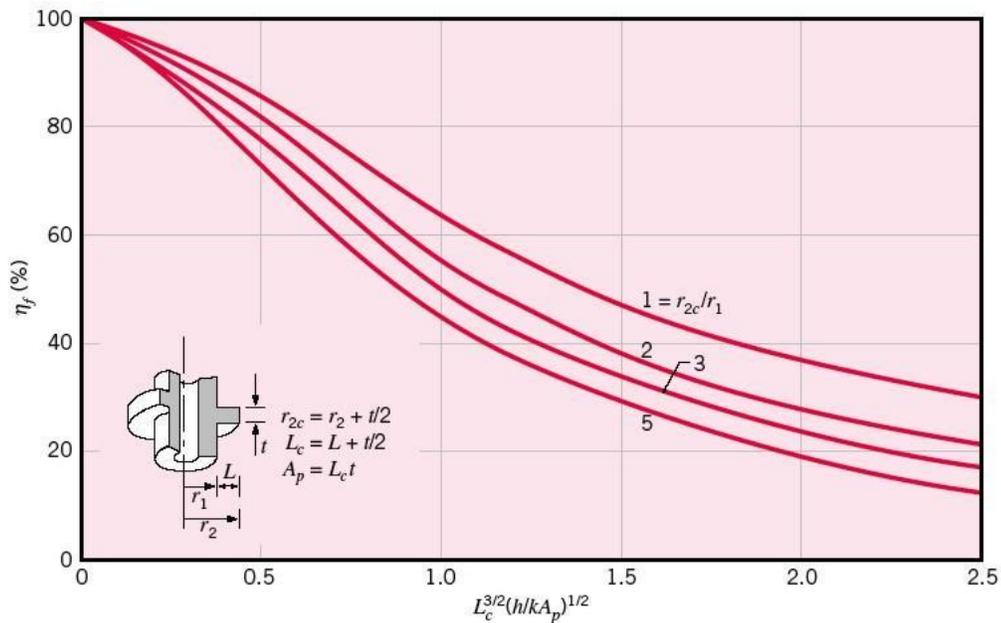


Figura 23 Eficiencia de aletas anulares de perfil rectangular.
Fuente: Incropera y Dewitt (1999) (p. 123).

1. Conociendo la longitud de la aleta, L , y su espesor, t , se calcula L_c :
$$L_c = L + \frac{t}{2}$$
2. Con el radio exterior de la aleta r_2 , se encuentra r_{2c} : $r_{2c} = r_2 + \frac{t}{2}$
3. Con r_{2c} , y el radio interior r_1 , se halla: $\frac{r_{2c}}{r_1}$
4. Con L_c , se obtiene A_p : $A_p = L_c \cdot t$

5. Con L_c , A_p , k y h , se encuentra : $L_c^{3/2} \left(\frac{h_c}{kA_p} \right)^{1/2}$

Conociendo la relación r_{2c}/r_1 y el parámetro $L_c^{3/2} \left(\frac{h_c}{kA_p} \right)^{1/2}$ se puede determinar la eficiencia de la aleta de la siguiente manera: supóngase que $r_{2c}/r_1 = 3$ y que $L_c^{3/2} \left(\frac{h_c}{kA_p} \right)^{1/2} = 1$, buscando la intersección de estas líneas en la Figura 23, se encuentra que la aleta tiene un rendimiento aproximadamente 50 %.

De manera similar en la Figura 24 y Figura 25 se encuentran otros tipos de aletas con información semejante.

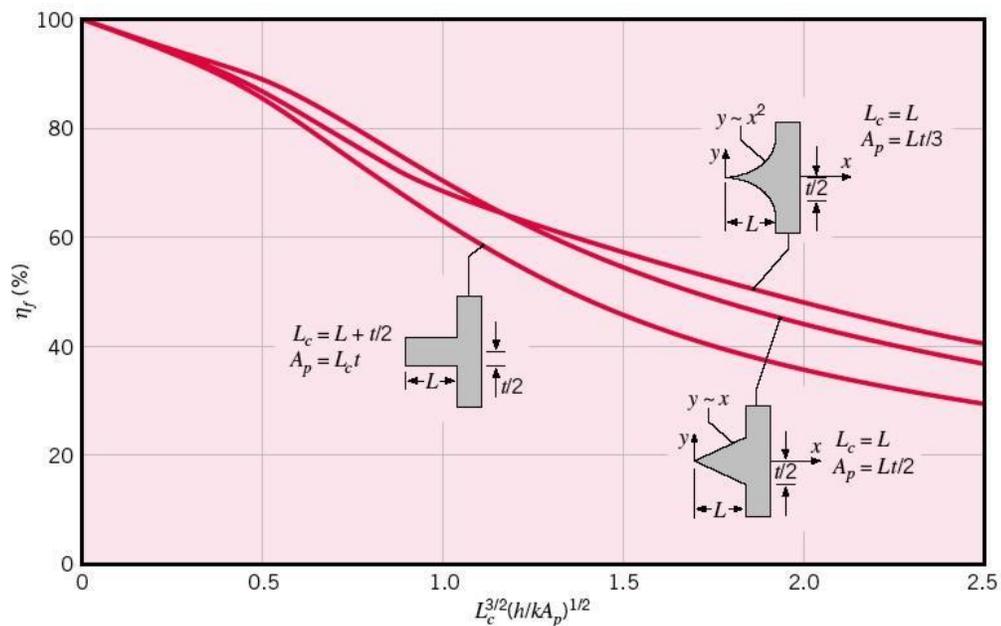


Figura 24 Eficiencia de aletas de diversos perfiles (rectangular, triangular y parabólico). Fuente: Incropera y Dewitt (1999) (p. 123).

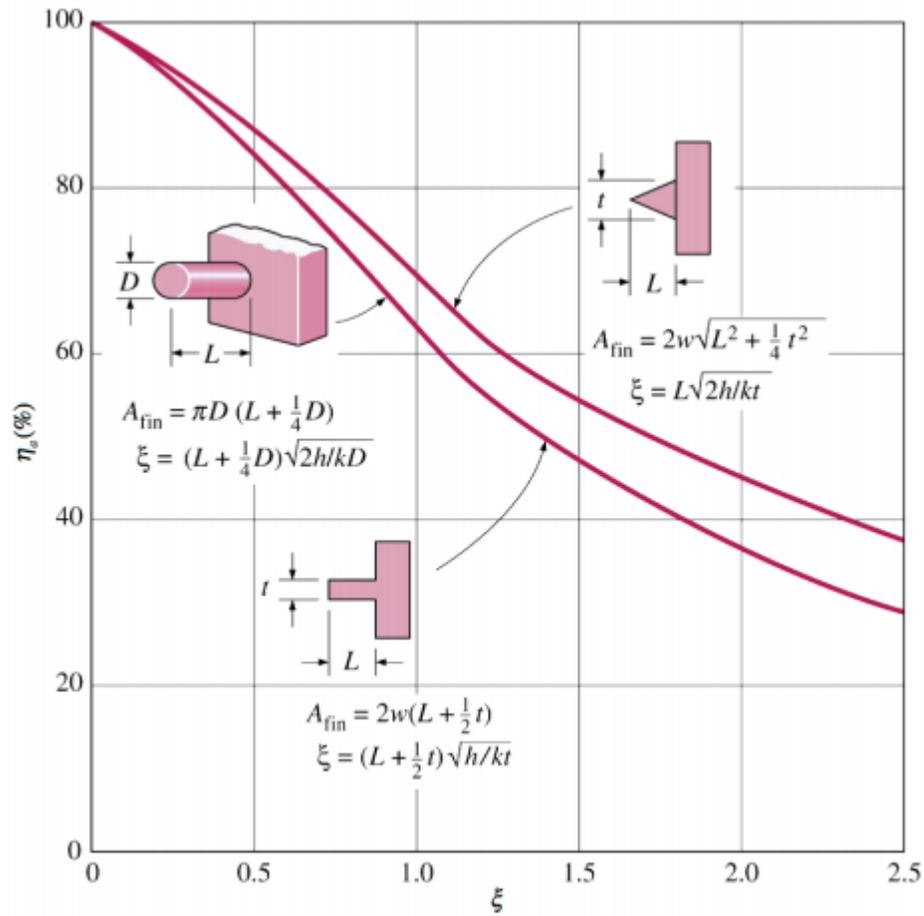


Figura 25 Eficiencia de aletas de punta.
Fuente: Çengel (2006) (p. 162).

Haciendo algunas modificaciones, se puede encontrar ecuaciones simples para algunas configuraciones y poder calcular la eficiencia de una aleta convectiva o adiabática de sección transversal constante. Ya anteriormente se consideró que una aleta convectiva se puede tratar como adiabática alargándola una longitud extra, L_e . Partiendo de la definición de la eficiencia de una aleta, se tiene:

$$\eta_f = \frac{\text{Calor real}}{\text{Calor máximo}} = \frac{q_f}{h \cdot A_f \cdot (T_b - T_\infty)}$$

Para tener otro enfoque al tratamiento anterior, en esta parte se tratarán las ecuaciones con otra postura. De acuerdo a lo visto anteriormente, el calor transferido por la aleta se obtiene con la Ecuación 14:

$$q_f = -k \cdot A_c \cdot \left. \frac{dT}{dx} \right|_{x=0}$$

$$q_f = -k \cdot A_c \cdot [mf \cdot (C_1 - C_2)]$$

Al sustituir el calor de la aleta en la Ecuación 20, se tiene:

$$\eta_f = \frac{-k \cdot A_c \cdot [mf \cdot (C_1 - C_2)]}{h \cdot Af \cdot (T_b - T_\infty)} \quad 21$$

Las constantes C_1 y C_2 , para una aleta adiabática son:

$$C_1 = \frac{1}{1+e^{2mf \cdot L}} \cdot (T_b - T_\infty) \quad \text{y} \quad C_2 = \frac{e^{2mf \cdot L}}{1+e^{2mf \cdot L}} \cdot (T_b - T_\infty)$$

Hay que recordar que se debe reemplazar L por $L + D/4$. Al sustituir ambas constantes en la Ecuación 21, resulta:

$$\eta_f = \frac{-k \cdot A_c \cdot mf \left[\left(\frac{1}{1+e^{2mf \cdot L}} \cdot (T_b - T_\infty) - \frac{e^{2mf \cdot L}}{1+e^{2mf \cdot L}} \cdot (T_b - T_\infty) \right) \right]}{h \cdot Af \cdot (T_b - T_\infty)}$$

Simplificando y reemplazando Af , por $P \cdot (L + D/4)$ se tiene:

$$\eta_f = \frac{k \cdot A_c \cdot mf \left[\left(-\frac{1}{1+e^{2mf \cdot L}} + \frac{e^{2mf \cdot L}}{1+e^{2mf \cdot L}} \right) \right]}{h \cdot P \cdot (L + D/4)}$$

Recordando que mf es igual a $\sqrt{\frac{hP}{kA_c}}$, y multiplicando el numerador y denominador por $e^{-mf \cdot L}$, resulta:

$$\eta_f = \frac{\left(\frac{e^{mf \cdot L} - e^{-mf \cdot L}}{e^{mf \cdot L} + e^{-mf \cdot L}} \right)}{mf \cdot (L + D/4)}$$

Reconociendo que la función $\left(\frac{e^{mf \cdot L} - e^{-mf \cdot L}}{e^{mf \cdot L} + e^{-mf \cdot L}} \right)$ es la tangente hiperbólica del argumento $(mf \cdot L)$, y reemplazando L por $L + D/4$, resulta:

$$\eta_f = \frac{\tanh[mf(L + D/4)]}{mf \cdot (L + D/4)} \quad 22$$

Mediante la Ecuación 22 se puede encontrar la eficiencia de una aleta convectiva de sección transversal circular de diámetro D , y longitud L . En la Figura 27 se representa gráficamente la Ecuación 22.

Obsérvese cómo la eficiencia de la aleta es mayor para longitudes pequeñas. Es de entender que si la longitud de la aleta es pequeña la caída de temperatura en ella es menor, por lo tanto la transferencia de calor será elevada.

Para el caso de una aleta de sección rectangular de espesor t , se utiliza la Ecuación 22 reemplazando $D/4$, por $\frac{w \cdot t}{2(w+t)}$. En el caso de que $w \gg t$, se reemplaza $D/4$ por $t/2$, así resulta:

$$\eta_f = \frac{\tanh[mf(L + t/2)]}{mf \cdot (L + t/2)} \quad 23$$

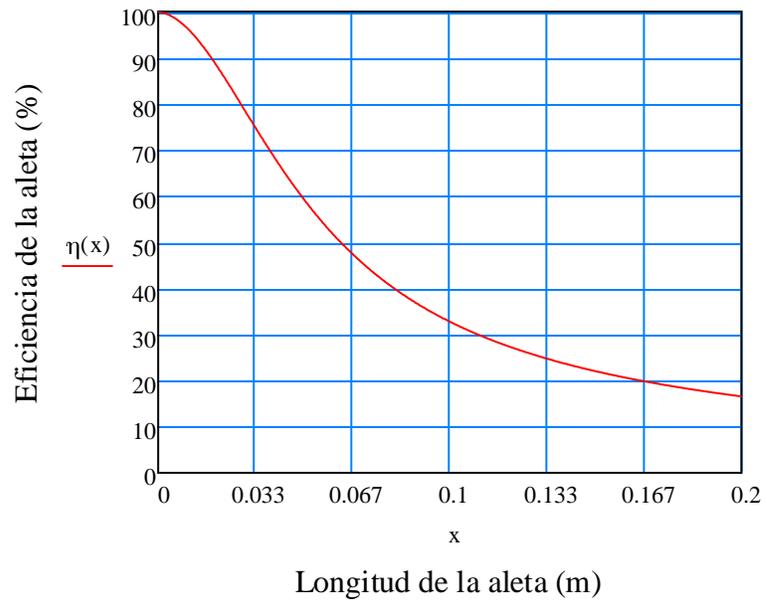


Figura 27 Eficiencia de una aleta se sección transversal circular para diferentes longitudes, con $mf = 30 \text{ m}^{-1}$ y $D = 5 \text{ mm}$.
Fuente: Elaboración Propia.

En la fase Desarrollo Práctico en encontrará la solución de algunas aplicaciones en ciertos problemas resueltos en Mathcad donde se maneje el concepto de eficiencia de una aleta.

APENDICE C
Desarrollo Práctico

Desarrollo Práctico

Tal y como se ha indicado, esta parte se fundamentara en la solución de problemas donde se involucre aplicaciones de transferencia de calor con superficies extendidas actuando como elementos disipadores y captadores de calor. Para ello se utilizará Mathcad como herramienta computacional de cálculo, manteniendo un marco de referencia con los cuatro ejes de desarrollo: *Planteamiento del Problema*, *Solución Puntual*, *Parametrización de la Solución* y *Análisis de Resultados*.

En total hay un planteamiento de diez problemas con superficies extendidas de sección transversal constante y variable. El procedimiento sugerido para la implementación de esta fase, es que el alumno plantee, consolide y discuta la solución numérica de alguno de estos ejercicios en clase en forma grupal bajo la orientación del docente investigador, de igual manera complementa la ejercitación práctica mediante el uso del computador.

Para este caso, el estudiante dispondrá de un aula acondicionada con computadores y la herramienta de cálculo. Cada computador tiene un compendio de problemas resueltos paso a paso, donde se destaca la solución puntual y la solución parametrizada, de tal manera que simule situaciones distintas a las planteadas y haga los respectivos análisis de resultados.

De estos cuatro ejes de desarrollo, el más importante corresponde al *Planteamiento del Problema*, ya que es aquí donde se discutirá el planteamiento de la solución al problema, las afirmaciones, fundamentos teóricos, ecuaciones, preguntas y respuestas, tanto del profesor como del estudiante, todo enmarcado en la Epistemología Conceptual.

Una vez que el alumno comprenda la fundamentación lógica para la solución del problema, se obtendrá la *Solución Puntual*, para ello se utilizará Mathcad. Es importante resaltar que las ecuaciones y valores numéricos presentados en el texto con la solución del problema, corresponderán a la

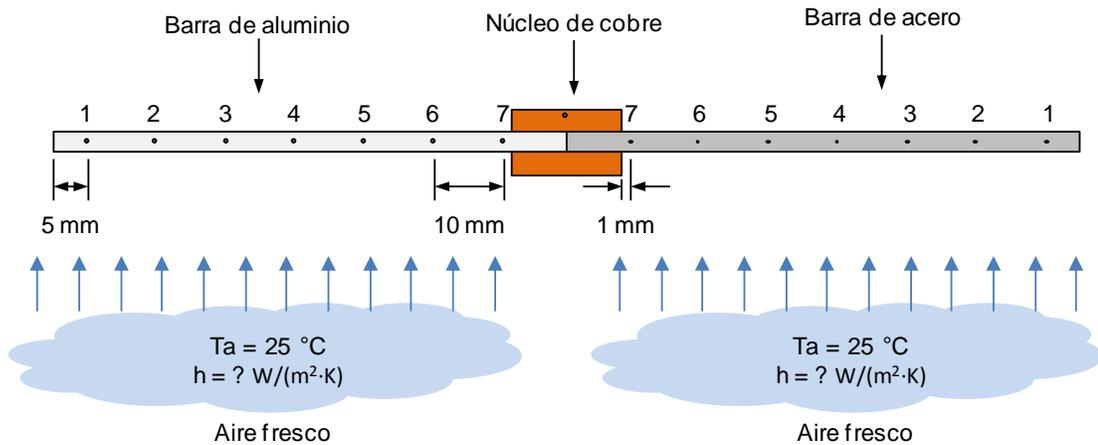
sintaxis y al formato de hoja de cálculo Mathcad, de tal manera de mantener correspondencia con la nomenclatura, estilo y conformación de la escritura del software, buscando que el estudiante comprenda la secuencia y nomenclatura usada con la mayor facilidad posible.

De igual manera, en la *Parametrización de la Solución*, también se utilizará Mathcad, teniendo en cuenta las consideraciones hechas durante la *Solución Puntual*. Finalmente se debe hacer el *Análisis de Resultados*, tomando los fundamentos de la Epistemología Conceptual y los resultados propios, tanto en la *Solución Puntual* como de la *Parametrización de la Solución*.

A continuación se indica el enunciado de los problemas, las preguntas y sus esquemas. En el Apéndice D se muestra la solución de los problemas N° 4, 6, 9 y 10 formato Mathcad.

Problema N° 0 Fuente: Elaboración Propia.

Considere el arreglo mostrado en la unidad UDH, donde un grupo de estudiantes registró algunos valores de temperatura en los nodos 1, 4 y 7 sobre las barras de aluminio y acero.



Nodo	Temperaturas (°C)	
	aluminio	acero
7	73.7	71.9
4	70.6	62.6
1	69.3	59.4

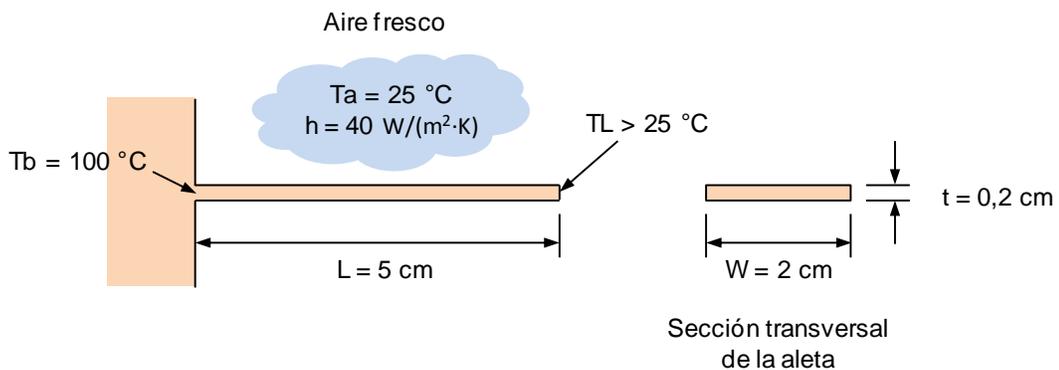
Ambas barras tienen un diámetro de 6,3 mm, con un distanciamiento entre nodos de 10 mm. Se conoce que la conductividad térmica del aluminio y acero es de 237 y 64 W/m·K respectivamente. Analice esta situación y determine:

- 1) La distribución de temperatura de cada barra y su representación gráfica.
- 2) Las temperaturas en la base y el extremo para cada barra.
- 3) El calor transferido por cada barra al aire.
- 4) El coeficiente convectivo en torno a la barra de aluminio y el acero.
- 5) Haga un análisis de resultados.

Problema 1 Fuente: Elaboración Propia.

Considérese una aleta de sección transversal rectangular, construida de un material de conductividad térmica $k = 45 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, la cual tiene las dimensiones indicadas en la figura. Esta aleta se utilizar como elemento disipador de calor, por lo que se sujeta a una superficie caliente que está a una temperatura T_b . En la periferia de la aleta hay aire como fluido refrigerante con una temperatura T_a y como resultado hay un coeficiente convectivo, h . Para este caso, se supone que la aleta en el extremo tiene una temperatura mayor a la del aire, es decir, $T_L > T_a$. Los demás datos se indican en la figura. En este ejemplo se quiere que el alumno analice y determine lo siguiente:

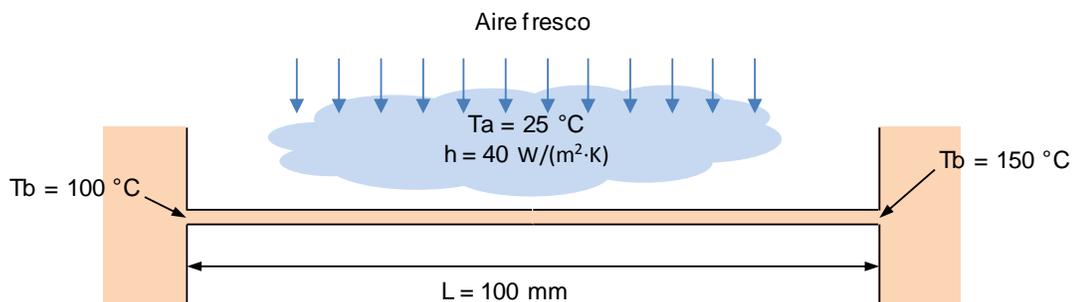
5. Verificar que la aleta actúa como elemento disipador de calor.
6. Plantear una estrategia para encontrar la distribución de temperatura en la aleta partiendo de la Ecuación 13.
7. Determinar el efecto de la conductividad térmica sobre el gradiente térmico. Para este caso se supone que la conductividad térmica, k , tienen los siguientes valores: 2, 20, 45, 90 y 180 $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
8. Analizar los resultados.



Problema N° 2 Fuente: Elaboración Propia.

Considere una varilla cilíndrica de diámetro 2 mm y longitud 100 mm, hecha de acero AISI 1010 cuya conductividad térmica es 64 W/m·K. La varilla se encuentra empotrada entre dos placas planas tal y como se ilustra en la figura. Por la parte exterior de la varilla fluye aire con una temperatura de 25 °C para un coeficiente convectivo resultante de 40 W/m²·K. Si la varilla se considera como una aleta, con una temperatura en cada extremo igual a la temperatura de las placas, determinar:

- 1) La distribución de temperatura de la aleta y su representación gráfica.
- 2) La temperatura más baja que se logra en la aleta y, en qué punto se localiza.
- 3) Cuáles serían los resultados si entre las placas y la varilla existe una resistencia de contacto igual 1×10^{-4} m²·K/W.
- 4) El valor que debe tener la conductividad térmica de la aleta para que en algún punto de ella se alcance justo la temperatura del aire y, en qué punto de ella se alcanza este valor. (Opcional)

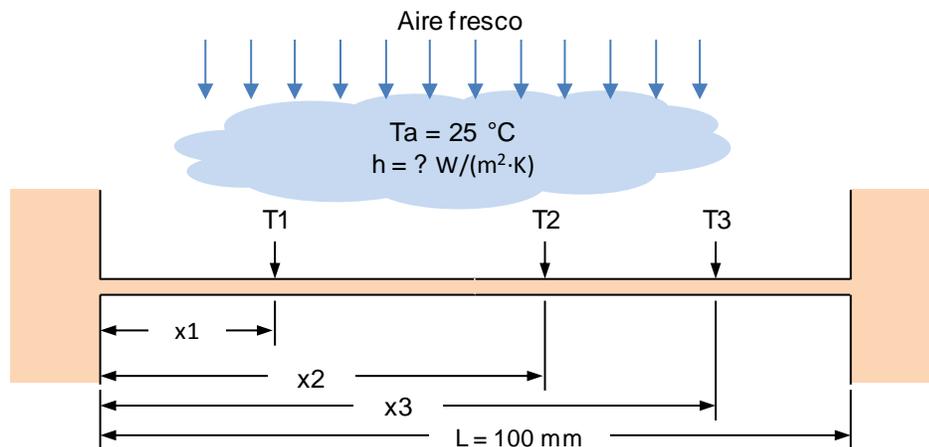


Problema N° 3 Fuente: Elaboración Propia.

Considere una varilla cilíndrica de diámetro 2 mm y longitud 100 mm, hecha de acero cuya conductividad térmica es 23 W/m·K. Esta varilla se encuentra empotrada entre dos placas planas tal y como se ilustra en la figura. Por la parte exterior de la varilla fluye aire con una temperatura de 25 °C. En la tabla anexa se muestran valores de temperatura registrados en la varilla en tres puntos distintos. Si se considera que la varilla es una aleta, determine:

- 1) La distribución de temperatura para la varilla y su representación gráfica.
- 2) La temperatura más baja que se logra en la aleta y, en qué punto se localiza.
- 3) El valor del coeficiente convectivo involucrado en la experiencia.
- 4) El calor disipado por la aleta.

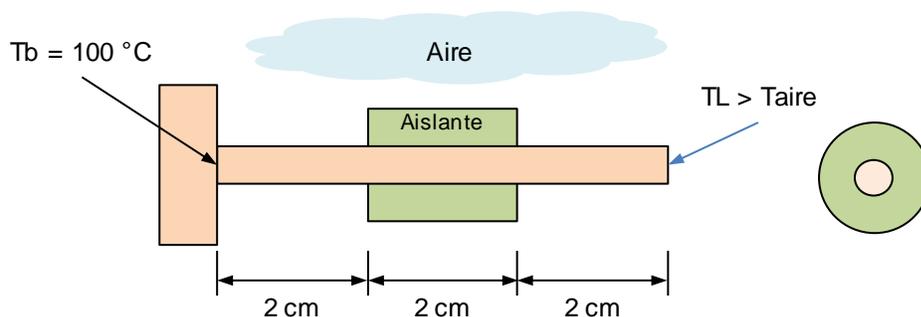
Distancia, (mm)	Temperatura (°C)
$x_1 = 23$	$T_1 = 45,56$
$x_2 = 59$	$T_2 = 38,42$
$x_3 = 82$	$T_3 = 68,76$



Problema N° 4 Fuente: Elaboración Propia.

Considere un proceso en el cual se tiene una varilla construida de acero de conductividad térmica $k = 20 \text{ W/m}\cdot\text{K}$; el diámetro de la varilla es 5 mm y su longitud es de 60 mm. Esta varilla se ha dividido en tres sectores, cada uno de 2 cm de longitud. El sector medio de la varilla se cubre con un aislante perfecto, de tal manera de impedir el flujo de calor por convección en toda la periferia. Aire a $25 \text{ }^\circ\text{C}$ fluye por el exterior de la varilla con un coeficiente convectivo resultante de $20 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Tomando en cuenta los datos indicados en la figura, analice esta situación y responda las siguientes preguntas:

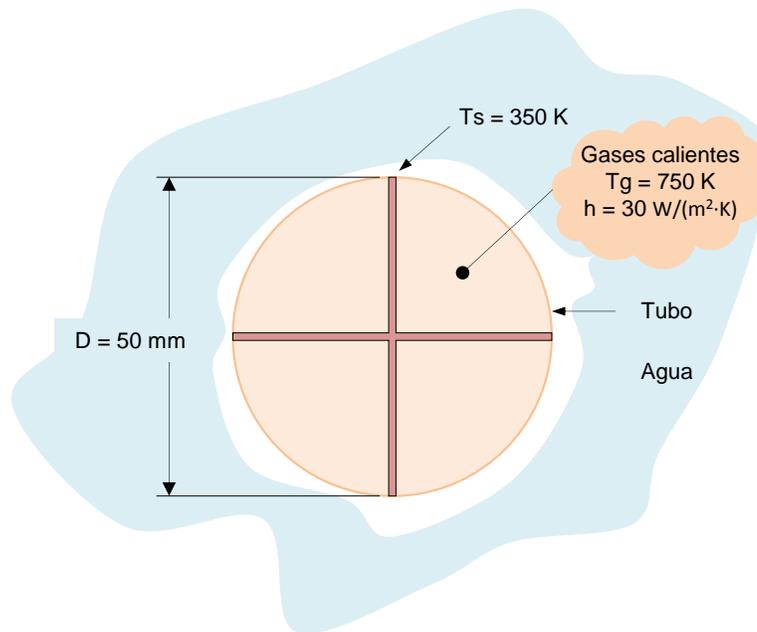
- 1) Cuál es la distribución de temperatura de cada sector. Dibuje esta distribución de temperatura señalando los valores en cada extremo.
- 2) Cuanto calor se disipa en cada sector.
- 3) Cuanto calor disipa la varilla en total.
- 4) Si a la varilla se le quita el aislante, manteniendo la temperatura del aire y el coeficiente convectivo, determine nuevamente los parámetros indicados en las preguntas anteriores y compare los resultados.
- 5) Cuál sería el comportamiento si se retira sólo la mitad del aislante en la periferia de la varilla.



Problema N° 5 Fuente: Incropera y Dewitt (1999) (p. 159)

Considere un proceso en el cual se quiere calentar agua con gases calientes de un proceso de combustión. Para ello se sumergen tubos de cobre de pared delgada dentro del tanque y, por su interior se hacen pasar los gases calientes a una temperatura de 750 K, mientras que por el exterior de los tubos se encuentra el agua. El diámetro de los tubos es de 50 mm. Para mejorar la transferencia de calor al agua, se inserta en cada tubo cuatro aletas rectas de sección transversal constante, para formar una cruz tal y como se indica en la figura. Las aletas tienen un espesor de 5 mm y también están fabricadas de cobre ($k = 400 \text{ W/m}\cdot\text{K}$). Si la temperatura de la superficie del tubo es 350 K y el coeficiente convectivo del lado de los gases es $h = 30 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, determinar:

- 1) La distribución de temperatura para cada aleta y su representación gráfica. Señale los valores de temperatura en los extremos.
- 2) La transferencia de calor al agua sin las aletas.
- 4) En qué porcentaje se incrementa la transferencia de calor al agua cuando se considera el efecto de las aletas.

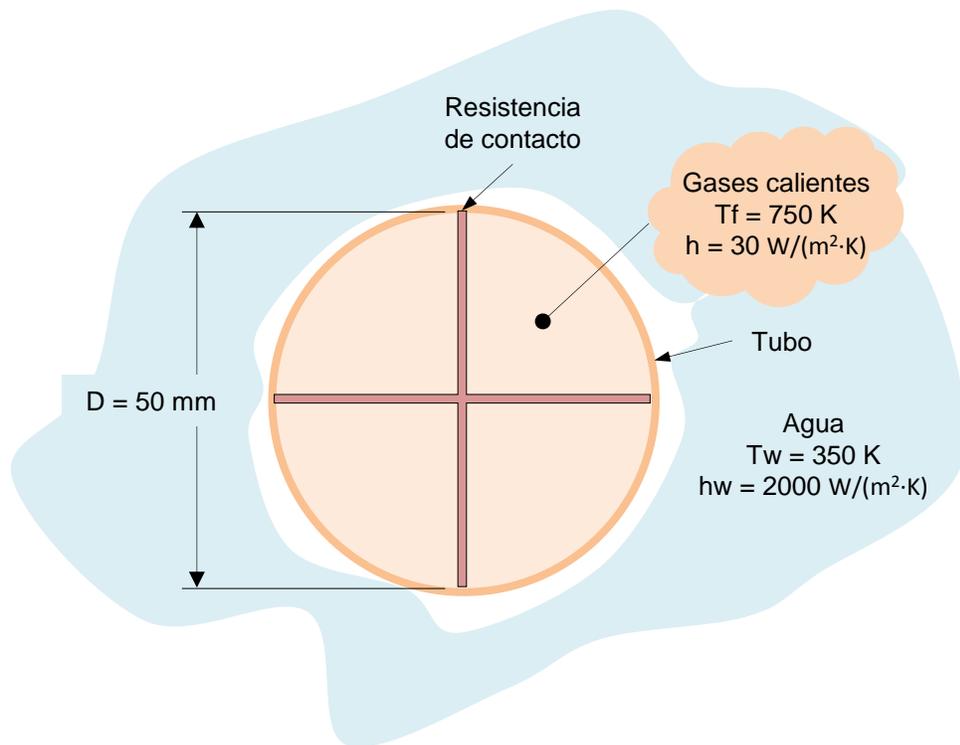


Problema N° 6 Fuente: Incropera y Dewitt (1999) (p. 159)

Considere un proceso en el cual se quiere calentar agua con gases calientes de un proceso de combustión. Para ello se sumergen tubos de cobre dentro del tanque y, por su interior se hacen pasar los gases calientes a una temperatura de 750 K, mientras que por el exterior de los tubos se encuentra el agua. El diámetro interno de los tubos es de 50 mm y su espesor es de 5 mm. Para mejorar la transferencia de calor al agua, se inserta en cada tubo cuatro aletas rectas de sección transversal constante, para formar una cruz tal y como se indica en la figura. Entre las aletas y el tubo hay una resistencia de contacto de $10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$. Las aletas tienen un espesor de 5 mm y también están fabricadas de cobre ($k = 400 \text{ W}/\text{m} \cdot \text{K}$). La temperatura del agua es de 350 K con un coeficiente convectivo de $2000 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$. Si el coeficiente convectivo del lado de los gases es $h = 30 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$, determinar:

- 1) Cual es el efecto de la resistencia de contacto sobre el calor transferido al agua. Encuentre este flujo de calor.
- 2) Como es la transferencia de calor si se elimina la resistencia de contacto con las cuatro aletas.
- 3) Cual es el resultado en el calor transferido si se elimina la resistencia de contacto, pero se adicionan cuatro aletas.
- 4) Qué ocurriría si se cambia el material del tubo y las aletas, en lugar de cobre se utiliza un acero inoxidable AISI304 ($k = 20 \text{ W}/\text{m} \cdot \text{K}$).

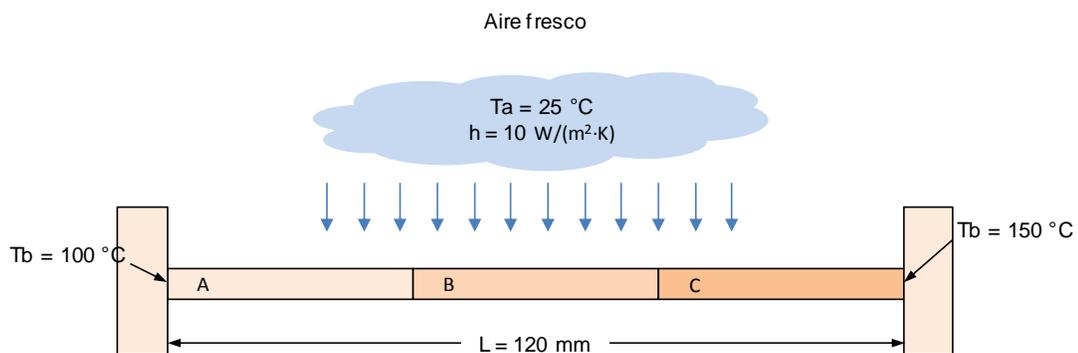
Para este caso tenga en cuenta la temperatura superficial interna y externa del tubo, tanto en los tramos con aletas como sin aletas. Para ello se sugiere tomar como referencia un circuito térmico para cada caso.



Problema N° 7 Fuente: Elaboración Propia.

Considere un arreglo de tres varillas alineadas, de sección transversal circular, cada una de diámetro 5 mm y longitud 40 mm. Este arreglo se encuentra empotrado entre dos placas planas calientes tal y como se ilustra en la figura. Por exterior fluye aire a 25 °C para un coeficiente convectivo de 50 W/m²·K. Cada extremo de la aleta está a la misma temperatura de la placa: Si la conductividad térmica de los tres materiales A, B y C es $k_A = 100$, $k_B = 170$ y $k_C = 15$ W/m·K, determine:

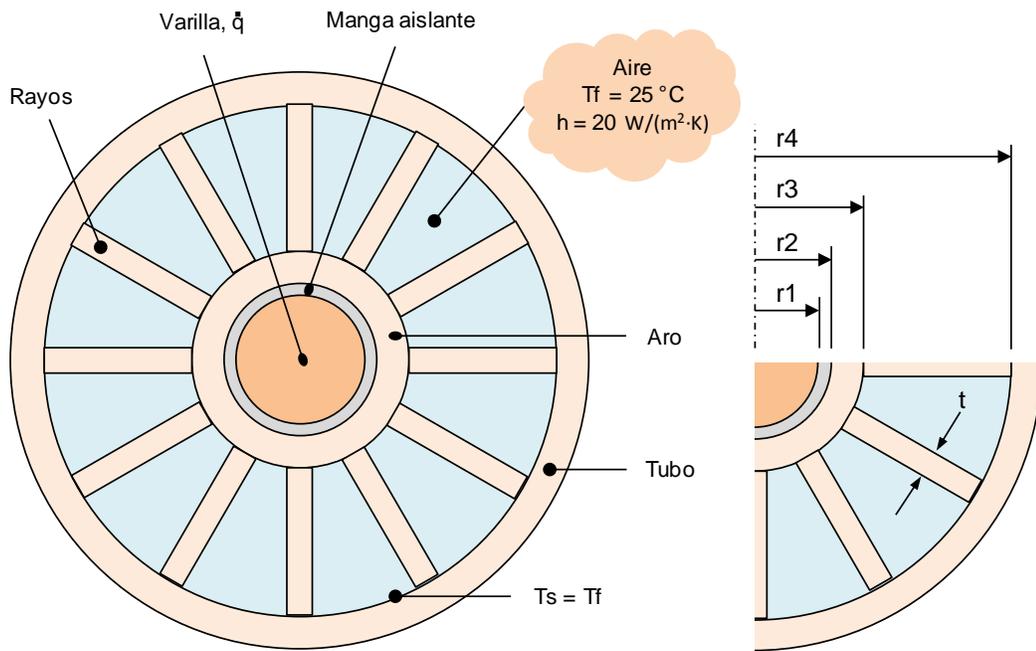
- 1) La distribución de temperatura para cada tramo de aleta y representar gráficamente esta función.
- 2) La temperatura en el contacto de cada tramo.
- 3)Cuál sería el resultado si cada tramo está hecho del material B.
- 4) Determine las temperaturas de contacto entre las barras, si entre ellas hay una resistencia de contacto de 1×10^{-4} m²·K/W.



Problema N° 8 Fuente: Incropera y Dewitt (1999) (p. 157-158)

Considere un proceso en el cual se quiere refrigerar con aire una varilla con generación de calor interno. La varilla es larga y tiene un diámetro de 20 mm y, está fabricada con un material de conductividad térmica $1,5 \text{ W/m}\cdot\text{K}$. Por efectos de seguridad, esta varilla se cubre con una manga aislante de 2 mm de espesor y conductividad térmica $0,5 \text{ W/m}\cdot\text{K}$. El arreglo de la varilla y la manga, se introducen en un aro que forma una sola pieza con 12 rayos cuya geometría se indica en la figura, de tal manera de mantener concéntrico el arreglo de la varilla con un tubo externo de diámetro 80 mm. El material del tubo y los rayos, tiene una conductividad térmica $175 \text{ W/m}\cdot\text{K}$. Aire a la misma temperatura que la superficie del tubo externo ($25 \text{ }^\circ\text{C}$), fluye por el espacio entre los rayos como fluido refrigerante con un coeficiente convectivo resultante, $h = 20 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Analice esta situación para una longitud del arreglo de un metro y responda las siguientes preguntas:

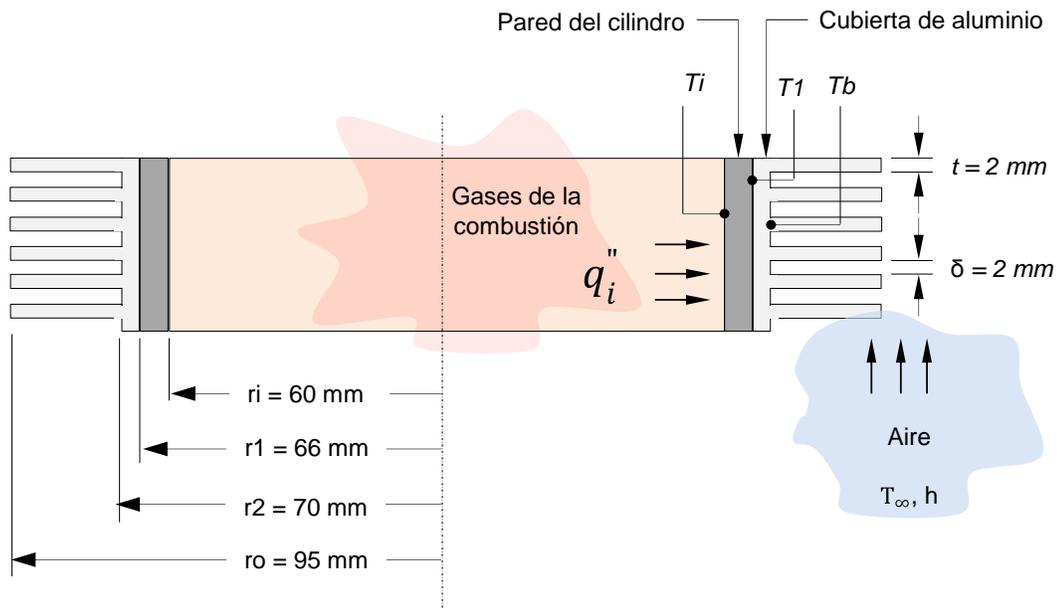
- 1) Cual es la distribución de temperatura en cada rayo. Dibuje esta distribución y señale los valores en la base y el extremo.
- 2) Del calor que se genera en la varilla, qué porcentaje se transfiere al aire por los rayos y qué parte por la base entre éstos.
- 3) Qué temperatura tiene la varilla en el centro y la superficie.
- 4) Qué ocurriría con las temperaturas de la varilla y la distribución de temperatura en los rayos, si se cambia sólo el material del aro por un acero inoxidable AISI 304 ($k = 20 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) y, se considera que la resistencia de contacto entre el aro y los rayos es de $1 \times 10^{-4} \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$.
- 5) ¿Cambia sustancialmente el calor que se transfiere en cada rayo con este nuevo escenario?



Problema N° 9 Fuente: Incropera y Dewitt (1999) (p. 159)

Se propone enfriar con aire los cilindros de una cámara de combustión mediante la unión de una cubierta de aluminio con aletas anulares ($k = 240 \text{ W/m.K}$) a la pared del cilindro ($k = 50 \text{ W/m.K}$).

El aire está a 320 K y el coeficiente de convección correspondiente es $100 \text{ W/m}^2.\text{K}$. Aunque el calentamiento en la superficie interna es periódico, es razonable considerar condiciones de estado estable con un flujo de calor promedio respecto al tiempo de $q_i'' = 10^5 \text{ W/m}^2$. Suponiendo una resistencia de contacto insignificante entre la pared y la cubierta, determine la temperatura interna de la pared T_i y la temperatura base de la aleta T_b . Determine estas temperaturas si la resistencia de contacto de la interfaz cilindro-cubierta es $R_{t,c}'' = 10^{-4} \text{ m}^2.\text{K/m}$.



Anexo para el Problema N° 9.

¿Qué es un motor refrigerado por aire?

Un motor refrigerado por aire utiliza aletas de refrigeración en la cabeza del cilindro para disipar el calor en lugar de utilizar un radiador lleno de líquido. Al eliminar el radiador, un motor refrigerado por aire es capaz de ser utilizado en aplicaciones en las que las limitaciones de espacio prohíben la instalación de un radiador. A medida que el motor refrigerado por aire acumula el calor, las aletas de refrigeración permiten que el viento y el aire puedan mover el calor del motor al igual que una persona que sopla sobre un pedazo de comida que es demasiado caliente para comer.

Los motores refrigerados por aire se utilizan en todo tipo de vehículos a partir de las aeronaves, tractores y autos deportivos, o incluso en las motos y lanchas. El motor refrigerado por aire ha demostrado ser fiable, así como duradero. En aplicaciones tales como el uso de aviones, el motor refrigerado por aire evita que el frío extremo que se encuentra en grandes altitudes pueda causar problemas de congelación.

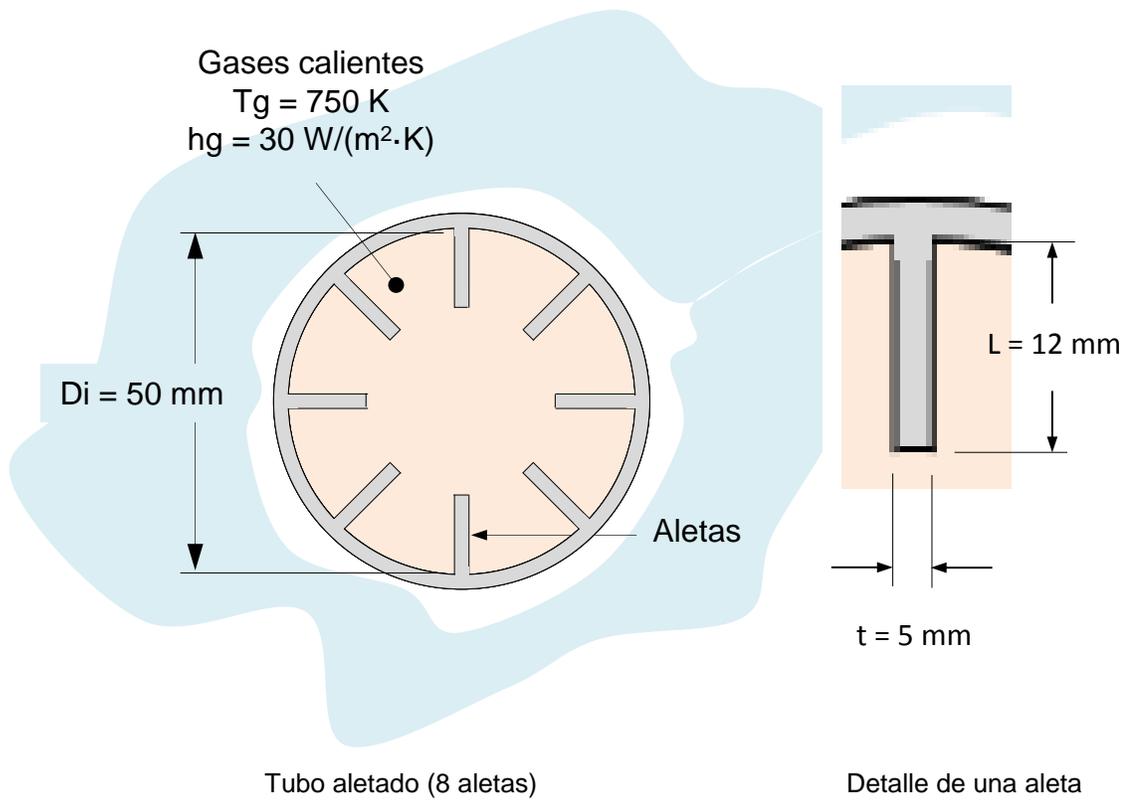


Fuente: <http://www.mecanicaymotores.com/que-es-un-motor-refrigerado-por-aire.html>

Problema N° 10 Fuente: Elaboración Propia.

Considere un proceso en el cual se quiere calentar agua con gases calientes de un proceso de combustión. Para ello se sumergen tubos de cobre dentro del tanque y, por su interior se hacen pasar los gases calientes a una temperatura de 750 K, mientras que por el exterior de los tubos se encuentra el agua. El diámetro interno de los tubos es de 50 mm y su espesor es de 5 mm (diámetro exterior de 60 mm). Para mejorar la transferencia de calor al agua, se inserta en cada tubo ocho aletas rectas de sección transversal constante tal y como se indica en la figura. Las aletas tienen un espesor de 5 mm y también están fabricadas de cobre ($k = 400 \text{ W/m}\cdot\text{K}$). La temperatura del agua tiene un valor de 350 K para un coeficiente convectivo resultante de $2000 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Si el coeficiente convectivo del lado de los gases es $h = 30 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, determinar:

1. Las temperaturas superficiales del lado de los gases y del agua si el tubo no tiene aletas.
2. El calor transferido al agua desde los gases si no se consideran las aletas.
3. Las temperaturas superficiales del lado de los gases y del agua en los sectores con y sin aletas.
4. El calor transferido a los gases tanto por las aletas como por los sectores lisos.
5. Represente gráficamente la distribución de temperatura para una aleta, señale las temperaturas en la base y el extremo.
6. Qué ocurriría si se cambia el material del tubo y las aletas, en lugar de cobre se utiliza un acero inoxidable AISI 304 ($k = 20 \text{ W/m}\cdot\text{K}$).



APÉNDICE D

Solución de los problemas N° 4, 6, 9 y10 formato Mathcad

Continuación Solución

El calor que fluye en este sector es: $q_{placa} = -k \cdot Ac \cdot \frac{dT}{dx}$ $\frac{dT}{dx} = \frac{3}{L} \cdot (T2 - T1)$ $q_{placa} = -k \cdot Ac \cdot \left[\frac{3}{L} \cdot (T2 - T1) \right]$

En este caso hay siete incógnitas, estas son: C1, C2, C3, C4, T1, T2 y TL; por lo tanto hay que considerar siete condiciones de borde para siete ecuaciones.

Condiciones de borde:

(1) En $x = 0$, $T = T_b$ $T_b = T_f + C1 + C2$

(2) En $x = L/3$, $T = T1$ $T1 = T_f + C1 \cdot e^{\frac{mf \cdot L}{3}} + C2 \cdot e^{-\frac{mf \cdot L}{3}}$

(3) En $x = L/3$, $q_f = q_{placa}$ $-k \cdot Ac \cdot mf \left(C1 \cdot e^{\frac{mf \cdot L}{3}} - C2 \cdot e^{-\frac{mf \cdot L}{3}} \right) = -k \cdot Ac \cdot \frac{3}{L} \cdot (T2 - T1)$ El calor que sale del tramo A, justo en $x = L/3$, es el que entra al tramo B

(4) En $x = 2/3L$, $T = T2$ $T2 = T_f + C3 \cdot e^{\frac{mf \cdot 2 \cdot L}{3}} + C4 \cdot e^{-\frac{mf \cdot 2 \cdot L}{3}}$

(5) En $x = 2/3L$, $q_{placa} = q_f$ $-k \cdot Ac \cdot mf \left(C3 \cdot e^{\frac{mf \cdot 2 \cdot L}{3}} - C4 \cdot e^{-\frac{mf \cdot 2 \cdot L}{3}} \right) = -k \cdot Ac \cdot \frac{3}{L} \cdot (T2 - T1)$ El calor que sale del tramo B en $x = 2/3L$, es el que entra al tramo C

(6) En $x = L$, $T = T_L$ $T_L = T_f + C3 \cdot e^{mf \cdot L} + C4 \cdot e^{-mf \cdot L}$

(7) En $x = L$, $q_f = q_c$ $-k \cdot Ac \cdot mf \left(C3 \cdot e^{mf \cdot L} - C4 \cdot e^{-mf \cdot L} \right) = h \cdot Ac \cdot (T_L - T_f)$

Inicialización de variables: C1 := 80K C2 := 70K C3 := 80K C4 := 70K T1 := 50K T2 := 50K TL := 50K

Dado

$T_b = T_f + C1 + C2$

$T1 = T_f + C1 \cdot e^{\frac{mf \cdot L}{3}} + C2 \cdot e^{-\frac{mf \cdot L}{3}}$ $-k \cdot Ac \cdot mf \left(C1 \cdot e^{\frac{mf \cdot L}{3}} - C2 \cdot e^{-\frac{mf \cdot L}{3}} \right) = -k \cdot Ac \cdot \frac{3}{L} \cdot (T2 - T1)$

$T2 = T_f + C3 \cdot e^{\frac{mf \cdot 2 \cdot L}{3}} + C4 \cdot e^{-\frac{mf \cdot 2 \cdot L}{3}}$

$-k \cdot Ac \cdot mf \left(C3 \cdot e^{\frac{mf \cdot 2 \cdot L}{3}} - C4 \cdot e^{-\frac{mf \cdot 2 \cdot L}{3}} \right) = -k \cdot Ac \cdot \frac{3}{L} \cdot (T2 - T1)$

$T_L = T_f + C3 \cdot e^{mf \cdot L} + C4 \cdot e^{-mf \cdot L}$ $-k \cdot Ac \cdot mf \left(C3 \cdot e^{mf \cdot L} - C4 \cdot e^{-mf \cdot L} \right) = h \cdot Ac \cdot (T_L - T_f)$

Al resolver se encuentran los siguientes resultados:

$\begin{pmatrix} C1 \\ C2 \\ C3 \\ C4 \\ T1 \\ T2 \\ TL \end{pmatrix} := \text{Find}(C1, C2, C3, C4, T1, T2, TL)$

$\begin{pmatrix} C1 \\ C2 \\ C3 \\ C4 \\ T1 \\ T2 \\ TL \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 13.448 \\ 61.552 \\ 7.11 \\ 82.39 \\ 86.322 \\ 77.843 \\ 73.42 \end{pmatrix} \text{ K}$

Continuación Solución

$$T_A(x) := T_f + C_1 \cdot e^{mf \cdot x} + C_2 \cdot e^{-mf \cdot x} \quad \text{Para el tramo A}$$

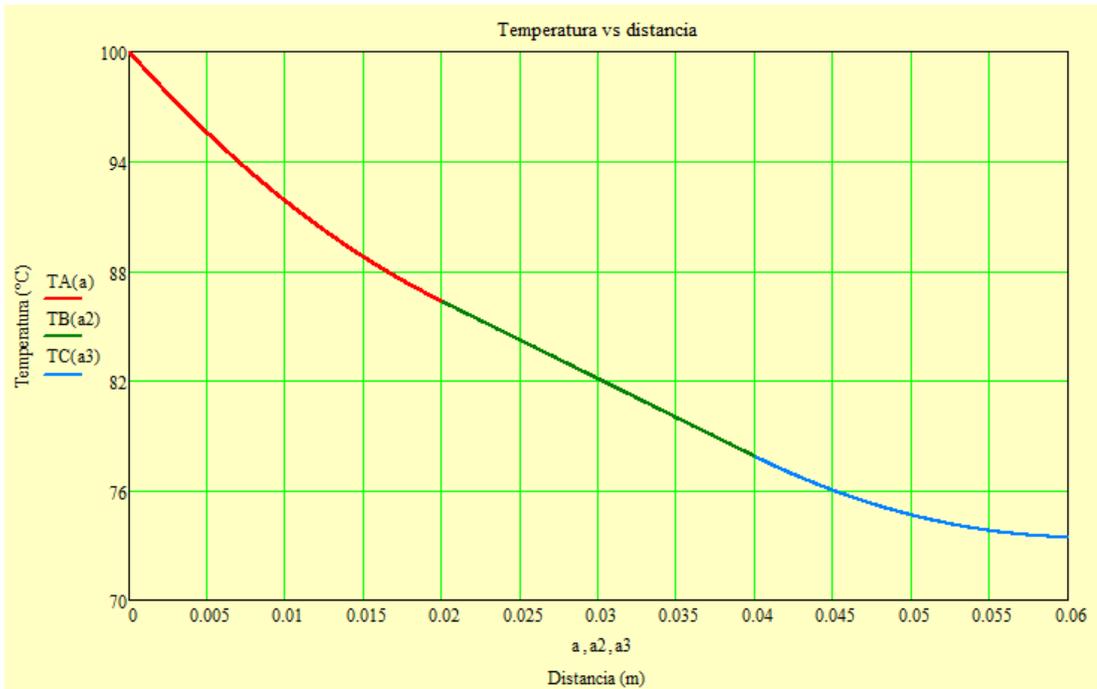
$$T_B(x) := T_1 + \frac{3}{L} \cdot (T_2 - T_1) \cdot \left(x - \frac{L}{3}\right) \quad \text{Para el tramo B}$$

$$T_C(x) := T_f + C_3 \cdot e^{mf \cdot x} + C_4 \cdot e^{-mf \cdot x} \quad \text{Para el tramo C}$$

$$a := 0\text{m}, 0.00001\text{m}.. 0.02\text{m}$$

$$a_2 := 0.02\text{m}, 0.02005\text{m}.. 0.04\text{m}$$

$$a_3 := 0.04\text{m}, 0.04005\text{m}.. 0.06\text{m}$$



$$T_A\left(\frac{L}{3}\right) = 86.322 \text{ K}$$

$$T_1 = 86.322 \text{ K}$$

$$T_2 = 77.843 \text{ K}$$

$$T_B\left(\frac{2}{3}L\right) = 77.843 \text{ K}$$

Cálculo del calor que se disipa en cada tramo:

1) El calor que pasa de la pared al primer tramo es (este es el calor que se disipa en el arreglo):

$$q_f := -k \cdot A_c \cdot mf \cdot (C_1 \cdot e^{mf \cdot 0} - C_2 \cdot e^{-mf \cdot 0})$$

$$q_f = 0.378 \cdot \text{W}$$

2) El calor que pasa del primer tramo a la placa:

$$q_{fp} := -k \cdot A_c \cdot mf \cdot \left(C_1 \cdot e^{mf \cdot \frac{L}{3}} - C_2 \cdot e^{-mf \cdot \frac{L}{3}} \right)$$

$$q_{fp} = 0.166 \cdot \text{W}$$

También se puede calcular así:

$$q_p := -k \cdot A_c \cdot \frac{3}{L} \cdot (T_2 - T_1)$$

$$q_p = 0.166 \cdot \text{W}$$

Continuación Solución

La diferencia entre q_f y q_{fp} , es el que se transfiere por convección entre $0 < x < 2$ cm:

$$\int_0^{\frac{1}{3}L} h \cdot P \cdot (C1 \cdot e^{mf \cdot x} + C2 \cdot e^{-mf \cdot x}) dx = 0.211 \cdot W$$

3) El calor que sale por el extremo del segundo tramo y pasa al aire por convección:

$$q_L := -k \cdot A_c \cdot mf (C3 \cdot e^{mf \cdot L} - C4 \cdot e^{-mf \cdot L}) \quad q_L = 9.507 \times 10^{-3} \cdot W$$

También se puede calcular así: $q_c := h \cdot A_c \cdot (T_L - T_f) \quad q_c = 9.507 \times 10^{-3} \cdot W$

Observe y analice cada término de la siguiente ecuación:

$$q_{f,w} := \int_0^{\frac{1}{3}L} h \cdot P \cdot (C1 \cdot e^{mf \cdot x} + C2 \cdot e^{-mf \cdot x}) dx + \left[-k \cdot A_c \cdot \frac{3}{L} \cdot (T2 - T1) \right]$$

Este es el calor que se transfiere por convección en el primer tramo y el calor que entra al segundo tramo

$$q_f = 0.378 \cdot W$$

Qué porcentaje del calor que sale de la pared e ingresa al arreglo se transfiere por cada tramo?

En el primer tramo: $\frac{q_f - q_{fp}}{q_f} \cdot 100 = 55.934$

En el primer tramo se disipa el 55.9 % del calor

También: $\frac{\int_0^{\frac{1}{3}L} h \cdot P \cdot (C1 \cdot e^{mf \cdot x} + C2 \cdot e^{-mf \cdot x}) dx}{q_f} \cdot 100 = 55.934$

En el segundo tramo: $\frac{q_{fp}}{q_f} \cdot 100 = 44.066$

En el segundo tramo se disipa el 44.1 % del calor

CC

Si se retira el aislante, se tiene:

$$C5 := 50K \quad C6 := 50K$$

Dado

$$T_b = T_f + C5 + C6 \quad T_L = T_f + C5 \cdot e^{mf \cdot L} + C6 \cdot e^{-mf \cdot L} \quad -k \cdot A_c \cdot mf (C5 \cdot e^{mf \cdot L} - C6 \cdot e^{-mf \cdot L}) = h \cdot A_c \cdot (T_L - T_f)$$

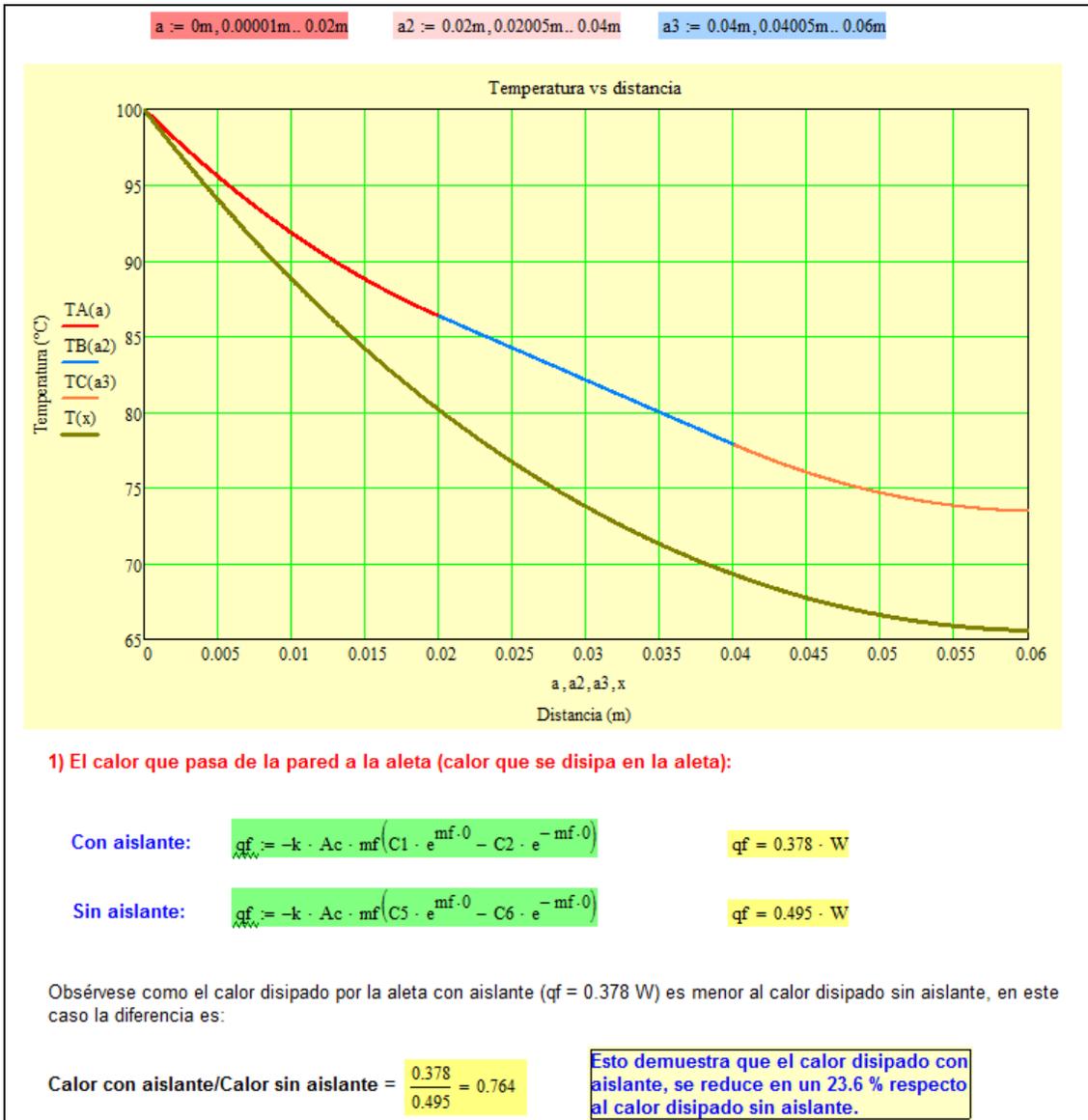
Resolviendo las tres ecuaciones:

$$\begin{pmatrix} C5 \\ C6 \\ T_L \end{pmatrix} := \text{Find}(C5, C6, T_L)$$

$$\begin{pmatrix} C5 \\ C6 \\ T_L \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5.958 \\ 69.042 \\ 65.576 \end{pmatrix} K$$

$$T(x) := T_f + C5 \cdot e^{mf \cdot x} + C6 \cdot e^{-mf \cdot x}$$

Continuación Solución



Solución Problema 5

Datos para el problema:

1) Condiciones convectivas del aire: $T_f := 750\text{K}$ $h := 30 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$

2) Conductividad térmica del cobre: $k := 400 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$

3) Geometría de las aleta: $t := 0.005\text{m}$ $L_{\text{aleta}} := 0.05\text{m}$ $w := 1\text{m}$

4) Perímetro y área transversal de la aleta: $P := 2 \cdot (w)$ $P = 2\text{m}$ $Ac := t \cdot w$ $Ac = 5 \times 10^{-3} \text{m}^2$

5) Exponente mf de la ecuación: $mf := \sqrt{\frac{h \cdot P}{k \cdot Ac}}$ $mf = 5.477 \text{m}^{-1}$

6) Temperaturas de la base y el extremo: $T_b := 350\text{K}$ $T_L := T_b$

#####

Solución:

Para este caso, la distribución de temperatura viene dado por:

$$T_{(x)} = T_f + C_1 \cdot e^{mf \cdot x} + C_2 \cdot e^{-mf \cdot x}$$

Condiciones de borde:

(1) En $x = 0$, $T = T_b$ $T_b = T_f + C_1 + C_2$

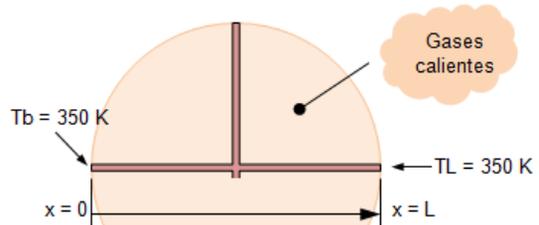
(2) En $x = L$, $T = T_L$ $T_L = T_f + C_1 \cdot e^{mf \cdot L} + C_2 \cdot e^{-mf \cdot L}$

Inicialización de variables: $C_1 := 80\text{K}$ $C_2 := 70\text{K}$

Dado

$$T_b = T_f + C_1 + C_2$$

$$T_L = T_f + C_1 \cdot e^{mf \cdot L} + C_2 \cdot e^{-mf \cdot L}$$



Y resolviendo las ecuaciones, se tiene:

$$\begin{pmatrix} C_1 \\ C_2 \end{pmatrix} := \text{Find}(C_1, C_2)$$

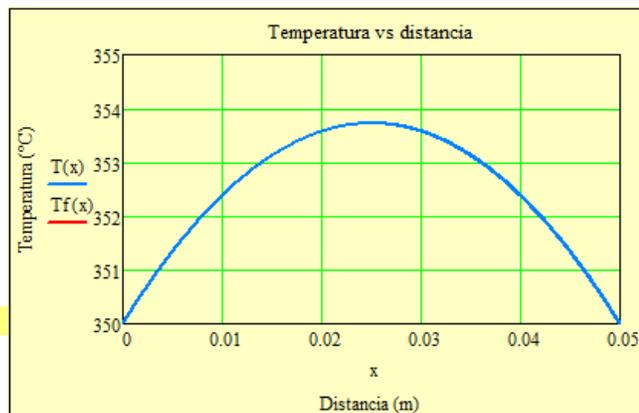
$$\begin{pmatrix} C_1 \\ C_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -172.784 \\ -227.216 \end{pmatrix} \text{K}$$

$$T_{(x)} := T_f + C_1 \cdot e^{mf \cdot x} + C_2 \cdot e^{-mf \cdot x}$$

$$T_f(x) := 750\text{K}$$

$$T(0) = 350\text{K}$$

$$T(L) = 350\text{K}$$



Continuación solución

Para una aleta el calor se calcula así: $q_f = \eta_f \cdot h_f \cdot A_f \cdot (T_b - T_f)$

El área de la aleta, A_f , es: $A_f := 2 \cdot (\pi \cdot r_o^2 - \pi \cdot r_2^2) + 2 \cdot \pi \cdot r_o \cdot t$ $A_f = 0.027 \text{ m}^2$

Para la base el calor se calcula así: $q_b = h_f \cdot A_b \cdot (T_b - T_f)$

El área de la base, A_b , es: $A_b := N \cdot (2\pi \cdot r_2) \cdot t$ $A_b = 0.022 \text{ m}^2$

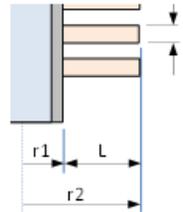
Para una aleta anular, se debe calcular los parámetros geométricos requeridos; tome en cuenta los datos y la información de la figura adjunta: $L = 0.025 \text{ m}$

(1) $L_c := L + \frac{t}{2}$

(2) $r_{2c} := r_o + \frac{t}{2}$

(3) $\frac{r_{2c}}{r_2} = 1.371$

(4) $\frac{3}{L_c^2} \cdot \left(\frac{h_f}{k_a \cdot A_p} \right)^{\frac{1}{2}} = 0.375$

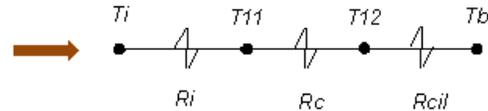


Con la relación (1) y (2) se estima el rendimiento de la aleta anular en la Figura 23. así se tiene:

$\eta_f := 0.47$

3. Balance del flujo de calor:

Tal y como se indico, el calor generado en la combustión pasa por el circuito y se disipa por la base y por las aletas: en total hay 25 aletas y 25 espacios.



Circuito térmico:

$$q = \frac{T_i - T_b}{R_i + R_c + R_{cil}} = N \cdot q_f + q_b$$

4. Cálculo de las temperaturas T_i , T_{11} , T_{12} y T_b :

$T_b := 400\text{K}$ $T_i := 400\text{K}$ $T_{11} := 400\text{K}$ $T_{12} := 400\text{K}$

Dado $q = N \cdot [\eta_f \cdot h_f \cdot A_f \cdot (T_b - T_f)] + h_f \cdot A_b \cdot (T_b - T_f)$

Resolviendo el sistema de ecuaciones, se tiene:

$$q = \frac{T_i - T_b}{R_i + R_c + R_{cil}}$$

$$q = \frac{T_{11} - T_b}{R_c + R_{cil}}$$

$$q = \frac{T_{12} - T_b}{R_{cil}}$$

$$\begin{pmatrix} T_b \\ T_i \\ T_{11} \\ T_{12} \end{pmatrix} := \text{Find}(T_b, T_i, T_{11}, T_{12})$$

$$\begin{pmatrix} T_b \\ T_i \\ T_{11} \\ T_{12} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 430.699 \\ 452.698 \\ 441.26 \\ 432.17 \end{pmatrix} \text{ K}$$

$$\begin{pmatrix} T_b \\ T_i \\ T_{11} \\ T_{12} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 430.699 \\ 443.607 \\ 432.17 \\ 432.17 \end{pmatrix} \text{ K}$$

Al resolver el problema sin resistencia de contacto, se tiene:

En este caso se puede calcular una a una las temperaturas, sin embargo, se plantearán cuatro ecuaciones con cuatro incógnitas de tal manera de hacer un cálculo en conjunto:

Continuación solución

5. Cálculo del calor que se transfiere por las aletas y cuanto se transfiere por la base:

$$q_f := N \cdot [\eta_f \cdot h_f \cdot A_f \cdot (T_b - T_f)]$$

$$q_f = 3526.47 \cdot W$$

$$q = 3769.91 \cdot W$$

$$q_b := h_f \cdot A_b \cdot (T_b - T_f)$$

$$q_b = 243.44 \cdot W$$

Fracción del calor transferido por las aletas: $\frac{q_f}{q} \cdot 100 = 93.543$

Fracción del calor transferido por la base: $\frac{q_b}{q} \cdot 100 = 6.457$

Continuación solución

$$q = q_b + N \cdot q_f \quad q_b = h_g \cdot A_b \cdot (T_g - T_b) \quad q_f = N \cdot \eta_f \cdot h_g \cdot A_f \cdot (T_g - T_b)$$

Inicialización de variables_ $q := 100W$ $T_b := 300K$ $T_{so} := 300K$

Dado

$$q = h_g \cdot A_b \cdot (T_g - T_b) + N \cdot [\eta_f \cdot h_g \cdot A_f \cdot (T_g - T_b)] \quad q = \frac{T_b - T_{so}}{R_1} \quad q = \frac{T_{so} - T_w}{R_2}$$

$$\begin{pmatrix} q \\ T_b \\ T_{so} \end{pmatrix} := \text{Find}(q, T_b, T_{so}) \quad q = 4067.21 \cdot W \quad T_b = 361.08 K \quad T_{so} = 360.79 K \quad q_{\text{conaletas}} := q$$

Obsérvese cómo el calor y las temperaturas calculadas son mayores a las encontradas sin aletas:

4) Cálculo del calor transferido por las aletas y por la base:

$$\begin{aligned} q_f &:= N \cdot \eta_f \cdot h_g \cdot A_f \cdot (T_g - T_b) & q_f &= 2701.18 \cdot W & \frac{q_f}{q} \cdot 100 &= 66.414 \\ q_b &:= h_g \cdot A_b \cdot (T_g - T_b) & q_b &= 1366.03 \cdot W & \frac{q_b}{q} \cdot 100 &= 33.586 \end{aligned}$$

Obsérvese como por las aletas se transfiere el 66,4 % del calor.

Al comparar el calor transferido con aletas respecto al calor transferido sin aletas, se tiene un factor de:

5) Cálculo de las constantes C1 y C2:

$$\frac{q_{\text{conaletas}}}{q_{\text{sinaletas}}} = 2.185$$

Inicialización de variables: $C_1 := 80K$ $C_2 := 80K$ $T_L := 350K$

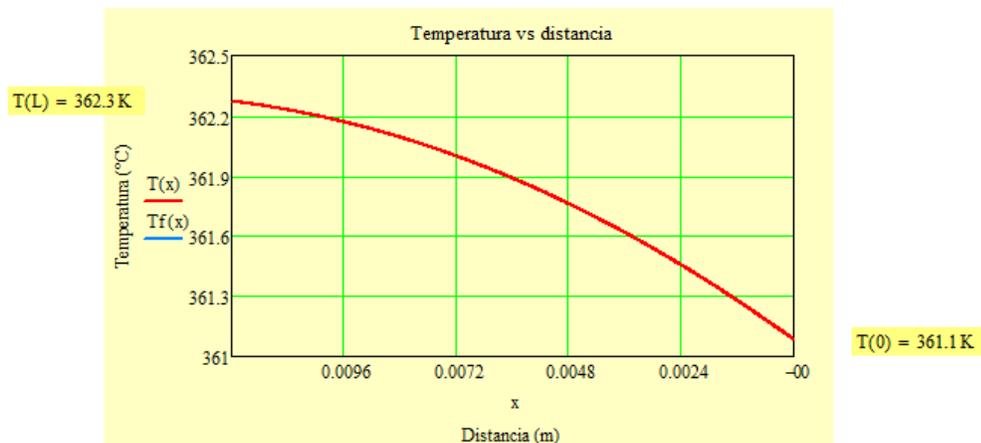
Dado

$$\begin{aligned} 1) \quad h_g \cdot A_c \cdot (T_g - T_L) &= k \cdot A_c \cdot m_f \cdot (C_1 \cdot e^{mf \cdot L} - C_2 \cdot e^{-mf \cdot L}) & 2) \quad T_b &= T_g + C_1 \cdot e^{mf \cdot 0} + C_2 \cdot e^{-mf \cdot 0} \\ 3) \quad T_L &= T_g + C_1 \cdot e^{mf \cdot L} + C_2 \cdot e^{-mf \cdot L} \end{aligned}$$

Resolviendo las ecuaciones, se tiene:

$$\begin{pmatrix} C_1 \\ C_2 \\ T_L \end{pmatrix} := \text{Find}(C_1, C_2, T_L) \quad C_1 = -179.047 K \quad C_2 = -209.87 K \quad T_L = 362.27 K$$

$$T(x) := T_g + C_1 \cdot e^{mf \cdot x} + C_2 \cdot e^{-mf \cdot x} \quad T_f(x) := 750K$$



ANEXOS

Anexo A
Prueba Pretest (diagnostico)

Apellidos y Nombres del alumno: _____

Indicaciones: A continuación usted encontrará algunas afirmaciones y preguntas que deberá considerar. En cada caso existen cinco posibles respuestas, usted debe desarrollar cada ítem de ser necesario, encontrar la respuesta correcta y marcarla con una equis (x) en el recuadro de la izquierda. En las preguntas 4, 5, 6, 7 y 8 deben justificar su elección. (Tiempo de la prueba 45 minutos) (Valor 15%)

1) Considere un horno en funcionamiento con condiciones fijas en su interior y exterior. Al considerar la ecuación de Fourier $q = -k \cdot A \cdot (dT/dx)$ para analizar el gradiente térmico en la pared y evaluar el flujo de calor, se encuentra que una conductividad térmica alta de la pared permite lograr: (valor 5 puntos)

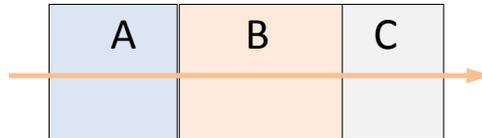
- a) Flujos altos de calor y gradientes pequeños.
- b) Flujos bajos de calor y bajos gradientes.
- c) Altos flujos de calor y altos gradientes.
- d) Bajos flujos de calor y altos gradientes.
- e) Al aumentar la conductividad térmica sólo aumenta el calor.

2) El coeficiente convectivo se considera que: (valor 5 puntos)

- a) Es una propiedad por depender de las propiedades del fluido.
- b) Es una propiedad del fluido, que depende de la temperatura y la velocidad de éste
- c) No es una propiedad, puede depender de la velocidad con la cual se transfiere el calor.
- d) Puede ser una propiedad si se define en términos de la temperatura.
- e) No es una propiedad, depende de algunos factores cómo: la velocidad del fluido y la geometría de la superficie.

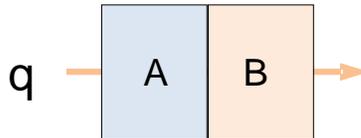
3) En un arreglo de tres placas planas perfectamente unidas ($k_A = 50 \text{ W/m}\cdot\text{K}$, $k_B = 25 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ y $k_C = 75 \text{ W/m}\cdot\text{K}$), fluye calor en forma estable; al predecir el gradiente térmico en cada una de ellas se puede decir: (valor 5 puntos)

- a) $dT/dx]_A > dT/dx]_B > dT/dx]_C$
- b) $dT/dx]_B > dT/dx]_A > dT/dx]_C$
- c) $dT/dx]_A > dT/dx]_C > dT/dx]_B$
- d) $dT/dx]_C > dT/dx]_A > dT/dx]_B$
- e) $dT/dx]_B > dT/dx]_C > dT/dx]_A$



4) En un arreglo con dos placas planas perfectamente unidas ($k_A = 50 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ y $k_B = 25 \text{ W/m}\cdot\text{K}$), con espesores ($e_A = 10 \text{ mm}$ y $e_B = 10 \text{ mm}$), se miden las temperaturas en el centro de cada una y resulta: $T_A = 70 \text{ }^\circ\text{C}$ y $T_B = 40 \text{ }^\circ\text{C}$. Para un área de flujo de 1 m^2 , al calcular el calor que fluye por conducción (en W) a través de ellas se obtiene: (valor 20 puntos)

- a) 100.000
- b) 50.000
- c) 25.000
- d) 11.250
- e) 450.000

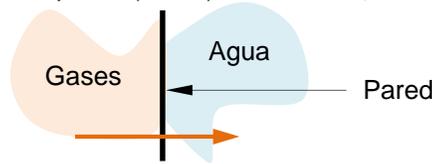


- 5) Un tanque cilindro con tapas planas en posición vertical contiene en su interior agua caliente, desde donde se transfiere calor al aire exterior. Si se desprecia el flujo de calor por el piso y considerando que el cilindro tiene una longitud L y un diámetro D , el área convectiva entre la superficie y el aire viene dada por: (valor 5 puntos)

- a) $A = \pi D(L + D/2)$
 b) $A = \pi(L + D)$
 c) $A = (\pi/4)D^2$
 d) $A = \pi DL$
 e) $A = \pi D(L + D/4)$

- 6) Al transferir calor desde los gases calientes ($T = 800^\circ\text{C}$ y $h = 200 \text{ W/m}^2.\text{K}$) al agua ($T = 44^\circ\text{C}$ y $h = 4000 \text{ W/m}^2.\text{K}$) a través de una pared delgada de acero, al calcular la temperatura de la pared (en $^\circ\text{C}$) se obtiene: (valor 10 puntos)

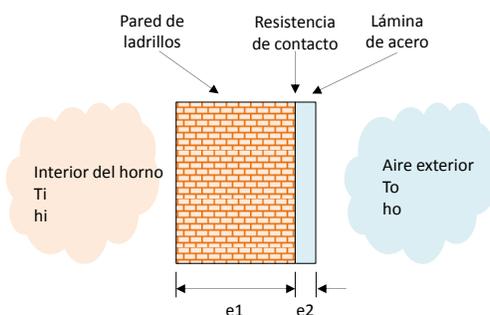
- a) 800
 b) 44
 c) 80
 d) 422
 e) 756



- 7) En una pared plana con conductividad térmica $k = 40 \text{ W/m.K}$ la distribución de temperatura es por $T_{(x)} = 75 - 400x$. Si el área transversal de flujo es $0,25 \text{ m}^2$, el calor (en W) que fluye por la pared es: (valor 10 puntos)

- a) 4
 b) 40
 c) 400
 d) 4000
 e) 10

- 8) Considere la transferencia de calor desde el interior de un horno al aire exterior. La pared del horno es compuesta por un arreglo de ladrillos y una lámina de acero. Si la conductividad térmica del ladrillo y del acero es k_1 y k_2 respectivamente, y entre ambas paredes hay una resistencia térmica de contacto R_c , analice esta situación y responda las siguientes preguntas:



Datos:

- $e_1 = 10 \text{ cm}$
 $e_2 = 2 \text{ mm}$
 $k_1 = 1 \text{ W/m.K}$
 $k_2 = 25 \text{ W/m.K}$
 $T_i = 900 \text{ K}$
 $h_i = 100 \text{ W/m}^2.\text{K}$
 $T_o = 300 \text{ K}$
 $h_o = 10 \text{ W/m}^2.\text{K}$
 $R_c = 10^{-4} \text{ m}^2.\text{K/W}$

- 8.1) Dibuje un circuito térmico para ilustrar el calor transferido a través del arreglo de las paredes. (valor 10 puntos)

- 8.2) El coeficiente global de transferencia de calor (en $W/m^2.K$) para el arreglo es: (valor 10 puntos)
- a) 9,98
- b) 25,00
- c) 4,76
- d) 8,32
- e) 9,08
- 8.3) El flujo de calor (en W) que se transfiere en un área de $1 m^2$ a través del arreglo es: (valor 10 puntos)
- a) 2.854,7
- b) 5.449,6
- c) 4.992,5
- d) 1.500,0
- e) 5.989,2
- 8.4) La caída de temperatura (ΔT en K) en las paredes de ladrillo y acero respectivamente son: (valor 10 puntos)
- a) 285,47 0,228
- b) 594,96 0,00
- c) 49,93 0,40
- d) 150,00 0,00
- e) 598,92 0,00

Tabla de especificaciones para la prueba pretest (diagnostico)

Niveles de aprendizaje	Conocimiento	Comprensión	Aplicación	Análisis	Número total de ítems
Contenidos					
Ecuación de Fourier y gradiente térmico	1 / (5%)	-	-	-	1 / (5%)
Ley de enfriamiento de Newton	1 / (5%)	-	-	-	1 / (5%)
Gradiente térmico y conductividad térmica	-	1 / (5%)	-	-	1 / (5%)
Flujo de calor en placas planas	-	3 / (40%)	1 / (40%)	-	4 / (80%)
Parámetros involucrados	1 / (5%)	-	-	-	1 / (5%)
Número total de ítems	3 / (15%)	4 / (45%)	1 / (40%)	-	8 / (100%)

Fuente: Elaboración Propia.

En total hay 8 ítems, 3 en el nivel conocimiento, 4 en el nivel comprensión, 1 en el nivel aplicación y ninguno en el nivel análisis. Cada uno de los ítems tiene una ponderación de acuerdo al puntaje de cada pregunta en la prueba. En total la prueba tiene una evaluación sobre 100 puntos, diferenciados en cada pregunta. La característica de esta prueba es netamente exploratoria, por lo tanto, como se observa dentro del contenido *Flujo de calor en placas planas*, se concentra el 80 % del peso de la prueba distribuidos en 4 ítems. Conocer el manejo de los parámetros involucrados por parte de los alumnos en cada una de las preguntas en este contenido, es importante para emprender la temática superficies extendidas por tener características similares. Los resultados de esta prueba permitirá tomar acciones correctivas tal sea el caso.

Anexo B

Prueba paralela (Aspectos teóricos y aspectos teóricos)

Indicaciones: A continuación se presentan algunas afirmaciones, cada una con cinco posibles respuestas. Lea cuidadosamente cada planteamiento y marque con una equis (x) en el recuadro de la izquierda la respuesta que usted considere correcta. En las preguntas 10, 12 y 13 debe justificar su lección. (Tiempo de la prueba 25 minutos)

- 1) Se puede afirmar que el calor por conducción a lo largo de una aleta como elemento disipador de calor: (valor 5 puntos)
 - a) Se mantiene constante.
 - b) Disminuye linealmente.
 - c) Al principio disminuye linealmente, luego continúa disminuyendo en forma exponencial.
 - d) Al principio disminuye en forma exponencial, luego lo hace linealmente.
 - e) En todo momento disminuye en forma exponencial.

- 2) Al identificar el calor transferido por conducción y por convección en un tramo de una aleta, se encuentra que: (valor 5 puntos)
 - a) El calor por conducción que entra al tramo se transfiere por convección.
 - b) En cualquier punto del tramo ambos calores son exactamente iguales.
 - c) El calor por conducción que sale del tramo es el que se transfiere por convección.
 - d) No hay relación alguna entre estos calores.
 - e) Parte del calor que entra por conducción, se transfiere por convección.

- 3) Cuando dos fluidos intercambian calor a través de una superficie y se requiere utilizar aletas para incrementar el flujo de calor, éstas se deben colocar: (valor 5 puntos)
 - a) Del lado del fluido con mayor coeficiente convectivo.
 - b) Del lado del fluido con menor coeficiente convectivo.
 - c) Junto al fluido con mayor conductividad térmica.
 - d) Siempre del lado donde se facilite su limpieza.
 - e) Es indiferente del lado que se coloquen.

- 4) Para dos aletas geoméricamente iguales con conductividad térmica $k_A = 50 \text{ W/m.K}$ y $k_B = 25 \text{ W/m.K}$, al comparar el calor disipado por cada una de ellas en igualdad de condiciones, se cumple que: (valor 5 puntos)
 - a) q_B es estrictamente mayor que q_A pero no se sabe en qué proporción
 - b) q_A es estrictamente mayor que q_B pero no se sabe en qué proporción
 - c) $q_A = q_B$
 - d) $q_A = 2 \cdot q_B$
 - e) $q_B = 2 \cdot q_A$

- 5) Considere una aleta de conductividad térmica k , diámetro D y longitud L , colocada sobre una superficie para disipar calor. Si se desea aumentar el enfriamiento, el procedimiento recomendado para tal fin es: (valor 5 puntos)
 - a) Colocar una aleta de mayor perímetro si es posible.
 - b) Intentar aumentar la longitud de la aleta.
 - c) Cambiar la aleta por una de conductividad térmica mayor con la misma geometría.
 - d) Lograr que el fluido se mueva sobre la aleta con mayor velocidad.
 - e) Todas las opciones anteriores pueden logra aumentar el flujo de calor.

- 6) Las superficies extendidas preferiblemente se hacen de materiales: (valor 10 puntos)
 - a) Rígidos.

- b) Con alta conductividad térmica.
- c) Livianos.
- d) Inoxidables.
- e) De baja conductividad térmica.
- 7) Considere una superficie extendida con un gradiente de temperatura muy cercano a cero, La magnitud de la conductividad térmica en W(m.K) está por el orden de: (valor 5 puntos)
- a) 0
- b) 10
- c) 100
- d) 250
- e) 500
- 8) Dentro de las aplicaciones con superficies extendidas se tiene: (valor 5 puntos)
- a) Enfriamiento de componentes electrónicos.
- b) Sistemas de enfriamiento de aceite de lubricación en plantas a gas.
- c) Generación de vapor en calderas.
- d) Enfriamiento del agua de refrigeración para motores de combustión interna.
- e) Todas las anteriores son verdaderas.
- 9) Analice cada término del parámetro $mf = \sqrt{h \cdot P/k \cdot A_c}$; a continuación se plantean varias afirmaciones, ¿Cuál de ellas es verdadera? (valor 5 puntos)
- a) A mayor coeficiente convectivo menor transferencia de calor
- b) Si el área superficie es pequeña, el perímetro se incrementa favoreciendo la transferencia de calor.
- c) A mayor área transversal mayor resistencia térmica.
- d) Una conductividad térmica alta, hace que mf y la transferencia de calor disminuyan.
- e) El parámetro mf influye significativamente en la distribución de temperatura.
- 10) Una aleta de longitud 35 mm y sección transversal rectangular de 1,5 mm x 10 mm tiene un área convectiva (en mm²) de: (valor 10 puntos)
- a) 350
- b) 15
- c) 700
- d) 805
- e) 820
- 11) Para una aleta convectiva en el extremo, la condición de borde en $x = L$ es: (valor 10 puntos)
- a) $q = -h \cdot A_c \cdot [dT/dx]_{x=L}$
- b) $q = h \cdot A_c \cdot (T_L - T_\infty)$
- c) $-k \cdot A_c \cdot [dT/dx]_{x=0} = h \cdot A_c \cdot (T_b - T_\infty)$
- d) $-k \cdot A_c \cdot [dT/dx]_{x=L} = h \cdot A_c \cdot (T_L - T_\infty)$
- e) $T_L = T_\infty + C_1 \cdot e^{mf \cdot L} + C_2 \cdot e^{-mf \cdot L}$
- 12) Una aleta con $A_c = (2 \text{ mm} \times 10 \text{ mm})$, $L = 20 \text{ mm}$, $k = 20 \text{ W/m.K}$ y $T_b = 150 \text{ °C}$ se expone a un flujo de aire, $T_\infty = 25 \text{ °C}$ para un $h = 15 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Si C_1 y C_2 son 25 y 100 °C, el calor disipado por la aleta (en W) es: (valor 10 puntos)
- a) 0,038
- b) 0,938
- c) 0,862
- d) 0,900
- e) 1,000

- 13) Para el ejemplo anterior, el rendimiento porcentual de la aleta está alrededor de: (valor 10 puntos)
- a) 95,95
- b) 4,05
- c) 91,90
- d) 100,00
- e) 75,00
- 14) Una de las dificultades de instalar aletas como disipadores de calor es: (valor 10 puntos)
- a) Su alto costo.
- b) Se disminuyen los costos de operación.
- c) En ciertos casos, es necesario limpiarlas constantemente.
- d) Se reducen las emisiones de los contaminantes.
- e) Se disminuye la eficiencia en algunos equipos.

Tabla de especificaciones para la prueba paralela (aspectos teóricos)

Niveles de aprendizaje	Conocimiento	Comprensión	Aplicación	Análisis	Número total de ítems
Contenidos					
Calor por conducción y convección	2 / (10%)	-		-	2 / (10%)
Conductividad térmica y ecuación de Fourier		2 / (10%)	1 / (5%)	-	3 / (15%)
Aplicaciones prácticas	1 / (5%)	1 / (10%)	1 / (10%)	1 / (10%)	4 / (35%)
Parámetros involucrados		1 / (10%)	2 / (10%)		3 / (20%)
Condiciones de borde		2 / (20%)			2 / (20%)
Número total de ítems	3 / (15%)	6 / (50%)	4 / (25%)	1 / (10%)	14 / (100%)

Fuente: Elaboración propia.

En total hay 14 ítems, 3 en el nivel conocimiento, 6 en el nivel comprensión, 4 en el nivel aplicación y 1 en el nivel análisis. Estos ítems

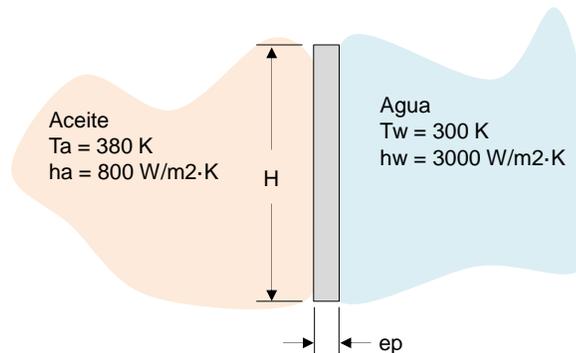
están distribuidos en forma aproximada según los contenidos y tienen una ponderación de acuerdo al puntaje de cada pregunta en la prueba. En total la prueba tiene una evaluación sobre 100 puntos, diferenciados en cada pregunta. Al observar la distribución del puntaje, se observa que 6 ítems tienen una ponderación de 10 puntos cada uno y los restantes tienen una ponderación de 5 puntos cada uno. La diferencia entre los puntajes, a juicio del investigador, se debe a la complejidad de la pregunta y a la rigurosidad en el planteamiento del problema que tiene que hacer el alumno.

Apellidos y nombres del alumno: _____

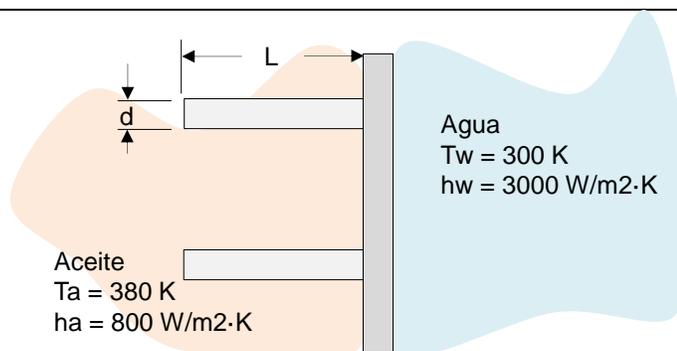
Indicaciones: A continuación se presenta el enunciado de un problema; seguidamente se hacen varias preguntas y en cada una, se tiene cinco posibles respuestas. Usted debe desarrollar en cada una de ellas parte del problema, encontrar la respuesta correcta y marcarla con una equis (x) en el recuadro de la izquierda. Tenga en cuenta que debe justificar plenamente su elección. (Tiempo de la prueba 45 minutos)

Problema:

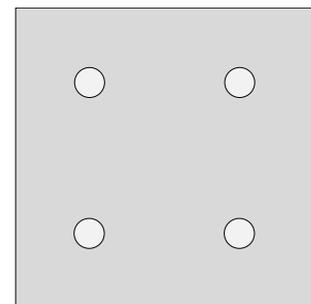
Considere un arreglo en el cual se quiere enfriar aceite con agua, ambos fluidos separados por una placa de aluminio ($k = 237 \text{ W/m}\cdot\text{K}$). La placa tiene un espesor, $e_p = 5 \text{ mm}$, una altura, $H = 50 \text{ mm}$ y una profundidad, $w = 50 \text{ mm}$. Las condiciones del lado del agua y del aceite se muestran en la figura. Para mejorar el calor transferido entre el aceite y el agua se adhieren a la placa del lado del aceite cuatro aletas cilíndricas. Cada aleta tiene una longitud, $L = 30 \text{ mm}$ y un diámetro, $d = 5 \text{ mm}$. Si el material de la aleta es igual al material de la placa y no existe resistencia de contacto, analice esta situación y responda las siguientes preguntas:



Vista lateral de la placa sin aletas



Vista lateral de la placa con aletas



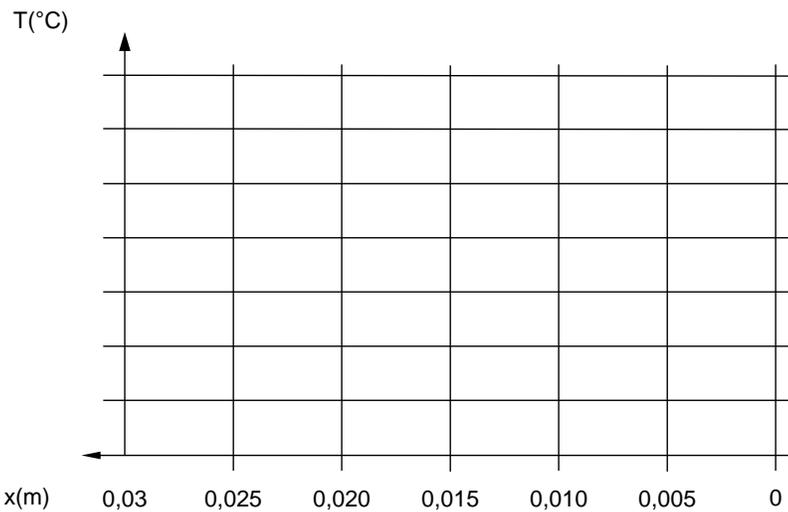
Vista frontal de la placa con aletas

- 1) Al determinar las temperaturas superficiales (en K) de la placa en el arreglo sin aletas (del lado del aceite, T_b y del lado del agua, T_{so}) los valores son: (valor 5 puntos)
- a) Ambas son cercanas a 300 K
 - b) 317,7 y 316,6
 - c) 327,8 y 313,9
 - d) 340,0 y 340,0
 - e) Ambas son cercanas a 380 K
- 2) El calor (en W) transferido sin aletas al agua desde el aceite es: (valor 5 puntos)
- a) 124,7
 - b) 160,0
 - c) 600,0
 - d) 80,4
 - e) 300,1
- 3) Considere el arreglo con aletas. Al determinar la eficiencia de la aleta se encuentra que su valor porcentual es:
- a) 100
 - b) 45
 - c) 72
 - d) 57
 - e) 85
- 4) Al determinar las temperaturas superficiales (en K) de la placa en el arreglo con aletas (del lado del aceite, T_b y del lado del agua, T_{so}) los valores son: (valor 10 puntos)
- a) Ambas son cercanas a 300 K
 - b) 322,9 321,6
 - c) 326,6 325,0
 - d) 335,8 334,4
 - e) 400,0 400,0
- 5) Al definir la distribución de temperatura en cada aleta, se encuentra que las constantes C_1 y C_2 (en K) son respectivamente: (valor 20 puntos)
- a) - 26,10 y 0,00
 - b) - 45,83 y - 18,23
 - c) - 2,13 y -54,94
 - d) - 2,00 y -51,43
 - e) 0,00 y - 26,10
- 6) El calor (en W) trasferido al agua desde el aceite a través de una aleta es: (valor 10 puntos)
- a) 12,77
 - b) 14,61
 - c) 1,68
 - d) 45,28
 - e) 11,95

7) Al comparar el calor transferido al aceite con aletas respecto al calor transferido sin aletas, se observa que hubo un incremento porcentual de: (valor 10 puntos)

- a) 10
- b) 20
- c) 30
- d) 50
- e) 100

8) Dibuje la distribución de temperatura para una aleta, e indique las temperaturas en los extremos. También dibuje la línea correspondiente a la temperatura del aceite. (valor 20 puntos)



Nota: Para trazar la curva, establezca la escala apropiada y trace la gráfica en todo el dominio de la cuadrícula.

Haga un análisis de resultados de acuerdo a lo señalado en la curva anterior:

Tabla de especificaciones para la prueba paralela (aspectos prácticos)

Niveles de aprendizaje	Conocimiento	Comprensión	Aplicación	Análisis	Número total de ítems
Contenidos					
Transferencia de calor en placa plana	1 / (5%)	1 / (5%)	-	-	1 / (10%)
Distribución de temperatura y calor transferido	1 / (10%)	1 / (20%)	1 / (10%)	-	2 / (40%)
Temperaturas superficiales	-	1 / (15%)	-	-	2 / (15%)
Resultados	-	1 / (15%)	-	1 / (20%)	1 / (35%)
Número total de ítems	2 / (15%)	4 / (55%)	1 / (10%)	1 / (20%)	8 / (100%)

Fuente: Elaboración propia.

En total hay 8 ítems, 2 en el nivel conocimiento, 4 en el nivel comprensión, 1 en el nivel aplicación y 1 en el nivel análisis. Estos temas están distribuidos en forma aproximada según los contenidos y tienen una ponderación de acuerdo al puntaje de cada pregunta en la prueba. En total la prueba tiene una evaluación sobre 100 puntos, diferenciados en cada pregunta. Al observar la distribución del puntaje, se observa el ítems 3 y 8 tienen la mayor puntuación (20%) cada uno, a diferencia de los ítems 1 y 2 que cuya puntuación es de 5 puntos cada uno. Los restantes tienen una ponderación intermedia. La diferencia entre los puntajes, a juicio del investigador, se debe a la complejidad de la pregunta y a la rigurosidad en el planteamiento del problema que tiene que hacer el alumno.

Anexo C

Prueba participación del alumno

Apellidos y nombres del alumno: _____

Indicaciones de la evaluación **Participación del alumno:** A continuación se presenta una matriz para la evaluación continua de las actividades que se desarrollarán en la temática superficies extendidas dentro de la fase Impulso Motivacional, estas son: asignaciones grupales en las unidades UDH, UDA y UDT; asistencia y participación durante la visita industrial, y el desempeño en la propuesta de soluciones a problemas relacionados con la transferencia de calor en superficies extendidas. (Valor 10 %) (Adicional)

Actividades	Descripción	Nota por Grupos			
		1	2	3	4
Con relación a la unidad UDH					
1	Evaluar el efecto de la altura del agua en el depósito, sobre el flujo de agua en el tubo agujereado.				
2	Reconocer la variación del flujo interno de agua a lo largo del tubo agujereado debido a las fugas por los orificios laterales.				
Con relación a la unidad UDA					
3	Evaluar el efecto sobre la temperatura del núcleo de cobre con y sin barras. En este caso se debe resaltar el efecto de las barras como elementos disipadores de calor.				
4	Identificar el efecto de la temperatura en el núcleo de cobre, sobre la distribución de temperatura en las barras de aluminio y acero.				
5	Reconocer la variación de la temperatura en cada nodo (tanto en el aluminio como en el acero) y relacionarla con la conductividad térmica de cada material.				
Con relación a la unidad UDT					
6	Evaluar el efecto sobre la temperatura del vapor a la salida del sobrecalentador, cuando el calentamiento actúa individualmente en el tramo lizo y el tramo con aletado.	-	-	-	-
7	Identificar el efecto de la temperatura del vapor a la salida del sobrecalentador, sobre la velocidad de giro de la rueda impulsora.	-	-	-	-
Con relación a la visita industrial					
8	Asistencia, comportamiento y participación.				
Con relación a la participación en la solución de problemas en Mathcad					
9	Logro de la solución puntual y análisis de resultados.				

Anexo D

Prueba postest (Aspectos teóricos y aspectos prácticos)

Indicaciones Generales: Lea detenidamente su examen y cada una de sus partes. Trabaje limpio y ordenado, escriba su respuesta con lápiz, No se permite el intercambio de ningún tipo de material durante la prueba.

Instrucciones primera parte: A continuación se presentan algunas afirmaciones, cada una con cinco posibles respuestas. Lea cuidadosamente cada planteamiento y marque con una equis (x) en el recuadro de la izquierda la respuesta que usted considere correcta. (Tiempo de la prueba 25 minutos) (Valor 10 %)

- 1) El mecanismo de transferencia de calor en una aleta viene dado por: (valor 5 puntos)
- a) Conducción pura.
 - b) Radiación solamente.
 - c) Conducción y convección combinada.
 - d) Conducción y radiación combinada.
 - e) Convección solamente.
- 2) Para dos aletas geoméricamente iguales con conductividad térmica $k_A = 50 \text{ W/m.K}$ y $k_B = 100 \text{ W/m.K}$, al comparar el calor disipado por cada una de ellas en igualdad de condiciones se cumple que: (valor 5 puntos)
- a) q_B es estrictamente mayor que q_A pero no se sabe en qué proporción
 - b) q_A es estrictamente mayor que q_B pero no se sabe en qué proporción
 - c) $q_A = q_B$
 - d) $q_A = 2 \cdot q_B$
 - e) $q_B = 2 \cdot q_A$
- 3) Cuando dos fluidos intercambian calor a través de una superficie aletada, las aletas están del lado: (valor 5 puntos)
- a) Donde se facilite su limpieza.
 - b) Es indiferente del lado donde se coloquen.
 - c) Del fluido con menor coeficiente convectivo.
 - d) Del fluido con mayor conductividad térmica.
 - e) Del fluido con mayor coeficiente convectivo.
- 4) Las superficies extendidas actúan como elementos: (valor 5 puntos)
- a) Sólo disipadores de calor.
 - b) Sólo captadores de calor.
 - c) Disipadores de calor en algunos casos o captadores de calor en otros.
 - d) Mayormente como disipadores de calor.
 - e) Mayormente como captadores de calor.
- 5) En una superficie extendida con alta conductividad térmica se logran gradientes de temperatura: (valor 5 puntos)
- a) Pequeños.
 - b) Altos.
 - c) Intermedios.
 - d) Prácticamente iguales a cero.
 - e) Extremadamente altos.

- 6) Dentro de las aplicaciones con superficies extendidas se tiene: (valor 5 puntos)
- a) Enfriamiento de componentes electrónicos.
 - b) Sistemas de enfriamiento de aceite de lubricación en plantas a gas.
 - c) Generación de vapor en calderas.
 - d) Enfriamiento del agua de refrigeración para motores de combustión interna.
 - e) Todas las anteriores son verdaderas.
- 7) Evalúe cada término del parámetro $mf = \sqrt{h \cdot P/k \cdot A_c}$, al respecto se plantean varias afirmaciones, ¿Cuál de ellas es falsa? (valor 5 puntos)
- a) A mayor coeficiente convectivo mayor transferencia de calor.
 - b) Si la superficie es amplia, el perímetro se incrementa favoreciendo la transferencia de calor.
 - c) A mayor área transversal menor resistencia térmica.
 - d) Una conductividad térmica alta hace que mf y la transferencia de calor disminuyan.
 - e) El parámetro mf influye significativamente en la distribución de temperatura.
- 8) En una aplicación con superficies extendidas para un bajo coeficiente de transferencia de calor por convección, se prefiere que las aletas tengan: (valor 5 puntos)
- a) El área extremadamente grande y la conductividad térmica pequeña.
 - b) Una alta conductividad térmica y un área extremadamente grande.
 - c) El área debe tener un valor apropiado preferiblemente con una conductividad térmica alta.
 - d) El área grande independientemente de la conductividad térmica.
 - e) Una alta conductividad térmica independientemente del área.
- 9) Una aleta de longitud 20 mm y sección transversal rectangular de 2 mm x 10 mm tiene un área convectiva (en mm) de: (valor 10 puntos)
- a) 20
 - b) 480
 - c) 400
 - d) 40
 - e) 500
- 10) Para una aleta convectiva en el extremo, la condición de borde en $x = L$ es: (valor 10 puntos)
- a) $q = -k \cdot A_c \cdot [dT/dx]_{x=L}$
 - b) $q = h \cdot A_c \cdot (T_L - T_\infty)$
 - c) $-k \cdot A_c \cdot [dT/dx]_{x=0} = h \cdot A_c \cdot (T_b - T_\infty)$
 - d) $-k \cdot A_c \cdot [dT/dx]_{x=L} = h \cdot A_c \cdot (T_L - T_\infty)$
 - e) $T_L = T_\infty + C_1 \cdot e^{mf \cdot L} + C_2 \cdot e^{-mf \cdot L}$
- 11) En una aleta con un coeficiente convectivo h , temperatura del aire T_∞ y geometría fija, el mayor calor transferido se logra cuando tiene comportamiento de aleta: (valor 10 puntos)
- a) Adiabática en el extremo.
 - b) Infinita.
 - c) Convectiva en el extremo.
 - d) Adiabática en ambos extremos.
 - e) Bajo las mismas condiciones todas disipan el mismo calor.

12) Para una aleta con los datos señalados, el calor disipado (en W) es: (valor 10 puntos)

- a) 8,4 Datos:
 b) 0,4 - $A_c = (10 \text{ mm} \times 10 \text{ mm})$ y $L = 50 \text{ mm}$
 c) 8,0 - $k = 100 \text{ W/m.K}$ y $T_b = 80 \text{ }^\circ\text{C}$
 d) 10,0 - $T_\infty = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ y $h = 80 \text{ W/m}^2.\text{K}$
 e) 6,6 - $C_1 = 6,63 \text{ }^\circ\text{C}$, $C_2 = 43,40 \text{ }^\circ\text{C}$ y $mf = 17,90 \text{ m}^{-1}$

13) Para la pregunta anterior, la eficiencia de la aleta (en valor porcentual) es: (valor 10 puntos)

- a) 100,0
 b) 4,8
 c) 95,2
 d) 10,0
 e) 78,6

14) Una de las dificultades de instalar aletas como disipadores de calor es: (valor 10 puntos)

- a) Su alto costo.
 b) Se disminuyen los costos de operación.
 c) En ciertos casos, es necesario limpiarlas constantemente.
 d) Se reducen las emisiones de los contaminantes.
 e) Se disminuye la eficiencia en algunos equipos.

Tabla de especificaciones para la prueba posttest (Aspectos teóricos)

Niveles de aprendizaje	Conocimiento	Comprensión	Aplicación	Análisis	Número total de ítems
Contenidos					
Calor por conducción y convección	1 / (5%)	-	-	-	1 / (5%)
Conductividad térmica y ecuación de Fourier	-	2 / (10%)	1 / (10%)	-	3 / (20%)
Aplicaciones prácticas	2 / (15%)	2 / (15%)	1 / (5%)	-	5 / (35%)
Parámetros involucrados	1 / (5%)	2 / (15%)	1 / (10%)	-	4 / (30%)
Condiciones de borde	-	1 / (10%)	-	-	1 / (10%)
Número total de ítems	4 / (25%)	7 / (50%)	3 / (25%)	-	14 / (100%)

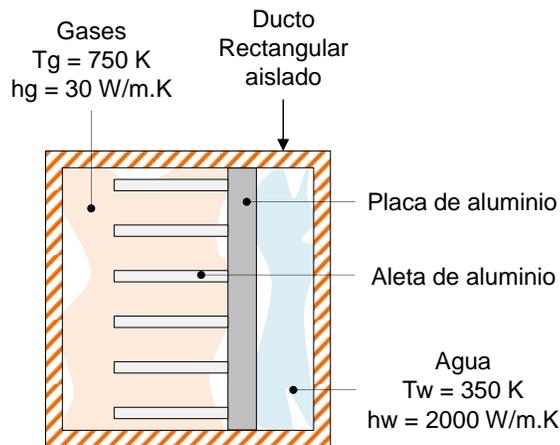
Fuente: Elaboración propia.

En total hay 14 ítems, 4 en el nivel conocimiento, 7 en el nivel comprensión, 3 en el nivel aplicación y ninguno en el nivel análisis. Estos ítems están distribuidos en forma aproximada según los contenidos y tienen una ponderación de acuerdo al puntaje de cada pregunta en la prueba. En total la prueba tiene una evaluación sobre 100 puntos, diferenciados en cada pregunta. Al observar la distribución del puntaje, se observa que los primeros 8 ítems tienen una ponderación de 5 puntos cada uno y los restantes tienen una ponderación de 10 puntos cada uno. La diferencia entre los puntajes, a juicio del investigador, se debe a la complejidad de la pregunta y a la rigurosidad en el planteamiento del problema que tiene que hacer el alumno.

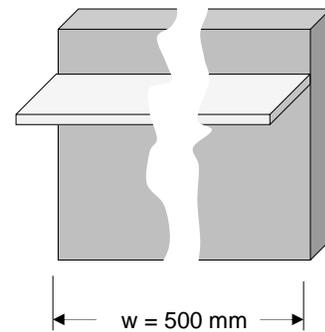
Indicaciones: A continuación se presenta el enunciado de un problema; seguidamente se hacen varias preguntas y en cada una, se tiene cinco posibles respuestas. Usted debe desarrollar en cada una de ellas parte del problema, encontrar la respuesta correcta y marcarla con una equis (x) en el recuadro de la izquierda. Tenga en cuenta que debe justificar plenamente su elección. (Tiempo de la prueba 45 minutos) (Valor 20 %)

Problema:

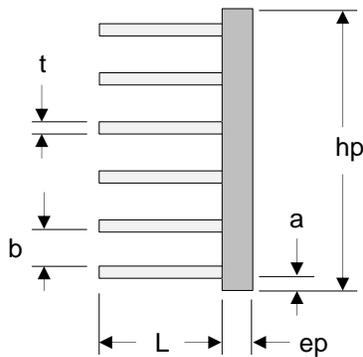
Considere un arreglo en el cual se quiere calentar agua con gases calientes provenientes de un proceso de combustión. Para ello se construye un ducto rectangular aislado en su periferia. En su interior se coloca una placa de aluminio aletada tal y como se ilustra en la figura. Del lado de las aletas se hacen pasar los gases calientes a una temperatura de 750 K, mientras que del lado sin aletas circula el agua. El arreglo *ducto-placa aletada* tiene una longitud de 500 mm. En total hay seis aletas de sección transversal constante de espesor 2 mm y longitud 20 mm. Las demás dimensiones son señaladas en la figura. La temperatura del agua tiene un valor de 350 K para un coeficiente convectivo resultante de $2000 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, mientras que del lado de los gases el coeficiente convectivo promedio es $h = 30 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Considerando que el aluminio tiene una conductividad térmica $k = 200 \text{ W/m}\cdot\text{K}$, analice esta situación y responda las siguientes preguntas:



Esquema del arreglo. Ducto y base se aluminio aletada



Detalle isométrico de una aleta



Datos geométricos:

Espaciamiento, $b = 6 \text{ mm}$

Espesor, $t = 2 \text{ mm}$

Longitud, $L = 20 \text{ mm}$

Altura de la placa, $h_p = 46 \text{ mm}$

Espesor de la placa, $ep = 5 \text{ mm}$

Arranque, $a = 2 \text{ mm}$

Vista lateral placa aletada y variables geométricas

Dimensiones

- 1) Considere primeramente que la placa no tiene aletas. Las temperaturas superficiales (en k) en la placa (del lado de los gases, T_b y del lado del agua, T_{so}) son: (valor 5 puntos)
 - a) 750,0 y 350,0
 - b) Ambas están próximas a 550 K
 - c) 356,2 y 355,9
 - d) 551,1 y 549,9
 - e) 448,1 y 443,4

- 2) El calor (en W) trasferido al agua desde los gases sin aletas es: (valor 5 puntos)
 - a) 271,7
 - b) 368,0
 - c) 596,0
 - d) 432,4
 - e) 138,1

- 3) Considere el arreglo con aletas. Al determinar la eficiencia de la aleta se encuentra que su valor porcentual es: (valor 5 puntos)
 - a) 100
 - b) 12
 - c) 25
 - d) 98
 - e) 45

- 4) Al determinar las temperaturas superficiales (en K) de la placa en el arreglo con aletas (del lado de los gases, T_b y del lado del agua, T_{so}) los valores son: (valor 30 puntos)
 - a) Ambas son muy cercanas a 750 K
 - b) Ambas son muy cercanas a 350 K
 - c) 358,6 y 558,2
 - d) 362,9 y 362,3
 - e) 385,2 y 383,5

5) Al definir la distribución de temperatura en cada aleta, se encuentra que las constantes C_1 y C_2 (en K) son respectivamente: (valor 20 puntos)

- a) - 146,4 y - 245,02
- b) 142,4 y 238,40
- c) - 136,4 y - 228,40
- d) - 142,4 y - 238,40
- e) - 144,8 y - 242,40

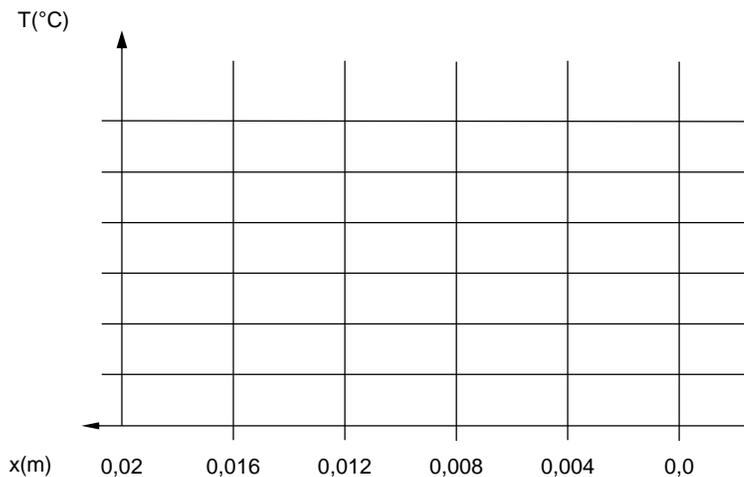
6) El calor (en W) trasferido al agua desde los gases a través de una aleta es: (valor 15 puntos)

- a) 225,7
- b) 235,6
- c) 239,5
- d) 242,2
- e) 215,1

7) El calor transferido al agua desde los gases con aletas es mayor al calor transferido sin aletas, en un factor de: (valor 10 puntos)

- a) 1,39
- b) 2,08
- c) 6,58
- d) 5,67
- e) 3,11

8) Dibuje la distribución de temperatura para una aleta, e indique las temperaturas en los extremos. (valor 10 puntos)



Nota: Para trazar la curva, establezca la escala apropiada y trace la gráfica en todo el dominio de la cuadrícula.

Haga un análisis de resultados de acuerdo a lo señalado en la curva anterior:

Tabla de especificaciones para la prueba postest (Aspectos prácticos)

Niveles de aprendizaje	Conocimiento	Comprensión	Aplicación	Análisis	Número total de ítems
Contenidos					
Transferencia de calor en placa plana	1 / (5%)	1 / (5%)	-	-	1 / (10%)
Distribución de temperatura y calor transferido	1 / (10%)	1 / (20%)	1 / (10%)	-	2 / (40%)
Temperaturas superficiales	-	1 / (15%)	-	-	2 / (15%)
Resultados	-	1 / (15%)	-	1 / (20%)	1 / (35%)
Número total de ítems	2 / (15%)	4 / (55%)	1 / (10%)	1 / (20%)	8 / (100%)

Fuente: Elaboración propia.

En total hay 8 ítems, 2 en el nivel conocimiento, 4 en el nivel comprensión, 1 en el nivel aplicación y 1 en el nivel análisis. Estos ítems están distribuidos en forma aproximada según los contenidos y tienen una ponderación de acuerdo al puntaje de cada pregunta en la prueba. En total la prueba tiene una evaluación sobre 100 puntos, diferenciados en cada pregunta. Al observar la distribución del puntaje, se observa el ítems 3 y 8 tienen la mayor puntuación (20%) cada uno, a diferencia de los ítems 1 y 2 que cuya puntuación es de 5 puntos cada uno. Los restantes tienen una ponderación intermedia. La diferencia entre los puntajes, a juicio del investigador, se debe a la complejidad de la pregunta y a la rigurosidad en el planteamiento del problema que tiene que hacer el alumno.

Anexo E
Instrumento de validación por juicio de expertos

Instrucciones:

El instrumento que se presenta tiene como propósito evaluar la validez de contenido de las pruebas utilizadas durante el desarrollo de la investigación: *COMPRENSIÓN EPISTEMOLÓGICA EN LA TEMÁTICA TRANSFERENCIA DE CALOR EN SUPERFICIES EXTENDIDAS. UNIDAD CURRICULAR TRANSFERENCIA DE CALOR CASO UNET.*

Lea cada instrumento y puntualice lo señalado en cada ítems, marque con una equis (x) su criterio en cuanto a los aspectos que se indican a continuación:

1. Pertinencia: relación estrecha entre la pregunta, los objetivos a lograr y el aspecto del instrumento desarrollado.
2. Redacción: interpretación unívoca de enunciado de la pregunta a través de la claridad y precisión en el uso del vocablo técnico.
3. Adecuación: correspondencia entre el contenido de cada pregunta y el nivel de preparación o desempeño del alumno.

Código	Apreciación cualitativa
B	Bueno: El indicador se presenta en grado igual o ligeramente superior al mínimo aceptable.
R	Regular: El indicador no llega al mínimo aceptable pero se acepta a él.
D	Deficiente: El indicador está lejos de alcanzar el mínimo aceptable.

Evaluación de criterios

Prueba pretest (diagnóstico): Aspectos teóricos y prácticos

Preguntas/ítemes	Pertinencia			Redacción			Adecuación		
	B	D	R	B	D	R	B	D	R
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
Observaciones y sugerencias									
Nombres y Apellidos:								CI:	
Nivel Académico:				Cargo:			Fecha:		Hora:
Firma:									

Evaluación de criterios

Prueba paralela: Aspectos teóricos y prácticos

Preguntas/ítemes	Pertinencia			Redacción			Adecuación		
	B	R	D	B	R	D	B	R	D
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
Observaciones y sugerencias									
Nombres y Apellidos:								CI:	
Nivel Académico:				Cargo:			Fecha:		Hora:
Firma:									

Evaluación de criterios

Prueba postest: Aspectos teóricos y prácticos

Preguntas/ítemes	Pertinencia			Redacción			Adecuación		
	B	D	R	B	D	R	B	D	R
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
Observaciones y sugerencias									
Nombres y Apellidos:								CI:	
Nivel Académico:				Cargo:			Fecha:		Hora:
Firma:									

Evaluación de criterios

Prueba participación del alumno

Preguntas/ítemes	Pertinencia			Redacción			Adecuación		
	B	D	R	B	D	R	B	D	R
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
Observaciones y sugerencias									
Nombres y Apellidos:								CI:	
Nivel Académico:				Cargo:			Fecha:		Hora:
Firma:									

Anexo G

Resultados validez de contenido de las pruebas

Evaluación de criterios

Prueba pretest (diagnóstico): Aspectos teóricos y prácticos

(Experto 1)

Preguntas/ítemes	Pertinencia			Redacción			Adecuación		
	B	D	R	B	D	R	B	D	R
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
Observaciones y sugerencias									
Nombres y Apellidos:								CI:	
Nivel Académico:				Cargo:			Fecha:		Hora:
Firma:									

Evaluación de criterios

Prueba paralela: Aspectos teóricos y prácticos

(Experto 1)

Preguntas/ítems	Pertinencia			Redacción			Adecuación		
	B	R	D	B	R	D	B	R	D
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
Observaciones y sugerencias									
Nombres y Apellidos:								CI:	
Nivel Académico:				Cargo:			Fecha:		Hora:
Firma:									

Evaluación de criterios

Prueba postest: Aspectos teóricos y prácticos

(Experto 1)

Preguntas/ítemes	Pertinencia			Redacción			Adecuación		
	B	D	R	B	D	R	B	D	R
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
Observaciones y sugerencias									
Nombres y Apellidos:								CI:	
Nivel Académico:				Cargo:			Fecha:		Hora:
Firma:									

Evaluación de criterios

Prueba participación del alumno

(Experto 1)

Preguntas/ítems	Pertinencia			Redacción			Adecuación		
	B	D	R	B	D	R	B	D	R
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
Observaciones y sugerencias									
Nombres y Apellidos:								CI:	
Nivel Académico:				Cargo:			Fecha:		Hora:
Firma:									

Evaluación de criterios

Prueba pretest (diagnóstico): Aspectos teóricos y prácticos

(Experto 2)

Preguntas/ítemes	Pertinencia			Redacción			Adecuación		
	B	D	R	B	D	R	B	D	R
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
Observaciones y sugerencias									
Nombres y Apellidos:								CI:	
Nivel Académico:				Cargo:			Fecha:		Hora:
Firma:									

Evaluación de criterios

Prueba paralela: Aspectos teóricos y prácticos

(Experto 2)

Preguntas/ítems	Pertinencia			Redacción			Adecuación		
	B	R	D	B	R	D	B	R	D
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
Observaciones y sugerencias									
Nombres y Apellidos:								CI:	
Nivel Académico:				Cargo:			Fecha:		Hora:
Firma:									

Evaluación de criterios

Prueba postest: Aspectos teóricos y prácticos

(Experto 2)

Preguntas/ítems	Pertinencia			Redacción			Adecuación		
	B	D	R	B	D	R	B	D	R
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
Observaciones y sugerencias									
Nombres y Apellidos:								CI:	
Nivel Académico:				Cargo:			Fecha:		Hora:
Firma:									

Evaluación de criterios
Prueba participación del alumno
(Experto 2)

Preguntas/ítems	Pertinencia			Redacción			Adecuación		
	B	D	R	B	D	R	B	D	R
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
Observaciones y sugerencias									
Nombres y Apellidos:								CI:	
Nivel Académico:				Cargo:			Fecha:		Hora:
Firma:									

Evaluación de criterios

Prueba pretest (diagnóstico): Aspectos teóricos y prácticos

(Experto 3)

Preguntas/ítemes	Pertinencia			Redacción			Adecuación		
	B	D	R	B	D	R	B	D	R
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
Observaciones y sugerencias									
Nombres y Apellidos:								CI:	
Nivel Académico:				Cargo:			Fecha:		Hora:
Firma:									

Evaluación de criterios

Prueba paralela: Aspectos teóricos y prácticos

(Experto 3)

Preguntas/ítemes	Pertinencia			Redacción			Adecuación		
	B	R	D	B	R	D	B	R	D
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
Observaciones y sugerencias									
Nombres y Apellidos:								CI:	
Nivel Académico:				Cargo:			Fecha:		Hora:
Firma:									

Evaluación de criterios

Prueba postest: Aspectos teóricos y prácticos

(Experto 3)

Preguntas/ítemes	Pertinencia			Redacción			Adecuación		
	B	D	R	B	D	R	B	D	R
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
Observaciones y sugerencias									
Nombres y Apellidos:								CI:	
Nivel Académico:				Cargo:			Fecha:		Hora:
Firma:									

Evaluación de criterios

Prueba participación del alumno

(Experto 3)

Preguntas/ítemes	Pertinencia			Redacción			Adecuación		
	B	D	R	B	D	R	B	D	R
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
Observaciones y sugerencias									
Nombres y Apellidos:								CI:	
Nivel Académico:				Cargo:			Fecha:		Hora:
Firma:									

Anexos G
Información UCE UNET

Listado Alumnos inscritos 20161 Transferencia de Calor (código 0625702T)

Nro	Sección	Ind. Acumulado	Ind. Eficiencia	Nro de Veces Cursadas
1	1	8.06	1	0
2	2	8.00	1	0
3	2	7.87	1	0
4	1	7.61	0.97	0
5	1	7.33	1	0
6	2	7.16	1	0
7	2	7.13	0.97	0
8	2	7.04	0.97	0
9	2	6.98	0.94	0
10	2	6.95	0.9	0
11	2	6.90	0.92	0
12	1	6.83	0.97	0
13	2	6.79	0.94	0
14	1	6.75	0.94	0
15	2	6.56	0.95	0
16	2	6.52	1	0
17	2	6.50	1	0
18	2	6.49	0.92	0
19	2	6.41	0.96	0
20	1	6.36	0.9	1
21	2	6.30	0.97	0
22	1	6.29	0.93	0
23	1	6.26	0.81	0
24	1	6.19	0.82	1
25	2	6.13	0.9	0
26	2	6.12	0.9	0
27	2	6.07	0.91	0
28	2	6.05	0.67	1
29	2	6.04	0.96	0
30	2	6.02	0.91	0
31	2	6.00	0.96	2
32	2	5.99	0.88	1
33	1	5.94	0.87	0
34	1	5.92	0.8	0
35	2	5.90	0.93	0
36	2	5.83	0.84	1
37	1	5.78	0.65	2

Listado (Cont.)

Nro	Sección	Ind. Acumulado	Ind. Eficiencia	Nro de Veces Cursadas
38	2	5.76	0.76	1
39	2	5.71	0.79	0
40	1	5.70	0.78	0
41	2	5.63	0.7	0
42	2	5.63	0.82	1
43	2	5.58	0.68	2
44	2	5.57	0.85	1
45	1	5.56	0.58	2
46	2	5.56	0.67	1
47	1	5.53	0.71	0
48	2	5.46	0.54	0
49	2	5.45	0.58	2
50	2	5.44	0.75	0
51	1	5.43	0.64	0
52	2	5.42	0.59	1
53	2	5.42	0.76	1
54	1	5.38	0.53	0
55	1	5.37	0.55	0
56	1	5.36	0.62	0
57	1	5.35	0.68	2
58	1	5.33	0.65	1
59	2	5.29	0.47	1
60	2	5.29	0.53	1
61	1	5.28	0.75	0
62	2	5.28	0.56	2
63	2	5.28	0.5	16
64	2	5.27	0.45	0
65	2	5.27	0.58	1
66	2	5.26	0.72	1
67	1	5.24	0.5	10
68	1	5.22	0.57	0
69	2	5.21	0.47	7
70	1	5.21	0.53	0
71	1	5.17	0.45	2
72	1	5.16	0.53	0
73	1	5.16	0.42	0

Fuente: Unidad de Control de Estudios UNET. (Formato original)

Anexo H

Probabilidades acumuladas de la distribución normal estándar

Z	0.0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
-3.5	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
-3.4	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002
-3.3	0.0005	0.0005	0.0005	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0003
-3.2	0.0007	0.0007	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0005	0.0005	0.0005
-3.1	0.0010	0.0009	0.0009	0.0009	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0007	0.0007
-3.0	0.0013	0.0013	0.0013	0.0012	0.0012	0.0011	0.0011	0.0011	0.0010	0.0010
-2.9	0.0019	0.0018	0.0018	0.0017	0.0016	0.0016	0.0015	0.0015	0.0014	0.0014
-2.8	0.0026	0.0025	0.0024	0.0023	0.0023	0.0022	0.0021	0.0021	0.0020	0.0019
-2.7	0.0035	0.0034	0.0033	0.0032	0.0031	0.0030	0.0029	0.0028	0.0027	0.0026
-2.6	0.0047	0.0045	0.0044	0.0043	0.0041	0.0040	0.0039	0.0038	0.0037	0.0036
-2.5	0.0062	0.0060	0.0059	0.0057	0.0055	0.0054	0.0052	0.0051	0.0049	0.0048
-2.4	0.0082	0.0080	0.0078	0.0075	0.0073	0.0071	0.0069	0.0068	0.0066	0.0064
-2.3	0.0107	0.0104	0.0102	0.0099	0.0096	0.0094	0.0091	0.0089	0.0087	0.0084
-2.2	0.0139	0.0136	0.0132	0.0129	0.0125	0.0122	0.0119	0.0116	0.0113	0.0110
-2.1	0.0179	0.0174	0.0170	0.0166	0.0162	0.0158	0.0154	0.0150	0.0146	0.0143
-2.0	0.0228	0.0222	0.0217	0.0212	0.0207	0.0202	0.0197	0.0192	0.0188	0.0183
-1.9	0.0287	0.0281	0.0274	0.0268	0.0262	0.0256	0.0250	0.0244	0.0239	0.0233
-1.8	0.0359	0.0351	0.0344	0.0336	0.0329	0.0322	0.0314	0.0307	0.0301	0.0294
-1.7	0.0446	0.0436	0.0427	0.0418	0.0409	0.0401	0.0392	0.0384	0.0375	0.0367
-1.6	0.0548	0.0537	0.0526	0.0516	0.0505	0.0495	0.0485	0.0475	0.0465	0.0455
-1.5	0.0668	0.0655	0.0643	0.0630	0.0618	0.0606	0.0594	0.0582	0.0571	0.0559
-1.4	0.0808	0.0793	0.0778	0.0764	0.0749	0.0735	0.0721	0.0708	0.0694	0.0681
-1.3	0.0968	0.0951	0.0934	0.0918	0.0901	0.0885	0.0869	0.0853	0.0838	0.0823
-1.2	0.1151	0.1131	0.1112	0.1093	0.1075	0.1056	0.1038	0.1020	0.1003	0.0985
-1.1	0.1357	0.1335	0.1314	0.1292	0.1271	0.1251	0.1230	0.1210	0.1190	0.1170

Fuente: Pérez-Tejada (2008) (p. 681)

Anexo I
Solución ecuación diferencial

Teniendo en cuenta el análisis realizado en el compendio Epistemología Conceptual sobre una superficie extendida (aleta) de sección transversal constante, se obtuvo la Ecuación 1.

$$\frac{d^2T}{dx^2} - \left(\frac{h \cdot P}{k \cdot A_c}\right) \cdot [T - T_\infty] = 0 \quad 1$$

Al realizar el cambio de variables en términos de, mf y θ , resultó la Ecuación 2:

$$mf^2 = \frac{h \cdot P}{k \cdot A_c} \quad \rightarrow \quad mf = \sqrt{\frac{h \cdot P}{k \cdot A_c}} \quad \theta = T - T_\infty$$

$$\frac{d^2\theta}{dx^2} - m^2\theta = 0 \quad 2$$

La Ecuación 2 es una ecuación diferencial sencilla de resolver, sus características son: ecuación diferencial de segundo orden, homogénea, lineal con coeficientes constantes. Para una ecuación diferencial de esta forma, se define la ecuación característica o auxiliar y se determinan sus raíces, así resulta:

$$r^2 - m^2 = 0 \quad \rightarrow \quad \begin{cases} r_1 = +m \\ r_2 = -m \end{cases}$$

Como estas raíces son reales y diferentes, existen dos soluciones particulares de la Ecuación 2, estas soluciones son:

$$\theta_1 = C_1 \cdot e^{m \cdot x} \quad \text{y} \quad \theta_2 = C_2 \cdot e^{-m \cdot x}$$

Estas soluciones particulares son independientes y lineales, a continuación se demostrará que ambas son solución de la Ecuación 2, de acuerdo al siguiente procedimiento:

- Conociendo la función $\theta_{(x)} = C \cdot e^{m \cdot x}$ para cada solución, se deriva una y otra vez y, se encuentra $\frac{d^2\theta_{(x)}}{dx^2}$.
- Luego se sustituye y se verifica que se satisface la igualdad de la ecuación. En la tabla siguiente se muestra este procedimiento.

Solución 1		Solución 2	
Función θ_1	$\theta_1 = C_1 \cdot e^{m \cdot x}$	Función θ_2	$\theta_2 = C_2 \cdot e^{-m \cdot x}$
Primera derivada	$\frac{d\theta_1}{dx} = m \cdot C_1 \cdot e^{m \cdot x}$	Primera derivada	$\frac{d\theta_2}{dx} = -m \cdot C_2 \cdot e^{-m \cdot x}$
Segunda derivada	$\frac{d^2\theta_1}{dx^2} = m^2 \cdot C_1 \cdot e^{m \cdot x}$	Segunda derivada	$\frac{d^2\theta_2}{dx^2} = m^2 \cdot C_2 \cdot e^{-m \cdot x}$
Sustituyendo, θ y $\frac{d^2\theta}{dx^2}$, en la Ecuación 1, se tiene:			
Para la Función θ_1		Para la Función θ_2	
$m^2 \cdot C_1 \cdot e^{m \cdot x} - m^2 \cdot C_1 \cdot e^{m \cdot x} = 0$		$m^2 \cdot C_2 \cdot e^{-m \cdot x} - m^2 \cdot C_2 \cdot e^{-m \cdot x} = 0$	

Tal y como se observa, ambas soluciones satisfacen la ecuación diferencial planteada, por lo tanto ambas son soluciones particulares e independientes; al acoplarlas, resulta la solución general que permite encontrar la distribución de temperatura para una aleta de sección transversal constante, de esta manera se tiene:

$$\theta_{(x)} = C_1 \cdot e^{m \cdot x} + C_2 \cdot e^{-m \cdot x}$$

3

$$T_{(x)} = T_{\infty} + C_1 \cdot e^{m \cdot x} + C_2 \cdot e^{-m \cdot x}$$