



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO ACTA DE EXAMEN DE GRADO DE MAESTRÍA

SIP-15

En la Ciudad de México, a las 08:00 horas del día 30 del mes de Enero del año 2018 reunidos en el Aula Magna designado para tal efecto, los C. Profesores de la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación: Dr. Alejandro Zacarías Santiago, Dr. Abel López Villa, Dr. Abraham Medina Ovando, Dr. René Osvaldo Vargas Aguilar y la Dra. Guadalupe Juliana Gutiérrez Paredes.

designados para integrar el Jurado de Examen de Grado de: MAESTRÍA EN CIENCIAS EN TERMOFLUIDOS

de: Luz Alba Clavel Navarro

Con registro: B150002 y considerando que ha cumplido con los requisitos correspondientes, se procedió a efectuar el examen en los términos que establece el Reglamento de Estudios de Posgrado. Después de concluir la disertación y réplica de rigor, el jurado deliberó, habiéndose obtenido el siguiente resultado:

Aprobado

Para constancia se levantó la presente acta a las 09:27 horas del día 30 del mes de Enero del año 2018, misma que Suscriben los sinodales mencionados.

PRESIDENTE

[Firma de Dr. Alejandro Zacarías Santiago]

Dr. Alejandro Zacarías Santiago

1er VOCAL

[Firma de Dr. Abraham Medina Ovando]

Dr. Abraham Medina Ovando

SECRETARIO

[Firma de Dr. Abel López Villa]

Dr. Abel López Villa

2º VOCAL

TESIS

"Absorción capilar en medios porosos no consolidados"

3er VOCAL

[Firma de Dra. Guadalupe Juliana Gutiérrez Paredes]

Dra. Guadalupe Juliana Gutiérrez Paredes

JEFE DE LA SECCIÓN

Dr. Felipe Hernández Santiago

Secretario de Investigación y Posgrado

EL SUSCRITO DIRECTOR INTERINO DE LA ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA - UNIDAD AZCAPOTZALCO CERTIFICA que las firmas que anteceden son auténticas y corresponden a las personas cuyos nombres aparecen en esta acta.

Dr. Juan Silvestre Aranda Barradas

M. en C. Ricardo Cortez Olivera



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y
Eléctrica**

Unidad Azcapotzalco

Sección de Estudios de Posgrado e Investigación

**ABSORCIÓN CAPILAR EN MEDIOS POROSOS NO
CONSOLIDADOS**

**T E S I S PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS EN TERMOFLUIDOS**

PRESENTA:

ING. LUZ ALBA CLAVEL NAVARRO

DIRECTOR: DR. ABRAHAM MEDINA OVANDO



CIUDAD DE MÉXICO ENERO 2018



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de México siendo las 12:30 horas del día 27 del mes de Noviembre del 2017 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de ESIME UA para examinar la tesis titulada:

ABSORCIÓN CAPILAR EN MEDIOS POROSOS NO CONSOLIDADOS

Presentada por el alumno:

<u>CLAVEL</u>	<u>NAVARRO</u>	<u>LUZ ALBA</u>							
Apellido paterno	Apellido materno	Nombre(s)							
Con registro: <table border="1"><tr><td>B</td><td>1</td><td>5</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>2</td></tr></table>			B	1	5	0	0	0	2
B	1	5	0	0	0	2			

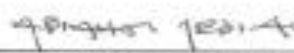
aspirante al grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN TERMOFLUIDOS

Después de intercambiar opiniones, los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

Director(a) de tesis



 Dr. Abraham Medina Ovando
 1er Vocal



 Dr. Alejandro Zaparias Santiago
 Presidente



 Dr. Abel López Villa
 Secretario



 Dr. René Osvaldo Vargas Aguilar
 2do Vocal



 Dr. Guadalupe Juliana Gutiérrez Paredes
 3er Vocal

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES



 UNED CALCO
 Dr. Felipe Hernández Santiago
 COLEGIO DE PROFESORES DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

INDICE

CONTENIDO	PAG.
Sip 14.....	i
CESIÓN DE DERECHOS	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
INDICE	vi
INDICE DE TABLAS	viii
INDICE DE FIGURAS	ix
NOMENCLATURA	xi
Capítulo 1	
Introducción a absorción capilar en medios complejos	1
<i>1.1 Introducción</i>	
1.2. <i>Medio granular seco</i>	2
1.3. <i>Caracterización del medio poroso.....</i>	4
1.3.1. Tamaño de grano	4
1.3.2. Forma del grano	5
1.3.3. Tamaño del poro	5
1.4. <i>Porosidad</i>	6
1.5. <i>Tensión superficial</i>	8
1.5.1. Cohesión y adhesión	10
1.6. <i>Capilaridad</i>	11
1.7. <i>Longitud capilar</i>	13
1.8. <i>Ley de Darcy y el coeficiente de permeabilidad</i>	13
1.9. <i>Velocidad real y velocidad de Darcy.....</i>	14
1.10. <i>Ecuación de Carman Kozeny</i>	15
1.11. <i>Ecuación de continuidad</i>	16

1.12. Ecuación de Young Laplace	18
Capítulo 2	
Revisión Bibliográfica	21
2.1. Distribución de la tensión en una pila de arena sobre una base desviada.....	21
2.2. Asenso capilar de un líquido en un material poroso deformable.....	23
Capítulo 3	
Desarrollo experimental.....	32
3.1. Caracterización del medio poroso.....	32
3.2. Calculo de la porosidad y densidad.....	33
3.3. Modelo experimental.....	36
3.3.1. Método de longitud	36
3.3.2. Método de peso	41
3.3.3. Método de termografía.....	50
Capítulo 4	
Conclusiones	57
Bibliografía	58