UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS

FACULTAD DE INGENIERÍA
CAMPUS I

COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

"LA MODELACIÓN-GRAFICACIÓN EN EL ANÁLISIS VARIACIONAL PARA EL DISEÑO DE ALCANTARILLAS CIRCULARES"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MATEMÁTICA EDUCATIVA

PRESENTA

ING. JOSÉ LUIS YIÓN GARCÍA

DIRECTOR DE TESIS

MTRO. CRISTÓBAL CRUZ RUIZ

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS, FEBRERO DEL 2019

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, a 25 de enero de 2019.

Dr. José Ernesto Castellanos Castellanos
Director de la Facultad de Ingeniería
Universidad Autónoma de Chiapas
P r e s e n t e:

Por este medio me permito informar a usted, que he concluido con la dirección de la tesis titulada: "***La Modelación-Graficación en el Análisis Variacional para el Diseño de Alcantarillas Circulares*"**, que para obtener el grado de **Maestro en Ciencias con especialidad en Matemática Educativa**, desarrollada por el **Ing. José Luis Yión García**, por lo que doy mi voto aprobatorio para que pueda seguir con los trámites correspondientes.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

Atentamente

Mtro. Cristóbal Cruz Ruiz
Director de la Tesis

C.c.p. Interesado

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas,
14 de febrero de 2019.

Dr. José Ernesto Castellanos Castellanos
Director de la Facultad de Ingeniería
Universidad Autónoma de Chiapas
P r e s e n t e:

En nuestra calidad de sinodales del Examen de Grado de Maestro en Ciencias con especialidad en Matemática Educativa del **Ing. José Luis Yión García,** nos permitimos manifestarle la aceptación del trabajo de tesis titulada: ***"La Modelación-Graficación en el Análisis Variacional para el Diseño de Alcantarillas Circulares"***

Quedamos enterados de que formaremos parte del jurado del examen de grado, en la fecha y hora que se nos comunicará posteriormente.

ATENTAMENTE

Mtro. Cristóbal Cruz Ruiz
Director de tesis

Dr. Miguel Solís Esquinca
Asesor de tesis

Mtro. Pierre François Benoit Poirier
Asesor de tesis

C.c.p. Interesado

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
18 de febrero de 2019.
Oficio No. F.I.01.0111/19.

Ing. José Luis Yion García
Alumno de la Maestría en Ciencias con
Especialidad en Matemática Educativa
Universidad Autónoma de Chiapas
P r e s e n t e:

Por este medio comunico a usted, que le autorizo la impresión de su trabajo de tesis denominado: "***La modelación-graficación en el análisis variacional para el diseño de alcantarillas circulares***" para que pueda continuar con los trámites de titulación para la obtención del grado.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"POR LA CONCIENCIA DE LA NECESIDAD DE SERVIR"

Dr. José Ernesto Castellanos Castellanos
DIRECTOR

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE CHIAPAS
DIRECCIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

C.c.p. Dr. Juan José Cruz Solís. Coordinador de Investigación y Posgrado. Facultad de Ingeniería.
C.c.p. Archivo/minutario
JJCS/amj

Índice General

Agradecimientos iii

Resumen iv

Índice de figuras v

Índice de tablas vi

Introducción vii

Capítulo 1

Antecedentes 1

1.1 Problemática 1

1.2 Estado de arte 2

1.3 La investigación 18

Capítulo 2

Marco Teórico 20

2.1 Algunas consideraciones sobre el proceso de la enseñanza de la Matemática 22

2.2 Las TICs en la Matemática Educativa 24

2.3 La Aproximación Socioepistemológica 25

2.4 El uso de Gráficas 27

2.5 Pertinencia de un estudio Socioepistemológico en ingeniería 29

Capítulo 3

La modelación-graficación en el diseño de alcantarillas circulares 32

3.1 La visión geométrica infinitesimal de Leibniz 32

3.2 Un nuevo paradigma 34

3.3 El diferencial de Leibniz y su triángulo característico 36

3.4 La Hidráulica como escenario 38

Capítulo 4

4.1 Conclusiones 40
4.2 Referencias y bibliografía.. 42
4.3 Anexo 45

Agradecimientos

A mis profesores en una forma muy especial al **Mtro. Cristóbal Cruz Ruiz** por sus aportaciones y atinados comentarios, al **Dr. Miguel Solís Esquinca** quién a través de sus preguntas me permitió ver más allá de lo obvio y finalmente al **Mtro. Pierre François Benoit Poirier** porque a través de sus sugerencias contribuyó a la calidad del presente trabajo.

A **Claudia** mi esposa
Por su amor, comprensión y paciencia.

A **Claudia Sofía, José Luis** y **Arturo** mis hijos
Quienes son mi principal motivación a superarme día a día.

A **José Yion Wong Sin Muy** y **Gloria García García** mis padres que me dieron la vida y contribuyeron a lograr mis metas.

A mis hermanos **Gilberto, Santiago, Emma, Gloria, Adán, Eva** y **Lino** quienes de una u otra manera me apoyaron para alcanzar mis sueños y aspiraciones

Título

La modelación-graficación en el análisis variacional
para el diseño de alcantarillas circulares

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo proponer el rediseño del discurso matemático escolar a partir de la teoría Socioepistemológica apoyándose en la modelación-graficación y las tecnologías de la información y comunicaciones implícitas a través del software de geometría dinámica, partiendo de la visión geométrica infinitesimal de Leibniz considerando a la hidráulica como escenario y el diseño de una alcantarilla circular como objeto de estudio En el capítulo 1 se realiza una breve semblanza de la problemática de investigación, el estado actual de la graficación y el acercamiento a la problemática desde un enfoque tradicional pedagógico contrastando con el acercamiento a través de la Matemática Educativa y los hallazgos a partir de las preguntas: ¿Qué son? y ¿Cómo se enseña? El diseño de las alcantarillas circulares a estudiantes de Ingeniería Civil.

En el capítulo 2 se aborda la aproximación Socioepistemológica del proceso de enseñanza aprendizaje y como se ha resignificado a partir de la evolución de las Tecnologías de Información y Comunicación (TICs) en la Matemática Educativa (ME). Se retoma el uso de las gráficas en la enseñanza y los diversos escenarios en los que las gráficas impactan en el dominio de los objetos de aprendizaje. Se resalta la pertinencia de un estudio Socioepistemológico en la ingeniería

Durante el capítulo 3 se desarrolla el diseño de alcantarillas circulares desde el análisis variacional; esto se logra partiendo desde la visión geométrica infinitesimal de Leibniz, el diferencial y su triángulo característico y el marco definido por la modelación-graficación para finalmente completar el ejercicio a través del Software para Geometría Dinámica (SGD).

Durante el capítulo 4 se analizan los resultados del trabajo, resaltando los hallazgos y las líneas no cubiertas que permitan continuar las investigaciones en torno al rediseño del discurso de la Matemática Escolar.

Índice de Figuras

Figura 1.2.1 Características del flujo de conducto circular parcialmente lleno 10

Figura 1.2.2 Cálculo del espejo de agua 11

Figura 1.2.3 Cálculo del área hidráulica 12

Figura 1.2.4 Relación entre el tirante y el diámetro 14

Figura 1.2.5 Relaciones geométricas de la sección circular cerrada 15

Figura 2.1 Estructura de la vivienda tradicional Maya 20

Figura 2.2 Interior de la vivienda maya con colgado de hamacas en la estructura 21

Figura 2.3 Casa tradicional rusa en zona de nevadas intensas 22

Figura 2.4 Escenario de la parábola 30

Figura 2.5 Nomograma en un conducto circular con ecuación de Manning 32

Figura 3.1. Acercamiento geométrico infinitesimal de Leibniz 33

Figura 3.2 Dimensionamiento físico-geométrico 34

Figura 3.3 El diferencial asociado al “triángulo característico” 37

Figura 3.5 Sección de una alcantarilla parcialmente llena 38

Figura 4.3.1a Área hidráulica de canal circular (SGD) 45

Figura 4.3.1b Área hidráulica de canal circular (SGD) 46

Figura 4.3.1c Área hidráulica de canal circular (SGD) 47

Figura 4.3.2a Perímetro mojado de canal circular (SGD) 48

Figura 4.3.2b Perímetro mojado de canal circular (SGD) 49

Figura 4.3.2c Perímetro mojado de canal circular (SGD) 50

Figura 4.3.3 Programa de estudios ITSC-Ingeniería Civil 51

Figura 4.3.4 Programa de estudios UNACH-FI-Ingeniería Civil 58

Índice de Tablas

Tabla 1.2.1 Elementos geométricos de las secciones circular y herradura.................... 4

Tabla 1.2.2 Elementos geométricos en canales circulares.. 5

Tabla 1.2.3 Área, perímetro mojado y radio hidráulico en conductos circulares parcialmente llenos 16

Introducción

Acorde a Stewart (2007), existen cuatro maneras de representar una función: verbal a través de palabras, numérica en una tabla con valores, algebraicamente mediante una fórmula y visual empleando una gráfica. En las últimas dos décadas se ha rescatado el uso de las gráficas porque permite una mayor comprensión de las funciones; sin embargo, el discurso escolar en el mejor de los casos permite relacionar los comportamientos de una función mediante las gráficas.

Actualmente el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TICs) a través de diversos equipos de cómputo ha facilitado la graficación, en sus inicios era necesario que el estudiante desarrollara programas para graficar funciones, actualmente la programación no es necesaria.

Suarez (2014), y Torres (2004) identifican los usos de las gráficas que se generan mediante la tecnología; considerando dicha caracterización desde su relación con el concepto de función, además de los significados, procedimientos y argumentos que intervienen en las acciones que desarrolla un estudiante ante una actividad de graficación. Este estudio desarrollado sostiene que la construcción del conocimiento debe mejorar en correspondencia con la modelación-graficación y el uso de la matemática.

Primer uso: construcción de gráficas utilizando la relación de correspondencia entre dos variables; esto es localizar pares ordenados a partir de la relación algebraica.

Segundo uso: graficación por operaciones gráficas; por ejemplo, a una parábola se le suma una recta o se le multiplica una constante y se observan los efectos gráficos. A partir de ello se modelan comportamientos de funciones.

Tercer uso: se refiere a la graficación por medio de la simulación, de un fenómeno físico empleando tecnología. El estudiante realiza distintos movimientos ante un sensor y obtiene gráficas que están relacionadas con los movimientos que realiza, de la relación encontrada entre el movimiento y las gráficas se generarán los significados en este uso de las gráficas.

Se tendrá un marco de referencia que dé cuenta de la articulación de las características de la modelación y de la graficación para la construcción de las ideas del cambio y la variación en un fenómeno en particular como el diseño de alcantarillas circulares.

Capítulo 1

Antecedentes

La enseñanza de la matemática debe trascender el espacio físico del aula; esto es, encontrarle sentido y significado en la vida diaria, por ejemplo, en la vida profesional de los ingenieros. La actividad matemática en la ingeniería es significativa por el alto grado de análisis matemático que requieren durante su formación.

De acuerdo a (Chevallard, 1998) p11, "La transposición didáctica del saber sabio o saber enseñado" surge una transformación del objeto de aprendizaje para ser adaptado al aula, lo que denomina saber enseñado, esta adaptación modifica directamente su estructura y funcionamiento y en consecuencia las relaciones entre el discente y el docente. Un elemento muy importante en esta adaptación es la complejidad de las cátedras de matemáticas en un currículum diverso que atiende a distintas ramas de la ingeniería, pero que en los programas de estudios se maneja de manera genérica sin considerar la diversidad de programas de estudio y la intrínseca relación entre ellas.

Considerando a (Suárez & Francisco, 2008) se propone el rediseño del discurso matemático escolar para lo cual se requiere de la formulación de epistemologías basadas en las prácticas sociales (léase ambientes completamente tecnológicos de las nuevas generaciones) en el mismo sentido: la construcción del conocimiento matemático está en correspondencia con la modelación y el uso de la misma mediante un lenguaje de herramientas que resultan de la actividad humana. Finalmente es tema de nuestra investigación la matemática funcional es decir el conocimiento matemático que deberá integrarse a la vida para transformarla reconstruyendo significados permanentes.

1.1.- Problemática

Es a través de la mecánica de fluidos que se aborda el diseño de alcantarillas circulares; se observa como la literatura clásica considera autores clásicos como: (Chow, 1988), (Sotelo Ávila, 2002) y (Villón, 2007) son autores abordados en UNACH a través de la Facultad de Ingeniería y del Instituto Tecnológico Superior de Cintalapa, ambos programas se han mantenido vigentes a través del tiempo sin modificación del discurso matemático escolar.

Este trabajo propone una alternativa basada en la Modelación-Graficación junto con el uso de la tecnología que permita al estudiante una apropiación del objeto matemático a través de la aplicación en su práctica profesional. Para esto se retomarán algunos conceptos del cálculo adjudicados a Leibniz según (Pinto & Cruz, 2015).

La resignificación de la matemática escolar a través de un acercamiento acorde a las herramientas actuales y retomando conceptos básicos hasta permitir la reconceptualización del diseño de una alcantarilla circular en un ambiente principalmente tecnológico.

1.2.- Estado de arte

Los canales son conductos en los que el agua circula debido a la acción de la gravedad y sin ninguna presión, pues la superficie libre del líquido está en contacto con la atmósfera.

Los canales se clasifican en dos tipos: naturales (ríos o arroyos) o artificiales (creados por el hombre), este último tipo en particular incluye los conductos cerrados que trabajan parcialmente llenos (alcantarillas y tuberías).

Para nuestro caso en particular nos enfocamos en secciones cerradas del tipo sección circular cerrada, característico por su uso en tuberías de drenaje y alcantarillado.

Según (Sotelo Ávila, 2002), para el cálculo del flujo uniforme intervienen seis variables: el gasto, la velocidad, el tirante, el coeficiente de Manning la pendiente y el diámetro en el caso particular que nos ocupa, siendo este circular.

Dada la ecuación de continuidad $Q = A\,V$

Y la ecuación de Manning para la fricción $V = \frac{1}{n} {R_h}^{2/3} S^{1/2}$

En consecuencia, el gasto queda expresado de la siguiente manera

$Q = \frac{A}{n} {R_h}^{2/3} S^{1/2} = K\,S^{1/2}$ donde $K = \frac{A\,{R_h}^{2/3}}{n}$

K se conoce como el factor de conducción de la sección y es una medida de la capacidad del canal para conducir agua.

$A\, {R_h}^{2/3} = n\, K$ líneas arriba vimos que $Q = K\, S^{1/2}$

Por lo tanto:

$A\, {R_h}^{2/3} = \frac{n\, Q}{\sqrt{S}}$ Quedando de esta manera el módulo de la sección

El término de la derecha de esta ecuación depende de n Q y S pero el de la izquierda únicamente de la geometría de la sección. Esto indica que, para una combinación particular de n, Q y S, hay un tirante único y denominado normal que se establece en flujo uniforme siempre que el módulo de sección sea función continua y creciente del tirante.

La condición recíproca también se cumple; es decir, dados y, n & S, existe un valor de Q para el cual se establece el flujo uniforme, que se conoce como gasto normal.

Continuando con (Sotelo Ávila, 2002) en la práctica se presentan problemas de diseño que consisten el calcular:

a) La dimensión de la sección y la velocidad cuando se conocen el gasto, el coeficiente de Manning, el tirante, la pendiente y la forma de la sección.
b) La dimensión de la sección y el tirante cuando se conocen el gasto, la velocidad el coeficiente de Manning, la pendiente y la forma de la sección.
c) La pendiente y la velocidad cuando se conocen el gasto, el tirante, el coeficiente de Manning y la geometría de la sección.

Recapitulando tenemos que **el gasto** y **la velocidad** se obtienen de la siguiente manera:

Tabla 1.2.1 Elementos geométricos de las secciones circular y herradura (Sotelo Ávila, 2002)

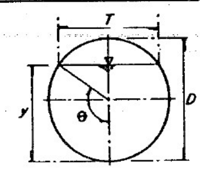
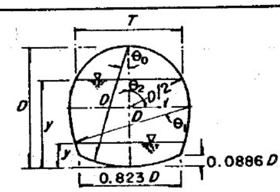
SECCIÓN	 CIRCULAR	 HERRADURA		
Tirante	$0 \le \frac{y}{D} \le 1$	$0 \le \frac{y}{D} \le 0.0886$	$0.0886 \le \frac{y}{D} \le \frac{1}{2}$	$\frac{1}{2} \le \frac{y}{D} \le 1$
Ángulo	$\theta = arc\ cos(1 - \frac{2y}{D})$	$\theta_0 = arc\ cos(1 - \frac{y}{D})$	$\theta_1 = arc\ sen(\frac{1}{2} - \frac{y}{D})$	$\theta_2 = arc\ cos(\frac{2y}{D} - 1)$
Área, A	$\frac{1}{4}(\theta - \frac{1}{2} sen\ 2\theta) D^2$	$(\theta_0 - \frac{1}{2} sen\ 2\theta_0) D^2$	$[0.43662 - \theta_1 + sen\ \theta_1 (1 - cos\theta_1)] D^2$	$(0.82932 - \frac{\theta_2}{4} + \frac{1}{2} sen 2\theta_2) D^2$
Perímetro mojado, P	θD	$2\theta_0 D$	$(1.69623 - 2\theta_1) D$	$(3.26703 - \theta_2) D$
Radio hidráulico, R_h	$\frac{1}{4}(1 - \frac{sen\ 2\theta}{2\theta}) D$	$\frac{1}{2}(1 - \frac{sen\ 2\theta_0}{2\theta_0}) D$	$\left[\frac{0.43662 - \theta_1 + sen\theta_1 (1 - cos\theta_1)}{1.69623 - 2\theta_1}\right] D$	$\left[\frac{0.82932 - 0.25\theta_2 + 0.5 sen 2\theta_2}{3.26703 - \theta_2}\right] D$
Ancho de la superficie libre, T	$(sen\ \theta) D$ $2\sqrt{y(D-y)}$	$2(sen\ \theta_0) D$ $2\sqrt{y(2D-y)}$	$(2cos\theta_1 - 1) D$ $\left[2\sqrt{0.75 + \frac{y}{D}(1 - \frac{y}{D})} - 1\right] D$	$D\ sen\ \theta_2$ $2\sqrt{\frac{y}{D}(1 - \frac{y}{D})}\ D$
Tirante medio, A/T	$\frac{1}{4}(\frac{\theta - \frac{1}{2} sen\ 2\theta}{sen\ \theta}) D$	$(\frac{\theta_0 - \frac{1}{2} sen\ 2\theta_0}{2\ sen\ \theta_0}) D$	$\left[\frac{0.43662\ \theta_1 + sen\ \theta_1 (1 - cos\theta_1)}{2cos\ \theta_1 - 1}\right] D$	$\left[\frac{0.82932 - 0.25\theta_2 + 0.5 sen 2\theta_2}{sen\ \theta_2}\right] D$
dP/dy	$\frac{1}{\sqrt{\frac{y}{D}(1 - \frac{y}{D})}}$	$\frac{2}{\sqrt{\frac{y}{D}(2 - \frac{y}{D})}}$	$\frac{2}{\sqrt{0.75 + \frac{y}{D}(1 - \frac{y}{D})}}$	$\frac{1}{\sqrt{\frac{y}{D}(1 - \frac{y}{D})}}$
dT/dy	$\frac{1 - \frac{2y}{D}}{\sqrt{\frac{y}{D}(1 - \frac{y}{D})}}$	$\frac{2(1 - \frac{y}{D})}{\sqrt{\frac{y}{D}(2 - \frac{y}{D})}}$	$\frac{1 - \frac{2y}{D}}{\sqrt{0.75 + \frac{y}{D}(1 - \frac{y}{D})}}$	$\frac{1 - \frac{2y}{D}}{\sqrt{\frac{y}{D}(1 - \frac{y}{D})}}$

Tabla 1.2.2 Elementos geométricos en canales circulares (Sotelo Ávila, 2002)

D diámetro
y tirante
A área hidráulica
P perímetro mojado
R_h radio hidráulico
T ancho de superficie libre
g aceleración de gravedad
E_c energía específica mínima
Q gasto cuando el tirante es crítico
A/T tirante hidráulico
$g' = g \cos \theta/\alpha$
θ ángulo de inclinación del fondo
α coeficiente de energía cinética

$\frac{y}{D}$	$\frac{A}{D^2}$	$\frac{P}{D}$	$\frac{R_h}{D}$	$\frac{T}{D}$	$\frac{A/T}{D}$	$\frac{A\,R_h^{2/3}}{D^{8/3}}$	$\frac{Q}{\sqrt{g'}\,D^{5/2}}$	$\frac{E_c}{D \cos \theta}$
0.01	0.0013	0.2003	0.0066	0.1990	0.0066	0.0000	0.0001	0.0133
0.02	0.0037	0.2838	0.0132	0.2800	0.0134	0.0002	0.0004	0.0267
0.03	0.0069	0.3482	0.0197	0.3412	0.0202	0.0005	0.0010	0.0401
0.04	0.0105	0.4027	0.0262	0.3919	0.0268	0.0009	0.0017	0.0534
0.05	0.0147	0.4510	0.0326	0.4359	0.0336	0.0015	0.0027	0.0668
0.06	0.0192	0.4949	0.0389	0.4750	0.0406	0.0022	0.0039	0.0803
0.07	0.0242	0.5355	0.0451	0.5103	0.0474	0.0031	0.0053	0.0937
0.08	0.0294	0.5735	0.0513	0.5426	0.0542	0.0040	0.0069	0.1071
0.09	0.0350	0.6094	0.0574	0.5724	0.0612	0.0052	0.0087	0.1206
0.10	0.0409	0.6435	0.0635	0.6000	0.0682	0.0065	0.0107	0.1341
0.11	0.0470	0.6761	0.0695	0.6258	0.0752	0.0079	0.0129	0.1476
0.12	0.0534	0.7075	0.0754	0.6499	0.0822	0.0095	0.0153	0.1611
0.13	0.0600	0.7377	0.0813	0.6726	0.0892	0.0113	0.0179	0.1746
0.14	0.0668	0.7670	0.0871	0.6940	0.0964	0.0131	0.0217	0.1882
0.15	0.0739	0.7954	0.0929	0.7141	0.1034	0.0152	0.0238	0.2017
0.16	0.0811	0.8230	0.0986	0.7332	0.1106	0.0173	0.0270	0.2153
0.17	0.0885	0.8500	0.1042	0.7513	0.1178	0.0196	0.0304	0.2289
0.18	0.0961	0.8763	0.1097	0.7684	0.1252	0.0220	0.0339	0.2426
0.19	0.1039	0.9020	0.1152	0.7846	0.1324	0.0247	0.0378	0.2562
0.20	0.1118	0.9273	0.1206	0.8000	0.1398	0.0273	0.0418	0.2699
0.21	0.1199	0.9521	0.1259	0.8146	0.1472	0.0301	0.0460	0.2836
0.22	0.1281	0.9764	0.1312	0.8285	0.1546	0.0333	0.0503	0.2973
0.23	0.1365	1.0003	0.1364	0.8417	0.1622	0.0359	0.0549	0.3111
0.24	0.1449	1.0239	0.1416	0.8542	0.1696	0.0394	0.0597	0.3248
0.25	0.1535	1.0472	0.1466	0.8660	0.1774	0.0427	0.0646	0.3387
0.26	0.1623	1.0701	0.1516	0.8773	0.1850	0.0464	0.0697	0.3525
0.27	0.1711	1.0928	0.1566	0.8879	0.1926	0.0497	0.0751	0.3663
0.28	0.1800	1.1152	0.1614	0.8980	0.2004	0.0536	0.0805	0.3802
0.29	0.1890	1.1373	0.1662	0.9075	0.2084	0.0571	0.0862	0.3942
0.30	0.1982	1.1593	0.1709	0.9165	0.2162	0.0610	0.0921	0.4021

Continúa

Tabla 1.2.2 (continuación)

$\frac{y}{D}$	$\frac{A}{D^2}$	$\frac{P}{D}$	$\frac{R_h}{D}$	$\frac{T}{D}$	$\frac{A/T}{D}$	$\frac{A\ R_h^{2/3}}{D^{8/3}}$	$\frac{Q}{\sqrt{g'}\ D^{2.5}}$	$\frac{E_c}{D\ \cos\ \theta}$
0.31	0.2074	1.1810	0.1755	0.9250	0.2242	0.0650	0.0981	0.4221
0.32	0.2167	1.2025	0.1801	0.9330	0.2322	0.0690	0.1044	0.4361
0.33	0.2260	1.2239	0.1848	0.9404	0.2404	0.0736	0.1107	0.4502
0.34	0.2355	1.2451	0.1891	0.9474	0.2486	0.0776	0.1172	0.4643
0.35	0.2450	1.2661	0.1935	0.9539	0.2568	0.0820	0.1241	0.4784
0.36	0.2546	1.2870	0.1978	0.9600	0.2652	0.0864	0.1310	0.4926
0.37	0.2642	1.3078	0.2020	0.9656	0.2736	0.0909	0.1381	0.5068
0.38	0.2739	1.3284	0.2061	0.9708	0.2822	0.0955	0.1453	0.5211
0.39	0.2836	1.3490	0.2102	0.9755	0.2908	0.1020	0.1528	0.5354
0.40	0.2934	1.3694	0.2142	0.9798	0.2994	0.1050	0.1603	0.5497
0.41	0.3032	1.3898	0.2181	0.9837	0.3082	0.1100	0.1682	0.5641
0.42	0.3132	1.4101	0.2220	0.9871	0.3172	0.1147	0.1761	0.5786
0.43	0.3229	1.4303	0.2257	0.9902	0.3262	0.1196	0.1844	0.5931
0.44	0.3328	1.4505	0.2294	0.9928	0.3352	0.1245	0.1927	0.6076
0.45	0.3428	1.4706	0.2331	0.9950	0.3446	0.1298	0.2011	0.6223
0.46	0.3527	1.4907	0.2366	0.9968	0.3538	0.1348	0.2098	0.6369
0.47	0.3627	1.5108	0.2400	0.9982	0.3634	0.1401	0.2186	0.6517
0.48	0.3727	1.5308	0.2434	0.9992	0.3730	0.1452	0.2275	0.6665
0.49	0.3827	1.5508	0.2467	0.9998	0.3828	0.1505	0.2366	0.6814
0.50	0.3927	1.5708	0.2500	1.0000	0.3928	0.1558	0.2459	0.6964
0.51	0.4027	1.5908	0.2531	0.9998	0.4028	0.1610	0.2553	0.7114
0.52	0.4127	1.6108	0.2561	0.9992	0.4130	0.1664	0.2650	0.7265
0.53	0.4227	1.6308	0.2591	0.9982	0.4234	0.1715	0.2748	0.7417
0.54	0.4327	1.6509	0.2620	0.9968	0.4340	0.1772	0.2848	0.7570
0.55	0.4426	1.6710	0.2649	0.9950	0.4448	0.1825	0.2949	0.7724
0.56	0.4526	1.6911	0.2676	0.9928	0.4558	0.1878	0.3051	0.7879
0.57	0.4625	1.7113	0.2703	0.9902	0.4670	0.1933	0.3158	0.8035
0.58	0.4723	1.7315	0.2728	0.9871	0.4786	0.1987	0.3263	0.8193
0.59	0.4822	1.7518	0.2753	0.9837	0.4902	0.2041	0.3373	0.8351
0.60	0.4920	1.7722	0.2776	0.9798	0.5022	0.2092	0.3484	0.8511
0.61	0.5018	1.7926	0.2797	0.9755	0.5144	0.2146	0.3560	0.8672
0.62	0.5115	1.8132	0.2818	0.9708	0.5270	0.2199	0.3710	0.8835
0.63	0.5212	1.8338	0.2839	0.9656	0.5398	0.2252	0.3830	0.8999
0.64	0.5308	1.8546	0.2860	0.9600	0.5530	0.2302	0.3945	0.9165
0.65	0.5404	1.8755	0.2881	0.9539	0.5666	0.2358	0.4066	0.9333

Continúa

Tabla 1.2.2 (continuación)

$\frac{y}{D}$	$\frac{A}{D^2}$	$\frac{P}{D}$	$\frac{R_h}{D}$	$\frac{T}{D}$	$\frac{A/T}{D}$	$\frac{A\ R_h^{2/3}}{D^{8/3}}$	$\frac{Q}{\sqrt{g'}\ D^{2.5}}$	$\frac{E_c}{D\cos\theta}$
0.66	0.5499	1.8965	0.2899	0.9474	0.5804	0.2407	0.4188	0.9502
0.67	0.5594	1.9177	0.2917	0.9404	0.5948	0.2460	0.4309	0.9674
0.68	0.5687	1.9391	0.2935	0.9330	0.6096	0.2510	0.4437	0.9848
0.69	0.5780	1.9606	0.2950	0.9250	0.6250	0.2560	0.4566	1.0025
0.70	0.5872	1.9823	0.2962	0.9165	0.6408	0.2608	0.4694	1.0204
0.71	0.5964	2.0042	0.2973	0.9075	0.6572	0.2653	0.4831	1.0386
0.72	0.6054	2.0264	0.2984	0.8980	0.6742	0.2702	0.4964	1.0571
0.73	0.6143	2.0488	0.2995	0.8879	0.6918	0.2751	0.5100	1.0759
0.74	0.6231	2.0714	0.3006	0.8773	0.7104	0.2794	0.5248	1.0952
0.75	0.6318	2.0944	0.3017	0.8660	0.7296	0.2840	0.5392	1.1148
0.76	0.6404	2.1176	0.3025	0.8542	0.7498	0.2888	0.5540	1.1349
0.77	0.6489	2.1412	0.3032	0.8417	0.7710	0.2930	0.5695	1.1555
0.78	0.6573	2.1652	0.3037	0.8285	0.7934	0.2969	0.5850	1.1767
0.79	0.6655	2.1895	0.3040	0.8146	0.8170	0.3008	0.6011	1.1985
0.80	0.6736	2.2143	0.3042	0.8000	0.8420	0.3045	0.6177	1.2210
0.81	0.6815	2.2395	0.3044	0.7846	0.8686	0.3082	0.6347	1.2443
0.82	0.6893	2.2653	0.3043	0.7684	0.8970	0.3118	0.6524	1.2685
0.83	0.6969	2.2916	0.3041	0.7513	0.9276	0.3151	0.6707	1.2938
0.84	0.7043	2.3186	0.3038	0.7332	0.9606	0.3182	0.6897	1.3203
0.85	0.7115	2.3462	0.3033	0.7141	0.9964	0.3212	0.7098	1.3482
0.86	0.7186	2.3746	0.3026	0.6940	1.0354	0.3240	0.7307	1.3777
0.87	0.7254	2.4038	0.3017	0.6726	1.0784	0.3264	0.7528	1.4092
0.88	0.7320	2.4341	0.3008	0.6499	1.1264	0.3286	0.7754	1.4432
0.89	0.7380	2.4655	0.2996	0.6258	1.1800	0.3307	0.8016	1.4800
0.90	0.7445	2.4981	0.2980	0.6000	1.2408	0.3324	0.8285	1.5204
0.91	0.7504	2.5322	0.2963	0.5724	1.3110	0.3336	0.8586	1.5655
0.92	0.7560	2.5681	0.2944	0.5426	1.3932	0.3345	0.8917	1.6166
0.93	0.7612	2.6061	0.2922	0.5103	1.4918	0.3350	0.9292	1.6759
0.94	0.7662	2.6467	0.2896	0.4750	1.6130	0.3353	0.9725	1.7465
0.95	0.7707	2.6906	0.2864	0.4359	1.7682	0.3349	1.0242	1.8341
0.96	0.7749	2.7389	0.2830	0.3919	1.9770	0.3340	1.0888	1.9485
0.97	0.7785	2.7934	0.2787	0.3412	2.2820	0.3322	1.1752	2.1110
0.98	0.7816	2.8578	0.2735	0.2800	2.7916	0.3291	1.3050	2.3758
0.99	0.7841	2.9412	0.2665	0.1990	3.9400	0.3248	1.5554	2.9600
1.00	0.7854	3.1416	0.2500	0.0000	∞	0.3117	∞	∞

El cálculo del gasto se obtiene con la ecuación: $Q = \frac{A}{n} {R_h}^{2/3} S^{1/2} = K\ S^{1/2}$ con la ayuda de la tabla 1.2.1 obteniendo de esta manera los elementos geométricos de la sección.

La tabla 1.2.2 proporciona de manera directa esos elementos. En la mayoría de los casos la interpolación directa entre valores sucesivos es suficiente.

La velocidad es obtenida dividiendo el gasto entre el área de la sección

Continuando, con la obtención de las variables: para **el tirante** y **la velocidad** tenemos que además de q, n y S se conoce D en el caso del tipo circular. Por lo tanto se puede determinar el módulo de sección necesario mediante la ecuación: $n\ K = \frac{n\ Q}{\sqrt{S}}$

Cuando no existe una solución explicita de y, el problema debe resolverse mediante iteraciones o a través de gráficas.

Con el objetivo de tener una relación adimensional se divide en entre el diámetro para nuestro caso de estudio.

$$\frac{A\, R_h{}^{2/3}}{D^{8/3}} = \frac{n\, Q}{D^{8/3}\, S^{1/2}}$$

Para calcular el tirante normal por tanteos, se considera como primera aproximación el valor obtenido gráficamente o por la tabla 1.2.2 cómo se indicó anteriormente.

Para la **dimensión de la sección** y **velocidad**, conocemos el tirante y determinamos el diámetro a través de la derivada:

$$F' = \frac{R_h{}^{2/3}}{3}\left(5\frac{dA}{dD} - 2R_h\frac{dP}{dD}\right)$$

Una vez obtenida la dimensión de la sección (puede ser ajustada por razones constructivas o al comercial más adecuado), con el tirante se conoce el área hidráulica y la velocidad la obtenemos dividiendo el gasto entre el área.

Dimensión de la sección y velocidad; cuando ambos se desconocen existe una infinidad de alternativas, la expresión $A = {}^{Q}/_{V}$ proporciona el área mínima que debe tener la sección del canal cuando V es la velocidad permisible existiendo distintas combinaciones de A y R_h para la ecuación:

$$A\, R_h{}^{2/3} = n\, K$$

Para este caso la dimensión de la sección y el tirante se eligen por razones económicos y constructivas que satisfagan dicha ecuación.

SI el diámetro del conducto es desconocido es práctico fijar una relación de llenado ${}^{y}/_{D}$ y calcular el diámetro y tirante mediante la tabla 1.2.1apoyándose en la ecuación

$$A\, R_h{}^{2/3} = n\, K$$

Para el caso de túneles de descarga o vertederos es recomendable que la relación de llenado máxima sea de 0.757 a 0.8 para evitar el llenado, para conductos de alcantarillado es usual considerar el lleno total para el gasto total de diseño.

En la sección circular , el gasto máximo de flujo uniforme resulta para y/D $= 0.938$ y la velocidad máxima para y/D = 0.81

Las ecuaciones de fricción, como la de Manning utilizan el radio hidráulico proporcionan en el caso de la circular, el mismo valor de la velocidad para un lleno parcial a la mitad y para el lleno total. Esto es debido a que el radio hidráulico en ambos casos es el mismo coeficiente $D/_4$.

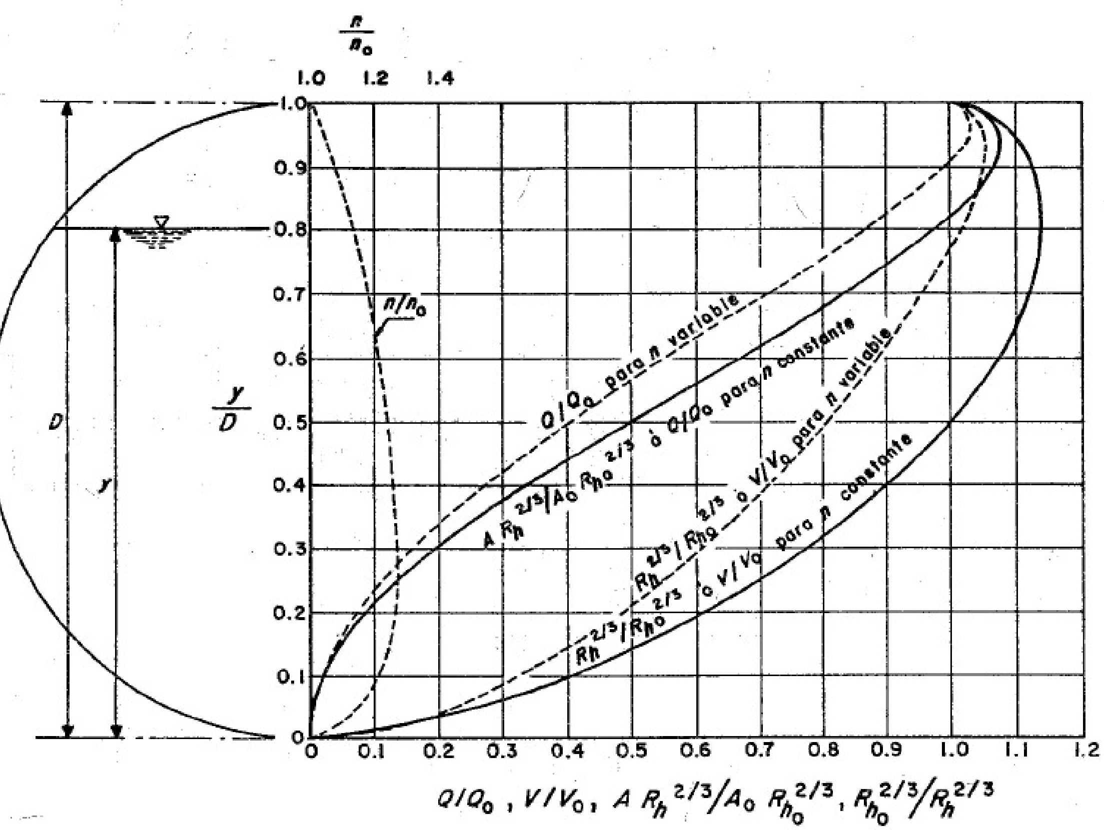
Las curvas con líneas punteadas $Q/_{Q_0}$ y $V/_{V_0}$, indicadas en la figura 1.2.1 han sido obtenidas de la ecuación de Manning (tabla 1.2.2).

La tabla 1.2.2 muestra valores máximos: para el gasto con índice de llenado y/D = 0.938, para la velocidad y/D = 0.81.

Cuando $y/_D > 0.81$se tienen dos tirantes distintos para gasto, uno arriba y otro abajo del valor 0.938D. De la misma manera la curva adimensional $V/_{V_0}$ indica que existen dos tirantes distintos para la misma velocidad cuando $y/_D > 0.5$, uno mayor y otro menor que 0.81 D. Esto es válido bajo la suposición de que el coeficiente n_0 de Manning permanece constante para cualquier valor de $y/_D$.

De acuerdo a (Sotelo Ávila, 2002), Yarnell-Woodward y Büllow determinaron experimentalmente un crecimiento constante del gasto hasta llegar a un máximo, que corresponde a $y/_D$ = 0.95, y posteriormente disminuye. Straub realizó mediciones en conductos de concreto y obtuvo el máximo de Q para $y/_D$ un poco menor de 1.

Figura 1.2.1 Características del flujo en un conducto circular parcialmente lleno según la ecuación de Manning. El subíndice 0 indica lleno total (Sotelo Ávila, 2002)



Por último, para la pendiente y la velocidad. Conocidos Q, n, y, b & D, mediante la ecuación

$$Q = \frac{A}{n} {R_h}^{2/3} S^{1/2} = K\, S^{1/2}$$

Puede resolverse explícitamente para la pendiente necesaria de modo que el flujo uniforme ocurra. La pendiente se conoce como pendiente normal.

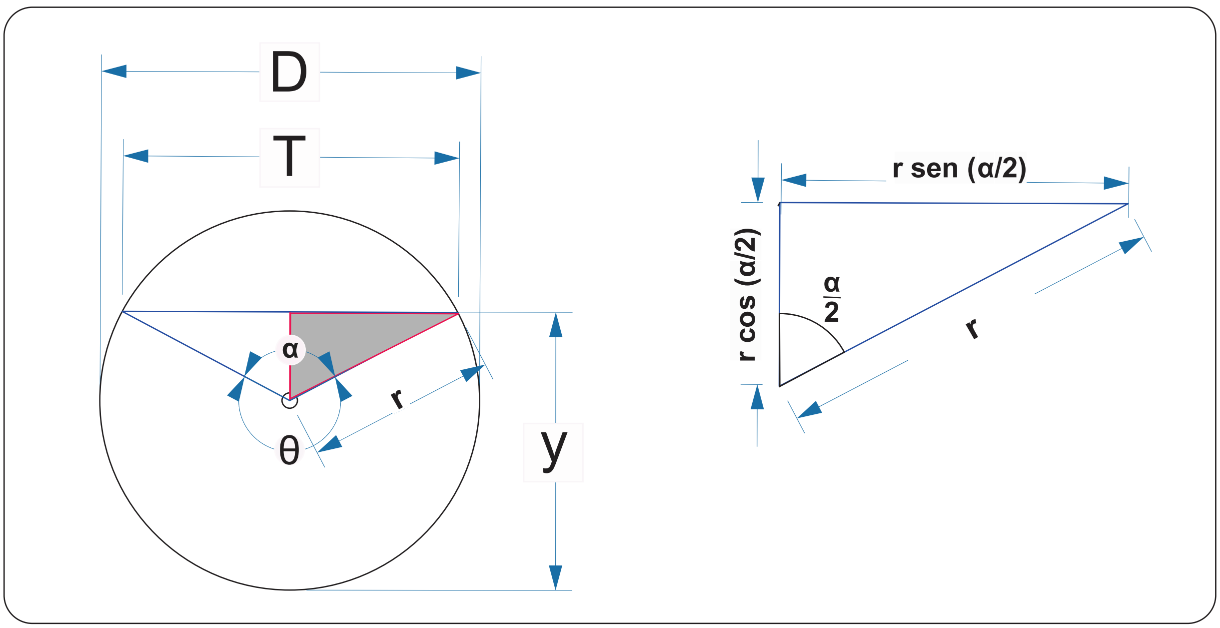
La velocidad es el cociente del gasto entre el área.

En un canal cuya rugosidad, geometría y caudal sean conocidos, es posible encontrar una pendiente para la que el tirante en flujo uniforme ocurre en régimen crítico, esto es, con número de Froude **F** = 1.

La pendiente así obtenida es por definición la pendiente crítica S_c si bien no deja de ser pendiente normal. Es también la más pequeña de las que resultan con caudales menores que Q, razón por la que se conoce como pendiente crítica límite.

De acuerdo a (Villón, 2007) se describe el cálculo del espejo de agua se soporta a través de la figura 1.2.2.

Figura 1.2.2 Cálculo del espejo de agua. (Villón, 2007)



- Cálculo del espejo de agua

$T = 2\, r \operatorname{sen} \frac{\propto}{2} = D \operatorname{sen} \frac{\propto}{2}$ .... (1)

Como:

$\theta = \alpha = 2\pi$

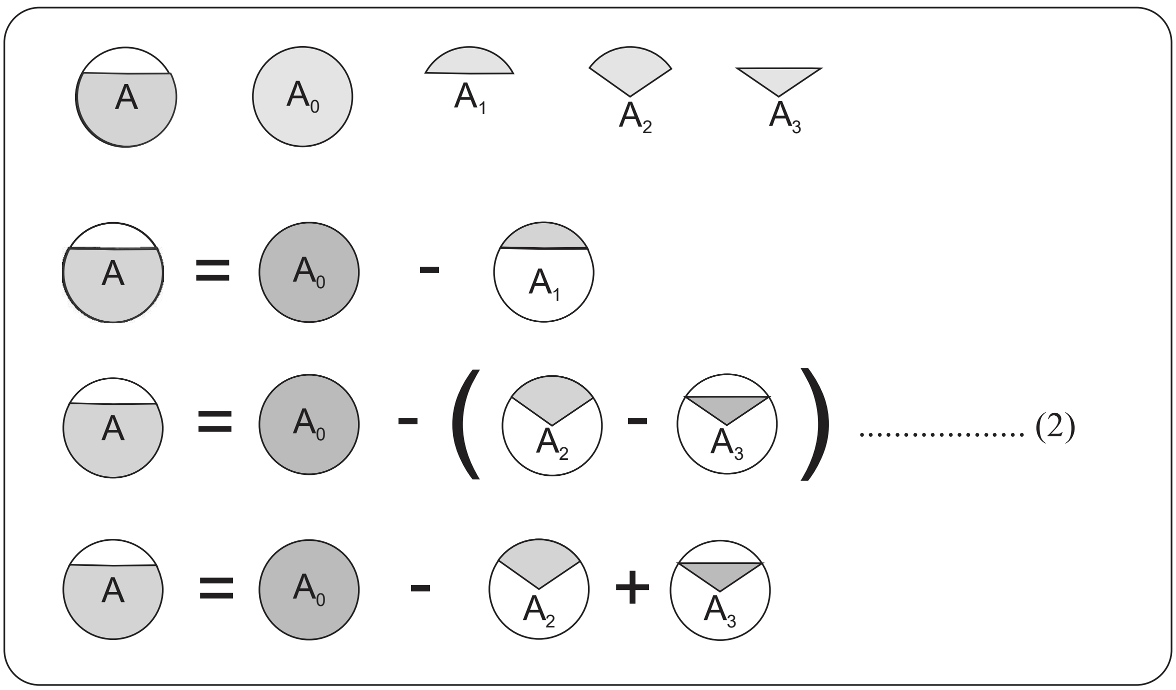
$\alpha = 2\pi - \theta$

$$\frac{\alpha}{2} = \pi - \frac{\theta}{2}$$

$$Sen\ \frac{\alpha}{2} = \text{sen}\left(\pi - \frac{\theta}{2}\right) = sen\frac{\theta}{2}$$

Por lo tanto: $T = D\ sen\frac{\theta}{2}$

Figura 1.2.3 Cálculo del área hidráulica (Villón, 2007)



Para el cálculo del área hidráulica se representan las secciones del círculo en la primera de la figura 1.2.3 con la intención de facilitar la comprensión.

$$A = A_0 - A_1$$

$$A = A_0 - (A_2 - A_3) \qquad (2)$$

$$A = A_0 - A_2 + A_3$$

$$A_0 = \pi r^2 = \frac{\pi D^2}{4} \qquad [\theta\ en\ radianes] \qquad (3)$$

$$A_2 = \frac{\pi r^2 \alpha}{2\pi} = \frac{r^2 \alpha}{2} = \frac{D^2}{8}\alpha$$

$$A_3 = \frac{1}{2}\left(2\, r\, sen\frac{\alpha}{2}\, r\, cos\frac{\alpha}{2}\right) = \frac{r^2}{2}\left(2\, sen\frac{\alpha}{2}\, cos\frac{\alpha}{2}\right) = \frac{r^2}{2} sen\, \alpha = \frac{D^2}{8}\operatorname{sen}\alpha$$

Por otra parte, al ser θ & α complementarios…

$$\alpha + \theta = 2\pi \rightarrow\ \alpha = 2\,\pi - \theta$$

Luego

$$\operatorname{sen}\alpha = \operatorname{sen}\,(2\pi - \theta) = -\operatorname{sen}\alpha$$

Entonces

$$A_2 = \frac{D^2}{8}(2\pi - \theta) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

$$A_3 = -\frac{D^2}{8}\operatorname{sen}\theta \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

Sustituyendo (3), (4) & (5) en (2)

$$A = A_0 - (A_2 - A_3)$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} - \frac{D^2}{8}(2\pi - \theta) - \frac{D^2}{8}\operatorname{sen}\theta$$

Sacando el factor común $\frac{D^2}{8}$ resulta:

$$A = \frac{D^2}{8}(2\pi - 2\pi + \theta - \operatorname{sen}\theta)$$

Concluyendo

$$A = \frac{1}{8}(\theta - \sin\theta)\, D^2$$

Finalmente tenemos:

- Cálculo del perímetro mojado

$$\rho = \theta\, r \;\rightarrow\; \rho = \tfrac{1}{2}\theta D$$

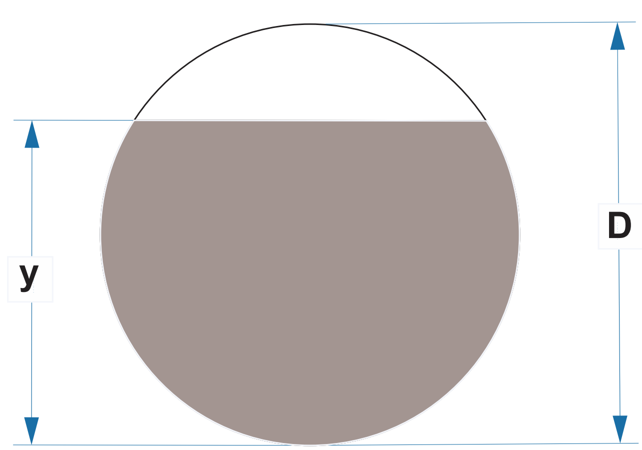
- Cálculo del radio hidráulico

$$R = \frac{A}{\rho}$$

$$R = \frac{\frac{1}{8}(\theta - \operatorname{sen}\theta)\, D^2}{\frac{1}{2}\,\theta\, D} = \frac{1}{4}\left(1 - \frac{\operatorname{sen}\theta}{\theta}\right) D$$

Una forma sencilla para realizar estos cálculos del área hidráulica A, el perímetro mojado ρ & el radio hidráulico R, en conductos circulares parcialmente llenos, conocida la relación entre el tirante (y) & el diámetro del conducto (D); es decir $\frac{y}{D}$. Utilizando la figura 1.2.4.

Figura 1.2.4 Relación entre el tirante y el diámetro (Villón, 2007)



- Por ejemplo.

Para una relación de $\frac{y}{D} = 0.90$, tenemos en la tabla los siguientes valores:

$$\frac{A}{D^2} = 0.7445 \;\; \Rightarrow\Rightarrow A = 0.7445\, D^2$$

$$\frac{\rho}{D^2} = 2.4981 \;\; \Rightarrow\Rightarrow \rho = 2.4981\, D^2$$

$$\frac{R}{D^2} = 0.2980 \;\; \Rightarrow\Rightarrow R = 0.2980\, D^2$$

A partir de las relaciones obtenidas y conocido D, se calculan el área hidráulica (A), el perímetro mojado (ρ) y el radio hidráulico (R).

Figura 1.2.5 Relaciones geométricas de la sección circular cerrada (Villón, 2007)

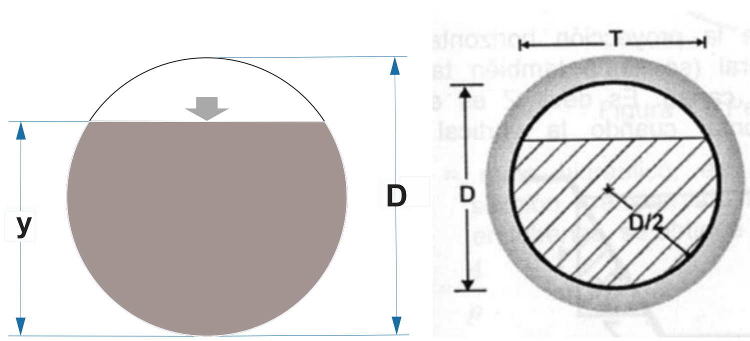


Tabla 1.2.3 Área, perímetro mojado y radio hidráulico en conductos circulares parcialmente llenos (Villón, 2007)

y/D	A/D²	p/D	R/D	y/D	A/D²	p/D	R/D
0, 01	0,0013	0, 2003	0,0066	0,26	0,1623	1,0701	0,1516
0,02	0,0037	0,2838	0,0132	0,27	0,1711	1,0928	0,1566
0,03	0,0069	0,3482	0,0197	0,28	0,1800	1,1152	0,1614
0,04	0,0105	0,4027	0,0262	0,29	0,1890	1,1373	0,1662
0,05	0,0147	0,4510	0,0326	0,30	0,1982	1,1593	0,1709
0,06	0.0192	0,4949	0,0389	0,31	0,2074	1,1810	0,1755
0,07	0,0242	0,5355	0,0451	0,32	0,2167	1,2025	0,1801
0,08	0,0294	0,5735	0,0513	0,33	0,2260	1,2239	0,1848
0,09	0,0350	0,6094	0,0574	0,34	0,2355	1,2451	0,1891
0,10	0,0409	0,6435	0,0635	0,35	0,2450	1,2661	0,1935
0,11	0,0470	0,6761	0,0695	0,36	0,2546	1,2870	0,1978
0,12	0,0534	0,7075	0,0754	0,37	0,2642	1,3078	0,2020
0,13	0,0600	0,7377	0,0813	0,38	0,2739	1,3284	0,2061
0,14	0,0668	0,7670	0,0871	0,39	0,2836	1,3490	0,2102
0,15	0,0739	0,7954	0,0929	0,40	0,2934	1,3694	0,2142
0,16	0,0811	0,8230	0,0986	0,41	0,3032	1,3898	0,2181
0,17	0,0885	0,8500	0,1042	0,42	0,3130	1,4101	0,2220
0,18	0,0961	0,8763	0,1097	0,43	0,3229	1,4303	0,2257
0,19	0,1039	0,9020	0,1152	0,44	0,3328	1,4505	0,2294
0,20	0,1118	0,9273	0,1206	0,45	0,3428	1,4706	0,2331
0,21	0,1199	0,9521	0,1259	0,46	0,3527	1,4907	0,2366
0,22	0,1281	0,9764	0,1312	0,47	0,3627	1,5108	0,2400
0,23	0,1365	1,0003	0,1364	0,48	0,3727	1,5308	0,2434
0,24	0,1449	1,0239	0,1416	0,49	0,3827	1,5508	0,2467
0,25	0,1535	1,0472	0,1466	0,50	0,3927	1,5708	0,2500

Tabla 1.2.3 (continuación)

y/D	A/D²	p/D	R/D	y/D	A/D²	p/D	R/D
0,51	0,4027	1,5908	0,2531	0,76	0,6404	2,1176	0,3025
0,52	0,4126	1,6108	0,2561	0,77	0,6489	2,1412	0,3032
0,53	0,4227	1,6308	0,2591	0,78	0,6573	2,1652	0,3037
0,54	0,4327	1,6509	0,2620	0,79	0,6655	2,1895	0,3040
0,55	0,4426	1,6710	0,2649	0,80	0,6736	2,2143	0,3042
0,56	0,4526	1,6911	0,2676	0,81	0,6815	2,2395	0,3044
0,57	0,4625	1,7113	0,2703	0,82	0,6893	2,2653	0,3043
0,58	0,4723	1,7315	0,2728	0,83	0,6969	2,2916	0,3041
0,59	0,4822	1,7518	0,2753	0,84	0,7043	2,3186	0,3038
0,60	0,4920	1,7722	0,2776	0,85	0,7115	2,3462	0,3033
0,61	0,5018	1,7926	0,2797	0,86	0,7186	2,3746	0,3026
0,62	0,5115	1,8132	0,2818	0,87	0,7254	2,4038	0,3017
0,63	0,5212	1,8338	0,2839	0,88	0,7320	2,4341	0,3008
0,64	0,5308	1,8546	0,2860	0,89	0,7384	2,4655	0,2996
0,65	0,5404	1,8755	0,2881	0,90	0,7445	2,4981	0,2980
0,66	0,5499	1,8965	0,2899	0,91	0,7504	2,5322	0,2963
0,67	0,5594	1,9177	0,2917	0,92	0,7560	2,5681	0,2944
0,68	0,5687	1,9391	0,2935	0,93	0,7642	2,6021	0,2922
0,69	0,5780	1,9606	0,2950	0,94	0,7662	2,6467	0,2896
0,70	0,5872	1,9823	0,2962	0,95	0,7707	2,6906	0,2864
0,71	0,5964	2,0042	0,2973	0,96	0,7749	2,7389	0,2830
0,72	0,6054	2,0264	0,2984	0,97	0,7785	2,7934	0,2787
0,73	0,6143	2,0488	0,2995	0,98	0,7816	2,8578	0,2735
0,74	0,6231	2,0714	0,3006	0,99	0,7841	2,9412	0,2665
0,75	0,6318	2,0944	0,3017	1,00	0,7854	3,1416	0,2500

1.3.- La Investigación

La problemática que se aborda consiste en retomar un objeto de estudio que a pesar de las innovaciones productos de investigación en la Matemática Educativa, específicamente la Modelación-Graficación y herramientas tecnológicas con el modelo de SGD junto con el análisis variacional a partir de la visión geométrica infinitesimal de Leibniz nos permite rediseñar el discurso matemático correspondiente al diseño de una alcantarilla circular desde un enfoque que permite un análisis mucho más completo y en menor tiempo al simular o modelar el objeto de estudio.

De acuerdo a Suarez (2014), “No se enseña la matemática bajo el supuesto de que el profesor transmite el conocimiento, sino bajo la necesidad de que el estudiante adquiera un conocimiento, que le permita, además de aprobar los cursos de matemáticas, adquirir un conocimiento que le sirva en los ámbitos formativos y profesional, que le ayude a construir y transformar su vida”. Este enunciado tiene gran profundidad si consideramos el Rediseño del discurso Matemático Escolar (RdME) como veremos más adelante bajo la teoría Socioepistemológica al considerar el contexto (socio-cultural) y su aplicación en la vida diaria (diseño de una alcantarilla).

EL uso de del conocimiento matemático y la modelación matemática son reconocidos como prácticas científicas y han sido incorporados a la enseñanza de las matemáticas por la diversidad de significados que aporta (Blum, Berry, Biehler y otros, 1989) citado en (Suárez, 2014).

La práctica social como generadora de conocimiento es una problemática al seno de la socioepistemología (Suárez & Francisco, 2008).

Existen diversos trabajos relacionados con el Cálculo; el Análisis Matemático donde se identifica a la graficación como una forma de construcción diferente a la analiticidad de las funciones o la predicción (Cordero, 2001) citado en (Suárez, 2014).

De esta manera consideramos a la modelación-graficación junto con un ambiente tecnológico representado por el SGD para la construcción del conocimiento matemático en el aula. Este trinomio de elementos en nuestra investigación permite considerar la resignificación de la variación para el fenómeno específico del diseño de una alcantarilla circular.

Según (Suárez, 2014). Un aspecto a discutir es la relación que guardan la modelación, la graficación y la tecnología; pues bien, aquí encontramos un claro ejemplo donde se conjuntan estos tres elementos que permiten rediseñar el discurso escolar.

Existen diversas motivaciones para estudiar el binomio modelación-graficación, de manera separada han contribuido a proporcionar acercamientos innovadores al concepto de función según (Arrieta, 2003 y Leinhardt, Stein y Zaslvsky, 1990) citado por (Suárez, 2014) menciona que en los niveles superior y medio superior se han introducido como actividades que desarrollan habilidades de aplicación y visualización de los conceptos matemáticos, agrega: "En la matemática educativa hay una tendencia actual a destacar la importancia epistemológica de la modelación y de la graficación" y su relación con lo social como lo indica (Suárez & Francisco, 2008).

Capítulo 2

Marco Teórico

Existen muchas interpretaciones sobre el uso de la matemática, es muy importante enfocarlo hacia "la utilización del conocimiento matemático", donde la matemática que se organiza está justificada por su funcionalidad y necesariamente por un juicio de valor. De acuerdo (Cantoral & Covian, 2005) al respecto: cómo la matemática en su funcionalidad se encuentra inmersa en las prácticas de la vida cotidiana. Por mencionar alguno; tenemos que el uso de la geometría se remonta hasta los mayas. Para lo cual toma como objeto de estudio la construcción de la vivienda tradicional de la cultura maya.

Figura 2.1 Estructura de la vivienda tradicional Maya (Sánchez, 2006)

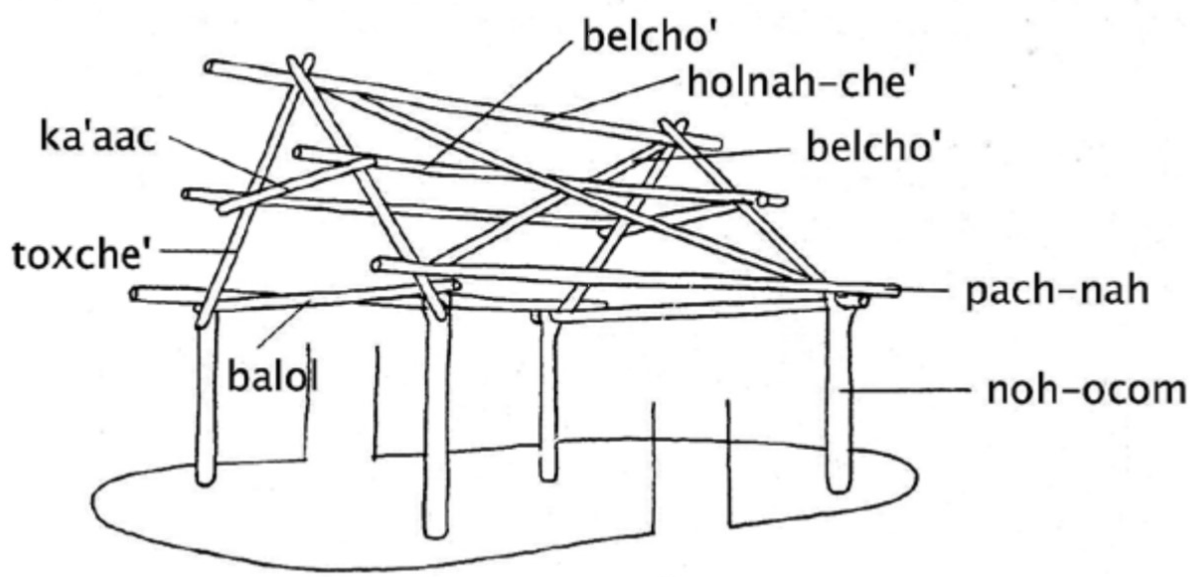


Figura 2.2 Interior de la vivienda maya con el colgado de hamacas en la estructura de madera (Sánchez, 2006)

La construcción de estas viviendas es la expresión de sus prácticas sociales puesto que una necesidad del ser humano es tener un techo para vivir, por lo que tiene que proveerse de este. La comunidad maya ha transmitido por generaciones la forma de construir sus propias viviendas. Este fenómeno de adaptación puede ser observado en cualquier cultura. Las viviendas de los habitantes de las zonas altas propensas a la nieve presentan techos con un alto grado de inclinación que evitan la acumulación excesiva de nieve en los techos, situación similar ocurre con regiones propensas a un alto grado de movimientos telúricos donde se eligen materiales de construcción y diseños adecuados a sus respectivos contextos.

Figura 2.3 Casa tradicional rusa en zona de nevadas intensas (MANÁIEV, 2018)

Estos diseños cuidan el equilibrio térmico o el trazo de una casa para que cumpla con ciertas características que obedecen a la geometría para lograr una vivienda que cumpla con las necesidades del habitante en un ambiente determinado.

Es importante resaltar el estudio en el cual el uso de la geometría es justificado por su valor funcional, dicho de otra manera, la vivienda tiene esa forma geométrica porque cumple con ciertas características que la convierte en la mejor opción para los habitantes.

La modelación-graficación nos permite incursionar en un marco teórico que permite definir los marcos de referencia y con ello reorientar la matemática a través de justificaciones funcionales y de ser posible rediseñar en discurso matemático escolar, una especie de ingeniería inversa. Es pues de esta manera que nos damos a la tarea de articular los usos de las gráficas en el diseño de una alcantarilla circular dentro de la asignatura de Hidráulica de Canales como una matemática funcional del Cálculo de Leibniz.

2.1 Algunas Concepciones sobre el Proceso de la enseñanza y la Matemática

Analizaremos desde dos enfoques la enseñanza de las matemáticas:

a) El "cómo enseñar". - Visto desde la pedagogía se proporciona un conjunto de elementos externos al conocimiento matemático que tienen el objetivo de enseñarla mejor, para lo cual la metodología empleada es generalizable a cualquier otro conocimiento científico.

   Probablemente saber diseñar una estrategia didáctica y aplicar técnicas grupales impactará significativamente en el dominio de alguna competencia, incluyendo las competencias académicas. Es importante resaltar que cualquier estrategia pedagógica de este tipo asume que el docente funge como transmisor del conocimiento y los procesos mentales de construcción quedan relegados a segundo término, debido a que parte de los libros de texto independientemente del nivel educativo, sea bachillerato o universitario.

b) Qué enseñar de la matemática. - Este acercamiento se concentra en el saber matemático, profundiza en la reestructuración de procesos mentales propios del pensamiento matemático y tiene la intención de crear entornos de aprendizaje para identificar el conocimiento matemático y se contribuya a la construcción del mismo por parte del discente.

De acuerdo a (Nieto Saldaña, Viramontes Miranda, & López Hernández, 2009) en función de la forma que los profesores de matemáticas proceden en el aula, se apoyan fundamentalmente en dos creencias:

i) Lo que es la matemática. - Esta creencia considera que las matemáticas escolares están debidamente estructuradas entre los conceptos, objetos, definiciones, teoremas y axiomas que los discentes deben aprender esperando de manera latente la ocasión para ponerlos en práctica. Esta percepción permite que en muchas ocasiones se desarrollen ejercicios con problemas descontextualizados del perfil de ingeniería que se cursa, adicionalmente algunos otros no proporcionan desarrollo intelectual alguno por mencionar algunos ejemplos están los ejercicios del cálculo de derivadas y primitivas en cálculo diferencial y si no se aterriza en aplicaciones del área de formación, estas carecen de significado y valor para los discentes.

ii) Como se aprende la matemática. - Es usual observar que los catedráticos realizan su práctica docente a través de discursos en los que los discentes deben recuperar los conceptos matemáticos contenidos, también demostrar que resuelven problemas o demostraciones a través de algoritmos y a partir de este tipo actividades se considera que el discente ha desarrollado la competencia matemática.

El proceso enseñanza-aprendizaje consiste en una corresponsabilidad entre las actividades de aprendizaje por parte del discente y las de enseñanza realizadas por el docente; sin embargo, este último debe diseñar y planificar estrategias que contribuyan al aprendizaje a través de escenarios que promuevan un pensamiento complejo en el discente.

2.2.- Las TICs en la Matemática Educativa

Partiendo desde el uso del lápiz y papel, el ábaco, la regla de cálculo, la calculadora, los servidores y finalmente la computadora personal, esta última es comercializada por IBM en el año 1981, independientemente de la evolución del hardware de manera paralela el software sufre grandes transformaciones con la intención de adaptarlo a usuarios cada vez más numeroso que demandan menos complejidad cabe resaltar el surgimiento de calculadoras programables y graficadoras que eventualmente fueron desplazadas fácilmente por las computadoras portátiles con un software mucho más amigable.

En el software se observa que al inicio se requería del dominio de al menos un lenguaje de programación (FORTRAN) para poder realizar gráficas sucesivamente se desarrolla software de aplicación más amigable hasta nuestros tiempos donde el GEOGEBRA permite realizar demostraciones simulaciones y modelaciones que contribuyen a un análisis y razonamiento más profundo del discente, sin embargo para que estas tecnologías sean adoptadas en el ámbito académico es fundamental el uso racional de las mismas al desarrollar prácticas que propicien un razonamiento mental complejo en los discentes y no simplemente un atajo para omitir el razonamiento matemático y el dominio de los saberes matemáticos.

Es correcto pensar en desarrollar actividades utilizando SGD y una buena didáctica se logra producir reflexiones significativas en los discentes, esto se interpreta como resultados satisfactorios.

Considerando lo anteriormente expuesto, la didáctica de las matemáticas es una disciplina con un alto grado de innovación independiente de su naturaleza y complejidad, sino más bien como respuesta al constante desarrollo de nuevas herramientas, tal es el caso del denominado software para Matemática Dinámica (SMD), específicamente se ha mencionado el sub-elemento que se refiere a ambientes geométricos. El reconocimiento de la relevancia que se le ha adjudicado al uso de SGD ha motivado el desarrollo de propuestas didácticas y esto conlleva a la necesidad de un análisis del impacto en el aula.

Según (Larios O. V., 2006), el SGD permite el diseño de ambientes útiles como campo de experimentación de las representacióntes de los objetos geométricos, pero como cualquier herramienta; esta requiere del estudiante para que reflexione sobre el carácter dinámico de las construcciones factibles y el profesor esté al tanto de las dificulades que estas construcciones pueden presentar.

2.3 La Aproximación Socioepistemológica

Cantoral y Farfán (2002) citado en (Lara Medina, 2007). La socioepistemología es una aproximación sistémica que permite abordar las producciones y difusiones del conocimiento en una perspectiva múltiple, integrando el estudio de las interacciones entre la epistemología del conocimiento, su dimensión sociocultural, los procesos cognitivos asociados y los mecanismos de institucionalización vía enseñanza. Dicha aproximación permite formular epistemologías del conocimiento cuyo enfoque están en "aquello" que permite la construcción del conocimiento de esa manera y no de otra. El "aquello" son las prácticas sociales las generadoras del conocimiento. Esto según (Cordero F. , 2008) citado en (Lara Medina, 2007) nos indica que debemos crear un modelo del conocimiento matemático que dé cuenta de lo que constituye su contenido y poner al descubierto las causas reales del desarrollo social de tal conocimiento, las cuales pudieran ser las prácticas institucionales.

¿Cómo enseñar un conocimiento? Es un cuestionamiento realizado en el nivel de educación superior, considera un conocimiento ya acabado que siempre ha existido, como una especie de descubrimiento por una mente privilegiado que comparte con los simples mortales, estos a su vez se encargan de reproducir este conocimiento

Esta propuesta lleva al cuestionamiento de “Qué enseñar”. Sin embargo, sabemos que el seleccionar que será enseñado no es una tarea fácil. Nos apoyamos en la epistemología a través de la tesis de que ciertas prácticas sociales generan el conocimiento matemático, esto nos lleva a considerar a las prácticas sociales como una parte importante en la construcción del conocimiento, sin restarle importancia a la carga conceptual.

A partir de lo anterior podríamos considerar que nuestro conocimiento se construye a medida que experimentamos nuestro entorno y entonces este conocimiento es considerado funcional.

Se menciona que los objetos matemáticos o conocimiento matemático en la ingeniería es genérico; sin embargo, la funcionalidad dependiendo del área es divergente, esto es, el conocimiento matemático está al servicio de otros dominios científicos y otras prácticas de referencia tal cual menciona (Cordero F. , 2008).

Lo anterior nos ha llevado a un acercamiento sobre el uso del conocimiento que se integra y se resignifica a la ingeniería. Según (Cordero F. , 2008) Desafortunadamente la matemática escolar no ha logrado tal cometido. Por una parte, los profesores de matemáticas demandan métodos para enseñar mejor y, por otra parte, el sistema educativo favorece el nivel utilitario del conocimiento matemático.

Cuando mencionamos el uso, nos referimos al funcionamiento de un conocimiento ante una situación específica. Esta resignificación del uso expresado por su funcionamiento y forma, implican que al construir el conocimiento surja un debate: teniendo un marco de conocimiento, requerimos romper este marco para construir un conocimiento nuevo. Este objeto tendrá un uso dependiendo de la situación específica y en comunión con el contexto social de los estudiantes de ingeniería, dicho de otra manera, los saberes que han desarrollado los estudiantes desde el nivel medio superior actualmente se reconoce gran influencia de la tecnología a través de dispositivos móviles como son los celulares inteligentes, tabletas electrónicas y equipos de cómputo en general como veremos más adelante.

2.4 El Uso de Gráficas

Según (Lara Medina, 2007). Desde la socioepistemología, la práctica social es una unidad de análisis. Esta no se enfoca en los sujetos (participantes) sino en los objetos (usos y costumbres) de los participantes, porque lo que importa de los participantes son sus formas de construir conocimiento. En ese sentido no estudiamos a las gráficas como una representación del concepto de función, sino los usos de las gráficas de los participantes (Cordero F. , 2008), en la cual ofrece un desarrollo del uso de la parábola en el bachillerato.

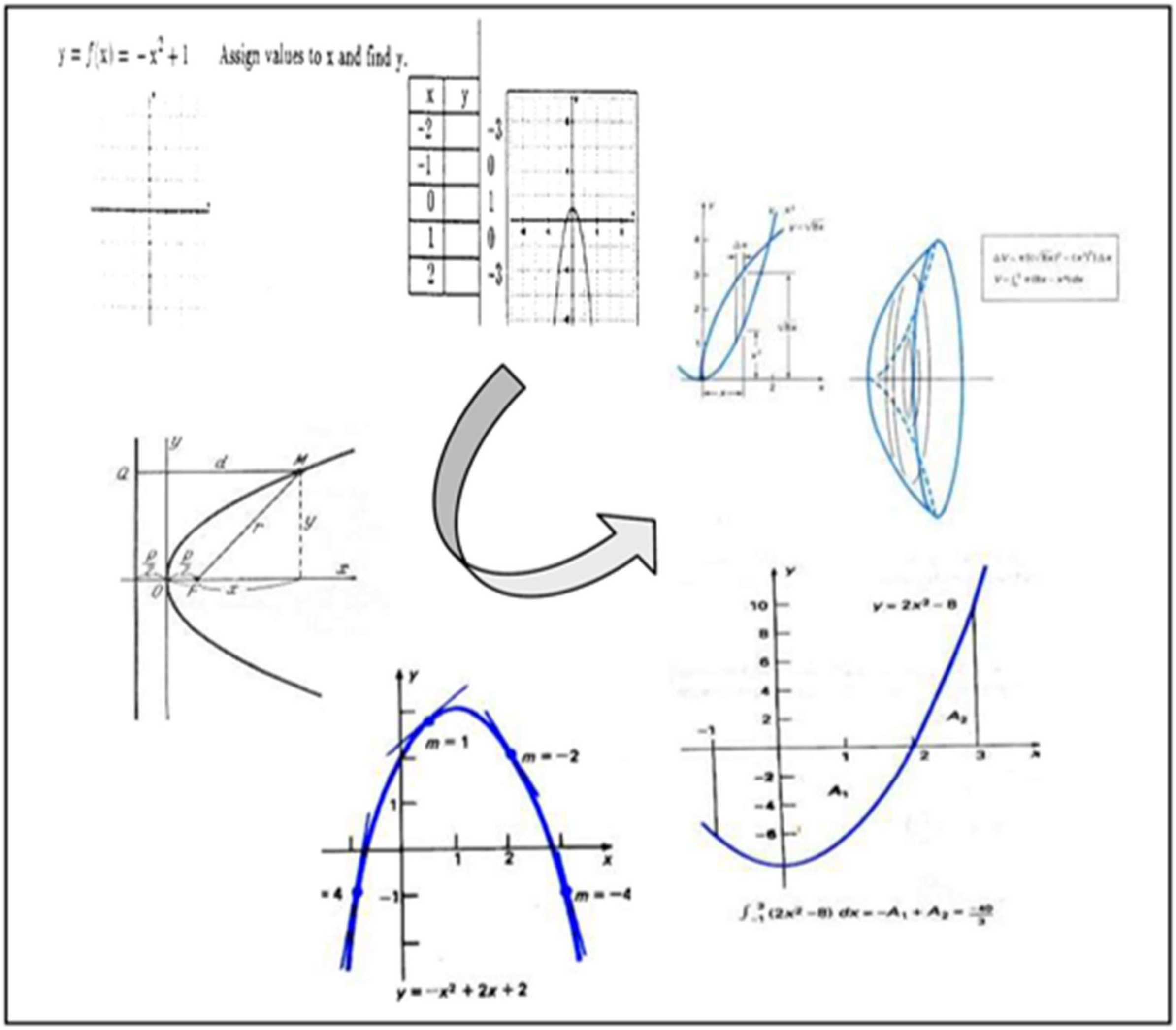
El desarrollo de la parábola en el bachillerato sucede al debatir los funcionamientos y las formas de los siguientes momentos:

- Distribución de puntos
- Comportamiento geométrico
- Análisis de la curva
- Cálculo de área y volumen

Cada uno de estos tiene diferentes funcionamientos y formas y el debatir de estos va a permitir el desarrollo del conocimiento. En el caso de la parábola se puede ver como sigue: la primera vez que el estudiante aborda el concepto de parábola en el bachillerato es durante el primer semestre, donde el uso de las gráficas es la **distribución de puntos**, la forma de conocer a la parábola es a través de una tabla de valores previamente establecido y la ubicación de puntos en el plano cartesiano donde el funcionamiento es unir los puntos contiguos para el bosquejo de la curva es cuestión este uso dará lugar al **comportamiento geométrico** (semestre 3) en donde el funcionamiento es la asociación gráfica-expresión algebraica así como reconocer los elementos que intervienen (vértice, foco y directriz) con formas tales como las transformaciones (traslados horizontales y verticales, la contracción o estiramiento) de la parábola, hasta ahora el estudiante puede de alguna manera conocer las posiciones y los elementos que tiene una parábola, así como su representación en el plano cartesiano. Sin embargo, puede conocer más de la curva parábola, entonces se presenta el uso **análisis de curva** (cuarto semestre), donde el funcionamiento es identificar los intervalos en donde la función es creciente, decreciente, sus concavidades, si presenta máximos o mínimos a través de formas como los criterios de la primera y segunda derivada, concluyendo con el **cálculo del área y del volumen** (quinto semestre) donde el funcionamiento de la gráfica es la definición de la superficie del área o bien la superficie a rotar para el cálculo del área y del volumen respectivamente, la forma de tal funcionamiento es a través de la integración .

A continuación, la figura 2.4 se observan algunos escenarios de la parábola.

Figura 2.4 Escenario de la parábola (Lara Medina, 2007)



El estudio de uso de gráficas destaca características donde la graficación pueda llevar a cabo múltiples realizaciones y hacer ajustes en su estructura para producir un patrón o generalización deseable, crearle un medio que soporta el desarrollo del razonamiento y de la argumentación, entendiéndola como prácticas retóricas y argumentativas gráficas en diversas situaciones donde son resignificadas al debatir entre el funcionamiento y la forma de la graficación. Todo ello necesariamente en sus ámbitos institucionales (Cordero F. , 2008).

2.5 Pertinencia de un estudio Socioepistemológico en Ingeniería

La falta de integración entre el conocimiento matemático y el de ingeniería es una de las problemáticas. Adicionalmente el ingeniero en la actualidad requiere del conocimiento de otras disciplinas que *a priori* no están articuladas para afrontar los problemas propios de la ingeniería (Romo, 2003).

La investigación realizada por Camarena citado en (Romo, 2003) menciona que la matemática impartida en las escuelas de ingeniería no considera las necesidades específicas de cada carrera. De manera que la matemática no se constituye en una herramienta que les permita modelar problemas propios de su área.

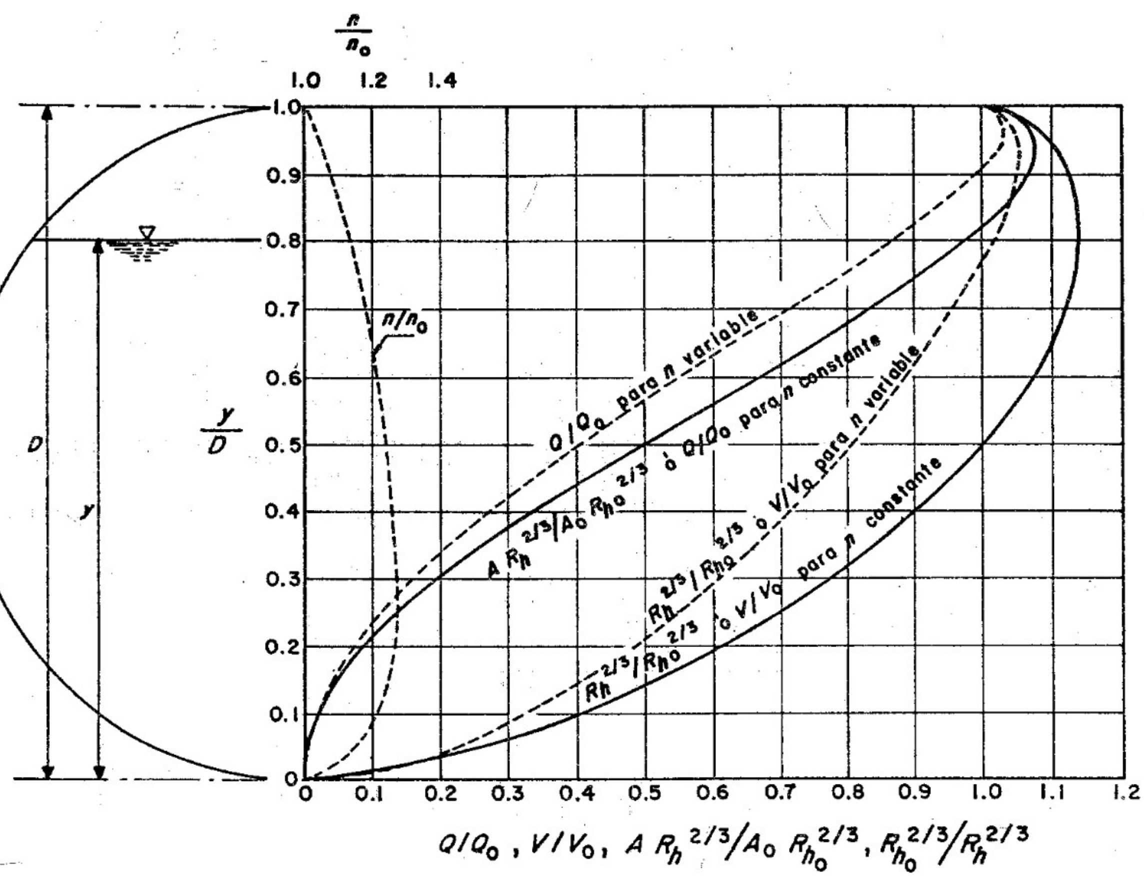
Sin embargo, en ocasiones la herramienta matemática se presenta en una aplicación a un problema en particular, de forma limitada y los estudiantes no llegan a apreciar el poder y alcance de esa herramienta matemática y su aplicación en otros problemas de ingeniería (Meléndez, 1992) citado en (Suárez, 2014). Aquí mismo se pregunta ¿Cuáles son las matemáticas que debe de aprender un futuro ingeniero? Durante muchos años el tronco común de matemáticas ha permanecido igual para los programas de ingeniería.

Actualmente el programa de estudios es muy parecido al que menciona Meléndez, el tronco común consiste en cálculo diferencial e integral, álgebra lineal, cálculo vectorial y ecuaciones diferenciales, entre otras. Sin embargo, estas asignaturas no se encuentran debidamente articuladas en las necesidades, por mencionar algún ejemplo, de la mecánica, electricidad, química o a la utilización de la computadora. Los programas de estudio no cambian. Se ha realizado una breve revisión de algunos programas de estudios del Instituto Tecnológico Superior de Cintalapa y de la facultad de ingeniería en la UNACH (ver anexo), el cual evidencia que algunas de las asignaturas mencionadas por Meléndez coinciden con el tronco común actual. Es decir, la matemática que se enseña en la actualidad en las escuelas de ingeniería sigue el enfoque tradicional sin adaptarse al contexto cultural y social de los futuros ingenieros.

Esta investigación es acerca del uso de las gráficas en los libros de texto de la Mecánica de Fluidos e Hidráulica de canales con la intención de ir conformando un marco de referencia que ayude a articular el dominio matemático con otros dominios disciplinares.

La literatura clásica recurre a los nomogramas como el indicado en la figura 2.5 como una herramienta que permite el diseño.

Figura 2.5 Nomograma. - Características del flujo en un conducto circular parcialmente lleno, según la ecuación de Manning. El subíndice 0 indica condición de lleno total. (Sotelo Ávila, 2002)



Este nomograma estaría representando el discurso Matemático Escolar (dME) dentro del marco de la teoría Socioepistemológica al centrarse en objetos matemáticos, entidades abstractas que son ejemplificadas y ejercitadas; eludiendo el tratamiento didáctico la construcción del conocimiento matemático por parte del estudiante quedando la construcción social del conocimiento rezagada en el dME. Esto lleva a los socioepistemólogos a proponer el Rediseño del dME (RdME) como una forma de atender problemas sociales y culturales que acompañan la actividad didáctica en Matemáticas. Entiéndase el Rediseño no solo de sus estructuras objetables (libros de texto, currículos, programas de estudio, evaluaciones nacionales entre otros), más bien un cambio de concepción profundo sobre la acción de la educación matemática, que precisa el tránsito del programa clásico a un programa alternativo con base en la construcción social del conocimiento matemático y los principios de la Teoría Socioepistemológica. Tomado de (Cantoral, Daniela, & Montiel, 2014).

Según (Cantoral, Montiel, & Reyes-Gasperini, 2015), el método socioepistemológico es de naturaleza sistémica, pues permite tratar los fenómenos de producción y de difusión del conocimiento desde una perspectiva múltiple, al estudiar la interacción entre epistemología, dimensión sociocultural, procesos cognitivos asociados y mecanismos de institucionalización vía la enseñanza. Plantea el estudio del conocimiento, social, histórica y culturalmente situado.

Capítulo 3

La Modelación-Graficación en el diseño de alcantarillas circulares

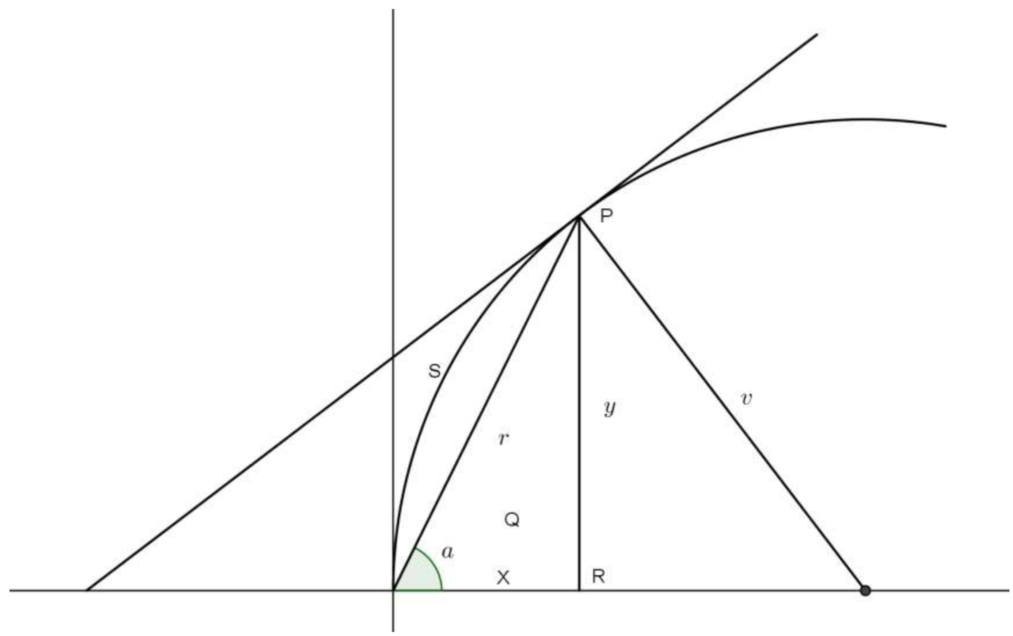
3.1.- La visión geométrica infinitesimal de Leibniz

El cálculo leibniziano nace en el seno de la geometría del siglo XVII. El siguiente pasaje de Leibniz revela el centro de interés del trabajo de los geómetras y la incorporación del álgebra por los mismos como elemento de análisis (Pulido Ríos, 1998).

"Desde siempre, los Geómetras se han dedicado a establecer las proporciones entre las líneas curvas y las líneas rectas, sin embargo, aún en la actualidad, en que disponemos de la ayuda del álgebra, todavía no manejamos bien esta cuestión, por lo menos aplicando los métodos en uso actualmente" (Burbage & Couchan, 2002).

Así pues, el objeto de estudio en el cálculo leibniziano son las curvas. Más precisamente, el interés está puesto en el estudio de las relaciones entre las distintas cantidades geométricas variables asociadas a las curvas (Pulido Ríos, 1998); el título del primer libro de cálculo, escrito por L´Hospital en 1696 revela también dicha preocupación: "Análisis de los infinitamente pequeños para la comprensión de las líneas curvas". La figura 3.1, muestra algunas cantidades geométricas variables asociadas a la curva: abscisa, ordenada, normal, tangente, subtangente, longitud de arco, radio, arco polar, área entre la curva y los ejes, etc.

Figura 3.1. Acercamiento geométrico infinitesimal de Leibniz (Pinto & Cruz, 2015)



Es aquí donde reside el poder de un acercamiento que trata a las cantidades geométricas no como números reales, sino como entes que poseen dimensión. Las ecuaciones algebraicas en el tratamiento de cantidades geométricas se hacen bajo una ley de homogeneidad: todos los términos de una ecuación deben ser de la misma dimensión.

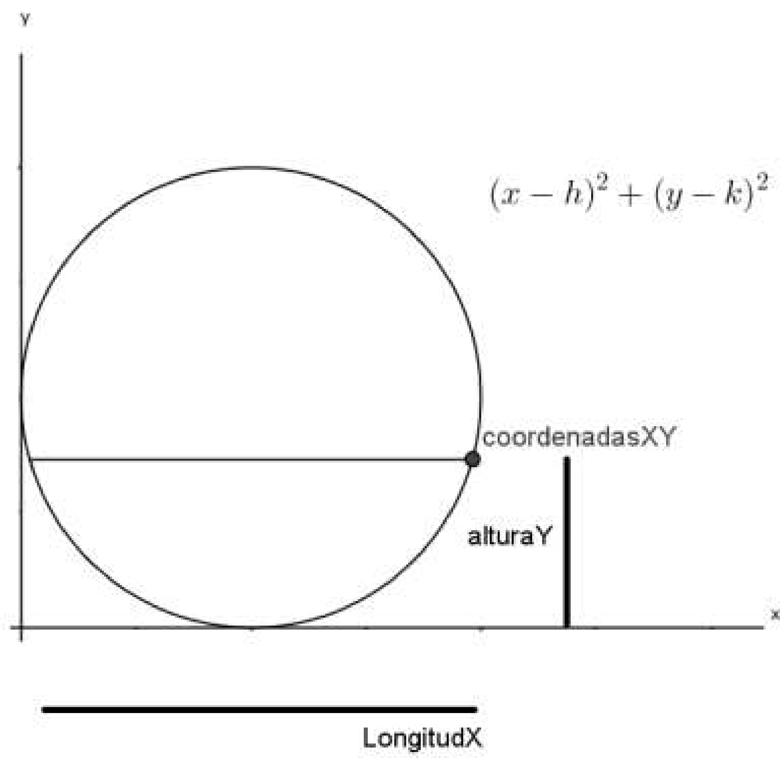
El establecimiento de relaciones entre cantidades geométricas variables por medio de ecuaciones algebraicas no presupone la existencia de variables dependientes de una independiente.

La variable, aparece como una secuencia de valores infinitamente próximos, y su crecimiento continúa por inasignables: diferenciales (dx, dy). Una curva será vista como un polígono con número infinito de lados.

3.2.- Un nuevo paradigma

Es posible abordar cuestiones como: ¿Cuál es el cambio infinitesimal en la longitud al cambiar infinitesimalmente los lados del triángulo característico, dado que este es infinitamente pequeño, ya que sus catetos son de tamaño inasignable o como diría Cavalieri de un espesor indivisible?

Figura 3.2 Dimensionamiento físico-geométrico (Pinto & Cruz, 2015)



Por ejemplo de la figura 3.2, se ve que para cualquier altura Y se tiene una Longitud X -La descripción de la variable se pone junto para enfatizar el carácter físico que tienen, y pueden ser mayúsculas o minúsculas para denotar que no interesa tanto el nombre sino el significado-, donde dicha Longitud está limitada o condicionada por la circunferencia, por tanto es posible conocer la Longitud X en cualquier punto de la altura Y, y también es posible generar el área del círculo mediante la suma infinita de todos los valores de la altura Y (lo cual es el principio de Cavalieri). Si se denomina h a la alturaY, se observa que Leibniz establece que para cualquier alturaY (h), puede obtener un área diferencial dada por $dA = LongitudX \cdot dh$, por tanto la razón de cambio "instantánea" del área en cualquier valor de h está dada por $\frac{dA}{dh} = LongitudX$, dicho método también tendrá el mismo significado con el volumen, es decir si hacemos rotar a la circunferencia con respecto a un eje paralelo a la altura, que pase por el centro puede obtenerse que la razón de cambio del volumen V con respecto a la altura h está dada por $\frac{dV}{dh} = \pi(\frac{LongitudX}{2})^2$, de donde Leibniz proclamaba la gran ventaja de su método de cuadraturas sobre el método de Cavalieri; así que a partir de conocer la razón de cambio "instantánea" que no es más que una característica diferencial o infinitesimal del todo en cuestión, es posible reconstruir el todo mediante una suma infinita de infinitésimas partes. Más aún cada una de esas partes hereda la propiedad del todo, constituyéndose en lo que para Leibniz era desde el punto de vista filosófico una mónada.

Esta es una visión donde las cantidades geométricas no son números reales, poseen dimensión. Así, por ejemplo, la ordenada tiene la dimensión de una línea, el área de un segmento circular tiene la dimensión de un área; el volumen de un sólido de revolución, la dimensión de un sólido. La multiplicación de cantidades de la misma dimensión resulta en cantidades de diferente dimensión, por tanto, las operaciones sobre las cantidades de la misma dimensión no son cerradas bajo la multiplicación y no tienen un elemento unitario.

Sólo pueden ser sumadas cantidades de la misma dimensión; entonces, cuando se manejan ecuaciones algebraicas en el tratamiento de cantidades geométricas, se hace bajo una ley de homogeneidad: todos los términos de una ecuación deben ser de la misma dimensión.

El establecimiento de relaciones entre cantidades geométricas variables por medio de ecuaciones algebraicas no presupone la existencia de variables dependientes de una independiente.

En el cálculo leibniziano la variable se concibe como una secuencia de valores infinitamente próximos. Cuando Leibniz habla de crecimiento y movimiento, lo hace utilizando términos como "creciendo por mínimos", "crecimiento continuo por inasignables" (Bos, 1974: 16) citado por (Pinto & Cruz, 2015); o bien "términos continuamente crecientes, elemento por elemento" como se muestra en el siguiente extracto de un escrito de Leibniz, donde por otro lado, reúne dentro de una ciencia del infinito la suma de series y las áreas de figuras.

"[...] así como para el álgebra, ciencia general de la cantidad finita, el objetivo principal es extraer las raíces de las expresiones, es para la ciencia del infinito, la de encontrar las sumas de series; o cuando ellas son compuestas de términos continuamente crecientes, elemento por elemento, sus sumas no son otras que las cuadraturas, o dicho de otra manera, las áreas de figuras" (Leibniz, 1702: 387) citado en (Pinto & Cruz, 2015) de igual forma: "Las curvas en el cálculo leibniziano son consideradas como polígonos con un número infinito de lados" (Bos, 1974).

3.3.- El diferencial de Leibniz y su triángulo característico

Precisamente, al identificar una variable con una secuencia de valores infinitamente próximos, el diferencial de una variable es de nuevo una variable que se obtiene de tomar la diferencia (infinitamente pequeña) que existe entre cada dos valores sucesivos de la variable. El diferencial de la variable y se denota por dy.

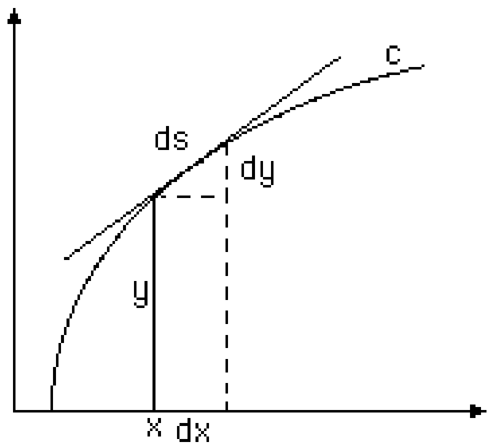
"Aquí dx significa el elemento, esto es, el incremento o decremento (instantáneos) de la cantidad (continuamente) creciente o decreciente x. Es también llamada diferencia, a saber, la diferencia entre dos $x´s$ que difieren por un elemento (o por un inasignable), una originándose de la otra, cuando se crece o decrece –momentáneamente-" Leibniz citado en (Pinto & Cruz, 2015).

En cuanto a la consideración por parte de Leibniz de las cantidades infinitamente pequeñas, tenemos el siguiente apunte:

Si unimos a una línea un punto de otra línea o una línea a una superficie, no incrementamos su magnitud. Sucede lo mismo si adjuntamos a una línea otra línea, incomparablemente más pequeña. Tales incrementos no pueden ser exhibidos por construcción alguna. Así como en el ejemplo del Libro V de Euclides en la Definición 5, considero que sólo son comparables las magnitudes homogéneas para las que el producto de una de ellas por un número, un número finito se entiende, puede superar a la otra. Establezco entonces, que cantidades cuya diferencia no es de esta naturaleza son iguales, como lo admite Arquímedes y todos los que le siguieron. Éste es precisamente el caso en el que se dice que una diferencia es más pequeña que cualquier magnitud dada (Leibniz, 1695: 327) citado en (Pinto & Cruz, 2015).

Si C es una curva asociada a una ecuación con variables x, y entonces ds (diferencial de curva) se relaciona con dx y dy formando el llamado triángulo característico (figura 3.3):

Figura 3.3 El diferencial asociado al "triángulo característico" (Pinto & Cruz, 2015)



Conviene puntualizar que el diferencial opera sobre variables y es una magnitud infinitamente pequeña.

Es necesario detenerse a considerar las ideas que condujeron a Leibniz a la construcción de su cálculo; esto servirá para clarificar sus alcances y la naturaleza recíproca de las operaciones de suma y diferencia.

1. La primera idea es sobre la preocupación más profunda, filosófica, que rodea el trabajo de Leibniz. Bos la describe así en (Grattan-Guinness, 1980: 83-84) citado en (Pinto & Cruz, 2015), al referirse a las tres ideas fundamentales que guiaron a Leibniz:

La primera de estas ideas fundamentales era una idea filosófica, y se trataba de la construcción de una *characteristica generalis* lo que concibió Leibniz, es decir, de un lenguaje simbólico general mediante el cual se pudieran escribir con símbolos y fórmulas todos los procesos de argumentación y de razonamiento; estos símbolos debían de obedecer ciertas reglas de combinación entre ellos que vendrían a garantizar la corrección de los argumentos formulados en ese lenguaje. Esta idea guio a Leibniz en la mayor parte de su pensamiento filosófico, y nos explica de paso su gran interés por las cuestiones de simbolismo y notación en matemáticas y, en general, sus esfuerzos por traducir las proposiciones y métodos matemáticos en fórmulas y algoritmos respectivamente. Así por ejemplo, al estudiar la geometría de las curvas, estaba más interesado en el método que en los resultados, y muy especialmente en la posible manera de transformar estos métodos en algoritmos que pudieran llevarse a cabo por medio de fórmulas. Dicho de otra manera, lo que buscaba era un cálculo para tratar los problemas geométrico-infinitesimales.

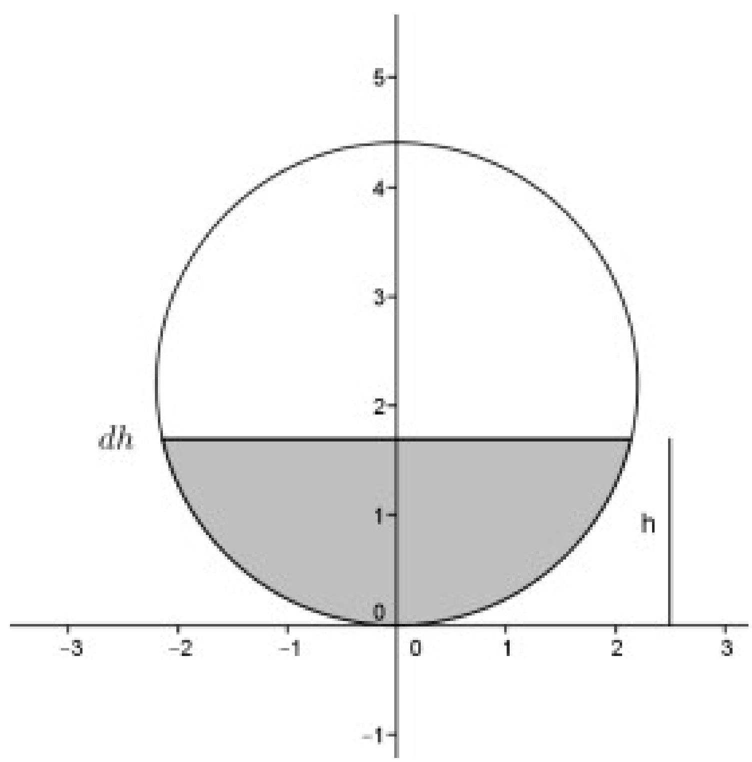
2. La segunda idea consiste en extrapolar a la geometría aquellos conocimientos propios de lo numérico referentes a ciertas propiedades de las series.

3. La tercera idea es la aplicación a cualquier curva del "triángulo característico".

3.4 La Hidráulica como escenario

Un ejemplo práctico en ingeniería civil, y específicamente para la materia de hidráulica puede ser el considerar una alcantarilla parcialmente llena y con sección circular, donde interesa conocer el área, el perímetro mojado y el radio hidráulico respectivamente. Al colocar la sección de dicha alcantarilla en un sistema coordenado cartesiano como se puede apreciar en la figura 3.4 se tiene que:

Figura 3.5 Sección de una alcantarilla parcialmente llena (Pinto & Cruz, 2015)



$$x^2 + (h - R)^2 = R^2$$

$$x = \sqrt{R^2 - (h - R)^2}$$

$$dA = 2xdh = 2\sqrt{R^2 - (h - R)^2}dh$$

$$A = 2\int_0^h \sqrt{R^2 - (h - R)^2}dh = R^2 \sin^{-1}\left(\frac{h}{R} - 1\right) + (h - R)\sqrt{R^2 - (h - R)^2} + \frac{\pi R^2}{2}$$

De manera similar para calcular la ecuación del perímetro mojado, se toma el triángulo característico, en el punto de coordenadas (x, h) y al llamar L a su longitud, se tiene:

$$dL^2 = dh^2 + dx^2$$

$$\frac{dL}{dh} = \sqrt{1 + \left(\frac{dx}{dh}\right)^2}$$

$$\frac{dx}{dh} = \frac{-(h - R)}{\sqrt{R^2 - (h - R)^2}}$$

$$dL = \frac{R}{\sqrt{R^2 - (h - R)^2}}dh$$

$$L = 2R\int_0^h \frac{dh}{\sqrt{R^2 - (h - R)^2}} = 2R\sin^{-1}\left(\frac{h}{R} - 1\right) + \pi R$$

Por tanto, la ecuación del radio hidráulico R_h será la siguiente:

$$R_h = \frac{R^2 \sin^{-1}\left(\frac{h}{R} - 1\right) + (h - R)\sqrt{R^2 - (h - R)^2} + \frac{\pi R^2}{2}}{2R\sin^{-1}\left(\frac{h}{R} - 1\right) + \pi R}$$

Capítulo 4

4.1 CONCLUSIONES

Mediante este acercamiento del cálculo es posible hacer simulaciones mediante SGD como el Geogebra de los distintos comportamientos que tendrían los valores del área, perímetro mojado, el radio hidráulico y cómo estos a su vez pueden ser vistos como parámetros en el estudio de las velocidades de flujo mediante el empleo de la ecuación de Manning (trabajo que fue presentado en la décima cátedra nacional de ingeniería civil), así como los valores de la altura que generan una velocidad máxima.

Lo que esencialmente se obtiene de las anteriores consideraciones se enumeran como sigue:

- La naturaleza de las curvas está en relación con magnitudes físicas
- Los diferenciales no se pueden ver como cantidades constantes solamente, sino que también son variables
- El pretender que el área sea vista como una suma infinita de rectángulos que tienen un grosor infinitamente pequeño, hace que los diferenciales tengan una significación distinta a su naturaleza como razón de cambio.

El discurso del cálculo que se pretende mostrar, con un enfoque físico, tiene una pertinencia distinta para los estudiantes de ingeniería, y en particular, para ingeniería civil. Además de dotar de significados que pueden ser propios de la disciplina, matizados por el trinomio modelación, graficación y la tecnología.

De acuerdo a la teoría Socioepistemológica, el RdME implica un cambio en el enfoque que implica reemplazar los nomogramas y tablas de manera que el estudiante mediante el SGD desarrolle el diseño de alcantarillas circulares al construir el conocimiento, esta hipótesis pretende crear las bases para posteriormente definir situaciones didácticas que puedan aplicarse en el aula para profundizar y posteriormente permear a otros diseños de alcantarillas dentro de esta área del conocimiento. El caso de la literatura clásica como lo es (Chow, 1988) publicado por primera vez en idioma inglés en 1958 siendo un libro que data de hace más de 60 años sin embargo es importante resaltar los cambios en el contexto socio-cultural que implican sesenta años, sin considerar como se han transformado la didáctica y el desarrollo tecnológico, este última obliga a los docentes a mantener una constante actualización que permita incidir de manera efectiva en los procesos metacognitivos de los discentes mismos que actualmente cuentan con características muy diferentes a estudiantes de hace sesenta años.

Existen investigaciones desde hace algunos años, como se indica en este trabajo que indican la importancia del Rediseño del Discurso Matemático Escolar (RdME), sin embargo, todavía falta socializar estos resultados de manera que los profesores las enriquezcan y en algún momento se institucionalicen como los indica Brousseau citado en (Cordero O. F., 2006).

Será entonces cuando el escenario sea propicio para que la matemática realmente sea parte de la cotidianidad en nuestro caso particular entiéndase como universitarios y futuros profesionistas.

4.2 REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

Artigue, M., Douady, R., Moreno, L., & Gómez, P. (1995). *Ingeniería Didáctica en Educación Matemática.* Bogotá: Grupo Editorial Iberoamerica S.A. de C.V.

Bos, H. J. (1974). *Diffferentials, Higher-Order Differentials and the Derivative in the Leibnizian Calculus.* Mathematical Institute: The University of Utrecht.

Burbage, F., & Couchan, N. (2002). *Leibniz y el infinito.* Paris: Presses Universitaires de France (ISBN 2 13 040223 2.

Cantoral, R., & Covian, O. (2005). El Papel del Conocimiento Matemático en la Construcción de la Vivienda Tradicional: El Caso de la Cultura Maya. *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa Vol. 19*, 831.

Cantoral, R., & Farfán, R. M. (2003). Matemática Educativa: Una visión de su evolución. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 27-40.

Cantoral, R., Daniela, R.-G., & Montiel, G. (2014). Socioepistemología, Matemática Realidad. *Revista Latinoamericana de Etnomatemática (E-ISSN: 2011-5474)*, 108-109.

Cantoral, R., Montiel, G., & Reyes-Gasperini, D. (2015). El programa socioepistemológico de investigación en Matemática Educativa: El caso de latinoamérica. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 9.

Chevallard, Y. (1998). *La Transposición Didáctica.* Argentina: Aique.

Chow, V. (1988). *OPEN-CHANNEL HYDRAULICS.* U. S. A.: McGraw-Hill.

Cordero, F. (2008). El uso de las gráficas en el discurso del cálculo escolar: Una visión socioepistemológica. En O. C. R. Cantoral, *Investigaciones sobre enseñanza y aprendizaje de las matemáticas: un reporte iberoamericano* (págs. 265-286). D.F. México: Díaz de Santos-Comité Latinoamericano de Matemática Educativa. A. C.

Cordero, O. F. (2006). La institucionaización del conocimiento matemático y el rediseño del discurso escolar. *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa (ALME) vol. 19*, 826.

Hernandez, L. F. (2016). *Hidráulica a Superficie Libre (Tesis de pregrado).* Tuxtla Gutiérrez, Chiapas: UNACH.

Lara Medina, A. G. (agosto de 2007). Categorías de Uso de Gráficas en libros de texto de Mecánica de Fluidos. *Tesis de Maestría*. CDMX, México: CONVESTAV.

Larios, O. V. (2006). La Rigidez Geométrica y la Preferencia de Propiedades Geométricas en un Ambiente de Geometría Dinámica en el Nivel Medio. *RELIME*.

Larios, V. G. (2010). Aspectos que influyen en la construcción de la demostración en ambientes de geometría dinámica. *RELIME*.

Luna Acevedo, V., & Suárez Téllez, L. (3-7 de mayo de 2015). Estudios de Situaciones de Modelación del Movimiento con incorporación de TIC. *XIV Conferencia Interamericana de Educación Matemática*. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, Mexico: XIV CIAEM-IACME.

MANÁIEV, G. (15 de febrero de 2018). *Casa Tradicional Rusa en zona de nevadas intensas*. Obtenido de es.rbth.com: https://es.rbth.com/cultura/80715-7-tipos-diferentes-de-vivienda-tradicional-rusa

Morales, N. J., & Parra Meza, A. (2013). Mejoras al método usual de diseño hidráulico de alcantarillas. *Ingeniería Hidráuliza y Ambiental*, 3-18.

Nieto Saldaña, N., Viramontes Miranda, J. d., & López Hernández, F. (2009). ¿Qué es la Matemática Educativa? *Culcyt//Educación Matemática*, 17.

Pinto, S. J.-G., & Cruz, R. C. (2015). El Cálculo como una herramienta en Mecánica de Fluidos. *PAKBAL*, 31-36.

Pulido Ríos, R. (abril de 1998). Un Estudio Teórico de la Articulación del Saber Matemático en el Discurso Escolar: La Transposición Didáctica del Diferencial en la Física y la Matemática Escolar. *Tesis*. México, D.F., México: CINVESTAV.

Rocha, A. (2007). *Hidráulica de Tuberías y Canales.* Lima, Perú: DOSSAT.

Romo, A. &. (2003). Herramienta metodológica para el análisis de los conceptos matemáticos en el ejercicio de la Ingeniería. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 117-143.

Sánchez, S.-A. (2006). La Casa Maya Contemporánea (recuperado: 15-feb-2019). *UNAM-Península*, 86 .

Sotelo Ávila, G. (2002). *Hidráulica de canales.* México: UNAM.

Stewart, J., Redlin, L., & Watson, S. (2007). *Precálculo.* CDMX: CENGAGE Learning Editores.

Suárez, T. L. (2014). *MODELACIÓN-GRAFICACIÓN PARA LA MATEMÁTICA ESCOLAR.* CDMX: Díaz de Santos.

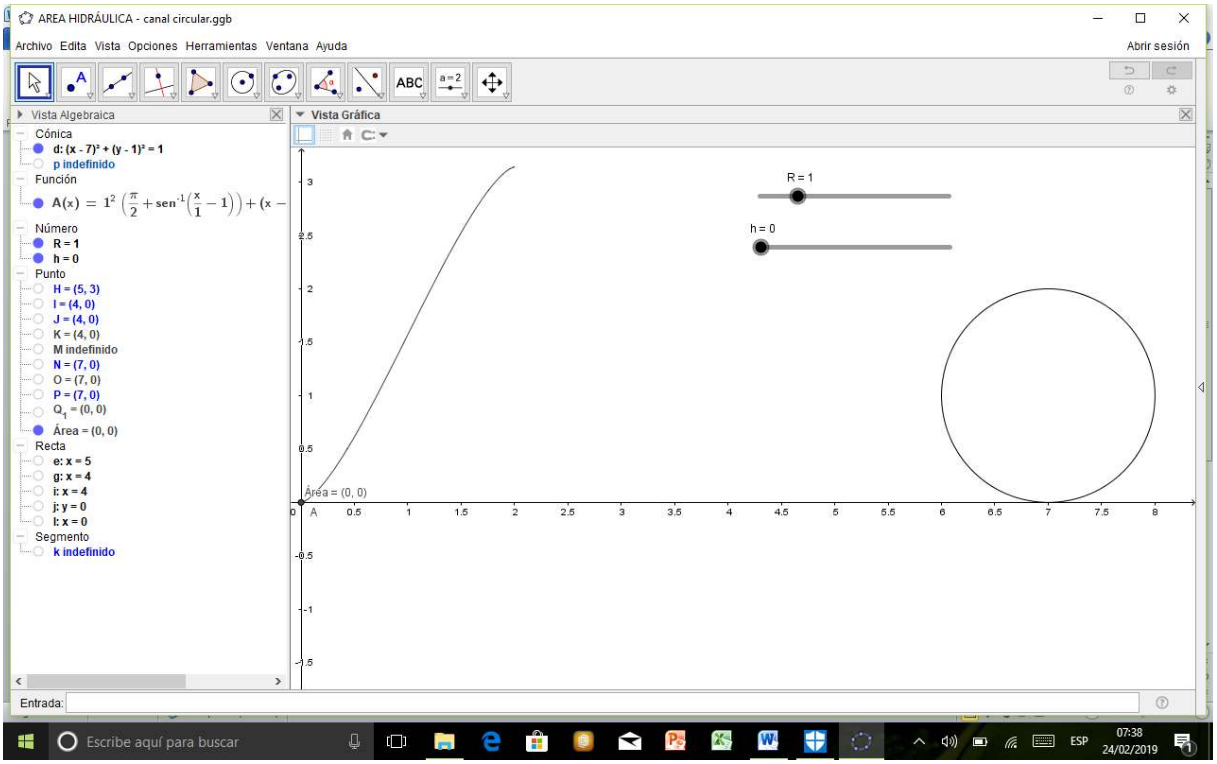
Suárez, T. L., & Francisco, C. O. (2008). Elementos teóricos para estudiar el uso de las gráficas en la modelación del cambio y de la variación en un ambiente tecnológico. *Revista Electrócina de Investigación en Educación en Ciencias (REIEC)*, 51-58.

Villon Bejar, M. (2003). *HCANALES.* Costa Rica: Editorial Tecnológica del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Villón, B. M. (2007). *HIDRÁULICA DE CANALES.* Lima-Perú: Villón.

4.3 ANEXOS

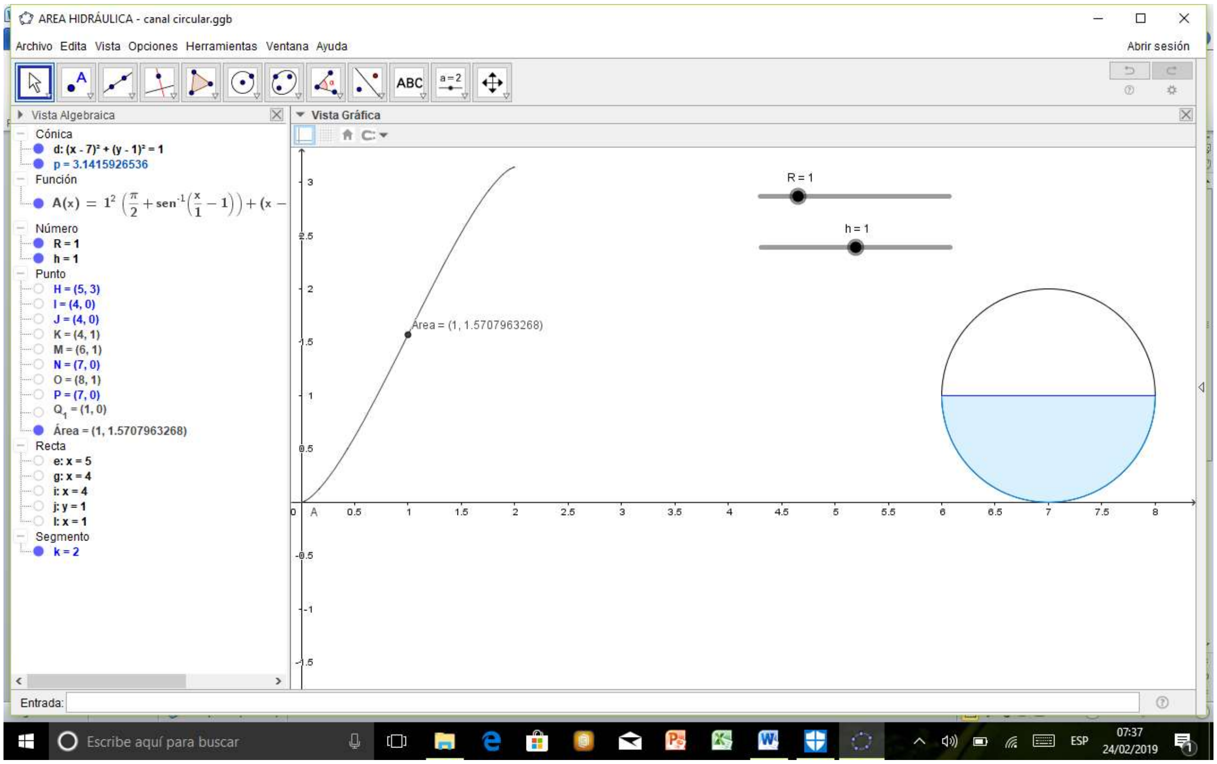
Figura 4.3.1a Área hidráulica de canal circular (SGD). Fuente propia



Esta captura de pantalla una alcantarilla circular de radio R=1 con altura h=0 y se observa la curva del comportamiento con un punto indicando el Área = (0,0).

Todas las pantallas capturadas utilizaron los applets adjuntos en el CD que acompaña la versión digital del presente trabajo.

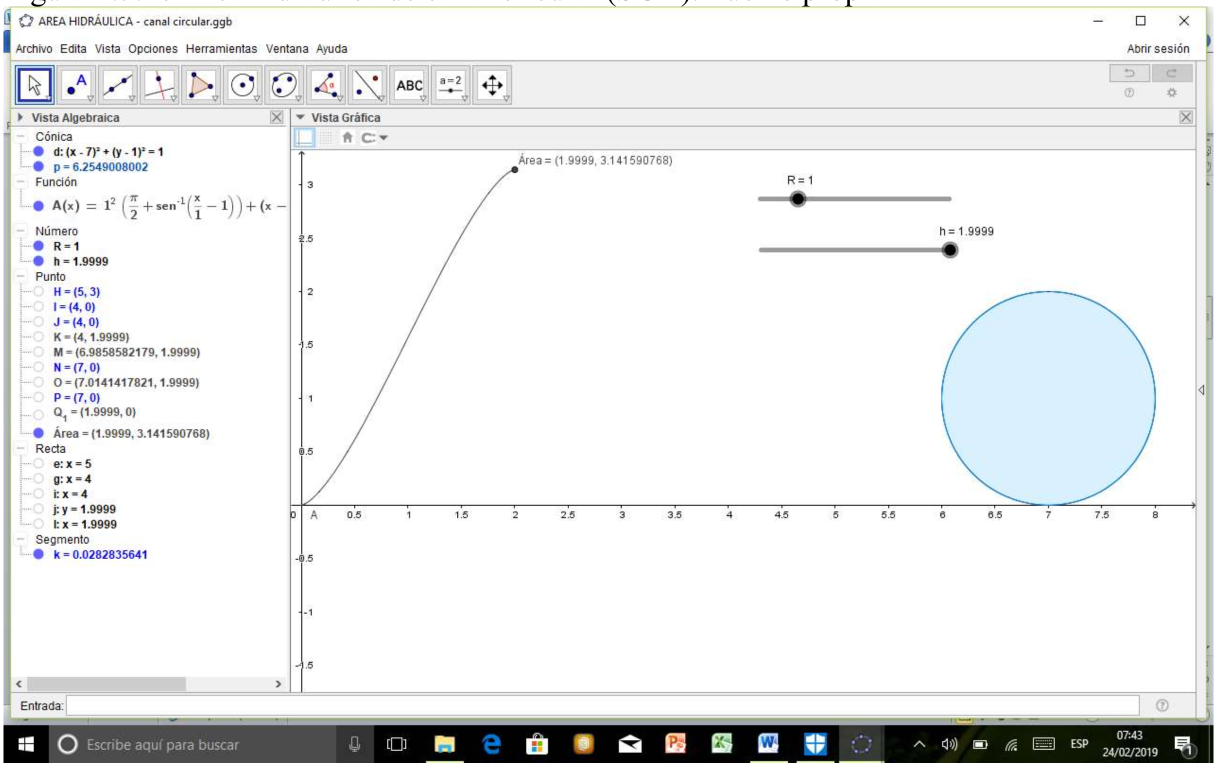
Figura 4.3.1b Área hidráulica de canal circular (SGD). Fuente propia



Esta captura de pantalla una alcantarilla circular de radio R=1 con altura h=1 y se observa la curva del comportamiento con un punto indicando el Área = (1,1.5707).

Todas las pantallas capturadas utilizaron los applets adjuntos en el CD que acompaña la versión digital del presente trabajo.

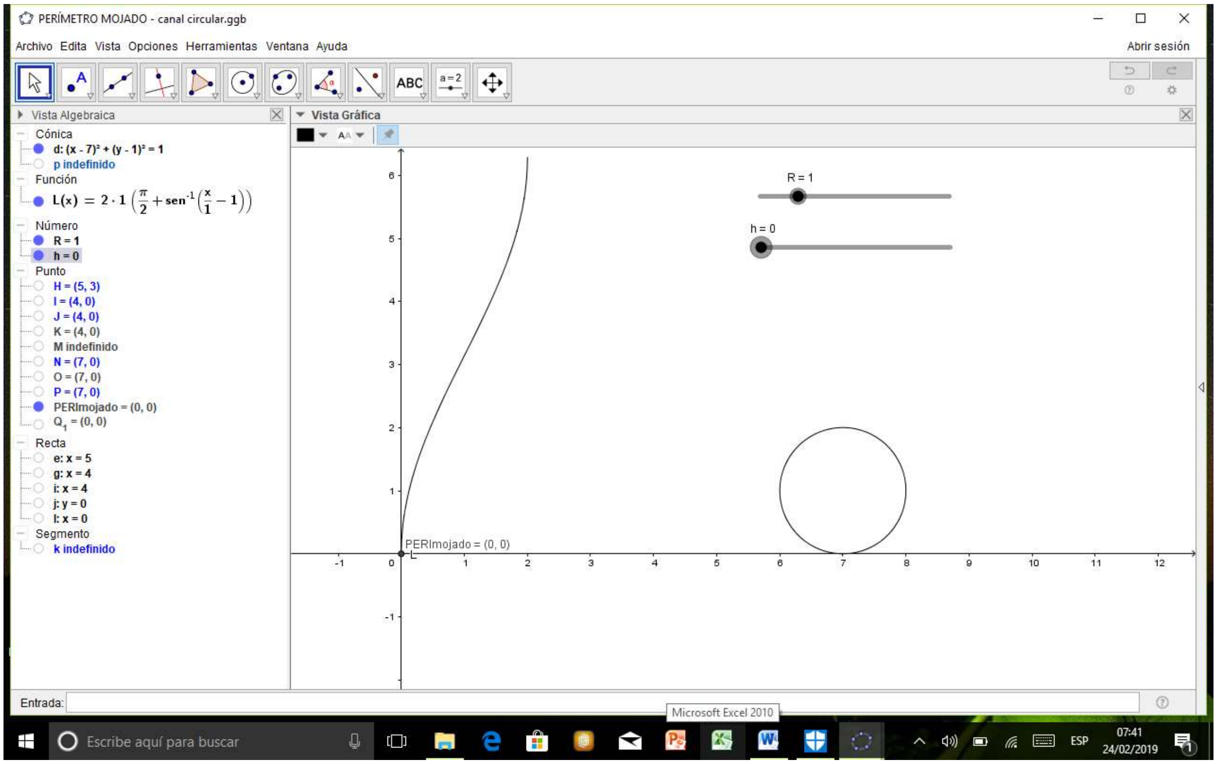
Figura 4.3.1c Área hidráulica de canal circular (SGD). Fuente propia



Esta captura de pantalla una alcantarilla circular de radio R=1 con altura h=1.9999 y se observa la curva del comportamiento con un punto indicando el Área = (1.9999, 3.1415).

Todas las pantallas capturadas utilizaron los applets adjuntos en el CD que acompaña la versión digital del presente trabajo.

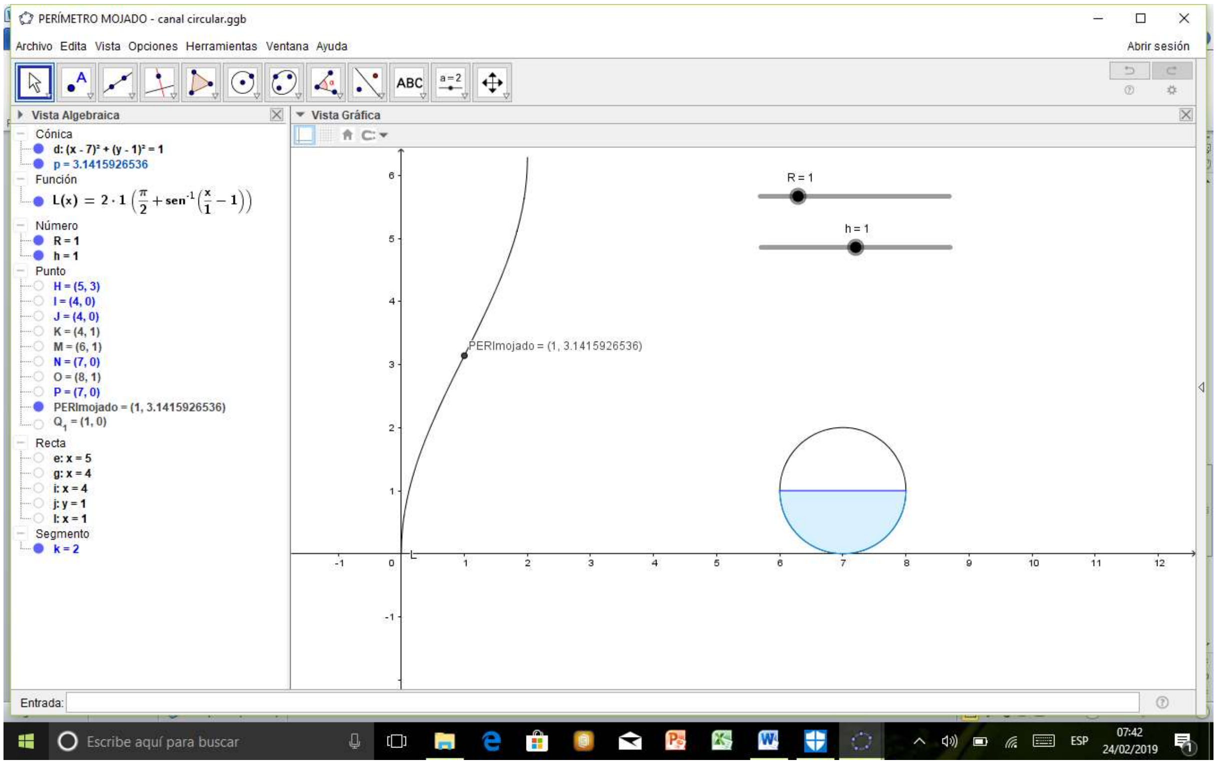
Figura 4.3.2a Perímetro mojado de canal circular (SGD). Fuente propia



Esta captura de pantalla una alcantarilla circular de radio R=1 con altura h=0 y se observa la curva del comportamiento del perímetro mojado PERImojado = (0, 0).

Todas las pantallas capturadas utilizaron los applets adjuntos en el CD que acompaña la versión digital del presente trabajo.

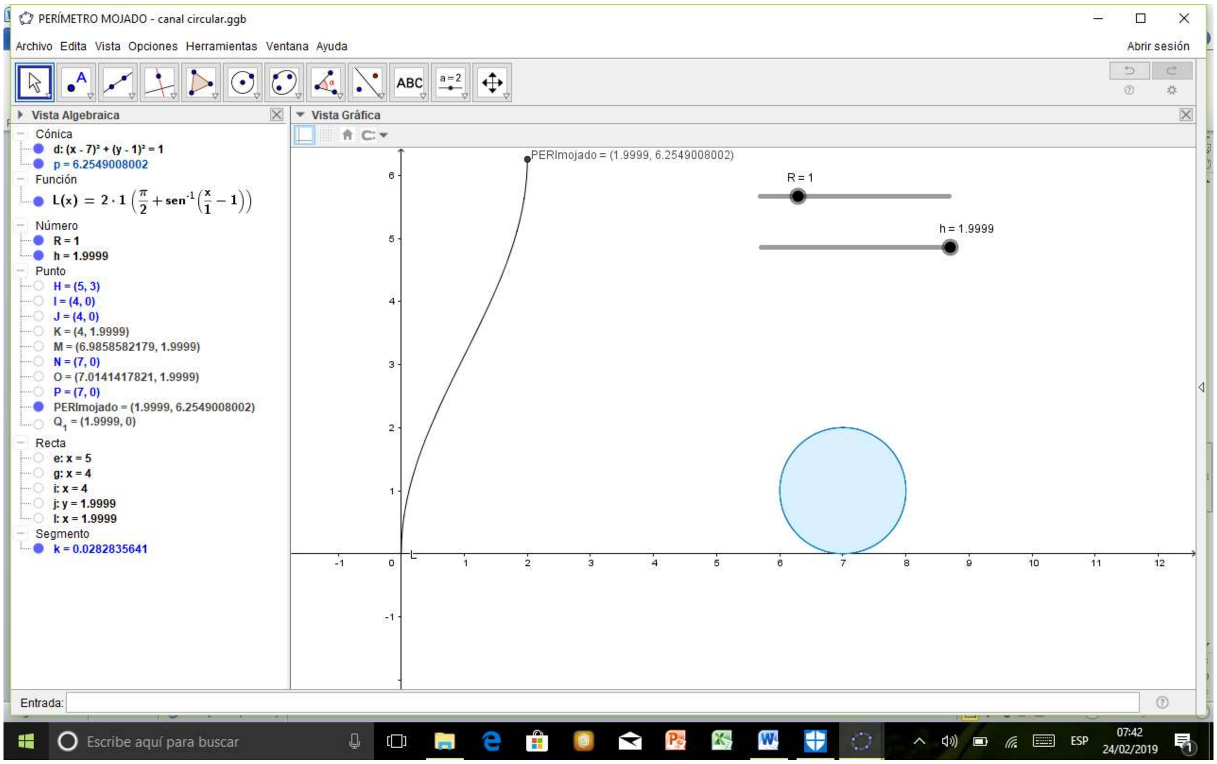
Figura 4.3.2b Perímetro mojado de canal circular (SGD). Fuente propia



Esta captura de pantalla una alcantarilla circular de radio R=1 con altura h=1 y se observa la curva del comportamiento del perímetro mojado PERImojado = (1, 3.1415).

Todas las pantallas capturadas utilizaron los applets adjuntos en el CD que acompaña la versión digital del presente trabajo.

Figura 4.3.2c Perímetro mojado de canal circular (SGD). Fuente propia



Esta captura de pantalla una alcantarilla circular de radio R=1 con altura h=1.9999 y se observa la curva del comportamiento del perímetro mojado PERImojado = (1.9999, 6.2549).

Todas las pantallas capturadas utilizaron los applets adjuntos en el CD que acompaña la versión digital del presente trabajo.

Figura 4.3.3 Programa de estudios ITSC-Ingeniería Civil

SEP
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	**Hidráulica de Canales**
Clave de la asignatura:	**ICG-1019**
SATCA[1]:	**3-3-6**
Carrera:	**Ingeniería Civil**

2. Presentación

Caracterización de la asignatura
Esta asignatura proporciona al perfil del Ingeniero Civil los conocimientos fundamentales del escurrimiento a superficie libre, para su aplicación en el proyecto, diseño, construcción, operación y conservación de obras hidráulicas tales como sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial, obras de riego e ingeniería de presas. Se relaciona con las asignaturas antecedentes de Estática, Dinámica, Introducción a la Mecánica del Medio Continuo, Cálculo Diferencial e Integral, Métodos Numéricos, Hidrología y las subsecuentes como Alcantarillado y Abastecimiento de Agua. Esta relación se establece de manera particular con temas asociados al cálculo de centros de gravedad y raíces de polinomios, las leyes de la mecánica del medio continuo, los métodos de derivación e integración de funciones escalares, los procedimientos de interpolación lineal, los principios conservativos de la masa, energía, impulso y cantidad de movimiento, además del cálculo de gastos, pendientes, tirantes y pérdidas por fricción en drenaje sanitario y pluvial y en redes hidráulicas. Puesto que esta asignatura dará soporte a otras, más directamente vinculadas con desempeños profesionales; se inserta en la parte intermedia de la trayectoria escolar, antes de cursar aquéllas a las que da sustento.
Intención didáctica
Se organiza el temario en cuatro temas, en cada uno de ellos se abordan los conceptos y se efectúan aplicaciones a la ingeniería; se enfatiza la importancia del diseño de canales básicamente en dos aspectos esenciales: el abastecimiento y el drenaje. En el caso del primero se refiere a abastecer a poblaciones como a industrias y zonas de riego, y el segundo adquiere relevancia en la época de lluvias sobre todo si la población considerada se ubica en lugares con alto índice de precipitación pluvial. Por otra parte se sugiere una actividad integradora, en el tema cuatro, que permita aplicar los conceptos desarrollados. Esto permite dar un cierre a la asignatura mostrándola como útil por sí misma en el desempeño profesional. El enfoque sugerido para la asignatura requiere que las actividades prácticas promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: identificación, manejo y control de variables y datos relevantes; planteamiento de hipótesis; trabajo en equipo; así mismo, propicien procesos intelectuales como inducción-deducción y análisis-síntesis con la intención de generar una actividad intelectual compleja; En las actividades prácticas sugeridas, es conveniente que el docente busque sólo guiar al estudiante para que ellos hagan la elección de las variables a controlar y registrar. Esto con el fin de que aprendan a planificar por si mismos, el docente debe involucrarlos en el proceso de planeación. La lista de actividades de aprendizaje sugeridas, se considera que son las necesarias para hacer más significativo el aprendizaje. Algunas de ellas pueden hacerse como actividad extra clase y comenzar el

[1] Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

tratamiento en clase a partir de la discusión de los resultados de las observaciones. Se busca partir de experiencias concretas, cotidianas, para que el estudiante se acostumbre a reconocer los fenómenos físicos en su alrededor y no sólo se hable de ellos en el aula. Es importante ofrecer escenarios distintos, ya sean construidos, artificiales, virtuales o naturales.
En las actividades de aprendizaje sugeridas, generalmente se propone la formalización de los conceptos a partir de experiencias concretas; se busca que el estudiante tenga el primer contacto con el concepto en forma concreta y sea a través de la observación, la reflexión y la discusión que se dé la formalización.
En el transcurso de las actividades programadas es muy importante que el estudiante aprenda a valorar las actividades que lleva a cabo y entienda que está construyendo su futuro y en consecuencia actúe de una manera profesional; de igual manera, aprecie la importancia del conocimiento y los hábitos de trabajo; desarrolle la precisión y la curiosidad, la puntualidad, el entusiasmo y el interés, la tenacidad, la flexibilidad y la autonomía.
Es necesario que el docente ponga atención y cuidado en estos aspectos en el desarrollo de las actividades de aprendizaje.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
Instituto Tecnológico de Chetumal del 19 al 23 de octubre de 2009.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Apizaco, Boca del Río, Cerro Azul, Chetumal, Chilpancingo, Durango, La Paz, Superior de Los Ríos, Superior de Macuspana, Matehuala, Mérida, Nuevo Laredo, Oaxaca, Superior del Oriente del Estado de Hidalgo, Pachuca, Tapachula, Tuxtepec, Villahermosa y Zacatepec.	Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería Civil, Licenciatura en Biología y Arquitectura.
Instituto Tecnológico de Oaxaca del 8 al 12 de marzo de 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Apizaco, Boca del Río, Cerro Azul, Chetumal, Chilpancingo, Durango, La Paz, Superior de Los Ríos, Superior de Macuspana, Matehuala, Mérida, Nuevo Laredo, Oaxaca, Superior del Oriente del Estado de Hidalgo, Pachuca, Tapachula, Tuxtepec, Villahermosa y Zacatepec.	Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería Civil, Licenciatura en Biología y Arquitectura.
Instituto Tecnológico de Cd. Juárez, del 27 al 30 de noviembre de 2013.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Apizaco, Cd. Victoria, Chetumal, Chilpancingo, Durango, Huixquilucan, La Paz,	Reunión Nacional de Seguimiento Curricular de los Programas en Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería Industrial, Ingeniería

	Matamoros, Nogales, Oaxaca, Oriente del Estado de Hidalgo, Tapachula, Tehuacán, Tepic, Tuxtepec.	en Logística, Ingeniería Civil y Arquitectura.
Instituto Tecnológico de Toluca, del 10 al 13 de febrero de 2014.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Chilpancingo, Durango y Tuxtepec.	Reunión de Seguimiento Curricular de los Programas Educativos de Ingenierías, Licenciaturas y Asignaturas Comunes del SNIT.
Tecnológico Nacional de México, del 25 al 26 de agosto de 2014.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Apizaco, Boca del Río, Celaya, Cerro Azul, Cd. Juárez, Cd. Madero, Chihuahua, Coacalco, Coatzacoalcos, Durango, Ecatepec, La Laguna, Lerdo, Matamoros, Mérida, Mexicali, Motúl, Nuevo Laredo, Orizaba, Pachuca, Poza Rica, Progreso, Reynosa, Saltillo, Santiago Papasquiaro, Tantoyuca, Tlalnepantla, Toluca, Veracruz, Villahermosa, Zacatecas y Zacatepec. Representantes de Petróleos Mexicanos (PEMEX).	Reunión de trabajo para la actualización de los planes de estudio del sector energético, con la participación de PEMEX.

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia específica de la asignatura
Aplica los fundamentos del flujo uniforme, flujo variado, los principios básicos de energía y fuerza específica para el diseño de los proyectos de alcantarillado, riego y obras hidráulicas en general.

5. Competencias previas

Comprende los fundamentos de la hidrostática e hidrodinámica así como los principios básicos del flujo en conductos a presión para ser aplicados en proyectos y obras de ingeniería hidráulica.

6. Temario

No.	Nombre de temas	Subtemas
1.	Flujo uniforme	1.1 Generalidades (geometría de canales, distribución de velocidades y presiones). 1.2 Características del flujo uniforme. 1.3 Establecimiento de flujo uniforme. 1.4 Ecuaciones de fricción. 1.5 Estimación de coeficientes de resistencia. 1.6 Cálculo de flujo uniforme.

		1.7 Canales con sección y rugosidad compuesta. 1.8 Diseño de canales revestidos y no revestidos.
2.	Energía específica	2.1 Principio de energía. 2.2 Curvas de energía específica. 2.3 Flujo suscritico, crítico y supercrítico. 2.4 Aplicaciones en escalones, contracciones, ampliaciones, cambios de sección, canales Parshal y alcantarillas. 2.5 Transiciones y curvas en régimen suscritico. 2.6 Geometría y pérdidas en una transición. 2.7 Geometría y pérdida en una curva.
3.	Fuerza específica	3.1 Impulso y cantidad de movimiento. 3.2 Fuerza Hidrodinámica. 3.3 Función Momentum o fuerza específica. 3.4 Análisis de la curva M-y 3.5 Salto hidráulico en canales rectangulares, trapeciales, triangulares, circulares y de herradura. 3.6 Longitud del salto hidráulico. 3.7 Disipadores de energía. 3.8 Tanque de amortiguación. 3.9 Salto de esquí.
4.	Flujo gradualmente variado	4.1 Clasificación de perfiles. 4.2 Ecuación dinámica. 4.3 Tipos de perfiles. 4.4 Métodos de integración de la ecuación dinámica. 4.5 Método de integración directa. 4.6 Método de integración gráfica. 4.7 Método del paso estándar. 4.8 Método de pasos.

7. Actividades de aprendizaje de los temas

1. Flujo Uniforme	
Competencias	Actividades de aprendizaje
Especifica(s): • Calcula los parámetros hidráulicos del flujo a superficie libre para la solución de problemas de revisión y de diseño de canales. Genéricas: • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica • Conocimientos sobre el área de estudio y la profesión	• Identificar las secciones típicas de canales prismáticos mediante una tabla. • Elaborar un ensayo acerca del análisis de la distribución de velocidades y presiones en canales. • Resolver ejercicios de flujo uniforme. • Aplicar los métodos de diseño de canales revestidos (Sección Optima y USBR) y no revestidos (Fuerza Tractiva y Velocidad Máxima Permisible).en un proyecto de canales • Redactar resúmenes de artículos técnicos de

• Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas.	revistas especializadas.
2. Energía específica	
Competencias	Actividades de aprendizaje
Especifica(s): • Analiza los conceptos y relaciones de la energía específica en el flujo en canales para calcular el flujo crítico, subcrítico y supercrítico. Genéricas: • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica • Capacidad para organizar y planificar el tiempo • Capacidad de comunicación oral y escrita	• Definir el concepto de energía específica mediante una presentación electrónica. • Clasificar a través de graficas el estado de flujo con ayuda de las curvas de energía específica. • Resolver problemas de flujo crítico en forma manual y con software. • Aplicar la ecuación de la energía para determinar los elementos hidráulicos en transiciones tales como escalones, contracciones, ampliaciones, cambios de sección y en curvas en un proyecto
3. Fuerza específica	
Competencias	Actividades de aprendizaje
Especifica(s): • Calcula el fenómeno del salto hidráulico aplicando el principio de la conservación del Impulso y Cantidad de Movimiento para obtener las ecuaciones del salto hidráulico. Genéricas: • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica • Conocimientos sobre el área de estudio y la profesión • Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación • Capacidad creativa • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas • Capacidad para tomar decisiones • Capacidad de trabajo en equipo	• Describir el fenómeno del salto hidráulico a través de un mapa conceptual. • Clasificar el salto hidráulico mediante un mapa mental. • Resolver ejercicios de salto hidráulico en forma manual y con apoyo de software. • Realizar la memoria de cálculo del diseño de disipadores de energía. • Resolver un problemario de cálculo de empuje en pilas y transiciones.
4. Flujo gradualmente variado	
Competencias	Actividades de aprendizaje
Especifica(s): • Identifica las causas que originan la formación de los perfiles de flujo y sus efectos en las estructuras hidráulicas para el cálculo de perfiles. Genéricas: • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica	• Describir las características de los perfiles de flujo mediante una proyección electrónica. • Aplicar los métodos de integración de la ecuación dinámica para la obtención de los perfiles de flujo con la asistencia de programas de cómputo.

• Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente • Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas • Capacidad crítica y autocrítica • Capacidad para actuar en nuevas situaciones	

8. Prácticas

- Determinación de coeficientes de resistencia al flujo.
- Verificación de la energía específica en escalones, contracciones y cambios de sección.
- Simulación del salto hidráulico.
- Verificación del flujo en un Canal Parshall
- Determinación de perfiles de flujo aguas arriba y abajo en dispositivos de control.
- Realizar visitas de obras hidráulicas de canales y alcantarillas en fase de construcción, operación y mantenimiento.

9. Proyecto de asignatura

El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:

- **Fundamentación:** marco referencial (teórico, conceptual, contextual, legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado, mismo que permite a los estudiantes lograr la comprensión de la realidad o situación objeto de estudio para definir un proceso de intervención o hacer el diseño de un modelo.
- **Planeación:** con base en el diagnóstico en esta fase se realiza el diseño del proyecto por parte de los estudiantes con asesoría del docente; implica planificar un proceso: de intervención empresarial, social o comunitario, el diseño de un modelo, entre otros, según el tipo de proyecto, las actividades a realizar los recursos requeridos y el cronograma de trabajo.
- **Ejecución:** consiste en el desarrollo de la planeación del proyecto realizada por parte de los estudiantes con asesoría del docente, es decir en la intervención (social, empresarial), o construcción del modelo propuesto según el tipo de proyecto, es la fase de mayor duración que implica el desempeño de las competencias genéricas y especificas a desarrollar.
- **Evaluación:** es la fase final que aplica un juicio de valor en el contexto laboral-profesión, social e investigativo, ésta se debe realizar a través del reconocimiento de logros y aspectos a mejorar se estará promoviendo el concepto de "evaluación para la mejora continua", la metacognición, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.

10. Evaluación por competencias

La evaluación debe ser continua y formativa por lo que se debe considerar el desempeño en cada una de las actividades de aprendizaje utilizando:

- Representaciones gráficas (Mapas de conceptos, mapas mentales, cuadros sinópticos) se utilizan listas de cotejo.
- Examen escrito en todos los temas
- Para los problemarios se utiliza una rúbrica que permita establecer el nivel de competencia del estudiante en los temas que comprendan la resolución de problemas.

- Fomentar la autoevaluación y coevaluación.
- Proyecto de asignatura
- Portafolio de evidencias.

11. Fuentes de información

- Camargo, Hernández Jaime E. y Víctor Franco. Hidráulica de canales. Instituto de Ingeniería UNAM. México. 1999.
- Chanson, Hubert. Hidráulica de flujo en canales abiertos. McGraw Hill. México. 2002.
- Chow Ven Te. Hidráulica de canales abiertos. McGraw Hill. México. 1994.
- Comisión Federal de Electricidad. Manual de Diseño de Obras Civiles. Escurrimiento a superficie libre. 1980.
- Comisión Federal de Electricidad. Manual de Diseño de Obras Civiles. Hidráulica Fluvial. 1980.
- French, Richard H. Hidráulica de canales abiertos. 1ª. Edición. McGraw Hill. México. 1988.
- Gardea Villegas, Humberto. Hidráulica de canales. 3ª. Edición. Facultad de
- Ingeniería. Fundación ICA. México, 1999.
- Naudasher, Eduard. Hidràulica de canales. Limusa Noriega Editores. México, 2000.
- Revista Tecnología y Ciencias del Agua. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. México.
- Revista Tlaloc. Asociación Mexicana de Hidráulica.
- Revista Ingeniería Investigación y Tecnología. Facultad de Ingeniería. UNAM
- Revista Investigación Hoy. Instituto Politécnico Nacional Sotelo, Ávila Gilberto. Hidráulica de canales. Facultad de Ingeniería. UNAM.
- Torres Herrera, F. Obras Hidráulicas, Limusa, México. 1987.

Figura 4.3.4 Programa de estudios UNACH-FI-Ingeniería Civil

Universidad Autónoma de Chiapas
Facultad de Ingeniería
Secretaría Académica - Comité de Desarrollo Curricular

PROGRAMA ANALÍTICO

DATOS DE IDENTIFICACIÓN	
NOMBRE DE LA INSTITUCIÓN DES UNIDAD ACADÉMICA	**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS** **ARQUITECTURA E INGENIERÍA** **FACULTAD DE INGENIERÍA**
NOMBRE DE LA UNIDAD DE COMPETENCIA	**HIDRÁULICA A SUPERFICIE LIBRE**
HORAS AULA-TEORÍA Y/O PRÁCTICAS, TOTALES	**64**
MODALIDAD	**ESCOLARIZADA**
PERIODO ACADÉMICO	**SEXTO SEMESTRE**
TIPO DE UNIDAD DE COMPETENCIA	**OBLIGATORIA**
ÁREA CURRICULAR	**CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**
CRÉDITOS	**5**
FECHA DE ELABORACIÓN	**01/06/2015**
FECHA DE ÚLTIMA ACTUALIZACIÓN	**16/06/2016**
RESPONSABLE DEL DISEÑO	
PERFIL DEL DOCENTE	**INGENIERÍA CIVIL O CARRERA AFÍN, PREFERENTE CON MAESTRÍA O DOCTORADO EN EL ÁREA**

1. Presentación

Todas las implicaciones que tiene el sistema de conducción a superficie libre, que por cierto fue el primero que copió el hombre a la naturaleza; en el cual existe una superficie libre del agua en contacto con la presión atmosférica. Baste decir que este tipo de conducción es más complicado que aquel que se lleva a cabo en tuberías a presión, ya que el nivel del agua en el canal modifica las características hidráulicas de la sección, situación que no ocurre en tuberías.

2. Propósitos

El alumno analizará el flujo permanente a superficie libre, con base en los principios y ecuaciones básicas de la Hidráulica. Comprenderá los conceptos más importantes que se emplean en el estudio del arrastre de sedimentos en cauces.

3. Competencias Generales de la Unidad de Competencia que contribuyen al Perfil del Egresado

a. Instrumentales

Aplica estrategias de aprendizaje autónomo que le permitan la toma de decisiones en los ámbitos personal, académico y profesional.
Utiliza los lenguajes lógico, formal, matemático, icónico, verbal y no verbal para comprender, interpretar y expresar ideas y teorías.
Maneja las tecnologías de la información y la comunicación como herramienta para el aprendizaje y trabajo colaborativo que le permitan su participación constructiva en la sociedad.

b. Personales y de interacción social

Página 272

Mantiene una actitud de compromiso y respeto hacia la diversidad de prácticas sociales y culturales que reafirman el principio de integración en el contexto local, nacional e internacional con la finalidad de promover ambientes de convivencia pacífica.
Practica los valores promovidos por la UNACH: la verdad, la ética y el rigor científico, la legalidad, libertad de cátedra y de investigación, la autonomía universitaria, el respeto, la libertad, la paz, la justicia, la democracia, la pluralidad, la tolerancia, la equidad y la solidaridad como valores universales de la convivencia humana.

c. Integradoras

Construye propuestas innovadoras basadas en la comprensión holística de la realidad para contribuir a superar los retos del ambiente global interdependiente.

4. Competencias Específicas del Egresado de la Facultad de Ingeniería Campus I.

Distingue las partes de un sistema, componente o proceso, estableciendo las relaciones que guardan entre sí, que le permita documentar la información obtenida en forma estructurada, ordenada y coherente, incluyendo conclusiones propias.

5. Competencias Específicas de la Unidad de Competencia que contribuyen al Perfil Profesional.

Planea la infraestructura civil mediante alternativas de solución considerando la optimización de los recursos naturales, económicos, humanos y del tiempo, con criterios de sustentabilidad y herramientas tecnológicas.

6. Estructuración de la Unidad de Competencia

COMPETENCIAS QUE SE FAVORECEN: (Se enuncian las competencias que se emplearan en la formación del estudiante siguiendo los lineamientos internacionales, las cuales deben ser adquiridas por estos (el estudiante) ya que forman parte de su perfil de egreso).

CRITERIOS DE DESEMPEÑO (APRENDIZAJES ESPERADOS)	CONTENIDOS
• Comprende las características de los diferentes tipos de flujos a superficie libre, las ecuaciones básicas del flujo permanente, así como la distribución de velocidades y presiones en la sección de un canal.	**CONCEPTOS Y PRINCIPIOS BÁSICOS** Características de los diferentes tipos de flujos a superficie libre. Flujo permanente y no permanente. Flujo uniforme y variado. Flujo laminar y turbulento. Elementos geométricos de la sección y pendiente longitudinal. Canal prismático. Ecuaciones fundamentales de la hidráulica para flujo a superficie libre. Ecuación de continuidad. Ecuación de la energía.

Página 273

	Ecuación de impulso y cantidad de movimiento. Distribución de velocidades en la sección de un canal. Distribución de presiones en la sección de un canal.
• Comprende el concepto de energía específica para determinar el régimen de flujo en un canal y lo aplica al análisis de cambios bruscos de una sección para conocer la variación del tirante.	**ENERGÍA ESPECÍFICA Y RÉGIMEN CRÍTICO** Energía específica del flujo rectilíneo. Flujo permanente y no permanente. Flujo uniforme y variado. Flujo laminar y turbulento. Régimen crítico. Condición para gasto constante (curva E – y). Tirantes alternos. Condición para energía específica constante (curva q – y). Cálculo del tirante crítico para distintas formas de sección. Flujos supercrítico y subcrítico. Número de Froude. Velocidad de onda. Pendiente crítica.
• Calcula las características del flujo rápidamente variado, aplicada al salto hidráulico en canales con secciones usuales y su representación gráfica (curva M – y).	**FLUJO RÁPIDAMENTE VARIADO** Aplicación de la ecuación de cantidad de movimiento al salto hidráulico. La relación M – y. Tirantes conjugados. Ecuación de la cantidad de movimiento para secciones no rectangulares. Características básicas del salto hidráulico. Tipo. Longitud. Pérdida de energía. Control del salto hidráulico mediante estructuras de fondo.
• Diseña la sección de un canal prismático atendiendo a las condiciones de gasto, pendiente, características del material de sus paredes.	**FLUJO UNIFORME** Condiciones para el establecimiento del flujo uniforme. Leyes de fricción en canales lisos y rugosos. Expresión de Chezy. Expresión de Manning – Strickler. Cálculo del flujo uniforme y sus aplicaciones. Secciones simples. Secciones compuestas. Conductos cubiertos parcialmente llenos. Diseño de la sección de un canal. Sección de máxima eficiencia.
• Determina los perfiles de la superficie libre del agua en canales prismáticos y no prismáticos, cuando el flujo varía en el espacio (tirante).	**FLUJO GRADUALMENTE VARIADO** Ecuación del flujo gradualmente variado. Perfiles longitudinales. Clasificación. Secciones de control de régimen. Perfiles compuestos. Cálculo de perfiles en canales. Capacidad de conducción en un canal. Localización del salto hidráulico en el flujo gradualmente variado.

• Diseña dispositivos de aforo en canales, así como transiciones en régimen subcrítico y alcantarillas.	**TRANSICIONES** Dispositivos de aforo en canales. Transiciones en flujo subcrítico. Alcantarillas.
• Analiza las principales propiedades de las partículas sedimentarias y el inicio de su movimiento. • Diseña la sección de un canal no revestido, sin arrastre. • Conoce la mecánica del transporte de sólidos y los tipos de socavación que tienen lugar en un río.	**PRINCIPIOS DEL ARRASTRE DE SEDIMENTOS** Características de las partículas sedimentarias. Inicio de arrastre: esfuerzo cortante crítico y velocidad crítica. Método de la fuerza tractiva. Canales no revestidos sin arrastre. Resistencia al flujo: formas del fondo, regímenes del flujo y criterios para definirlos y para calcular la velocidad media en una corriente fluvial. Transporte de sedimentos: tipos de transporte y criterios para cuantificarlo. Socavación.
• Aquí se enuncian las habilidades, conocimiento, valores y actitudes que el estudiante debe de aplicar durante la elaboración del proyecto. Ejemplo: "organiza y analiza la información derivada de su proyecto utilizando dibujos, textos, tablas y gráficas."	**PROYECTO: (título del proyecto)** Indique las preguntas globales a tratar en el proyecto.
El proyecto deberá permitir el desarrollo, integración, y aplicación de aprendizajes esperados y de competencias. Es importante realizar, junto con los alumnos, la planeación del proyecto en el transcurso de la materia, para desarrollarlo y comunicarlo durante las últimas semanas del semestre.	

Instrumentos para la obtención de evidencias de aprendizaje:
(Indique los instrumentos de evaluación para la obtención de evidencias).

☒**Rúbrica o matriz de verificación.**
☒**Listas de cotejo y control.**
☐Registro anecdótico o anecdotario.
☐Producciones escritas y gráficas.
☐Observación directa.
☐Proyectos colectivos (búsqueda de información, identificación de problemas y formulación de alternativas de solución, entre otros).
☐Esquemas y mapas conceptuales
☐Registro y cuadro de actitudes observadas en los estudiantes en actividades colectivas.
☐Prácticas de laboratorio.
☐Prácticas de campo.
☒**Portafolios y carpetas de los trabajos.**
☒**Pruebas escritas u orales.**

Nota 1: El valor para cada uno de los instrumentos de evaluación quedara a criterio del docente.
Nota 2: Las evaluaciones escritas u orales serán departamentales.

7. Evaluación integral de procesos y productos de aprendizaje

Elementos de evaluación	Ponderación
Rúbrica o matriz de verificación	10%

Listas de cotejo y control	10%
Portafolios y carpetas de los trabajos	40%
Pruebas escritas u orales	40%
TOTAL	**100%**

8. Fuentes de apoyo y consulta

Chow Ven T. (1959) Hidráulica de Canales Abiertos. McGraw Hill.

CNA (1996) Manual de Ingeniería de Ríos. 1ª. Impresión.

Henderson F. M. (1966) Open Channel Flow. The MacMillan Company.

Sotelo A.G. (2002) Hidráulica de Canales. Facultad de Ingeniería, UNAM.

Sturm T. W. (2001) Open Channel Hydraulics. McGraw Hill.