

SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR
DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR
TECNOLÓGICA
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ



SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



SEP

TRABAJO PROFESIONAL

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECÁNICO

QUE PRESENTA:

RAFAEL DE JESÚS REYES AZMITIA

CON EL TEMA:

“MESA PARA VISUALIZACIÓN DE FLUJOS”

MEDIANTE:

**OPCION X
(MEMORIA DE RESIDENCIA)**

TUXTLA GUTIERREZ, CHIAPAS

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	4
<u>CAPÍTULO 1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO</u>	
1.1 JUSTIFICACIÓN	6
1.2 OBJETIVOS	6
1.3 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA EN QUE SE PARTICIPÓ	6
1.4 PROBLEMAS A RESOLVER	6
1.5 ALCANCES	7
1.6 LIMITACIONES	7
<u>CAPÍTULO 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE VISUALIZACIÓN DE FLUJOS</u>	
2.1 FLUJO NO UNIFORME	9
2.2 FLUJO LAMINAR	9
2.3 EL CAUDAL	10
2.4 LINEAS DE CORRIENTE	10
2.4.1 DEFINICIONES, FÓRMULAS Y UNIDADES A UTILIZAR	11
2.5 FLUJO LAMINAR ENTRE PLACAS PARALELAS	12
2.5.1 MÉTODO ELEMENTAL	12
2.6 VISUALIZACIÓN DEL FLUJO	14
2.6.1 TRAZADORES	14
2.7 REYNOLDS	16
2.8 CAPA LÍMITE	18
2.9 BOMBA DE LÓBULOS	20
2.10 CANALES ABIERTOS	21
2.10.1 NÚMERO DE FROUDE	22
2.10.2 FLUJO PERMANENTE Y UNIFORME	23
2.10.3 GEOMETRIA DEL CANAL	25
2.10.4 CALCULO SEGÚN LA SECCIÓN DEL CANAL	26
2.10.5 CANALES DE SECCIONES ESPECIALES	28
2.10.6 CANALES DE SECCIÓN IRREGULAR	29
2.11 PERMANGANATO DE SODIO	29
2.12 HELE- SHAW	31
2.12.1 FORMULACIÓN MATEMÁTICA DE LOS FLUJOS DE HELE- SHAW	31
2.13 VALVULAS DE COMPUERTA	32
2.14 BUSHING	33
2.15 ORING	34
2.16 PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS	35

INTRODUCCIÓN

Desde hace mucho tiempo el ser humano a utilizado el agua para diferentes estudios; han investigado el comportamiento de ella bajo diferentes circunstancias, como también a investigado a diferentes velocidades cómo se comporta, es por eso que el siguiente trabajo nos apoyamos en el agua para poder llevar a cabo el proyecto de la visualización de flujo laminar. En este proyecto se habla de la clasificación que tiene el Reynolds a diferentes números, también hablamos de diferentes temas como son el comportamiento del flujo laminar en placas planas, canales abiertos, las diferentes formas de visualización del comportamiento con diferentes perfiles aerodinámicos, flujo uniforme, las diferentes bombas que ahí y la que vamos usar como bombas de lóbulos, los accesorios que vamos usar como son bushing y oring. Tendremos la justificación de este proyecto y los objetivos que se llevaran a cabo para el estudio de este proyecto, el costo que nos llevara realizarlo, así como la manera de armarlo.

También se verá los resultados obtenidos en el momento de armar el proyecto, el prototipo que se utilizara en el proyecto.

CAPÍTULO 1

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1 JUSTIFICACIÓN

Para comprender más a fondo el comportamiento de los fluidos realizamos un estudio detallado del flujo laminar y nos enfocamos a observar su comportamiento, que es nuestro principal interés para el diseño de nuestra mesa con la que lograremos la visualización de flujo laminar y de esta forma poder entender mejor el comportamiento, así como también poder utilizar este diseño como una herramienta útil para los alumnos que se enfoquen al estudio del flujo laminar.

1.2 OBJETIVOS

- Objetivo General:
Diseñar una mesa para la visualización de flujos incompresibles a bajos números de Reynolds.
- Objetivo Especifico:
Diseñar una mesa para la visualización de flujo laminar, para ayudar a los alumnos a entender mejor el comportamiento del flujo laminar con diferentes perfiles aerodinámicos.

1.3 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA EN QUE SE PARTICIPÓ

Se estuvo trabajando en el departamento de Metal-Mecánica en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, con la colaboración del M.I. Apolinar Pérez López, en donde se realizaron los cálculos pertinentes y con el diseño de los mismos se elaboro el diseño de la mesa en solidworks en el centro de cómputo.

1.4 PROBLEMAS A RESOLVER

1. Investigación acerca del tema
2. Investigación de los componentes de la mesa
3. Cálculos de la mesa de fluidos
4. Diseño en programa de computadora
5. Ver otros objetivos acerca de la mesa

6. Ver que los Reynolds propuestos se lleven acabo
7. Ayudar a las materias de fluidos para una mejor comprensión del comportamiento del flujo laminar

1.5 ALCANCES

- Diseñar la mesa para la visualización de fluido laminar
- Se puede usar con diferentes perfiles aerodinámicos
- Ayudar a una mejor comprensión los temas relacionados con fluidos

1.6 LIMITACIONES

- La mesa es fija, no se puede mover a otros lugares
- No se puede reciclar el agua con la que se a trabajado previamente, hasta un determinado número de muestras.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTOS

TEÓRICOS DE

VISUALIZACIÓN

DE FLUJOS

2.1 FLUJO NO UNIFORME

El flujo no uniforme ocurre cuando la profundidad del líquido varía a lo largo de la longitud del canal abierto, o sea $\partial y / \partial L \neq 0$. El flujo no uniforme puede ser permanente o no permanente. También puede clasificarse en tranquilo, rápido o crítico.

2.2 FLUJO LAMINAR

Es uno de los dos tipos principales de flujo en fluido. Se llama flujo laminar o corriente laminar, al tipo de movimiento de un fluido cuando éste es perfectamente ordenado, estratificado, suave, de manera que el fluido se mueve en láminas paralelas sin entremezclarse si la corriente tiene lugar entre dos planos paralelos, o en capas cilíndricas coaxiales como, por ejemplo la glicerina en un tubo de sección circular. Las capas no se mezclan entre sí. El mecanismo de transporte es exclusivamente molecular. Se dice que este flujo es aerodinámico. En el flujo aerodinámico, cada partícula de fluido sigue una trayectoria suave, llamada línea de corriente.

La pérdida de energía es proporcional a la velocidad media. El perfil de velocidades tiene forma de una parábola, donde la velocidad máxima se encuentra en el eje del tubo y la velocidad es igual a cero en la pared del tubo. El flujo laminar en canales abiertos se dará para valores del número de Reynolds Re de 2, 000 o menores. El flujo puede ser laminar hasta $Re = 10, 000$.¹

La ley de Newton de la viscosidad es la que rige el flujo laminar, esta ley establece la relación existente entre el esfuerzo cortante y la rapidez de deformación angular. La acción de la viscosidad puede amortiguar cualquier tendencia turbulenta que pueda ocurrir en el flujo laminar. En situaciones que involucren combinaciones de baja viscosidad, alta velocidad o grandes caudales, el flujo laminar no es estable, lo que hace que se transforme en flujo turbulento.

¹ Mecánica de los fluidos e hidráulica, Tercera Edición

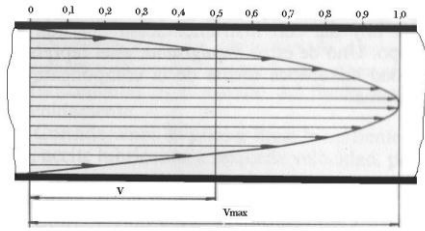


Figura 2.1 Distribución de velocidades en un tubo con flujo laminar

2.3 EL CAUDAL

Para flujo uniforme y permanente, aplicando la formula es:

$$Q = AV \dots \dots \dots \text{Ec. (A)}$$

Donde Q viene en m^3 / s , si A viene dada en m^2 y V m/ s .

Las condiciones ligadas al flujo uniforme y permanente se llaman normales. De ahí los términos profundidad normal y pendiente normal.

2.4 LINEAS DE CORRIENTE

Las líneas de corriente sirven para la representación gráfica de los flujos llamados Bidimensionales, que pueden representarse fácilmente en un plano, ya que, en éste caso, la velocidad no tiene componente normal al plano de dibujo y la corriente en todos los planos paralelos al dibujo es idéntica. En el momento en que se obtiene la gráfica de las líneas de corriente de un determinado flujo a través de un objeto o viceversa, se puede visualizar fácilmente en que zonas éstas líneas de corriente se separan provocando que la velocidad sea menor que la velocidad original del flujo y en qué zonas se aproximan entre si las líneas, lo que provoca una mayor velocidad que la original; lo anterior da origen a que la cantidad de flujo que pasa por una determinada zona del objeto sea diferente a la otra, pero también aplicando el teorema de Daniel Bernoulli (ley de la conservación de la energía), se puede deducir que la zona con menor velocidad estará sujeta a una sobrepresión y la otra zona de mayor velocidad estará sujeta a una acción de succión, que es el principio que se aplica en las alas de los aviones para lograr que estos se eleven. En hidráulica nos permitirá definir en qué zona se tendrá el paso de un mayor

caudal (volumen de agua entre la unidad de tiempo) y en qué zonas será menor al aplicar la ecuación de continuidad.

En el estudio del comportamiento de un fluido resulta de mucha ayuda el definir si el Movimiento de sus partículas es en forma ordenada (flujo laminar) o desordenada (Turbulento), ya que en el primer caso las trayectorias de las partículas serán más o menos paralelas entre si y todas ellas tenderán a tener la misma velocidad, pero en el segundo caso las trayectorias serán desordenadas y la velocidad de las partículas tenderán a ser diferentes, por lo que será necesario definir una velocidad promedio de todas ellas o de la masa líquida en movimiento, para poder calcular el caudal que fluye por un determinado conducto. También es de mucha utilidad para la clasificación de los flujos, de acuerdo a la relación entre las fuerzas de inercia y las debidas a la viscosidad, por medio del número de Reynolds, el cual toma en cuenta la velocidad promedio de la masa líquida en movimiento, la viscosidad cinemática del líquido y una dimensión característica del flujo.

2.4.1 Definiciones, fórmulas y unidades a utilizar

Línea de corriente.- Es una línea imaginaria que es tangente en todos sus puntos al vector Velocidad de distintas partículas en un instante dado. Las líneas de corriente pueden ser Convergentes, divergentes o paralelas, pero nunca se cruzan, ya que esto implicaría que En un punto dado existieran dos velocidades en un mismo instante, lo cual no es Físicamente posible.

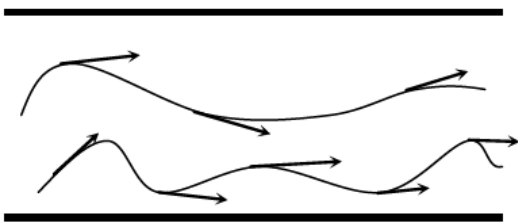


Figura 2.2 Líneas de corriente

Trayectoria.-Es el camino o la ruta que sigue una partícula líquida a través del tiempo.

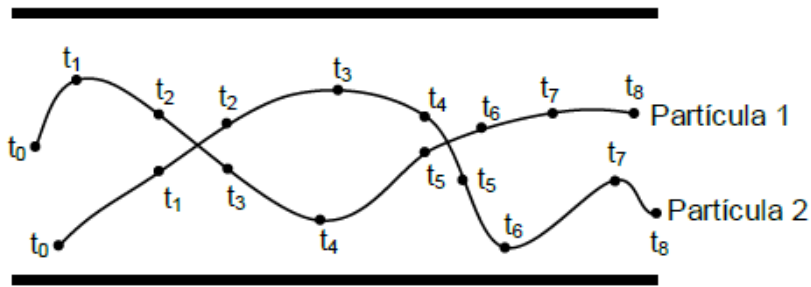


Figura 2.3 Trayectoria de dos partículas

2.5 FLUJO LAMINAR ENTRE PLACAS PARALELAS

Considere el flujo desarrollado, incompresible, continuo de un fluido entre placas paralelas con la placa superior desplazándose a una velocidad U . Se derivara la distribución de velocidad mediante dos métodos; cualquiera puede ser utilizado.

2.5.1 Método elemental

Considere un volumen elemental de profundidad unitaria en la dirección z , si se suman las fuerzas en la dirección x , se escribe:

$$p dy - (p + dp) dy - \tau dx + (\tau + d\tau) dx + \gamma dx dy \text{ sen}\theta = 0$$

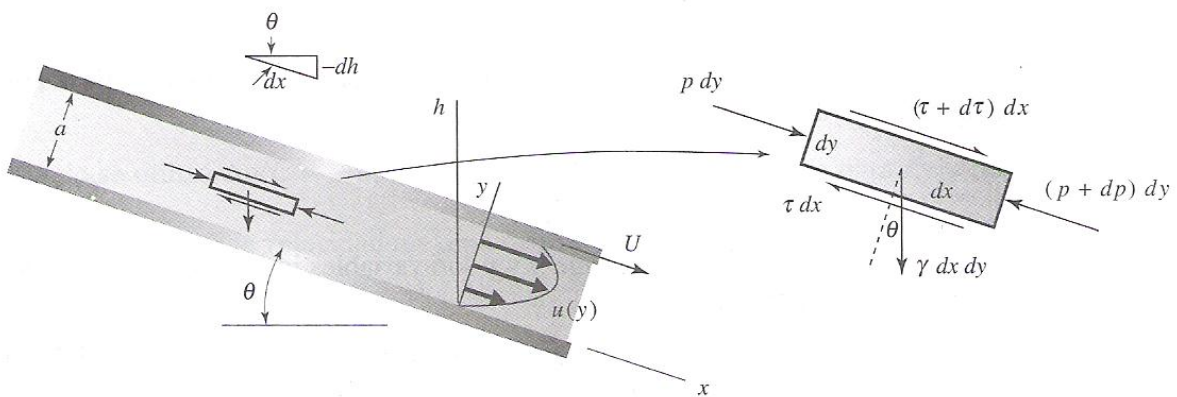


Figura 2.4 Flujo laminar entre placas paralelas

Puesto que no hay aceleración. Se supone que la aceleración depende únicamente de x; también que la variación con y es insignificante puesto que la dimensión a es bastante pequeña en la mayoría de las aplicaciones. Después de dividir entre dx dy, la ecuación anterior se simplifica como:

$$\frac{d\tau}{dy} = \frac{dp}{dx} - \gamma \text{sen}\theta$$

Como es un flujo unidimensional, el esfuerzo cortante es:

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} \dots \dots \dots \text{Ec. (C)}$$

Con ésta y $\text{sen}\theta = -dh/dx$, se obtiene:

$$\mu \frac{d^2u}{dy^2} = \frac{dp}{dx} + \gamma \frac{dh}{dx} = \frac{d}{dx} (p + \gamma h) \dots \dots \dots \text{Ec. (D)}$$

Como $u = u(y)$ para este flujo desarrollado, el lado izquierdo es sólo una función de y; porque el lado derecho es una función de x se concluye que debe ser una constante. Por consiguiente, puede ser integrada dos veces para obtener (primero, divide entre μ).

$$u(y) = \frac{y^2}{2\mu} \frac{d}{dx} (p + \gamma h) + Ay + B \dots \dots \dots \text{Ec. (E)}$$

Donde A y B son constantes de integración. Si se requiere $u = 0$ con $y = 0$ y $u = U$ con $y = a$, se tiene:

$$A = \frac{U}{a} - \frac{a}{2\mu} \frac{d}{dx} (p + \gamma h) \quad B = 0 \dots \dots \dots \text{Ec. (F)}$$

Por lo tanto la distribución de velocidad es la parábola:

$$u(y) = \frac{1}{2\mu} \frac{d}{dx} (p + \gamma h) (y^2 - ay) + \frac{U}{a} y \dots \dots \dots \text{Ec. (G)}$$

Si el movimiento se debe al movimiento de la placa únicamente (un perfil lineal), el flujo se llama flujo de Couette, si el movimiento se debe sólo al gradiente de presión, es decir, $U = 0$, se llama flujo de Poiseuille.

2.6 VISUALIZACIÓN DEL FLUJO

En general, se elige el método que muestre mejor las características de interés del flujo. Algunos ejemplos son las partículas utilizadas para visualizar líneas de trayectoria en flujos de líquido alrededor objetos sumergidos, emisión de tinta para estudiar el proceso de mezclado un una corriente, humo liberado en el extremo viento arriba de un túnel de viento para estudiar el desarrollo de una capa limite, y los patrones de flujo de aire sobre una superficie sólida visualizados al recubrir la superficie con un líquido viscoso (se forman líneas instantáneas que coinciden con las líneas de corriente cerca de la superficie). En esta sección se analizan varias de estas técnicas.

Una línea de trayectoria se genera físicamente al seguir el movimiento de una partícula individual tal como una burbuja o una pequeña esfera neutralmente flotante durante un lapso de tiempo; esto se podrá lograr mediante fotografía de larga exposición o grabación de videos. Por otra parte, si un rastro de humo, un tren de burbujas extremadamente pequeñas, o tinta que emana continuamente de una fuente estacionaria es fotografiada o registrada, se observa una línea instantánea. Cuando la generación de una línea instantánea se interrumpe periódicamente, se producen líneas instantáneas periódicas.

2.6.1 Trazadores

Los trazadores son aditivos agregados al fluido que permiten observar los patrones de flujo. Un trazador efectivo no altera el patrón de flujo, sino que es transportado por el flujo y es fácil de observar. Es importante que los trazadores no se vean afectados por fuerzas gravitacionales o centrifugas que produzcan diferencias de densidad. Además, su tamaño deberá ser por lo menos de un orden de magnitud más pequeño que la escala de longitud del campo de flujo. A continuación se presentan varios de ellos:

- **BURBUJAS DE HIDRÓGENO:** Se puede colocar un hilo metálico muy delgado en agua para que sirva como cátodo de un circuito de corriente directa, con cualquier material conductor adecuado que actúe como ánodo. Cuando se suministra un voltaje al circuito, del cátodo se desprenden burbujas de hidrógeno y de oxígeno del ánodo. La reacción primordial es la electrolisis del agua de modo que $2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$. En general, se utiliza burbujas de hidrógeno como trazador puesto que son más pequeñas que las de oxígeno, y se forman muchas más. Las burbujas son transportadas por el campo de flujo y se alejan del cátodo

como una hoja continua. Si el voltaje es pulsante, se forman líneas instantáneas discretas. Los sumideros de agua estándar en la adición de un electrolito tal como sulfato de sodio incrementa considerablemente la generación de burbujas. El uso de hilos extremadamente finos (0.025 a 0.05mm de diámetro) con velocidades adecuadas (números de Reynolds basados en el diámetro del hilo deben ser menos de 20) puede crear burbujas suficientemente pequeñas como para suprimir los efectos de flotación.

- **INDICADORES QUIMICOS:** Ciertos productos químicos orgánicos cambian de color cuando el pH del agua cambia. Por ejemplo, la solución azul de timo es amarilla con un pH de 8.0 y azul con un pH de 9.2; la solución roja de fenol es amarilla con un pH de 6.8 y roja con un pH de 8.2. Por lo tanto un cambio de pH provocado por la inyección de una solución base cambia el color del líquido. La duración del agua coloreada depende de la difusión molecular de los iones de hidrógeno y la turbulencia. Una ventaja de esta técnica es que los residuos de color se eliminan cambiando el pH. Se utiliza en estudios de fenómenos de transporte de fase sólido-líquido; si el indicador químico está en contacto con una superficie metálica y ésta se le imparte una carga negativa, la solución en contacto inmediato con la placa cambiará de color.
- **PARTICULAS EN AIRE:** Las partículas en aire pueden ser introducidas como burbujas de helio. Con la selección apropiada de una mezcla de jabón llenas de helio que no flotan; es posible producir diámetros de burbuja del orden de 4mm. También se utilizan partículas sólidas o gotas de líquido, aunque deben ser extremadamente pequeñas para evitar los efectos gravitacionales. Con tamaños tan pequeños se debe emplear a una fuente luminosa extremadamente intensa para visualizar el flujo.

Se ha utilizado humo con éxito para estudiar la estructura detallada de fenómenos de flujo complejos. Es el agente más popular utilizado para visualizar flujos en túneles de viento. Una técnica de inyección es el llamado método del hilo humeante, donde el humo es generado vaporizando aceite con un hilo fino eléctricamente calentado. El método se aplica a flujos en los que el número Reynolds basado en el diámetro del hilo es menor que 20. El humo también puede ser emitido por tubo de diámetro pequeño o "rastrillo" para crear una o más líneas instantáneas.

2.7 REYNOLDS

El número de Reynolds (Re) es un número a dimensional utilizado en mecánica de fluidos, diseño de reactores y fenómenos de transporte para caracterizar el movimiento de un fluido. Este número recibe su nombre en honor de Osborne Reynolds (1842-1912), quien lo describió en 1883.

El número de Reynolds relaciona la densidad, viscosidad, velocidad y dimensión típica de un flujo en una expresión a dimensional, que interviene en numerosos problemas de dinámica de fluidos. Dicho número o combinación a dimensional aparece en muchos casos relacionado con el hecho de que el flujo pueda considerarse laminar (número de Reynolds pequeño) o turbulento (número de Reynolds grande). Desde un punto de vista matemático el número de Reynolds de un problema o situación concreta se define por medio de la siguiente fórmula:

$$Re = \frac{\rho v_s D}{\mu} \dots\dots\dots Ec. (H)$$

o equivalentemente por:

$$Re = \frac{v_s D}{\nu} \dots\dots\dots Ec. (I)$$

Donde:

ρ : densidad del fluido

v_s : velocidad característica del fluido

D : diámetro de la tubería a través de la cual circula el fluido o longitud característica del sistema

μ : viscosidad dinámica del fluido

ν : viscosidad cinemática del fluido

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} .$$

Como todo número a dimensional es un cociente, una comparación. En este caso es la relación entre los términos convectivos y los términos viscosos de las ecuaciones de Navier-Stokes que gobiernan el movimiento de los fluidos.

Por ejemplo, un flujo con un número de Reynolds alrededor de 100.000 (típico en el movimiento de una aeronave pequeña, salvo en zonas próximas a la capa límite) expresa que las fuerzas viscosas son 100.000 veces menores que las fuerzas convectivas, y por lo tanto aquellas pueden ser ignoradas. Un ejemplo del caso contrario sería un cojinete axial lubricado con un fluido y sometido a una cierta carga. En este caso el número de Reynolds es mucho menor que 1 indicando que ahora las fuerzas dominantes son las viscosas y por lo tanto las convectivas pueden despreciarse. Otro ejemplo: En el análisis del movimiento de fluidos en el interior de conductos proporciona una indicación de la pérdida de carga causada por efectos viscosos.

El experimento de Reynolds son el resultado gráfico de dos las experiencias de Reynolds, donde se muestra la existencia del flujo laminar y del flujo turbulento. Una animación de este experimento no deja de ser útil.

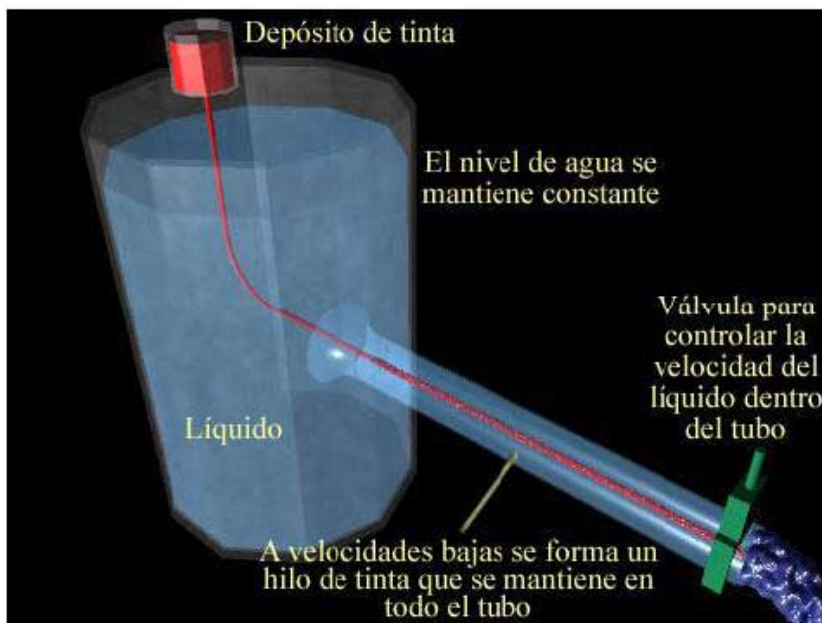


Figura 2.5 Flujo laminar

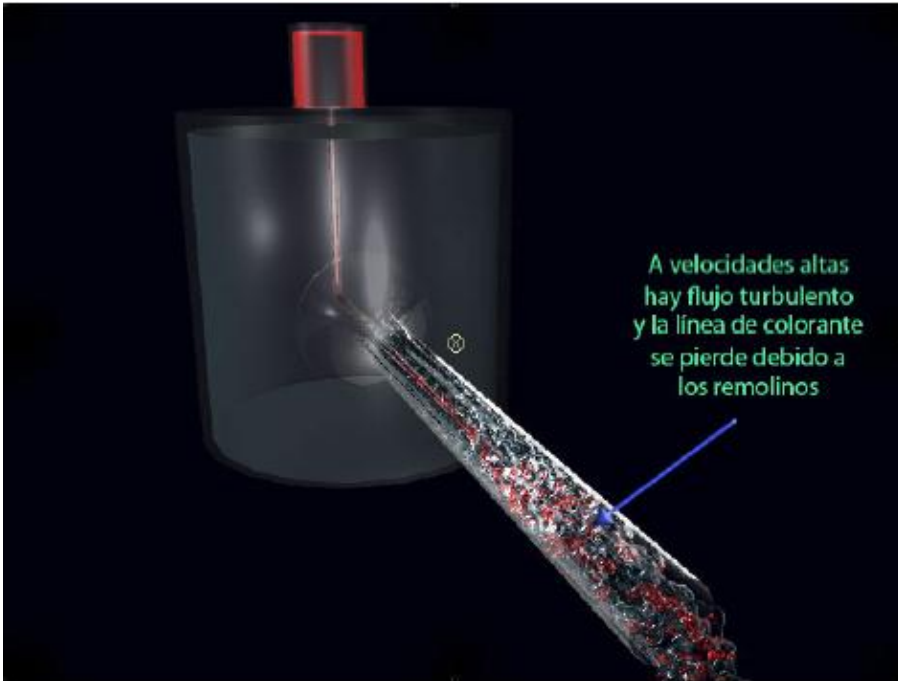
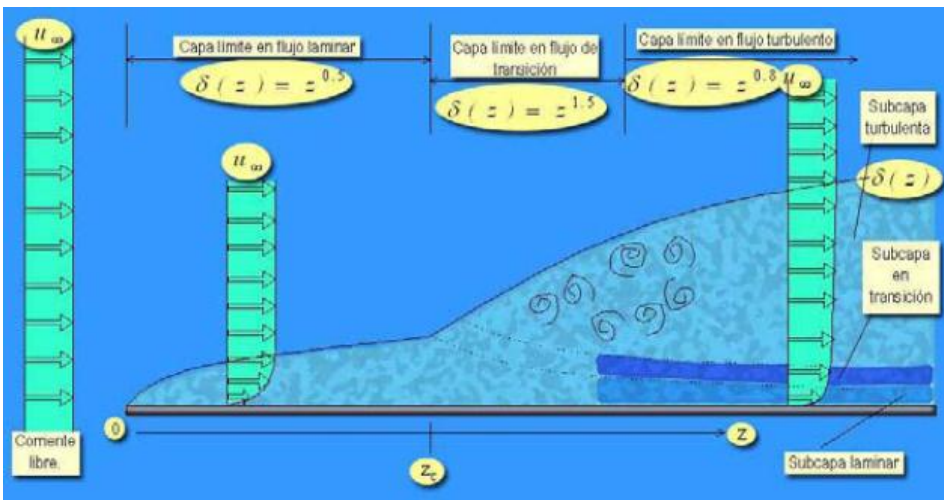
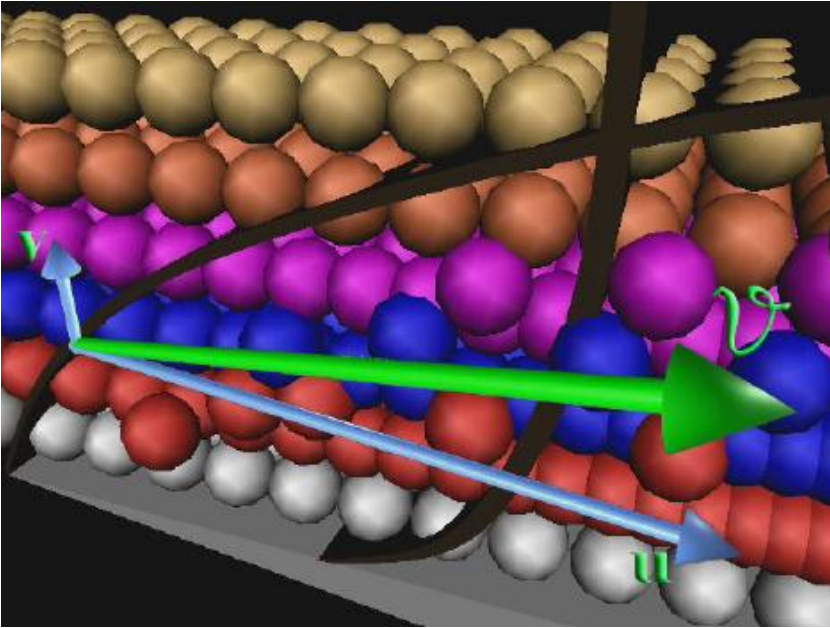


Figura 2.6 Flujo Turbulento

2.8 CAPA LÍMITE

Uno de los fenómenos difíciles de visualizar y que como consecuencia es difícil de comprender, es la formación de lo que se conoce como Capa limite y los movimientos moleculares dentro de ella. Usualmente la formación de la Capa limite y los movimientos moleculares que se presentan dentro de esa capa, se explican con ayuda de ilustraciones:





Figuras 2.7 Capa limite en el flujo Laminar

En estos casos el espesor de la capa limite aumenta desde las paredes y pronto ocupa todo el conducto, de modo que los esfuerzos viscosos son dimanantes en el flujo. Una correlación para el esfuerzo en la pared en conductos de sección constante.

En flujos externos, o no confinados, el fluido se mueve alrededor de superficies solidas, pudiendo desplazarse libremente, independientemente del crecimiento de la capa limite. Por tanto, el flujo lejos del cuerpo puede considerarse prácticamente no viscoso, mientras que se utiliza una técnica muy importante de análisis, que se denomina teoría de la capa limite, para determinar el movimiento en la capa viscosa cerca de las paredes, que se empalma con la solución exterior no viscosa. Este empalme es tanto más efectivo cuanto mayor es el número de Reynolds.

Las capas viscosas, tanto laminares como turbulentas, son muy delgadas. Definiremos el espesor δ de la capa limite como el lugar geométrico de los puntos donde la velocidad u paralela a la placa alcanza el 99 % del valor de la velocidad exterior U, las fórmulas aceptadas para el espesor de la capa limite de una placa plana son:

$$\frac{\delta}{x} \approx \frac{5.0}{Re x^{\frac{1}{2}}} \text{ laminarEc. (J)}$$

$$\frac{0.16}{Re^{0.7}} \text{ Turbulento Ec. (K)}$$

2.9 BOMBA DE LÓBULOS

El diseño original de las bombas lobulares surge hace 40 años y desde entonces se han producido diferentes desarrollos y mejoras.

Johnson Pump cuenta con una larga experiencia en este tipo de bombas. El conocimiento del mercado y de las necesidades de los usuarios, nos ha servido para mejorar el concepto tradicional de las bombas lobulares, con nuevas características que aportan beneficios a los usuarios.

Las bombas lobulares son fáciles de limpiar y se caracterizan por una suave acción de bombeo. Tienen pocas cavidades, reduciéndose así el riesgo de crecimiento de bacterias y haciéndolas muy adecuadas para el trasvase de líquidos sensibles – desde colas hasta trozos de fresa.

Las bombas lobulares se usan para servicios continuos en industrias como:

- Alimentación y bebidas
- Farmacéutica
- Química
- Cosmética
- Papeleras



Figura 2.8 Bomba de lóbulos

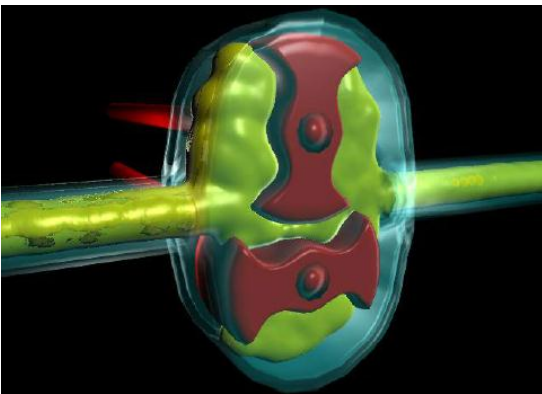


Figura 2.9 Trayectoria del líquido

2.10 CANALES ABIERTOS

El flujo de canales abiertos tiene lugar cuando los líquidos fluyen por la acción de la gravedad y solo están parcialmente envueltos por un contorno sólido. En el flujo de canales abiertos, el líquido que fluye tiene superficie libre y sobre él no actúa otra presión que la debida a su propio peso y a la presión atmosférica. El flujo en canales abiertos también tiene lugar en la naturaleza, como en ríos, arroyos, etc., si bien en general, con secciones rectas del cauce irregulares. De forma artificial, creadas por el hombre, tiene lugar en los canales, acequias, y canales de desagüe. En la mayoría de los casos. Los canales tienen secciones rectas regulares y suelen ser rectangulares, triangulares o trapezoidales. También tienen lugar el flujo de canales abiertos en el caso de conductos cerrados, como tuberías de sección recta circular cuando el flujo no es a conducto lleno.

En los sistemas de alcantarillado no tiene lugar, por lo general, el flujo a conducto lleno, y su diseño se realiza como canal abierto.

2.10.1 NUMERO DE FROUDE

El numero de Reynolds y los términos laminar y turbulentos no bastan para caracterizar todas las clases de flujo en los canales abiertos.

El mecanismo principal que sostiene flujo en un canal abierto es la fuerza de gravitación. Por ejemplo, la diferencia de altura entre dos embalses hará que el agua fluya a través de un canal que los conecta. El parámetro que representa este efecto gravitacional es el Número de Froude, puede expresarse de forma a dimensional. Este es útil en los cálculos del resalto hidráulico, en el diseño de estructuras hidráulicas y en el diseño de barcos.

$$Fr^2 = \frac{v^2}{gL} \dots\dots Ec. (L)$$

- L - parámetro de longitud [m]
- v - parámetro de velocidad [m/s]
- g - aceleración de la gravedad [m/s²]

El flujo se clasifica como:

Fr<1, Flujo subcrítico o tranquilo, tiene una velocidad relativa baja y la profundidad es relativamente grande, prevalece la energía potencial. Corresponde a un régimen de llanura.

Fr=1, Flujo critico, es un estado teórico en corrientes naturales y representa el punto de transición entre los regímenes subcrítico y supercrítico.

Fr>1, Flujo supercrítico o rápido, tiene una velocidad relativamente alta y poca profundidad prevalece la energía cinética. Propios de cauces de gran pendiente o ríos de montaña.

2.10.2 FLUJO PERMANENTE Y UNIFORME

El flujo uniforme permanente es el tipo de flujo fundamental que se considera en la hidráulica de canales abiertos. La profundidad del flujo no cambia durante el intervalo de tiempo bajo consideración. En el caso especial de flujo uniforme y permanente, la línea de alturas totales, la línea de altura piezométricas y la solera del canal son todas paralelas, es decir, son todas iguales sus pendientes.

La característica principal de un flujo permanente y uniforme en canales abiertos es que la superficie del fluido es paralela a la pendiente del canal, es decir, $dy/dx = 0$ o la profundidad del canal es constante, cuando la pendiente final (S_f) es igual a la pendiente inicial (S_o) del canal. Estas condiciones se dan comúnmente en canales largos y rectos con una pendiente, sección transversal y un revestimiento de las superficies del canal homogéneo, caso típico en regadíos. En el diseño de canales es muy deseable tener este tipo de flujo ya que significa tener un canal con altura constante lo cual hace más fácil diseñar y construir. Las condiciones de flujo permanente y uniforme solo se pueden dar en canales de sección transversal prismáticas, es decir, cuadrada, triangular, trapezoidal, circular, etc. Si el área no es uniforme tampoco lo será el flujo. La aproximación de flujo uniforme implica que la velocidad es uniforme es igual a la velocidad media del flujo y que la distribución de esfuerzos de corte en las paredes del canal es constante.

Bajo las condiciones anteriores se pueden obtener las siguientes relaciones, denominadas relaciones de Chezy–Manning, para la velocidad V y el caudal Q :

$$V = \frac{k}{n} R_H^{2/3} S_0^{1/2},$$
$$Q = \frac{k}{n} A R_H^{2/3} S_0^{1/2},$$

.....Ec. (M)

Donde:

K: Valor constante según las unidades a utilizar.

Ac: Área de la sección del Canal.

Rh: Radio hidráulico de la sección.

So: Pendiente del Fondo del Canal.

n: Coeficiente de Mannig

Perímetro mojado	n	Perímetro mojado	n
Canales naturales		Canales artificiales	
Limpios y rectos	0.030	Vidrio	0.010
Fangoso con piscinas	0.040	Latón	0.011
Ríos	0.035	Acero, suave	0.012
		Acero, pintado	0.014
Llanuras de inundación		Acero remachado	0.016
Pasto, campo	0.035	Hierro fundido	0.013
Matorrales baja densidad	0.050	Concreto terminado	0.012
Matorrales alta densidad	0.075	Concreto sin terminar	0.014
Árboles	0.150	Madera cepillada	0.012
		Baldosa arcilla	0.014
Canales de tierra		Ladrillo	0.015
Limpio	0.022	Asfalto	0.016
Grava	0.025	Metal corrugado	0.022
Maleza	0.030	Madera no cepillada	0.013
Piedra	0.035		

Tabla 12.1: Valores del coeficiente de Manning n

Figura 2.10 Valores del coeficiente de Manning

En la tabla anterior se observan los valores para el coeficiente de Manning (n) donde, como se mencionó k vale 1.0 y 1.49 para el sistema internacional (SI) y el británico respectivamente, n se denomina coeficiente de Manning y depende del material de la superficie del canal en contacto con el fluido.

En muchos canales artificiales y naturales la rugosidad de la superficie del canal, y por lo tanto el coeficiente de Manning, varía a lo largo del perímetro mojado de este. Este es el caso, por ejemplo, de canales que tienen paredes de concreto armado y con un fondo de piedra, el caso de ríos en épocas de bajo flujo la superficie es completamente de piedras y en épocas de crecidas parte del río fluye por la ladera del río, compuesto generalmente por piedras, arbustos, pasto, etc. Por lo tanto, existirá una rugosidad efectiva que debe ser una combinación de las distintas rugosidades existentes. Una forma de solucionar este tipo de problemas es dividir el canal tantas secciones como tipos de materiales de pared existan y analizar cada división en forma aislada. Cada una de las secciones tendría su

propio perímetro mojado P_i , un área A_i y coeficiente de Manning n_i . Los P_i no deben incluir los límites imaginarios entre las distintas secciones generadas al dividir la superficie original. Este método también es conocido como “Método de superposición para perímetros no uniformes”.

2.10.3 GEOMETRIA DEL CANAL

Un canal con una sección transversal invariable y una pendiente de fondo constante se conoce como canal prismático. De otra manera, el canal es no prismático; un ejemplo es un vertedero de ancho variable y alineamiento curvo. Al menos que se indique específicamente los canales descritos son prismáticos.

El trapecio es la forma más común para canales con bancas en tierra sin recubrimiento, debido a que proveen las pendientes necesarias para la estabilidad.

El rectángulo y el triángulo son casos especiales del trapecio. Debido a que el rectángulo tiene lados verticales, por lo general se utiliza para canales construidos para materiales estables, como mampostería, roca, metal o madera. La sección transversal solo se utiliza para pequeñas asqueas, cunetas o a lo largo de carreteras y trabajos de laboratorio. El círculo es la sección más común para alcantarillados y alcantarillas de tamaño pequeño y mediano.

Los elementos geométricos de una sección de canal son propiedades que estarán definidas por completo por la geometría de la sección y la profundidad del flujo del canal. Estos elementos son muy importantes para el estudio de los flujos en canales abiertos y las expresiones más características son las siguientes:

$$R_h = A_c / P \dots \dots \dots E_c \quad (N)$$

Donde R_h es el radio hidráulico en relación al área mojada (A_c) con respecto su perímetro mojado (P).

$$Y_c = Ac/b \dots \dots \dots Ec. (\tilde{N})$$

La profundidad hidráulica D es relación entre el área mojada y el ancho de la superficie.

2.10. 4 Calculo según la sección del canal

Las expresiones que permiten su cálculo son función de la forma geométrica de la sección transversal del canal.

En la siguiente tabla se resumen las secciones más utilizadas con las unidades del sistema internacional.

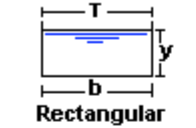

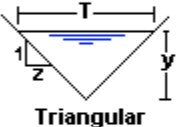
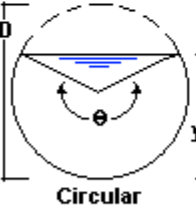
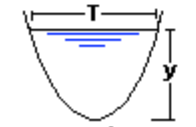
Tipo de sección	Área A (m ²)	Perímetro mojado P (m)	Radio hidráulico Rh (m)	Espejo de agua T (m)
 Rectangular	by	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$	b
 Trapezoidal	$(b+zy)y$	$b+2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$	$b + 2zy$
 Triangular	zy^2	$2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zy$
 Circular	$\frac{(\theta - \text{sen}\theta)D^2}{8}$	$\frac{\theta D}{2}$	$(1 - \frac{\text{sen}\theta}{\theta})\frac{D}{4}$	$(\frac{\text{sen}\theta}{2})D$ ó $2\sqrt{y(D-y)}$
 Parabólica	$2/3 Ty$	$T + \frac{8y^2}{3T}$	$\frac{2T^2y}{3T+8y^2}$	$\frac{3A}{2y}$

Figura 2.11 Tabla de tipos de secciones de los canales

Canales de sección rectangular

- Área mojada: $A = L * h$

- Perímetro mojado: $P = L + 2h$

Donde:

- L = ancho de la base del canal (en m).
- h = altura del nivel del líquido dentro de la sección rectangular.

Canales de sección triangular

- Área mojada: $A = n * h^2$
- Perímetro mojado: $P = 2h * \sqrt{1 + n^2}$

Donde: $n = \tan(\alpha)$ siendo: (α) el ángulo del talud con la vertical.

Canales de sección trapezoidal

- Área mojada: $A = (L + n * h) * h$
- Perímetro mojado: $P = L + 2h * \sqrt{1 + n^2}$

Canales de sección circular

- Área mojada: $A = \frac{r^2}{2} \left(\frac{2\pi}{360} \phi - \sin \phi \right)$; o expresando el ángulo en radianes :
 $A = \frac{r^2}{2} (\alpha - \sin \alpha)$
- Perímetro mojado: $P = \frac{2\pi}{360} \phi \cdot r$; o igualmente $P = \alpha \cdot r$

Donde: r = radio de la sección circular (en m); la sección mojada limitada por la cuerda c, que sostiene el ángulo al centro Φ medido en grados sexagesimales. [α cuando se expresa en radianes]

- Y por tanto Radio hidráulico: $R_h = \frac{r}{2} \cdot \left(1 - \frac{360}{2\pi} \cdot \frac{\sin\phi}{\phi}\right)$; o igualmente

$$R_h = \frac{r}{2} \cdot \left(1 - \frac{\sin\alpha}{\alpha}\right)$$

El calado que proporciona el radio hidráulico máximo (lo que significa caudal máximo a igualdad de otras variables) corresponde al valor de α que hace mínima la

expresión $\left(\frac{\sin\alpha}{\alpha}\right)$. Esta ecuación es una ecuación trascendente, con varios mínimos, que se pueden obtener resolviendo otra ecuación trascendente, la $(\tan\alpha = \alpha)$. La primera solución de esta ecuación (que es la que vale para obtener el ángulo y el calado buscados), obtenida por métodos numéricos, es $\alpha = 4,4934$ rad, y $\frac{\sin\alpha}{\alpha} = -0,2172$. Por tanto,

El Radio hidráulico máximo de una conducción circular es : $(R_h)_{max} = r \cdot 0,6086$

En el caso particular de las conducciones circulares trabajando con sección plena, es decir en presión, el radio hidráulico en función del diámetro D es:

$$R_h = \frac{A}{P} = \frac{\frac{\pi D^2}{4}}{\pi D}; \text{ es decir : } R_h = \frac{D}{4} = r \cdot 0,50$$

De lo anterior se deduce que el radio hidráulico a sección llena es el 82,2% del radio hidráulico máximo que puede proporcionar la sección circular. En la fórmula del caudal $Q = V * S$ el valor del radio hidráulico interviene con un exponente de 2/3 (del término de velocidad de la Fórmula de Manning), pero interviene también la sección mojada, que depende del ángulo α , con lo que el caudal que una sección circular es capaz de transportar a sección llena es aproximadamente el 93% del máximo. Este valor máximo, que es un 7,5 % mayor que el de la sección llena, se consigue cuando queda una pequeña sección superior libre (correspondiente a $\alpha = 5,28$ rad aproximadamente).

2.10.5 Canales de secciones especiales

Se han usado en el pasado y se siguen usando, especialmente para canalizaciones de aguas servidas, o canalizaciones mixtas de aguas servidas y aguas de lluvia, donde la variación de caudales en el tiempo puede ser considerable, secciones especiales o

compuestas. En estos casos la determinación de los parámetros A, P y R se realiza caso por caso en función de la geometría de la sección. El radio hidráulico de un canal o ducto, generalmente representado por la letra R y expresado en m, es la relación entre:

- El área mojada (A, en m²); y,
- El perímetro mojado (P, en m)

Su determinación es función de la forma geométrica del canal.

2.10.6 Canales de sección irregular

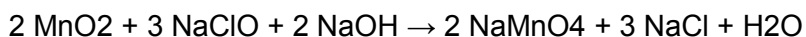
Es el caso general para los canales naturales, pero existen también canales construidos con secciones geométricas definidas, y que en el transcurso del tiempo, por efecto de la erosión, se han transformado en irregulares y deben ser tratados como tales para obtener resultados de análisis correctos.

En estos casos se determina, durante visitas de campo, los tramos que se pueden considerar homogéneos con buena aproximación. Después del levantamiento topográfico y batimétrico de la sección, se divide la misma en fajas verticales. Para cada faja vertical "i" se determina A_i, considerándolo un triángulo, o un trapecio; y como P_i, se considera el respectivo tramo de fondo. De esta forma el cálculo del área mojada y del perímetro mojado se hace con las expresiones:

$$A = \sum_{i=1}^N A_i \quad \text{y} \quad P = \sum_{i=1}^N P_i$$

2.11 PERMANGANATO DE SODIO

El permanganato de sodio (NaMnO₄) es la sal sódica del ácido permanganésico. En esta sal, el manganeso actúa con su mayor estado de oxidación, +7. El ion permanganato MnO₄⁻ actúa como un poderoso oxidante. Al disolverse en agua forma soluciones cristalinas de color púrpura intenso. Tiene un sabor dulce y es incoloro. se obtiene mediante la reacción de hipoclorito de sodio, sosa y dióxido de manganeso de la siguiente manera



Después eliminando el cloruro de sodio por cristalización fraccionada se obtiene una solución de permanganato de sodio relativamente puro

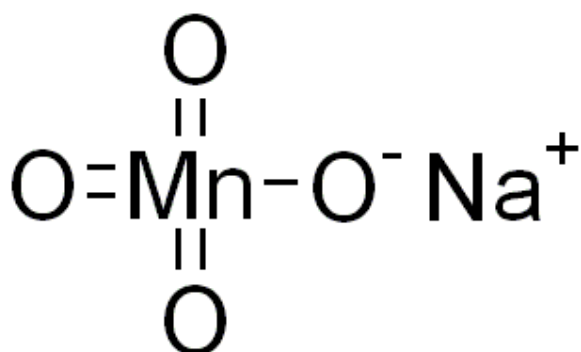


Figura 2.12 Ecuación química

General	
Otros nombres	Permanganato de sodio Permanganato sódico
Fórmula semidesarrollada	NaMnO ₄
Fórmula molecular	n/d
Identificadores	
Número CAS	10101-50-5
Propiedades físicas	
Estado de agregación	Sólido
Apariencia	Sólido rojo
Densidad	2,470 kg/m³ ; 2.47 g/cm³
Masa molar	159,94 g/mol
Propiedades químicas	
Solubilidad en agua	Soluble

Figura 2.13 Tabla de propiedades de la sustancia

2.12 HELE – SHAW

Flujo de Hele-Shaw (el nombre de Henry Selby Hele-Shaw) se define como Stokes flujo entre dos placas planas paralelas separadas por una pequeña diferencia infinitesimal. Diversos problemas en mecánica de fluidos se puede aproximar a los flujos de Hele-Shaw y por lo tanto la investigación de estos flujos es de suma importancia. Aproximación al flujo de Hele-Shaw es especialmente importante a las micro-corrientes. Esto se debe a las técnicas de fabricación, lo que crea configuraciones planas poco profundas, y el general de bajo número de Reynolds de micro-corrientes.

La ecuación de gobierno de los flujos de Hele-Shaw es idéntica a la de los no viscoso flujo potencial y el flujo del líquido a través de un medio poroso (la ley de Darcy). Por lo tanto, permite la visualización de este tipo de flujo en dos dimensiones.

2.12.1 Formulación matemática de los flujos de Hele-Shaw

Sea x, y se las direcciones paralelas a las placas planas, y z la dirección perpendicular, con $2H$ es la distancia entre las placas (en $z = \pm H$). Cuando la distancia entre las placas es asintóticamente pequeña

$$H \rightarrow 0,$$

el perfil de velocidad en la dirección z es parabólica (es decir, es una función cuadrática de las coordenadas en este sentido). La ecuación que relaciona el gradiente de presión a la velocidad es,

$$u = \nabla p \frac{z^2 - H^2}{2\mu} \dots\dots\dots \text{Ec. (O)}$$

Donde u es la velocidad, $p(x, y, t)$ es la presión local, μ es la viscosidad del fluido.

Esta relación y la uniformidad de la presión en la dirección z estrecho nos permite integrar la velocidad con respecto a la Z y por lo tanto a considerar un campo de velocidad efectiva sólo en las dos dimensiones xy . Al sustituir esta ecuación en la ecuación de continuidad e integración de más de z que se obtiene la ecuación de gobierno de los flujos de Hele-Shaw,

$$\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 p}{\partial y^2} = 0. \quad \dots\dots\dots\text{Ec. (P)}$$

Esta ecuación se completa con las condiciones de contorno no-penetración en las paredes laterales de la geometría,

$$\nabla p \cdot \hat{n} = 0 \quad \dots\dots\dots\text{Ec. (Q)}$$

Donde \hat{n} es un vector unitario perpendicular a la pared lateral

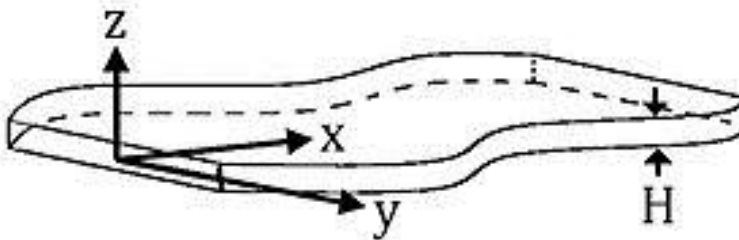


Figura 2.14 Una descripción esquemática de una configuración de Hele-Shaw

2.13 VALVULAS DE COMPUERTA

La válvula de compuerta es una válvula que abre mediante el levantamiento de una compuerta o cuchilla (la cuál puede ser redonda o rectangular) permitiendo así el paso del fluido.

Lo que distingue a las válvulas de este tipo es el sello, el cual se hace mediante el asiento del disco en dos áreas distribuidas en los contornos de ambas caras del disco. Las caras del disco pueden ser paralelas o en forma de cuña. Las válvulas de compuerta no son empleadas para regulación.

Ventajas

- Alta capacidad.
- Cierre hermético.
- Bajo costo.
- Diseño y funcionamiento sencillos.
- Poca resistencia a la circulación.

Desventajas

- Control deficiente de la circulación.
- Se requiere mucha fuerza para accionarla.
- Produce cavitación con baja caída de presión.
- Debe estar cubierta o cerrada por completo.
- La posición para estrangulación producirá erosión del asiento y del disco



Figura 2.15 Válvula de compuerta

2.14 BUSHING

Un buje, también conocido como un arbusto, es un liso independientes que se inserta en una cubierta para proporcionar una superficie de apoyo para los usos rotatorios, es la forma más común de una llanura. Lleven este diseños más comunes son sólidos (manga y con brida), división y casquillos apretados. Una manga, división o casquillo cerrado es sólo una "manga" de material con un diámetro interior (ID), el diámetro exterior (OD), y la longitud. La diferencia entre los tres tipos es que un casquillo manga sólido es sólido toda la vuelta, un manguito dividido tiene un corte a lo largo de su longitud, y un cojinete cerrado es similar a un manguito dividido, pero con un apriete a través de la corte. Un buje con brida es un buje de la manga con un reborde que extiende radialmente hacia fuera de la ID. La brida se utiliza para localizar de manera positiva el casquillo cuando se instala o para proporcionar una superficie de cojinete de empuje. Los cojinetes de manguito de dimensiones en pulgadas son casi exclusivamente las dimensiones mediante el SAE sistema de numeración. El sistema de numeración que utiliza el formato XX-YY-ZZ, donde XX es el identificador de dieciseisavos de pulgada, YY es el OD en dieciseisavos de pulgada, y ZZ es la longitud en octavos de pulgada tamaños métricos también existen.

Un casquillo lineal no suele ser presionado en una vivienda, sino más bien asegurados con una característica radial. Dos ejemplos de este tipo incluyen dos anillos de retención , o un anillo que se moldea a la DO del casquillo que coincide con una ranura en la cubierta. Esta suele ser una manera más duradera a mantener el casquillo, porque las fuerzas que actúan sobre el buje podrían presionar a cabo.

La forma de empuje de un casquillo que convencionalmente se llama una arandela de empuje.

Este instrumento se utilizara para poder sujetar las agujas en la mesa que se realizara.



Figura 2.16 Bushing

2.15 ORING

Un anillo, también conocido como el embalaje, o una junta teórica, es un mecánico de la junta en la forma de un toro , es un bucle de elastómero con un disco en forma de sección transversal , diseñado para ser colocado en una ranura y comprimido durante el montaje entre dos o más partes, la creación de un sello en la interfaz.

El anillo puede ser utilizado en aplicaciones estáticas o en aplicaciones dinámicas donde hay movimiento relativo entre las partes y el anillo-O. ejemplos dinámicos incluyen la rotación de la bomba y los ejes del cilindro hidráulico pistones.

O-rings son uno de los sellos más comunes utilizados en el diseño de máquinas, ya que son baratos, fáciles de hacer, confiable, y han simplificar los requisitos de montaje. Se puede sellar decenas de mega pascales (en miles de PSI) de presión.

Este objeto será usado para hacer más presión en el bushing donde irán conectadas las agujas que inyectaran la tinta.



Figura 2.17 Oring

2.16 Procedimiento y descripción de las actividades realizadas

Actividad	Semana															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
INVESTIGAR EL ESTADO DEL ARTE																
DISEÑAR EN UN SOFTWARE COMERCIAL LA MESA																
VALIDAR CUALITATIVAMENTE LOS RESULTADOS CON LOS QUE SE HAN REPORTADO PREVIAMENTE DE FORMA NUMERICA																
ELABORACION DEL REPORTE FINAL																

Descripción detallada de las actividades

- **INVESTIGAR EL ESTADO DEL ARTE:** Se investigara información referente a los fluidos, así como diferentes perfiles aéreo dinámicos, también se utilizara números de Reynolds para ver el comportamiento del fluido
- **DISEÑAR EN UN SOFTWARE COMERCIAL LA MESA:** Se trabajara en el software solid Word, para así poder diseñar la mesa.
- **VALIDAR CUALITATIVAMENTE LOS RESULTADOS CON LOS QUE SE HAN REPORTADO PREVIAMENTE DE FORMA NUMERICA:** Verificar de manera numérica que los cálculos obtenidos sean los correctos
- **ELABORACION DEL REPORTE FINAL:** Se plasmara los resultados obtenidos en el reporte final.

CAPÍTULO 3

DISEÑO DE

LA MESA

3.1 CÁLCULOS DE LA MESA

Para el siguiente proyecto tuvimos que realizar los siguientes cálculos que son:

- Primero encontramos una bomba en la cual nos diera un flujo laminar
- Encontrar la velocidad con el que el fluido se va a mover
- Encontrar el Reynolds
- La altura que alcanzara el fluido
- Tiempo que tardara la tinta al bajar
- El diámetro de la tubería
- Perdidas que tiene la tinta
- El caudal que pasara por cada rama de la tubería

A continuación se describe cada uno de los cálculos:

Dentro de las distintas variedades de bombas encontramos unas con un caudal de 3500 L/h hasta 450 L/h, nosotros escogimos una bomba 108 L/h debido a que es la que nos proporciona un caudal necesario para dar un flujo laminar y las otras igual nos servirían pero nos dan un numero de Reynolds más elevado que el necesario para nuestra mesa, a demás nos genera más costo, se hace la conversión y se obtiene

$$108 \frac{L}{h} \frac{1 h}{60 \text{ min}} \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} = 0.03 \frac{L}{\text{Seg}}$$
$$0.03 \frac{L}{\text{seg}} \frac{0.001 \text{ m}^3}{1 L} = 0.00003 \frac{\text{m}^3}{\text{Seg}}$$

Al convertir el caudal ahora se encuentra la velocidad que se tendrá del fluido

$$Q = AV$$

$$0.00003 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} = (1.32 * 0.0032) \text{m}^2$$

$$V = \frac{0.00003 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}}{0.004224 \text{m}^2}$$

$$V = 0.0071022 \frac{\text{m}}{\text{Seg}}$$

Ahora encontramos el Reynolds y vemos si nos da un flujo laminar, la viscosidad se encontró con la tabla del anexo A, interpolando entre dos temperaturas que son 20 y 25 °c

$$Re = \frac{VL}{\mu}$$
$$Re = \frac{0.0071022 \frac{m}{Seg} * 0.892 m}{0.915 E-6 \frac{m^2}{Seg}}$$

$$Re = 6923.674$$

Para canales abiertos el Reynolds se puede considerar un flujo laminar hasta 10,000 (MECÁNICA DE LOS FLUIDOS E HIDRÁULICA; RANALD V. GILES, JACK B. EVETT, CHENG LIU; TERCERA EDICION)

Ahora encontraremos la altura que alcanzara el fluido en el área de trabajo

$$0.00003 \frac{m^3}{Seg} = (1.32 m * h) \left(0.0071022 \frac{m}{Seg} \right)$$

$$h = \frac{0.00003 \frac{m^3}{Seg}}{1.32 m * 0.0071022 \frac{m}{Seg}}$$

$$h = 0.000000161 m; h = 0.000161 mm$$

Ahora encontraremos los cálculos para el tinte

$$V = \pi r^2 h$$

$$V = \pi (0.04m)^2 (0.15m)$$

$$V = 0.000753982 m^3$$

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$t = \frac{0.000753982 \text{ m}^3}{0.00003 \frac{\text{m}^3}{\text{Seg}}}$$

$$t = 25 \text{ Seg}$$

Ahora encontraremos el diámetro del tubo por donde pasara la tinta

$$Q = A V$$

$$0.00003 \frac{\text{m}^3}{\text{Seg}} = \frac{\pi d^2}{4} \left(0.0071022 \frac{\text{m}}{\text{Seg}} \right)$$

$$0.00003 = 0.005578 d^2$$

$$d = 0.07333 \text{ m}; d = 73 \text{ mm}$$

Solo tenemos una perdida en el sistema que es de depósito a tubería y se obtiene lo siguiente

$$h_{as} = 0.5 \frac{V^2}{2g}$$

$$h_{as} = 0.5 \frac{\left(0.0071022 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2}{(2 * 9.81)}$$

$$h_{as} = 0.000001285 \text{ m}$$

Ahora encontraremos el caudal que llega a cada rama donde están ubicadas las agujas

Tenemos un Q total de 0.00003 m³/s, al dividirlo por las 19 tuberías tenemos un caudal supuesto en cada tubería de 0.000001579 m³/s.

$$v_1' = \frac{4(0.000001579 \frac{m^3}{s})}{\pi(0.07333^2 m)}$$

$$v_1' = 0.000373878 \frac{m}{s}$$

$$Re = \frac{vd}{\mu}$$

$$Re = \frac{(0.000373878 * 0.07333)}{(0.915E - 6)}$$

$$Re = 29.9633$$

$$f = \frac{64}{Re}$$

$$f = \frac{64}{29.9633}$$

$$f = 2.1359$$

$$hL = f \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{v_1'^2}{2g} \right)$$

$$hL = 2.1359 \left(\frac{0.01m}{0.0733m} \right) \left(\frac{0.000373878^2 \frac{m}{s^2}}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}} \right)$$

$$hL = 0.000000002m$$

$$hL_1 = hL_2 \dots \dots \dots = hL_{19}$$

$$v_2'' = \sqrt{\frac{hL}{f} * \frac{D}{L} * 2g}$$

$$v_2'' = \sqrt{\frac{2E - 9}{0.020} * \frac{0.07333}{0.01} * 2(9.81)}$$

$$v_2'' = 0.003793 \frac{m}{s}$$

$$Re = \frac{(0.003793 * 0.07333)}{(0.915E - 6)}$$

$$Re = 303.9788$$

$$f = \frac{64}{303.9788}$$

$$f = 0.2105$$

$$v_2'' = \sqrt{\frac{2E - 9}{0.2105} * \frac{0.07333}{0.01} * 2(9.81)}$$

$$v_2'' = 0.00116917 \frac{m}{s}$$

$$Re = \frac{(0.00116917 * 0.07333)}{(0.915E - 6)}$$

$$Re = 93.6997$$

$$f = \frac{64}{93.6997}$$

$$f = 0.683033$$

$$v_2'' = \sqrt{\frac{2E - 9}{0.683033} * \frac{0.07333}{0.01} * 2(9.81)}$$

$$v_2'' = 0.000649059 \frac{m}{s}$$

$$Re = \frac{(0.000649059 * 0.07333)}{(0.915E - 6)}$$

$$Re = 52.0169$$

$$f = \frac{64}{52.0169}$$

$$f = 1.230369$$

$$v_2'' = \sqrt{\frac{2E - 9}{1.230369} * \frac{0.07333}{0.01} * 2(9.81)}$$

$$v_2'' = 0.000484 \frac{m}{s}$$

$$Re = \frac{(0.003793 * 0.07333)}{(0.915E - 6)}$$

$$Re = 38.7888$$

$$f = \frac{64}{38.7888}$$

$$f = 1.64996$$

$$v_2'' = \sqrt{\frac{2E - 9}{1.64996} * \frac{0.07333}{0.01} * 2(9.81)}$$

$$v_2'' = 0.000418 \frac{m}{s}$$

$$Re = \frac{(0.000418 * 0.07333)}{(0.915E - 6)}$$

$$Re = 33.4994$$

$$f = \frac{64}{33.4994}$$

$$f = 1.91048$$

$$v_2'' = \sqrt{\frac{2E - 9}{1.91048} * \frac{0.07333}{0.01} * 2(9.81)}$$

$$v_2'' = 0.000388 \frac{m}{s}$$

$$Re = \frac{(0.000388 * 0.07333)}{(0.915E - 6)}$$

$$Re = 31.0951$$

$$f = \frac{64}{31.0951}$$

$$f = 2.0582$$

$$v_2'' = \sqrt{\frac{2E - 9}{2.0582} * \frac{0.07333}{0.01} * 2(9.81)}$$

$$v_2'' = 0.000374 \frac{m}{s}$$

$$Re = \frac{(0.000374 * 0.07333)}{(0.915E - 6)}$$

$$Re = 29.97$$

$$f = \frac{64}{29.97}$$

$$f = 2.13525$$

$$v_2'' = \sqrt{\frac{2E - 9}{2.13525} * \frac{0.07333}{0.01} * 2(9.81)}$$

$$v_2'' = 0.000367 \frac{m}{s}$$

$$Re = \frac{(0.000367 * 0.07333)}{(0.915E - 6)}$$

$$Re = 29.4121$$

$$f = \frac{64}{29.4121}$$

$$f = 2.17598$$

$$v_2'' = \sqrt{\frac{2E - 9}{2.17598} * \frac{0.07333}{0.01} * 2(9.81)}$$

$$v_2'' = 0.000364 \frac{m}{s}$$

$$Re = \frac{(0.000364 * 0.07333)}{(0.915E - 6)}$$

$$Re = 29.1717$$

$$f = \frac{64}{29.1717}$$

$$f = 2.19391$$

$$v_2'' = \sqrt{\frac{2E - 9}{2.19391} * \frac{0.07333}{0.01} * 2(9.81)}$$

$$v_2'' = 0.000362 \frac{m}{s}$$

$$Re = \frac{(0.000362 * 0.07333)}{(0.915E - 6)}$$

$$Re = 29.0114$$

$$f = \frac{64}{29.0114}$$

$$f = 2.20603$$

$$v_2'' = \sqrt{\frac{2E - 9}{2.20603} * \frac{0.07333}{0.01} * 2(9.81)}$$

$$v_2'' = 0.000361 \frac{m}{s}$$

$$Q_2' = AV$$

$$Q_2' = \frac{\pi(0.07333^2)}{4} * (0.000361)$$

$$Q_2' = 0.000001525 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_2' = Q_3' \dots \dots \dots = Q_{19}'$$

$$\Sigma Q = 0.00002897 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_R = \frac{Q_n(Q_T)}{\Sigma Q}$$

$$Q_1 = \frac{0.000001579(0.00003)}{0.00002897}$$

$$Q_1 = 0.000002 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_2 = \frac{0.000001525(0.00003)}{0.00002897}$$

$$Q_2 = 0.000002 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_3 = \frac{0.000001525(0.00003)}{0.00002897}$$

$$Q_3 = 0.000002 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_4 = \frac{0.000001525(0.00003)}{0.00002897}$$

$$Q_4 = 0.000002 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_5 = \frac{0.000001525(0.00003)}{0.00002897}$$

$$Q_5 = 0.000002 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_6 = \frac{0.000001525(0.00003)}{0.00002897}$$

$$Q_6 = 0.000002 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_7 = \frac{0.000001525(0.00003)}{0.00002897}$$

$$Q_7 = 0.000002 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_8 = \frac{0.000001525(0.00003)}{0.00002897}$$

$$Q_8 = 0.000002 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_9 = \frac{0.000001525(0.00003)}{0.00002897}$$

$$Q_9 = 0.000002 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_{10} = \frac{0.000001525(0.00003)}{0.00002897}$$

$$Q_{10} = 0.000002 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_{11} = \frac{0.000001525(0.00003)}{0.00002897}$$

$$Q_{11} = 0.000002 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_{12} = \frac{0.000001525(0.00003)}{0.00002897}$$

$$Q_{12} = 0.000002 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_{13} = \frac{0.000001525(0.00003)}{0.00002897}$$

$$Q_{13} = 0.000002 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_{14} = \frac{0.000001525(0.00003)}{0.00002897}$$

$$Q_{14} = 0.000002 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_{15} = \frac{0.000001525(0.00003)}{0.00002897}$$

$$Q_{15} = 0.000002 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_{16} = \frac{0.000001525(0.00003)}{0.00002897}$$

$$Q_{16} = 0.000002 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_{17} = \frac{0.000001525(0.00003)}{0.00002897}$$

$$Q_{17} = 0.000002 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_{18} = \frac{0.000001525(0.00003)}{0.00002897}$$

$$Q_{18} = 0.000002 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_{19} = \frac{0.000001525(0.00003)}{0.00002897}$$

$$Q_{19} = 0.000002 \frac{m^3}{s}$$

3.2 PROTOTIPO DE LA MESA

Una vez hecho los cálculos se procedió hacer el diseño, apoyados en el software Solidwork donde se obtuvieron los siguientes resultados:

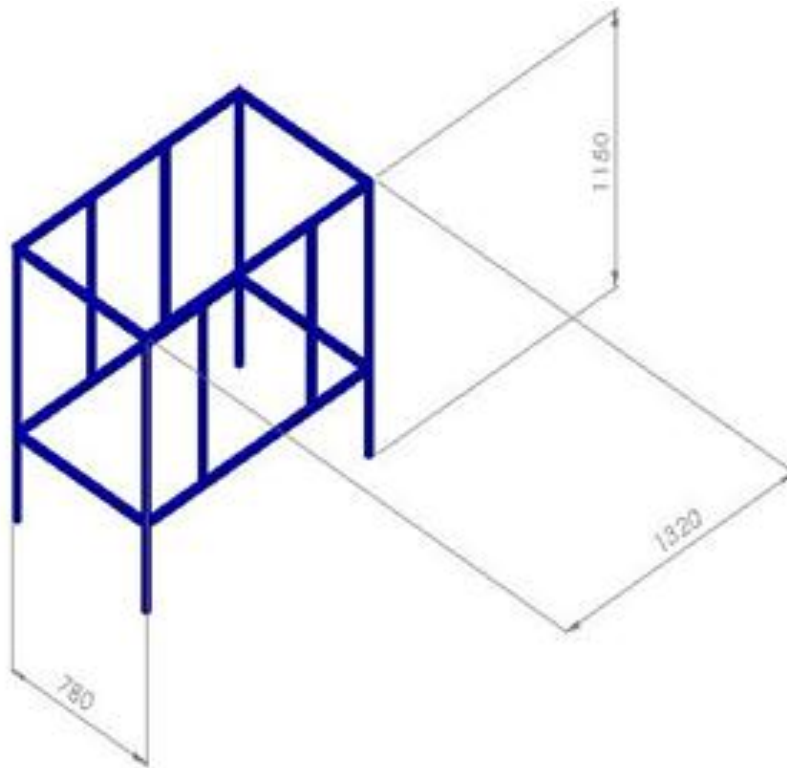


Fig. 3.1 DIMENSIONES DE LA MESA

Aquí tenemos el soporte de la sección de trabajo, la cual mide de alto 1.15 m, la longitud es de 1.320 m, de ancho tenemos 0.78m, el material usado es acero inoxidable de 2 in de diámetro, tenemos una pintura azul.

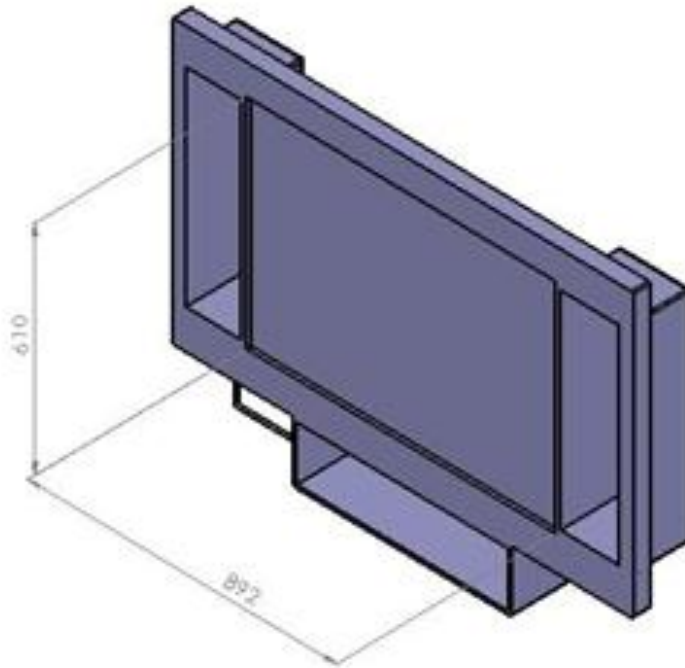


Fig. 3.2 DIMENSIONES DEL ÁREA DE TRABAJO

Aquí tenemos el diseño de la parte de trabajo, por donde pasara la tinta y el agua, así como sus tres depósitos, uno sirve para vaciar el agua manualmente una vez teniendo el agua en ese depósito se enciende la bomba que envía agua al depósito ya al tener llenado el depósito este rebalsara y empezara a correr el agua, se utilizaron estas medidas porque son las necesarias para que se pueda dar un flujo laminar, en esta área de trabajo se pondrán los perfiles aerodinámicos. Las medidas usadas a lo ancho son de 610 mm, y a lo largo del canal es de 892mm.

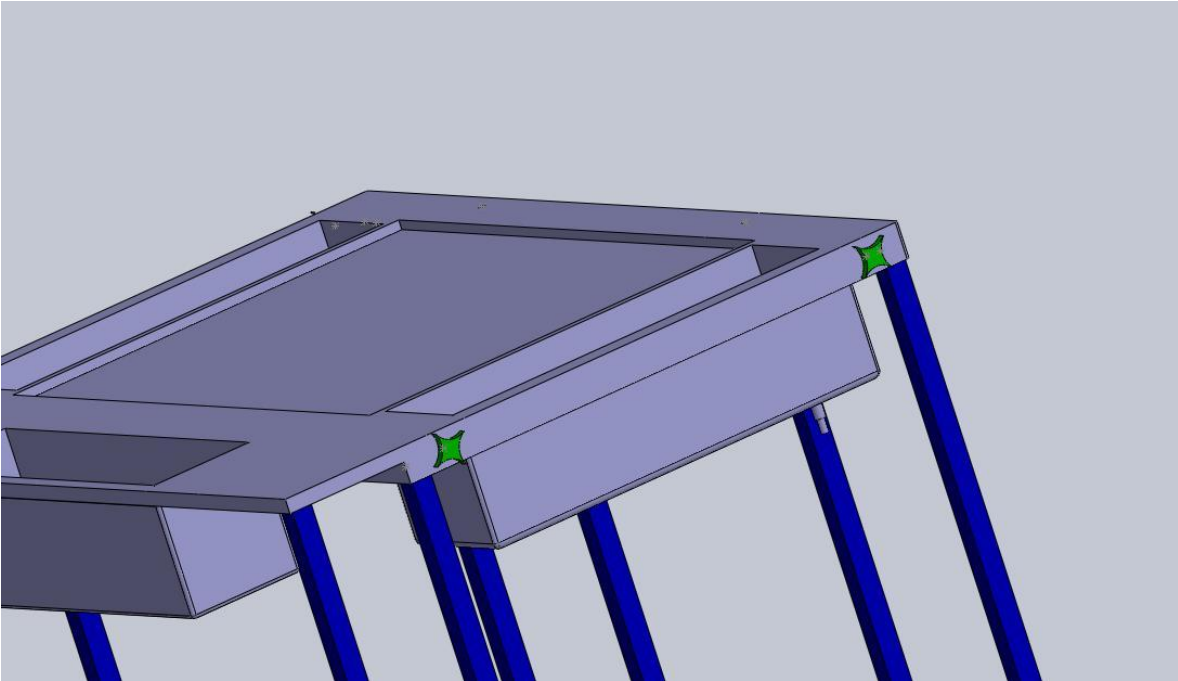


Fig. 3.3 UNION DEL SOPORTE Y DEL AREA DE TRABAJO

Así quedaría la mesa uniendo el soporte y el área de trabajo con cuatro tornillos de 3/8 in, lleva un vidrio con una separación entre cada uno de ellos de 1.5 cm, estos dos cristales nos ayuda a que el flujo no se perturbe a si como también hacer trazos en ellos, la hoja de vidrio superior puede ser levantada para colocar los modelos de la sección de trabajo.

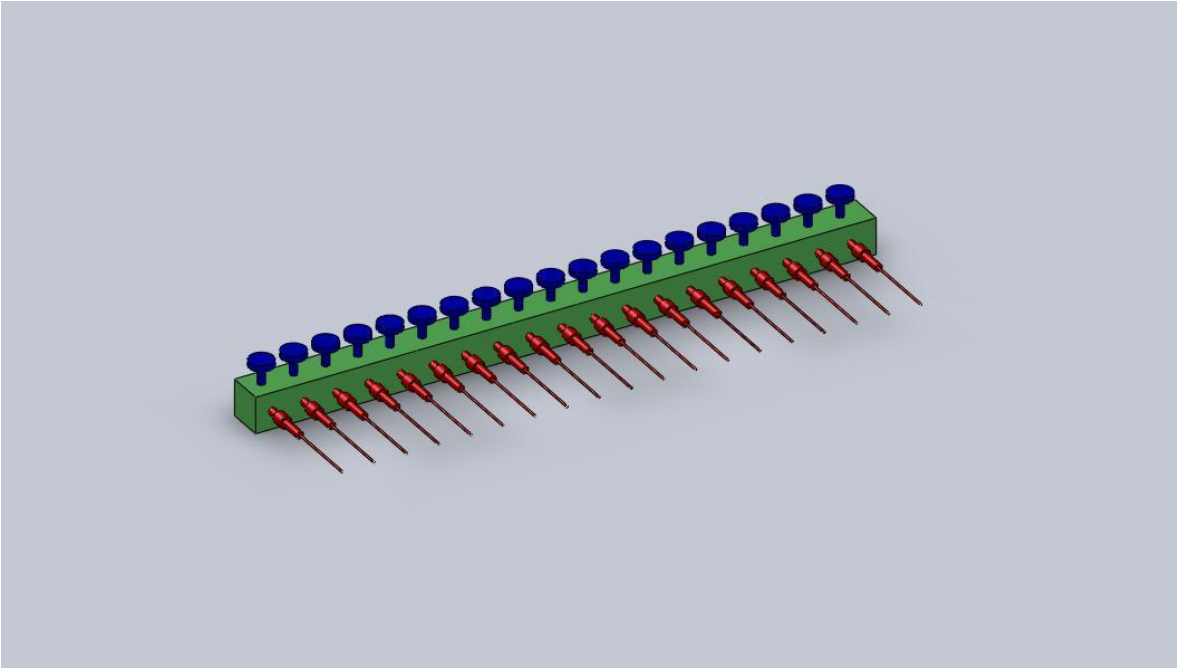


Fig. 3.4 AGUJAS QUE INYECTARAN LA TINTA

Aquí tenemos las agujas que inyectaran la tinta a la mesa, son 19 agujas hipodérmicas o agujas convencionales, éstas estarán sostenidas con un bushing y un oring, descritos anteriormente, esto está conectado a un tanque que suministra la tinta, que es el que la distribuye a las 19 válvulas, ya una vez llenadas las valvulitas se abren y empieza a correr la tinta

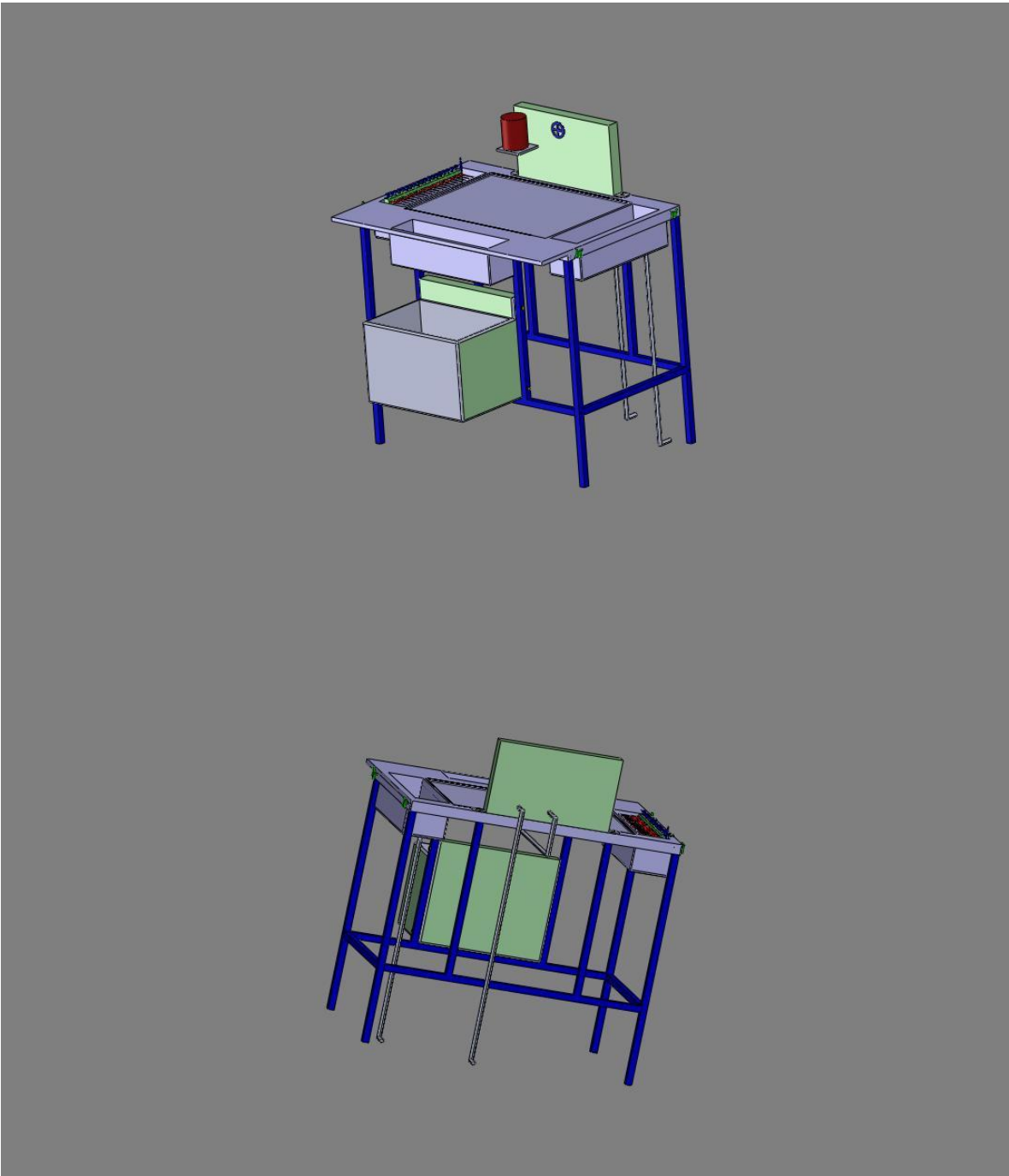


Fig. 3.5 EMSAMBLE FINAL, VISTA EN FRENTE Y TRASERA

Así quedaría el diseño de la mesa ya terminada con las agujas que inyectan la tinta, los tres depósitos del agua, la bomba, el frasco donde se llena de tinta, los dos cristales.

3.3 PROTOTIPO PARA LA VISUALIZACION DE FLUJO CON BURBUJAS DE HIDRÓGENO

Se podría utilizar el siguiente esquema para hacer otro diseño apoyado de un Ingeniero en electrónica, donde se utilizaría la misma mesa, con las mismas medidas, la misma bomba, el mismo suministro del agua, nada más que en vez de inyectar tinta, este utilizaría burbujas de hidrogeno.

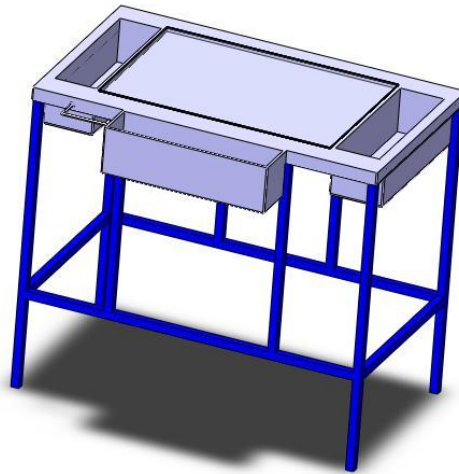


Fig. 3.6 Mesa de flujo laminar

Las burbujas de hidrógeno son producidas por un cátodo de fino alambre de platino/iridio, ubicado debajo del agua en posición normal al caudal. El alambre se mantiene tenso por medio de un soporte tipo horquilla y un trípode ajustable lo sostiene en la posición deseada. Aunque las burbujas de hidrógeno se obtienen utilizando agua corriente. El alambre fino estará ubicado donde empieza el área de trabajo para que así haga contacto con el agua y empiece a producir las burbujas de hidrogeno, este prototipo tiene sus desventajas así como sus ventajas, que a continuación se mencionaran.

Desventajas:

- Las primeras sondas al momento de construir se van a romper, así que no hay que desanimarse
- La sonda o el alambre ahí que estarlo cambiando constantemente

- Hay que definir muy bien el diámetro del alambre a usar porque si no se obtiene diferentes tamaños de burbujas que puede perturbar el fluido.

Ventajas:

- Cada vez que se utiliza se puede limpiar muy fácil el alambre invirtiendo la polaridad del cable
- Se puede trasladar fácilmente para dar conferencias o enseñar en una escuela.
- El agua se puede estar recirculando

El tamaño de las burbujas se puede variar ajustando la corriente catódica. El generador mantiene automáticamente el valor seleccionado de corriente compensando los eventuales cambios de resistencia del circuito.

Si se desea, el generador puede producir un caudal continuo de burbujas. Sin embargo, para optimizar la visualización y poder llevar a cabo las mediciones cuantitativas correspondientes, las burbujas pueden "encenderse" o "apagarse" por impulsos, siendo los pulsos y los intervalos variables en forma independiente y continua e indicados simultáneamente en pantalla.

La caja de corriente tiene que llevar las siguientes especificaciones para que funcione adecuadamente, a continuación se mencionan:

Generador de impulsos: 3 a 2500 mS en encendido y apagado

Cátodos: 35, 50 y 75mm de largo

Intervalo de amperímetro: 0 a 100mA

Consola electrónica
 Altura: 100mm
 Ancho: 260mm
 Profundidad: 310mm

Aquí se deja planteado un prototipo para que se puedan dar una idea y realizarla con ayuda del ingeniero mencionado anteriormente:



Fig. 3.7 Prototipo de generador de corriente



Fig. 3.8 Generador de corriente vista posterior



Fig. 3.9 Generador de corriente vista frontal

3.4 ARMADO DE LA MESA DE FLUJO LAMINAR

Primeramente comenzamos mencionando las partes que conforman la mesa de flujo laminar:

- 2 partes laterales de la base
- 1 parte frontal de la base
- 1 parte posterior de la base
- 1 mesa de trabajo
- 1 tablero (con un juego de agujas)
- 1 caja para material

PASO 1

Utilizar: Una parte lateral y parte frontal de la base.

Unión: A-B y C-D

Imagen:

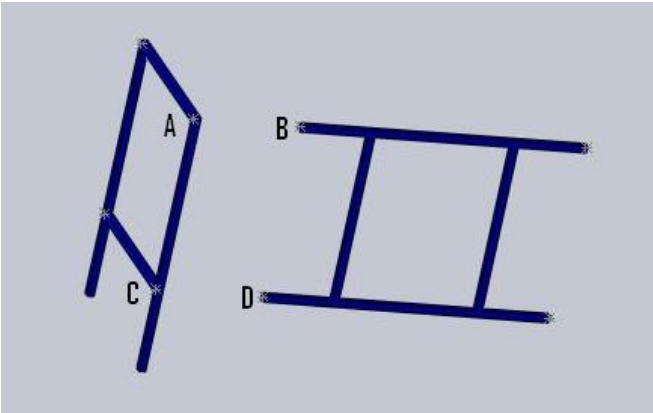


Fig. 3.10 Ensamble de la parte lateral y frontal de la mesa

PASO 2

Utilizar: Ensamble de paso 1 y segunda parte lateral

Unión: E-F y G-H

Imagen:

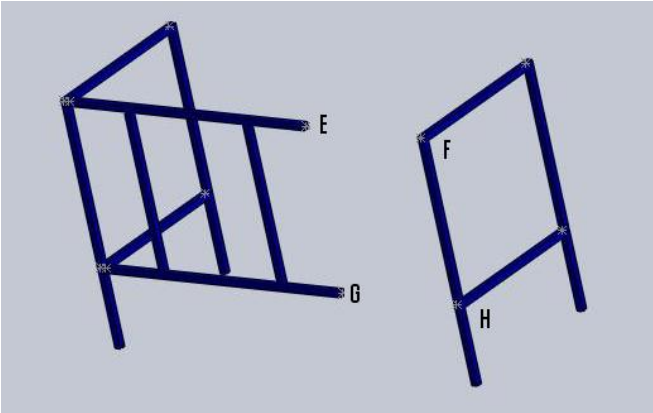


Fig. 3.11 Ensamble de la parte lateral

PASO 3

Utilizar: Ensamble de paso 2 y parte posterior

Unión: I-J, K-L, M-N y O-P

Imagen:

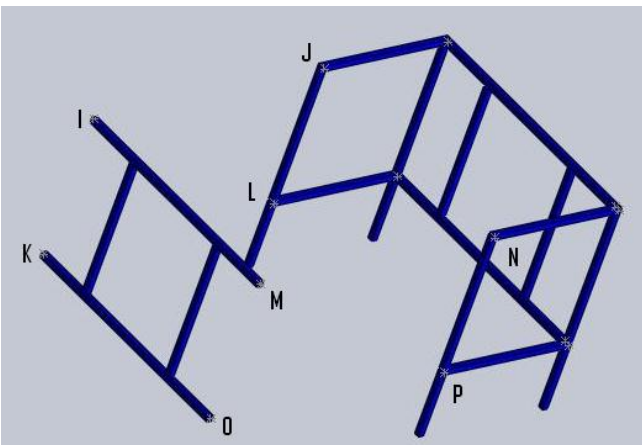


Fig. 3.12 Ensamble de la parte posterior

PASO 4

Utilizar: Ensamble paso 3 y área de trabajo

Realizar: Colocar la mesa de trabajo sobre la base, buscando que embonen perfectamente.

Imagen:

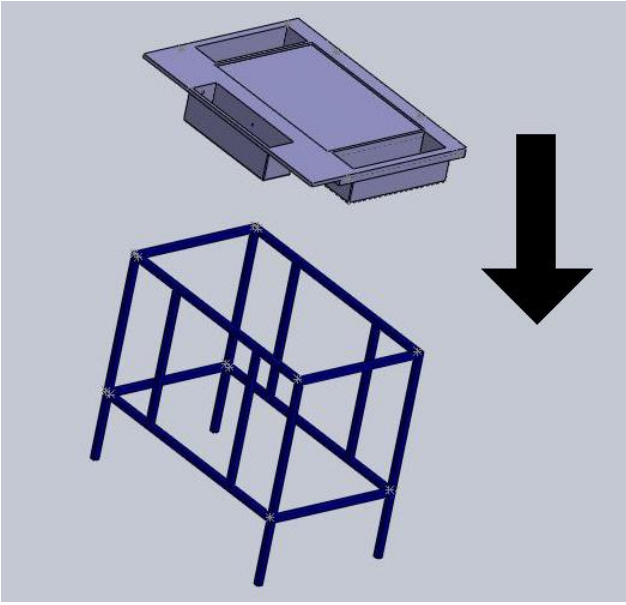


Fig. 3.13 Ensamble de la área de trabajo

PASO 5

Utilizar: Ensamble paso 4

Realizar: Ajustar los cuatro tornillos hasta fijar perfectamente.

Imagen:

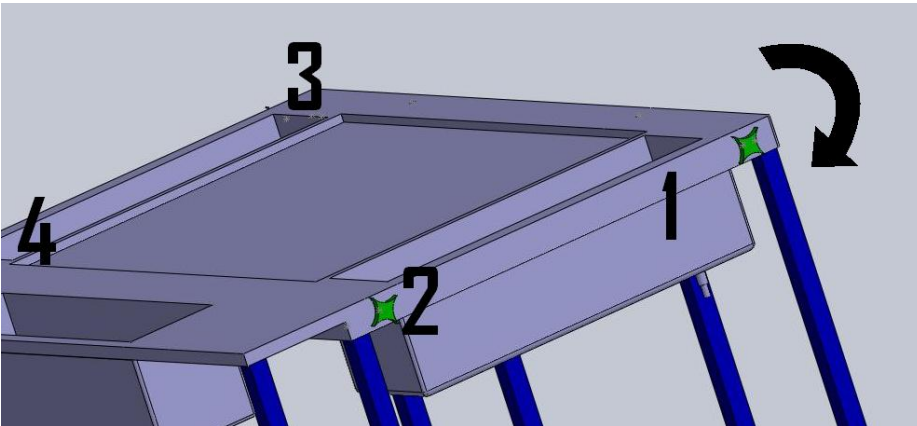


Fig. 3.14 Ajuste de tornillos

PASO 6

Utilizar: Ensamble paso 5 y tablero

Realizar: Fijar perfectamente el tablero a la mesa de trabajo.

Imagen:

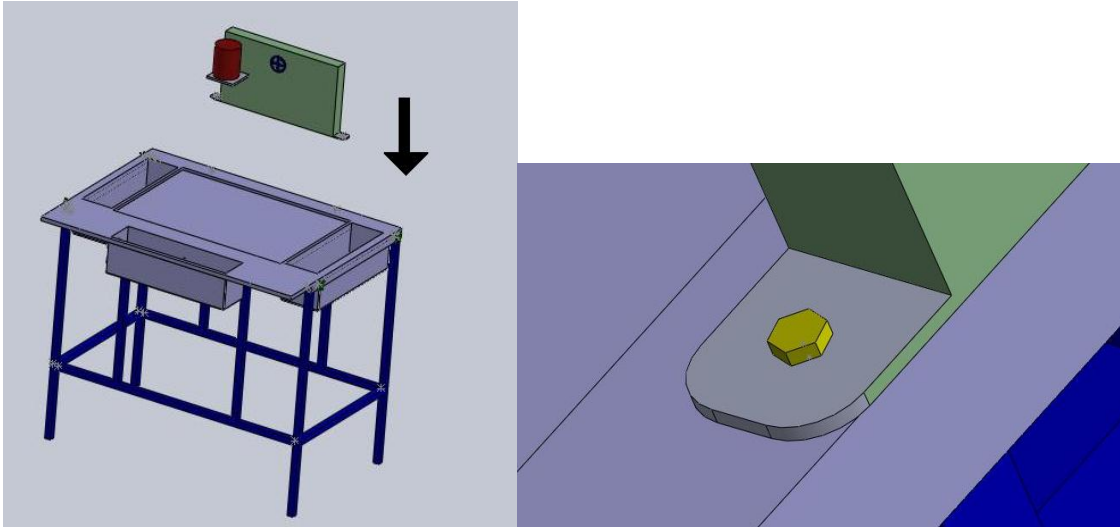


Fig. 3.15 Ensamble de la tapa de la tinta y de los tornillos

PASO 7

Utilizar: Ensamble pasó 6 y caja porta material.

Realizar: Colocar la caja porta material entre las barras de refuerzo de la parte frontal de la base y fijarla perfectamente, la caja puede ser opcional.

Imagen:

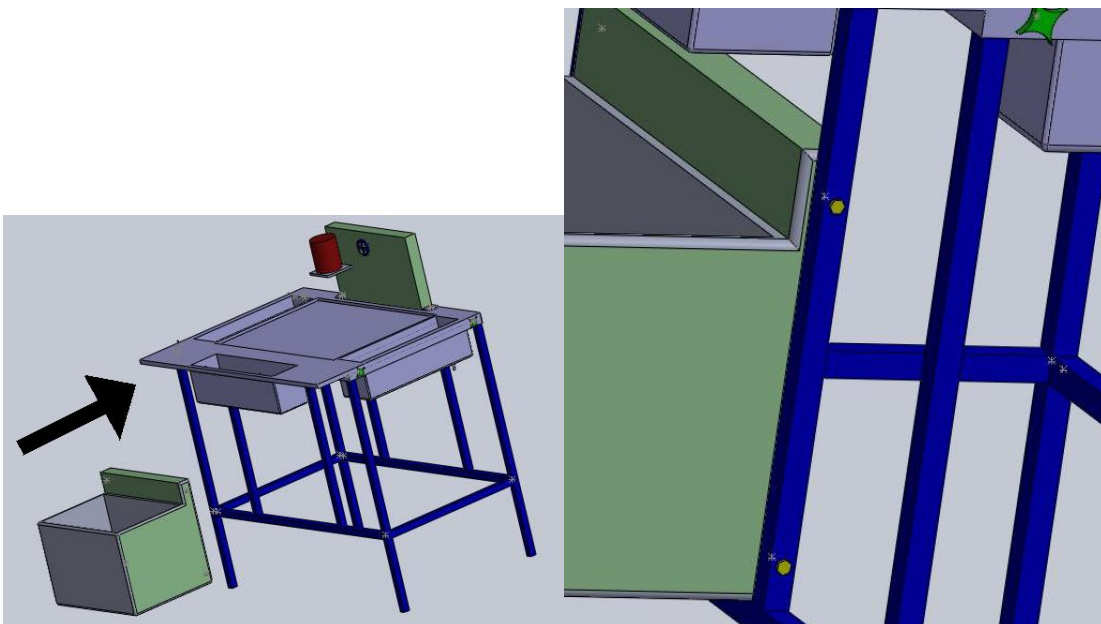


Fig. 3.16 Colocación de la caja de herramienta opcional

PASO 8

Utilizar: Ensamble pasó 7 y juego de agujas.

Realizar: Colocar el juego de agujas sobre la mesa de trabajo y sujetar firmemente.

Imagen:

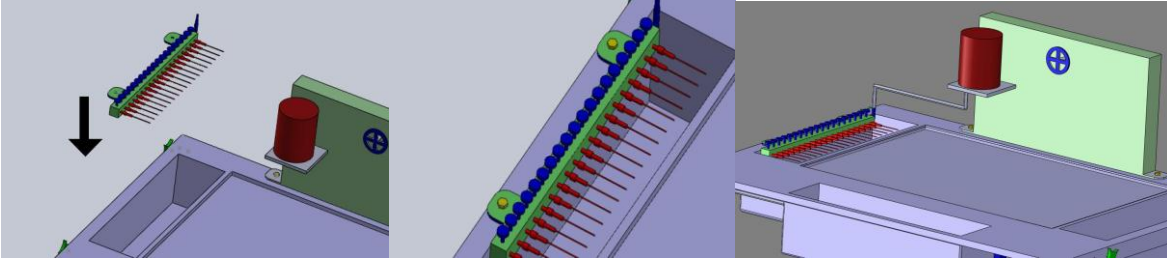


Fig. 3.17 Ensamble de las agujas

PASO 9:

Utilizar: Ensamble pasó 8 y tuberías

Realizar: Colocar las tuberías en cada punto correspondiente.

a) Unir mediante una tubería A-A (conectores de tubería)

Imagen:

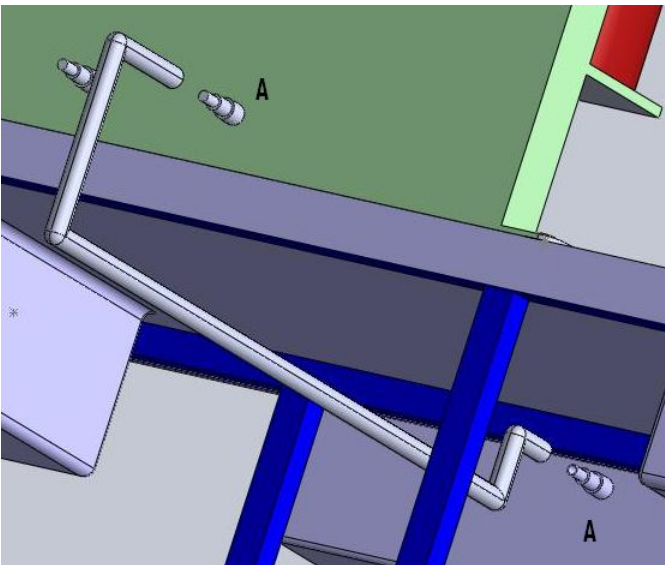


Fig. 3.18 Ensamble de la tubería

b) Colocar la tubería de alimentación en el conector B

Imagen:

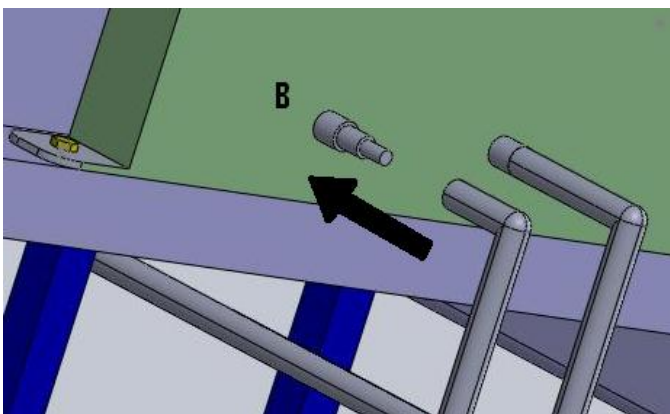


Fig. 3.19 Ensamble de la tubería en el conector B

c) Colocar la tubería de desagüe en el conector C

Imagen:

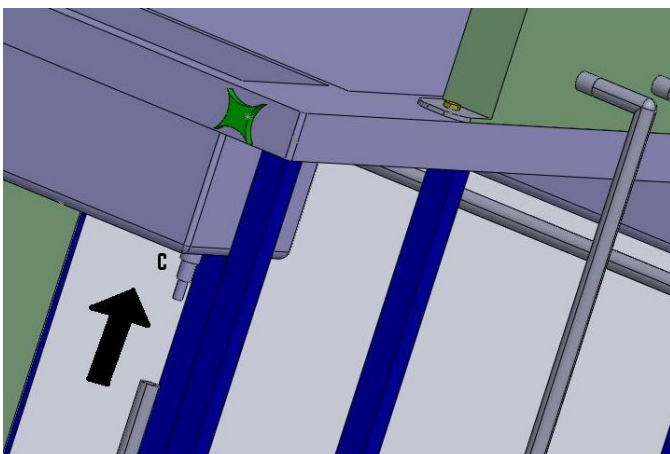


Fig. 3.20 Ensamble de la tubería de desagüe en el conector C

PASO 10

Por último se colocara en los conectores D y E las mangueras provenientes de la lata de tinta y la descarga de la bomba correspondientemente.

Imagen:

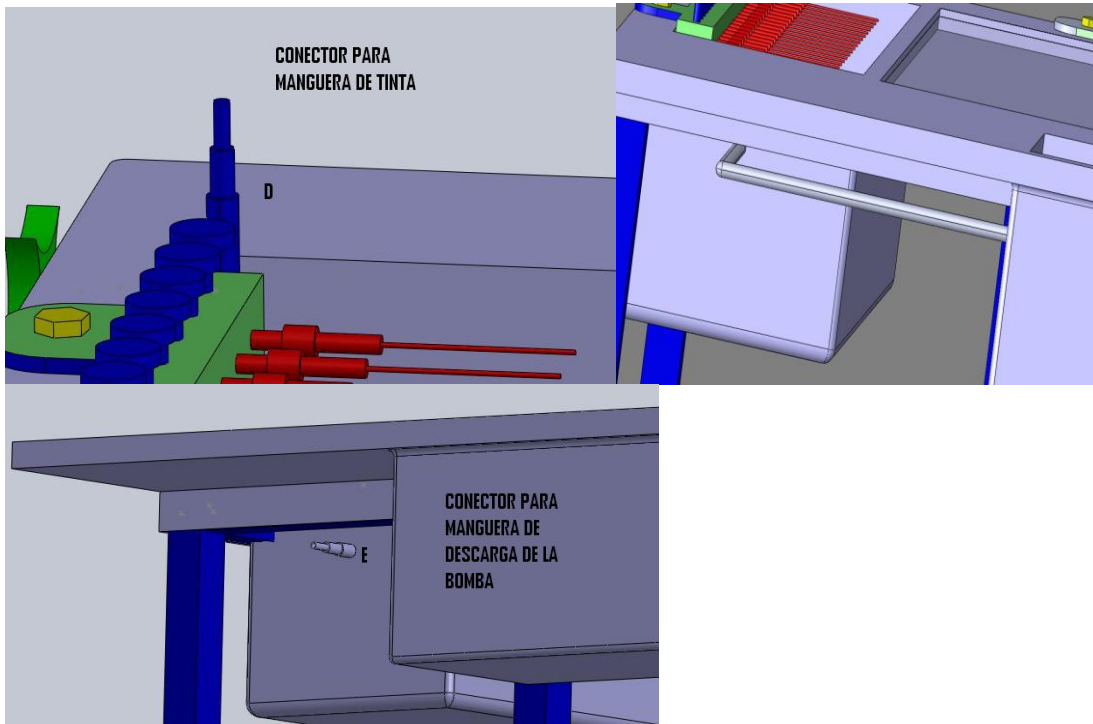


Fig. 3.21 Ensamble de los conectores D y E

NOTA: El orificio y la base corresponden para la colocación de la bomba sumergible y el paso de la manguera de descarga.

Imagen:

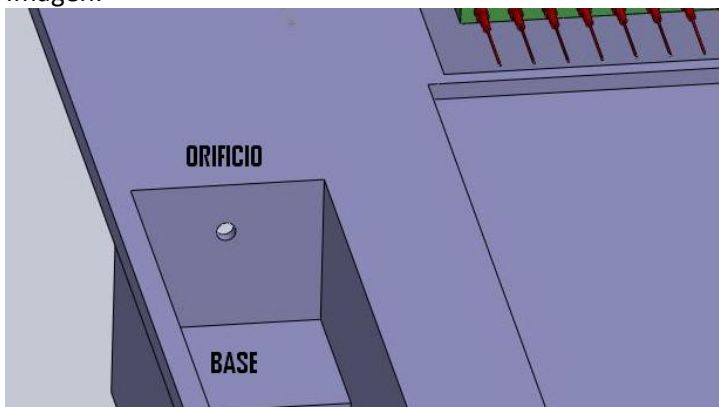


Fig.3.22 Contenedor de agua

ENSAMBLE COMPLETO

Imagen:

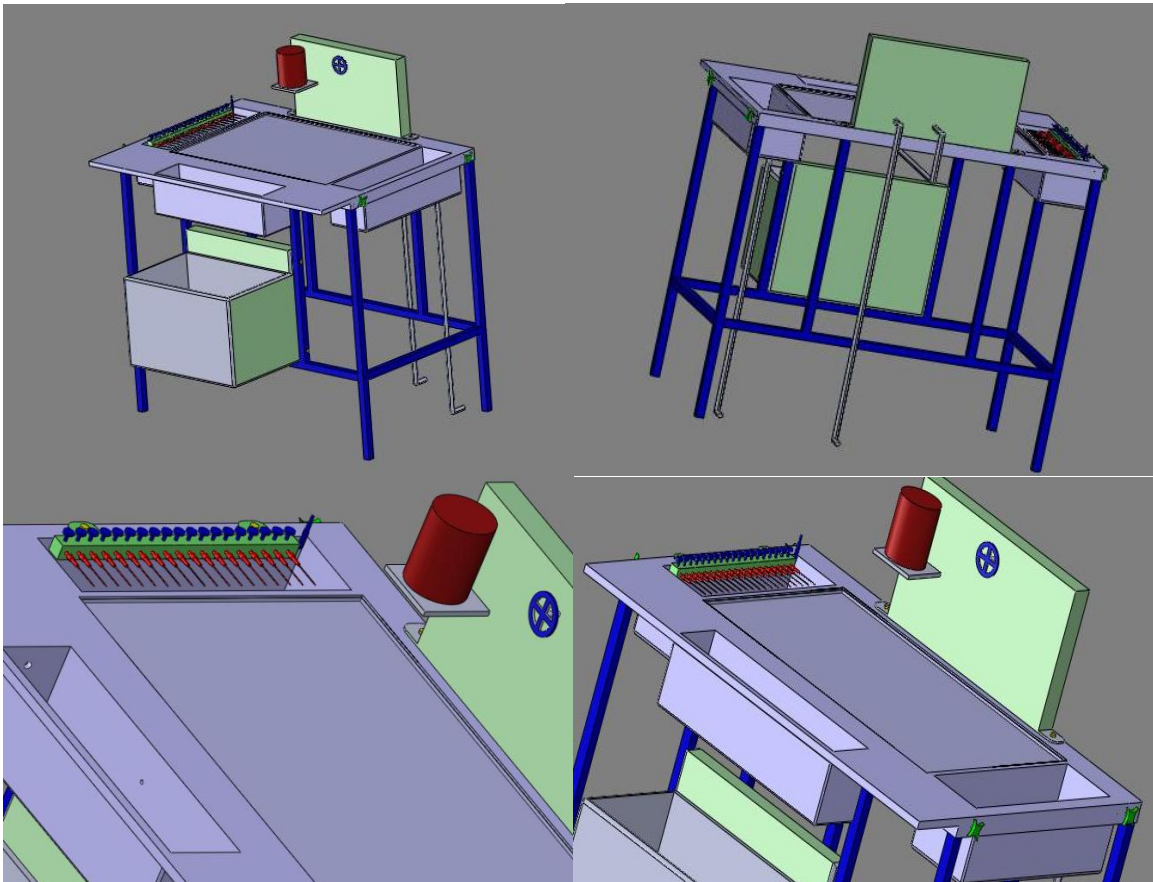


Fig. 3.23 Ensamble completo en diferentes vistas

3.5 SIMULACION DE DIFERENTES PERFILES AERODINAMICOS

Usando el programa de Solidworks y el complemento Flow Simulation como apoyo podemos simular tres perfiles aerodinámicos que utilizaremos en nuestra mesa para poder llevar acabo nuestro estudio correspondiente que es el comportamiento del flujo laminar con diferentes perfiles aerodinámicos, utilizaremos tres tipos los cuales son un cilindro, 2 tipos de alas; esos son los tres que nosotros elegimos pero se pueden utilizar diferentes para ver el comportamiento de este con otros tipos.

CILINDRO:

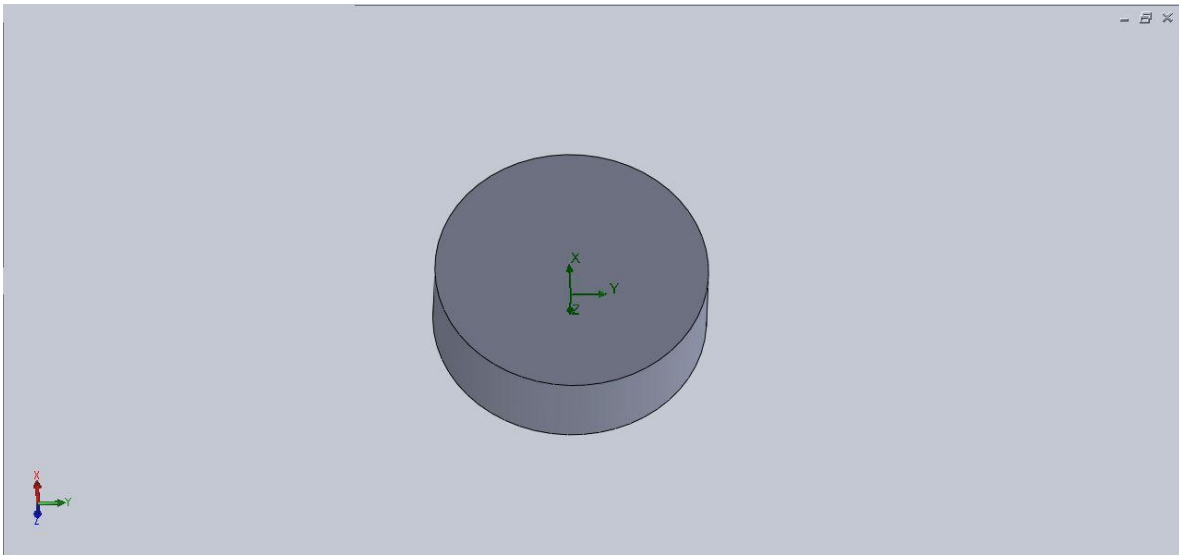


Fig. 3.24 Cilindro

En la figura 3.24 mostramos uno de los tres perfiles aerodinámicos a utilizar el cual es un cilindro de 3 cm de diámetro y 1 cm de ancho, el cual se le realizara las pruebas de comportamiento con ayuda del programa de solidworks.

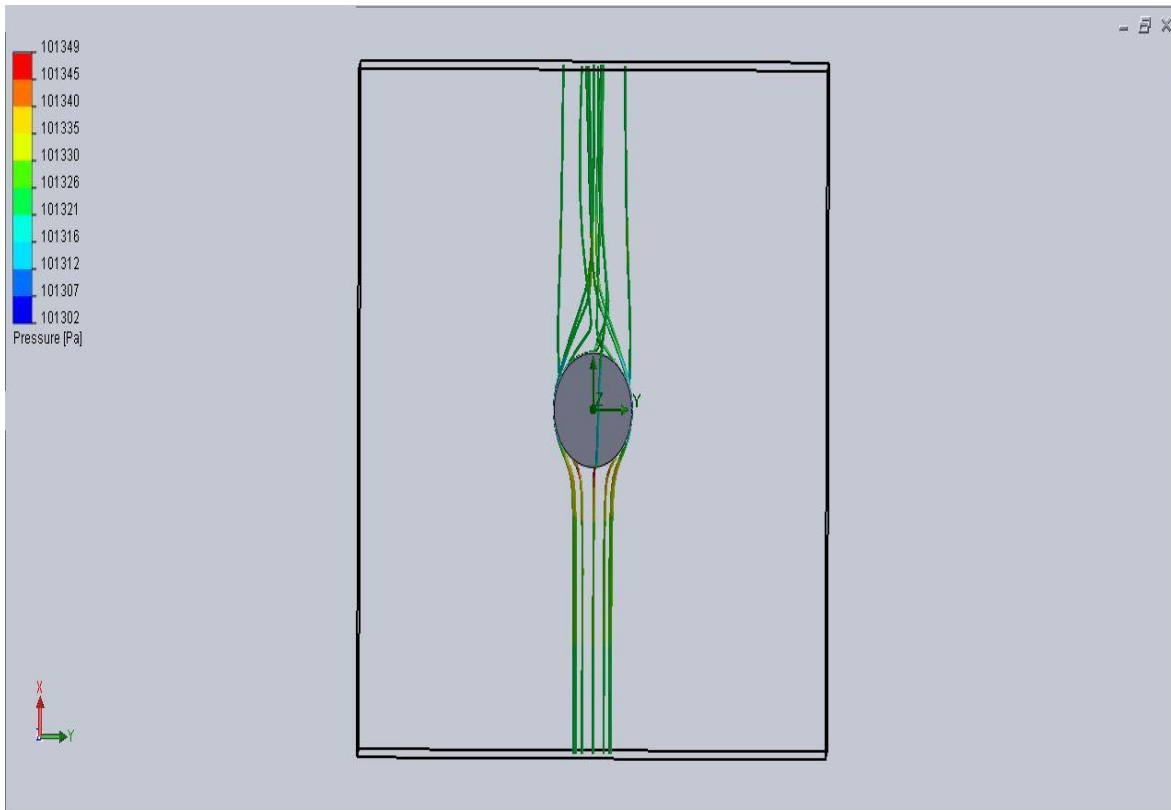


Fig. 3.25 Simulación de las diferentes presiones que sufre el flujo

En la figura 3.25 podemos visualizar como trabaja el fluido en el perfil aerodinámico y las diferentes presiones que registran al momento del recorrido del flujo, debido a que estamos trabajando a presión atmosférica por esos las presiones que se registran son desde 101. 302 Pa hasta 101.349 Pa, esta ultima presión se registra al momento en el que el liquido choca con el perfil aerodinámico luego la presión después de que el liquido rodea el perfil y lo pasa se da otra vez una presión constante, el liquido después de pasar el perfil podemos observar que se hace un poco turbulento debido a la forma geométrica del perfil, luego podemos ver que se vuelve hacer un flujo laminar constante, también podemos apreciar que las mayores presiones se dan al momento del impacto con el perfil como se menciono anteriormente.

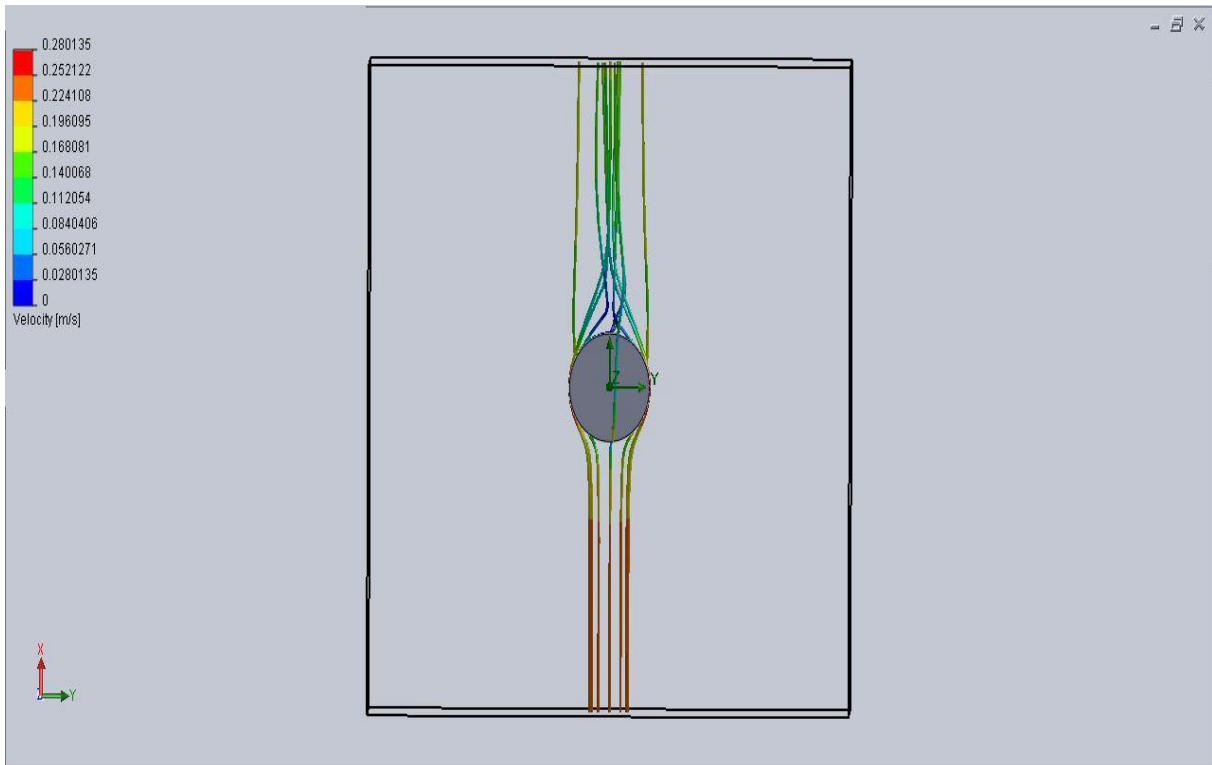


Fig. 3.26 Simulación de las diferentes velocidades que sufre el flujo

En la figura 3.26 podemos visualizar las diferentes velocidades a la que está sometido el flujo a la hora del trabajo y su comportamiento con unos de los perfiles aerodinámicos seleccionados para el estudio del flujo laminar, podemos apreciar que el flujo alcanza su mayor velocidad al momento de salir de las agujas el cual alcanza una velocidad de 0.280135 m/s y disminuye al momento del impacto con el perfil la cual llega a ser de 0.140068 m/s, luego se mantiene constante.

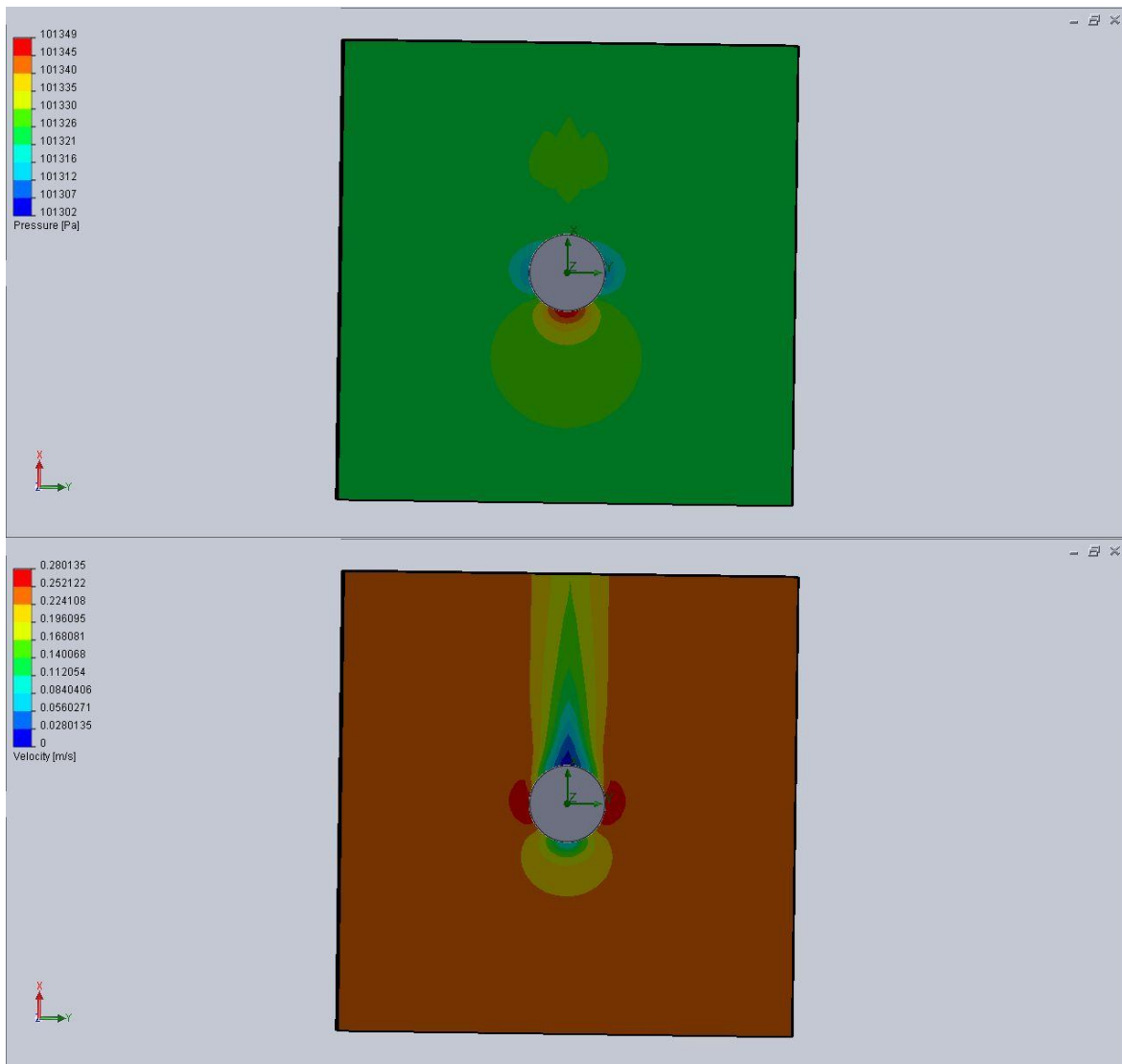


Fig. 3.27 Simulación de las diferentes presiones y velocidades que existe en el área de trabajo

En la figura 3.27 podemos observar las diferentes presiones y velocidades que se dan en el área de trabajo que son las mismas que sufre el líquido al momento de chocar con el perfil, que fueron mencionadas anteriormente, nada más que en la imagen anterior no podíamos apreciar en que zonas del área de trabajo igual existía flujo, en cambio, aquí en la imagen 3.27 podemos ver de color verde y de color café en el caso de las velocidades que el flujo es constante en toda esa zona.

Ala 1:

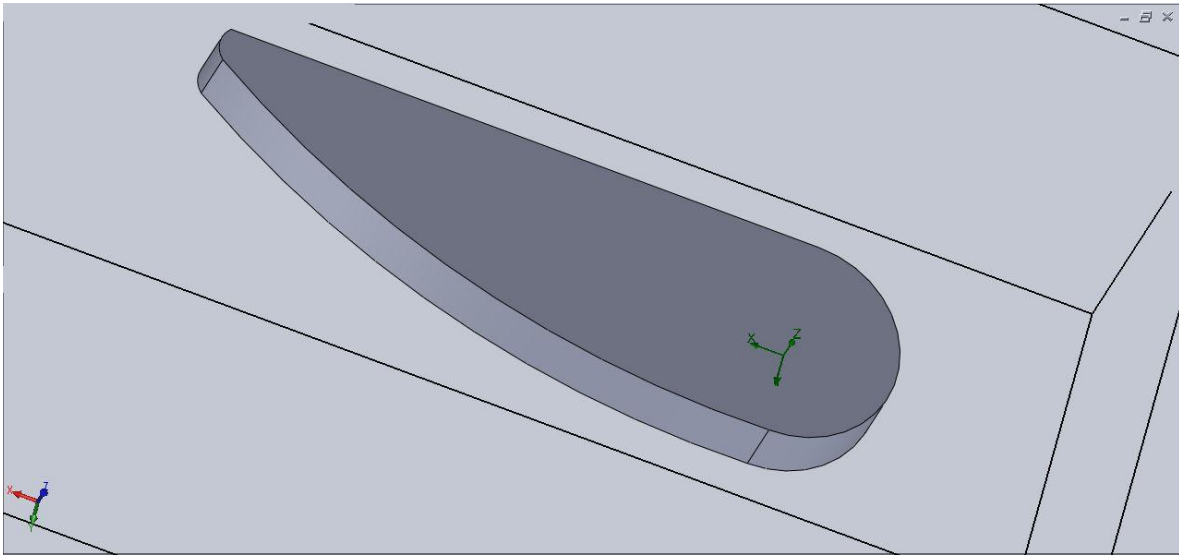


Fig. 3.28 Ala

En la figura 3.28 mostramos uno de los tres perfiles aerodinámicos a utilizar el cual es un tipo de ala, es un tipo de perfil llamado perfil naca de 3 cm de diámetro en la curvatura y 1 cm de ancho y 9 cm de largo, el cual se le realizara las pruebas de comportamiento con ayuda del programa de solidworks.

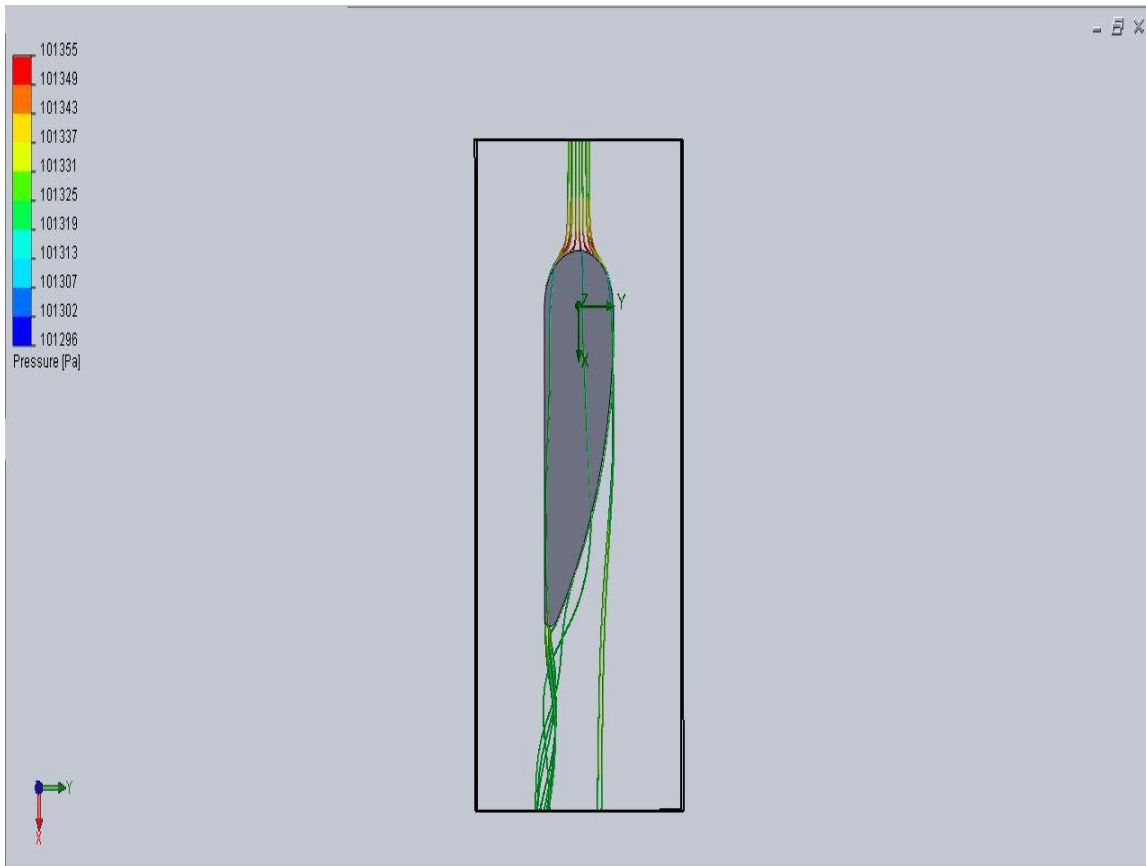


Fig. 3.29 Simulación de las diferentes presiones que sufre el flujo

En la figura 3.29 podemos visualizar como trabaja el fluido en el perfil aerodinámico y las diferentes presiones que registran al momento del recorrido del flujo, debido a que estamos trabajando a presión atmosférica por esos las presiones que se registran son desde 101. 298 Pa hasta 101.355 Pa, esta ultima presión se registra al momento en el que el liquido choca con el perfil aerodinámico luego la presión después de que el liquido rodea el perfil y lo pasa se da otra vez una presión constante, el liquido después de pasar el perfil podemos observar que se hace un poco turbulento debido a la forma geométrica del perfil, luego podemos ver que se vuelve hacer un flujo laminar constante, también podemos apreciar que las mayores presiones se dan al momento del impacto con el perfil como se menciono anteriormente.



Fig. 3.30 Simulación de las diferentes velocidades que sufre el flujo

En la figura 3.30 podemos visualizar las diferentes velocidades a la que está sometido el flujo a la hora del trabajo y su comportamiento con unos de los perfiles aerodinámicos seleccionados para el estudio del flujo laminar, podemos apreciar que el flujo alcanza su mayor velocidad al momento de salir de las agujas el cual alcanza una velocidad de 0.280135 m/s y disminuye al momento de impacto con el perfil la cual llega a ser de 0.144664 m/s, luego se mantiene constante.

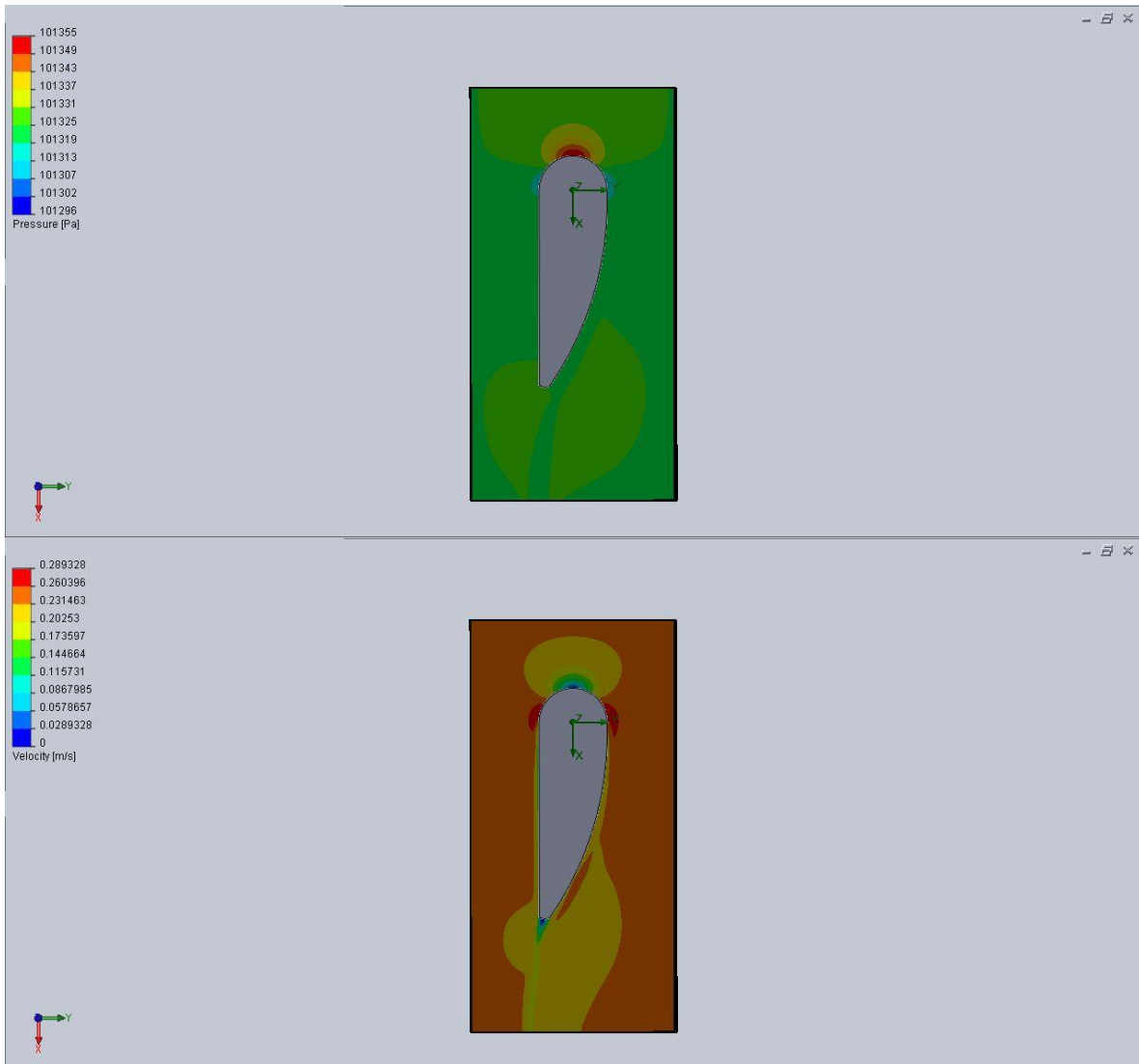


Fig. 3.31 Simulación de las diferentes presiones y velocidades que existe en el área de trabajo

En la figura 3.31 podemos observar las diferentes presiones y velocidades que se dan en el área de trabajo que son las mismas que sufre el líquido al momento de chocar con el perfil, que fueron mencionadas anteriormente, nada más que en la imagen anterior no podíamos apreciar en que zonas del área de trabajo igual existía flujo, en cambio, aquí en la imagen 3.31 podemos ver de color verde y de color café en el caso de las velocidades que el flujo es constante en toda esa zona.

Ala 2:

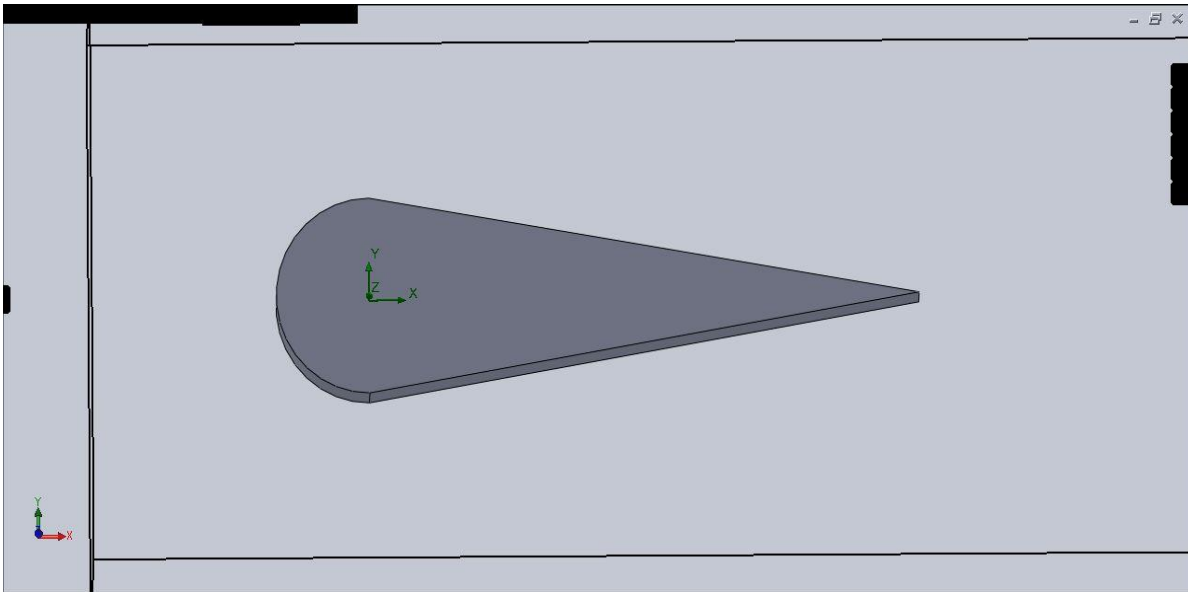


Fig. 3.32 Ala

En la figura 3.32 mostramos uno de los tres perfiles aerodinámicos a utilizar el cual es un tipo de ala, de 3 cm de diámetro en la curvatura y 1 cm de ancho y 9 cm de largo, el cual se le realizara las pruebas de comportamiento con ayuda del programa de solidworks.

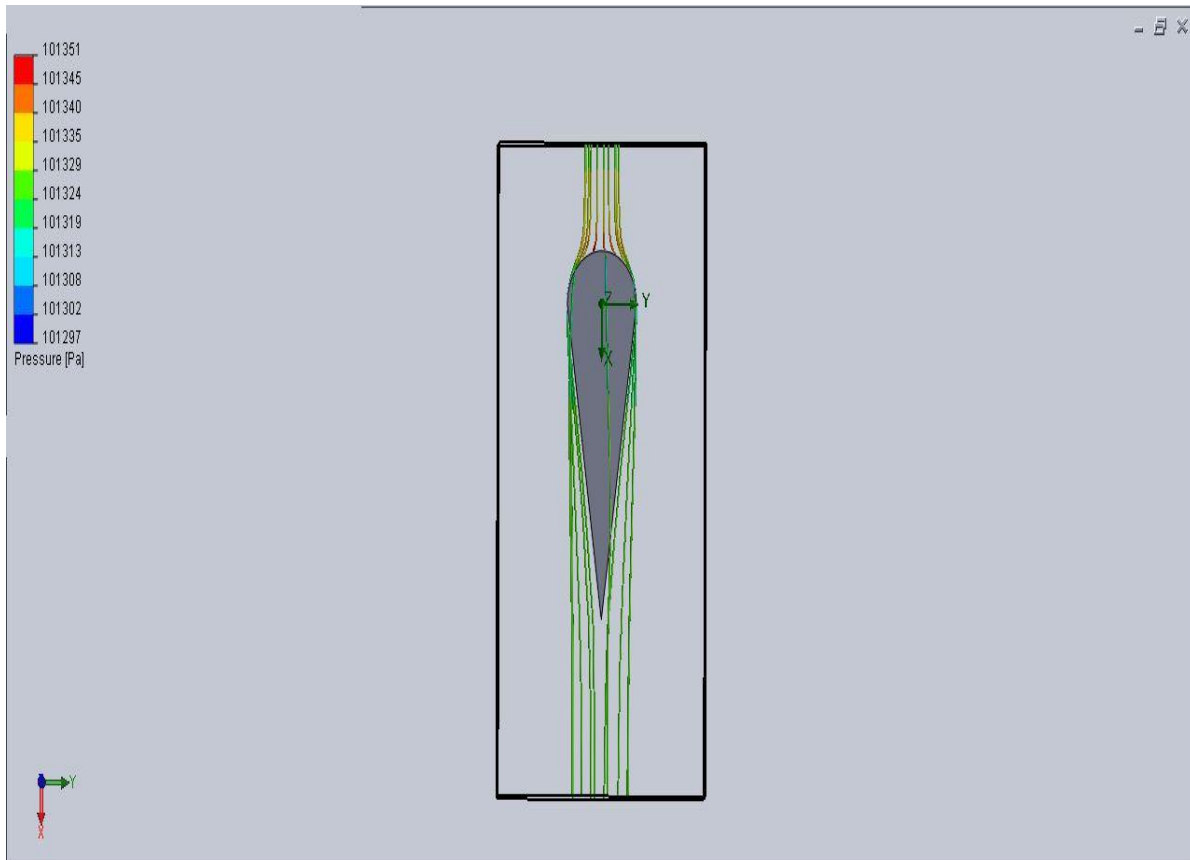


Fig. 3.33 Simulación de las diferentes presiones que sufre el flujo

En la figura 3.33 podemos visualizar como trabaja el fluido en el perfil aerodinámico y las diferentes presiones que registran al momento del recorrido del flujo, debido a que estamos trabajando a presión atmosférica por esos las presiones que se registran son desde 101. 297 Pa hasta 101.351 Pa, esta ultima presión se registra al momento en el que el liquido choca con el perfil aerodinámico luego la presión después de que el liquido rodea el perfil y lo pasa se da otra vez una presión constante, el liquido después de pasar el perfil podemos observar que sigue siendo laminar debido a la forma geométrica del perfil, también podemos apreciar que las mayores presiones se dan al momento del impacto con el perfil como se menciono anteriormente.



Fig. 3.34 Simulación de las diferentes velocidades que sufre el flujo

En la figura 3.34 podemos visualizar las diferentes velocidades a la que está sometido el flujo a la hora del trabajo y su comportamiento con unos de los perfiles aerodinámicos seleccionados para el estudio del flujo laminar, podemos apreciar que el flujo alcanza su mayor velocidad al momento de salir de las agujas el cual alcanza una velocidad de 0.281581 m/s y disminuye al momento del impacto con el perfil la cual llega a ser de 0.140791 m/s, luego se mantiene constante

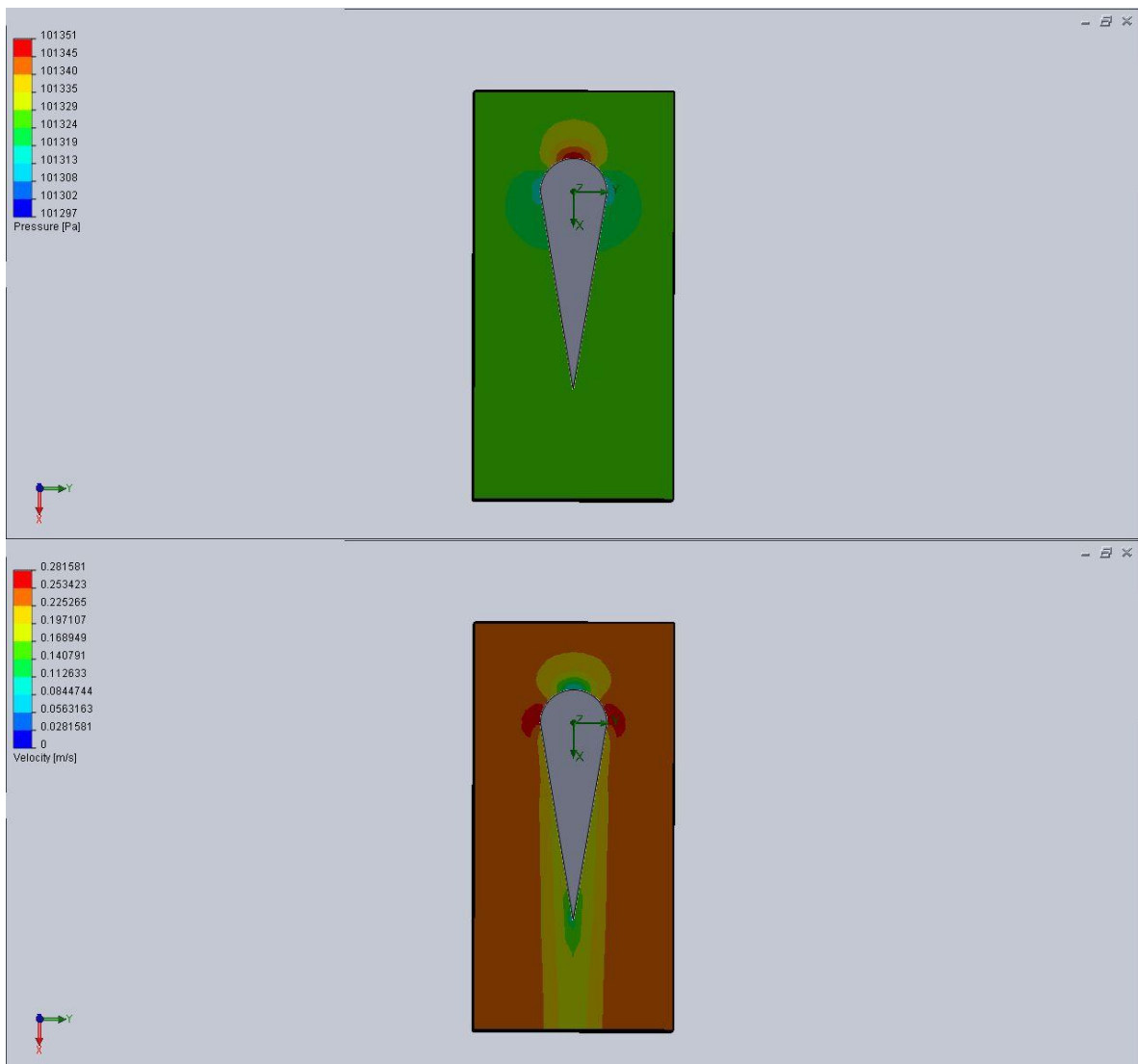


Fig. 3.35 Simulación de las diferentes presiones y velocidades que existe en el área de trabajo

En la figura 3.35 podemos observar las diferentes presiones y velocidades que se dan en el área de trabajo que son las mismas que sufre el líquido al momento de chocar con el perfil, que fueron mencionadas anteriormente, nada más que en la imagen anterior no podíamos apreciar en que zonas del área de trabajo igual existía flujo, en cambio, aquí en la imagen 3.35 podemos ver de color verde y de color café en el caso de las velocidades que el flujo es constante en toda esa zona.

3.6 PRESUPUESTO

<u>Descripción</u>	<u>Costo</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Total</u>
Soporte de la sección de trabajo y los tanques de cada extremo están moldeados en plástico reforzado con fibra de vidrio.	\$1000.00	1	\$1000.00
Sección de trabajo fabricada en vidrio laminado (dimensiones de la hoja superior 606mm x 892mm).	\$3000.00	1	\$3000.00
Soporte del área de trabajo en ángulo galvanizado por 6 m.	\$600.00	2	\$1200.00
Tubería de 2 in de diámetro, 1 m	\$153.990	6	\$924.00
Busshing 6 mm	\$60.00	19	\$1140.00
Oring 6 mm, 1 paquete de 10	\$108.00	2	\$216.00
Tornillo 3/8 in	\$300.00	1	\$300.00
1 válvula de ¾ in	\$344.00	20	\$6960.00
Bomba para pecera 108 L/h	\$300.00	1	\$300.00
Frasco para la tinta	\$50.00	1	\$50.00
Mangera de 73 mm de diámetro, 3 m	\$30.00	1	\$30.00
Agujas	\$1.00	19	\$19.00
<i>TOTAL</i>			<i>\$15,139.00</i>
Mano de obra		+	\$6000.00
TOTAL			\$21,139.00

CONCLUSIONES

Podemos observar que el ser humano siempre a tratado con el agua para diferentes experimentos y proyectos, es por eso que nosotros optamos por utilizar esta sustancia para poder trabajar con nuestro proyecto, debido a que es algo que tenemos a nuestra disposición, también decidimos utilizar algo que se pudiera visualizar al momento de trabajar con el agua, que visualizara el comportamiento del agua con diferentes formas geométricas debido a esto optamos por usar una tinta que tiene la misma densidad del agua entonces es claro apreciar el comportamiento que el agua tiene con diferentes perfiles aerodinámicos, luego procedimos hacer los cálculos, una vez realizados los cálculos correspondientes haber investigado acerca del tema, podemos concluir que este proyecto es viable debido a que servirá de gran apoyo en las materias de mecánica de fluidos y flujo de fluidos; ayudara a entender mejor los conceptos de lo que es un flujo laminar y como es su comportamiento con diferentes perfiles aerodinámicos, también concluimos que con poca potencia podemos obtener un flujo laminar , ya que con muy altas potencias podemos hacer que el flujo sea muy perturbante o se llegue a convertir en un flujo turbulento, también logramos dejar planteado otro prototipo de mesa con las mismas característica que nuestro diseño aunque esta en vez de utilizar tinta utilizara burbujas de hidrogeno que funcionara con corriente, esta tiene ventajas y desventajas que ya fueron mencionadas anteriormente, pudimos obtener también que con poca inversión se puede lograr construir una mesa para la visualización de fluidos sin estimar un presupuesto muy elevado, debido a esto consideramos que si es un proyecto viable debido a que las mesas parecidas llegan a costar hasta \$250,000.00 pesos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y VIRTUALES

- White Frank M. , *Mecánica de Fluidos*, 2 ed. México, Mc. Graw Hill, de la 429 a 430
- Potter Merle C; Wiggert David C. ; *Mecánica de Fluidos*, 3 ed. México, Thomson, de la 598 a 599
- Giles Ranald V.; Evett Jack B.; Liu Cheng; *Mecánica de los fluidos e hidráulica*; 3 ed. España, Mc. Graw Hill, de la 222 a 224

- www.mashpedia.es/Flujo_laminar
- www.ciie.cfiie.ipn.mx/2domemorias/documents/c/c14/c14_49.pdf
- www.miliarium.com/Paginas/Prontu/Tablas/Aguas/PropiedadesFisicasAgua.htm
- www.es.wikipedia.org/wiki/Radio_hidr%C3%A1ulico
- www.mecanicafluidos7mo.blogspot.com/2008/04/flujo-en-canales-abiertos.html
- www.es.wikipedia.org/wiki/Permanganato_de_potasio

ANEXOS

ANEXO A

Tabla de las propiedades del agua

PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA							
Temperatura (°C)	Peso específico (kN/m³)	Densidad (kg/m³)	Módulo de elasticidad (kN/m²)	Viscosidad dinámica (N·s/m²)	Viscosidad cinemática (m²/s)	Tensión superficial (N/m)	Presión de vapor (kN/m²)
0	9,805	999,8	$1,98 \cdot 10^6$	$1,781_3 \cdot 10^{-3}$	$1,785_6 \cdot 10^{-6}$	0,0765	0,61
5	9,807	1000,0	$2,05 \cdot 10^6$	$1,518_3 \cdot 10^{-3}$	$1,519_6 \cdot 10^{-6}$	0,0749	0,87
10	9,804	999,7	$2,10 \cdot 10^6$	$1,307_3 \cdot 10^{-3}$	$1,306_6 \cdot 10^{-6}$	0,0742	1,23
15	9,798	999,1	$2,15 \cdot 10^6$	$1,139_3 \cdot 10^{-3}$	$1,139_6 \cdot 10^{-6}$	0,0735	1,70
20	9,789	998,2	$2,17 \cdot 10^6$	$1,102_3 \cdot 10^{-3}$	$1,003_6 \cdot 10^{-6}$	0,0728	2,34
25	9,777	997,0	$2,22 \cdot 10^6$	$0,890_3 \cdot 10^{-3}$	$0,893_6 \cdot 10^{-6}$	0,0720	3,17
30	9,764	995,7	$2,25 \cdot 10^6$	$0,708_3 \cdot 10^{-3}$	$0,800_6 \cdot 10^{-6}$	0,0712	4,24
40	9,730	992,2	$2,28 \cdot 10^6$	$0,653_3 \cdot 10^{-3}$	$0,658_6 \cdot 10^{-6}$	0,0696	7,38
50	9,689	988,0	$2,29 \cdot 10^6$	$0,547_3 \cdot 10^{-3}$	$0,553_6 \cdot 10^{-6}$	0,0679	12,33
60	9,642	983,2	$2,28 \cdot 10^6$	$0,466_3 \cdot 10^{-3}$	$0,474_6 \cdot 10^{-6}$	0,0662	19,92
70	9,589	977,8	$2,25 \cdot 10^6$	$0,404_3 \cdot 10^{-3}$	$0,413_6 \cdot 10^{-6}$	0,0644	31,16
80	9,530	971,8	$2,20 \cdot 10^6$	$0,354_3 \cdot 10^{-3}$	$0,364_6 \cdot 10^{-6}$	0,0626	47,34
90	9,466	965,3	$2,14 \cdot 10^6$	$0,315_3 \cdot 10^{-3}$	$0,326_6 \cdot 10^{-6}$	0,0608	70,10
100	9,399	958,4	$2,07 \cdot 10^6$	$0,282_3 \cdot 10^{-3}$	$0,294_6 \cdot 10^{-6}$	0,0589	101,33