

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Mecánica



**DISEÑO DE UN DISPOSITIVO FLOTABLE
PARA EL APRENDIZAJE EN EL CAMPO DE LA
NATACIÓN DE PERSONAS NO VIDENTES**

Isaí Alejandro Pérez Méndez

Guatemala
2010

**DISEÑO DE UN DISPOSITIVO FLOTABLE
PARA EL APRENDIZAJE EN EL CAMPO DE LA
NATACIÓN DE PERSONAS NO VIDENTES**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Mecánica

**DISEÑO DE UN DISPOSITIVO FLOTABLE
PARA EL APRENDIZAJE EN EL CAMPO DE LA
NATACIÓN DE PERSONAS NO VIDENTES**

Trabajo graduación presentado por
Isaí Alejandro Pérez Méndez
para optar al grado académico de
Licenciado en Ingeniería Mecánica

Guatemala
2010

Vo. Bo.:

(f) _____
Ing. Carlos Antonio Poitevin Paz
Asesor

Tribunal examinador:

(f) _____
Ing. Víctor Hugo Ayerdi Bardales

(f) _____
Ing. Carlos Antonio Poitevin Paz

(f) _____
Ing. Raúl Eduardo Loarca Velásquez

Fecha de aprobación: Guatemala, 09 de diciembre de 2010.

PREFACIO

El trabajo que a continuación se presenta es la culminación de una meta planteada hace cinco años, o bien, se puede decir que es la cosecha de una siembra que se cultivó durante cinco años de esfuerzo y perseverancia, tanto de mi parte como de todas las personas que me proporcionaron la oportunidad de poder centrar y enfocar mi atención en culminarla de una forma exitosa.

El cumplimiento del ciclo universitario, hasta ahora, es el paso más importante de mi vida y qué mejor forma que finalizarlo con un trabajo de tesis que representa un pequeño aporte hacia el mejoramiento de la vida de las personas que conforman la población discapacitada. Y a pesar de que el mismo presenta ciertas limitaciones, marca un inicio dentro de un tema que es muy poco tratado y que probablemente sirva como incentivo para que se pueda profundizar en su desarrollo y puesta en práctica. Por tal motivo, agradezco sinceramente a las personas que se toman el tiempo de revisarlo esperando que les despierte el interés de realizar un estudio más profundo sobre el tema, que incluso puede llegar a proponer otras alternativas con el fin de ayudar a las personas discapacitadas, que estoy seguro, estarán inmensamente agradecidos por la atención que se les brinda.

Cabe resaltar que este trabajo no pudo haber sido posible sin la continua dedicación que representó el llevarlo a cabo, obteniendo a cambio un gran premio que es la satisfacción de ver lo que se puede realizar cuando existe el firme propósito de lograrlo. Es por ello que a las personas que tengan la oportunidad de leer el presente escrito les insto a nunca bajar la cabeza ante los retos de la vida y menos cuando se presentan las verdaderas dificultades pues es en ese momento cuando más firme debemos permanecer.

Quiero agradecer de forma muy especial a la fundación Juventud en Acción "JUVEA" por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios superiores en la Universidad del Valle de

Guatemala (UVG) proporcionándome una beca de estudios, y a la Licenciada Ángela Cáceres, miembro del departamento de Ayuda Financiera de la UVG, que mucho tuvo que ver en dicho apoyo. Además, mi agradecimiento y respeto a cada uno de los catedráticos que tuve la fortuna de conocer a lo largo de mi carrera, principalmente a los Ingenieros Carlos Poitevin por su importante asesoría y Raúl Loarca por sus buenos consejos en la elaboración del presente trabajo. De igual forma, dedico este triunfo a mi Señora Madre por su apoyo incondicional y a todos mis familiares que aún se encuentran a mi lado y a los que por diversas circunstancias de la vida ya no lo están pero que su recuerdo permanece en mi corazón, y a Dios nuestro Señor que me ha acompañado en los momentos más difíciles de mi vida.

Isaí Alejandro Pérez Méndez.

CONTENIDO

	Página
LISTA DE TABLAS	x
LISTA DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xiii
Capítulos	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
III. MARCO TEÓRICO	3
A. Natación	3
1. Piscina olímpica	3
2. Composición del agua en una piscina	6
B. Flotación	6
C. Flujo alrededor de cuerpos	8
1. Resistencia de cuerpos sumergidos	8
D. Flexión de vigas	14
E. Especificaciones de tubería	15
IV. ANTECEDENTES	16
V. DISEÑO	19
A. Parámetros de diseño	19
B. Especificaciones de desempeño	20

C. Especificaciones de diseño.....	21
1. Dimensiones.....	21
2. Carga	21
3. Material.....	22
D. Diseño de estructuras	22
1. Estructura base	22
a. Ensamble.....	25
2. Diseño de estructura de apoyo 1.....	27
a. Ensamble.....	29
3. Diseño de estructura de apoyo 2	32
a. Ensamble.....	34
4. Análisis de flotadores.....	37
5. Determinación del diámetro de la varilla de carga.....	39
VI. ANÁLISIS DE DISEÑOS.....	41
A. Peso	41
B. Resistencia al avance.....	45
VII. CONCLUSIONES	47
VIII.RECOMENDACIONES	49
IX. BIBLIOGRAFÍA.....	50
X. APÉNDICE	51

LISTA DE TABLAS

Tabla	Página
1. <i>Dimensiones de piscinas del medio nacional.</i>	5
2. <i>Dimensiones limitantes del diseño.</i>	21
3. <i>Cantidad de tubos para la estructura base.</i>	24
4. <i>Material para la estructura de apoyo (Diseño 1).</i>	29
5. <i>Material para la estructura de apoyo (Diseño 2).</i>	34
6. <i>Resultados de longitud de tubo necesaria para flotadores.</i>	38
7. <i>Resultados de volumen de los materiales de aluminio.</i>	42
8. <i>Resultados de volumen de los materiales de polímero UHMW.</i>	42
9. <i>Resultados de peso total de los diseños.</i>	42
10. <i>Resultados de la fuerza de flotación sobre los diseños.</i>	43
11. <i>Resultados de la fuerza de flotación sobre los diseños.</i>	44
12. <i>Resultados de flotadores considerando fuerzas de flotación.</i>	44
13. <i>Resultados de la resistencia al avance de los diseños.</i>	46

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. <i>Características típicas de una piscina de competición olímpica.</i>	4
2. <i>Piscina del Colegio Americano.</i>	5
3. <i>Perspectivas de la fuerza de flotación en cuerpos totalmente sumergidos.</i>	7
4. <i>Equilibrio estático de un cuerpo flotante.</i>	8
5. <i>Fuerzas y momentos actuantes sobre un cuerpo inmerso en un fluido.</i>	9
6. <i>Cuerpo con dos planos de simetría.</i>	10
7. <i>Coeficientes de resistencia para cuerpos bidimensionales.</i>	11
8. <i>Coeficientes de resistencia para cuerpos tridimensionales.</i>	12
9. <i>Coeficiente de resistencia para cuerpos bidimensionales ($Re \geq 104$).</i>	12
10. <i>Coeficiente de resistencia para cuerpos tridimensionales ($Re \geq 104$).</i>	13
11. <i>Tubería estándar americana.</i>	15
12. <i>Estructura base con abertura de 2.0 metros.</i>	23
13. <i>Estructura base con abertura de 2.5 metros.</i>	23
14. <i>Inserto macho (medidas en milímetros).</i>	25
15. <i>Inserto hembra (medidas en milímetros).</i>	26
16. <i>Ensamble de estructura base.</i>	26
17. <i>Ensamble de estructura base.</i>	27
18. <i>Estructura de apoyo (diseño 1).</i>	28
19. <i>Ensamble de estructura base (diseño 1).</i>	31

20. <i>Ensamble de estructura de apoyo (diseño 1)</i>	31
21. <i>Ensamble de estructura de apoyo (diseño 1)</i>	32
22. <i>Estructura de apoyo (diseño 2)</i>	33
23. <i>Ensamble de estructura de apoyo (diseño 2)</i>	35
24. <i>Ensamble de estructura de apoyo (diseño 2)</i>	36
25. <i>Ensamble de estructura de apoyo (diseño 1)</i>	36
26. <i>Flotadores y guías</i>	39
27. <i>Diagrama de cuerpo libre de la varilla de carga</i>	39

RESUMEN

Basándose en la inexistencia de dispositivos que le permitan a una persona invidente tomarse un tiempo de recreación en el campo de la natación, este trabajo de graduación se enfoca en diseñar un mecanismo o dispositivo que le permita a este tipo de personas tener la oportunidad de practicar la natación sin la obligatoria presencia de un instructor que le preste una atención personalizada durante la práctica de la misma.

El diseño se plantea como un dispositivo que represente la practicidad, portabilidad, resistencia y efectividad, y que además cuente con todos los complementos necesarios para que cumpla con la finalidad descrita en el párrafo anterior. Para ello se realizó un completo estudio dentro del campo de ciencias como la mecánica de fluidos y la resistencia de materiales con el propósito de realizar un diseño bien fundamentado.

El diseño se orienta a ser utilizado en piscinas con medidas estándar referidas a parámetros como la profundidad, longitud, densidad del agua, etc. También se tomaron en cuenta normas de seguridad dentro del campo de la natación con el fin de ofrecerle una sensación de confianza y seguridad total a una persona con deficiencia visual. Es un hecho que una persona invidente posee una gran desconfianza e inseguridad al movilizarse y más aún dentro de un ambiente como el acuático, donde incluso personas videntes poseen gran temor. Por tal motivo, es un verdadero reto el implementar dicho dispositivo pero al mismo tiempo, es una motivación extra para cumplir con el fin deseado.

Dentro el proyecto se empleó todo material disponible que pueda ayudar a la realización del mismo y lograr obtener un mecanismo que cumpla con los temas tratados anteriormente, enfocados principalmente a personas no videntes pero sin excluir la posibilidad de que su utilización se pueda expandir a toda clase de persona discapacitada.

Con el trabajo de graduación concluido, se lograron dos diseños potenciales que pueden cumplir con el objetivo planteado. Los resultados del análisis sobre los mismos demostraron que son muy factibles y que se podrían obtener mejores conclusiones si se llevaran a la realidad, complementando así los resultados aquí presentados.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente las personas discapacitadas son relegadas a un segundo plano dentro de la sociedad guatemalteca, lo cual provoca que las mismas dejen de realizar actividades que normalmente se llevan a cabo sin ninguna complicación, como lo es el deporte, además de que en la mayoría de ocasiones su situación se los impide. Un ejemplo es la natación, un deporte que en el caso de las personas no videntes es factible, pero que a la falta de métodos y equipos especiales para un aprendizaje seguro, se presenta como una dedicación total de parte del instructor hacia el aprendiz que además experimenta un alto grado de desconfianza dentro del agua, lo cual a su vez, provoca invertir una gran cantidad de tiempo en el aprendizaje. Por ello, en las páginas subsiguientes se presentan las bases para el diseño de un dispositivo flotable enfocado a ser utilizado por personas no videntes en el proceso de aprendizaje en el campo de la natación, así como el diseño en sí y lo que se rescata del mismo en las conclusiones y recomendaciones.

Dentro del proceso de diseño se presentan los parámetros y especificaciones que definen las restricciones y limitan las posibles soluciones que se puedan plantear para el problema propuesto. Se desprenden dos soluciones que cumplen con las limitantes y además se explica a detalle el procedimiento tomado para la forma y ensamblaje de cada una de ellas tratando de mejorar la descripción para permitir una mejor comprensión del proceso.

Se realiza una evaluación de los diseños por medio de procedimientos analíticos, cuyos principios y estatutos se presentan en el marco teórico, proporcionando de esta forma resultados que permiten presentar una comparación haciendo referencia a las conclusiones y recomendaciones a finales del escrito.

II. OBJETIVOS

- **General**

Diseñar un dispositivo flotable que le permita, a una persona no vidente, aprender a nadar de una forma segura sin la necesidad de la atención personalizada por parte de un instructor o asistente.

- **Específicos**

1. Verificar las medidas estandarizadas de piscinas que se encuentren dentro del medio nacional.
2. Determinar los materiales adecuados a utilizar en la estructura seleccionada.
3. Determinar el diseño de una estructura que permita la comodidad de las personas durante la práctica de la natación.
4. Adaptar el diseño de tal forma que sea desmontable.
5. Diseñar el mecanismo de guías y flotación de la estructura de tal forma que sea segura dentro del agua.

III. MARCO TEÓRICO

A. Natación

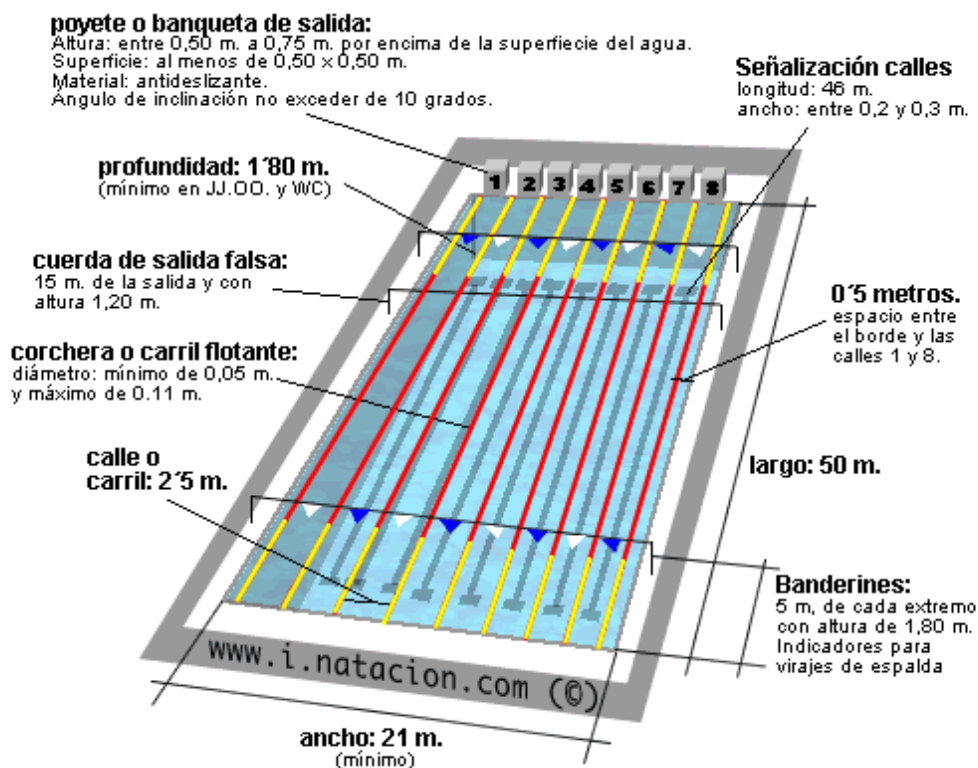
Junto al atletismo y la gimnasia, la natación completa la trilogía de las prácticas físico-educativas fundamentales, siendo por otra parte, el deporte más completo que existe actualmente. En este sentido, la propia técnica al practicar la natación evidencia la exigencia de la misma y es por ello que posee el reconocimiento antes mencionado. Al nadar se trata de mantener el cuerpo en la superficie del agua y desplazarlo, dotándole de unos movimientos rítmicos y suaves, imprimiéndole mayor o menor velocidad al avance, combinando la actividad de brazos y piernas, de las manos y los pies, de la inclinación conveniente de la masa corporal y de la adecuada movilización de la cabeza para permitir una dosificación respiratoria, y todo ello con el objeto de extraer el máximo rendimiento de la acción conjunta de todo el cuerpo, es decir, una sincronización total.

Esta exigencia física y mental hace que la natación sea beneficiosa para fortalecer los diferentes músculos del cuerpo lo cual mejora las funciones cardiovasculares. En un aspecto quizá más importante, la natación se utiliza con frecuencia para la rehabilitación y cuidado terapéutico de personas ya que presenta excelentes resultados en este ámbito.

1. Piscina olímpica. Las piscinas olímpicas son las que se utilizan en competiciones profesionales a nivel internacional por lo que en ellas se mantienen medidas estándar en cada uno de los países del mundo que cuentan con la natación como un deporte federado. Las características y medidas tradicionales de una piscina olímpica se describen mediante la figura mostrada en la página siguiente.

Como puede observarse en la figura 1, el ancho mínimo de una piscina olímpica de competición es de 21 metros aunque por lo general son de 25 metros de ancho por 50 metros de longitud. La profundidad de la piscina desde el nivel del agua debe ser de 1.80 metros como mínimo e idealmente dicha profundidad se debe de mantener constante a lo largo y ancho de la misma. Otro factor a tomar en cuenta es la corchera o carril flotante el cual no es más que un

Figura 1. Características típicas de una piscina de competición olímpica.



cable, por lo general forrado con un plástico, en donde se montan flotadores hechos de polímeros con el fin de separar a los nadadores y más importante aún, con el fin de absorber el oleaje producido por el propio nado y evitar que este moleste al nadador adyacente.

A nivel nacional y por ser Guatemala un país en el cual no se ha desarrollado la natación al máximo, las instalaciones que albergan éste deporte poseen dimensiones que solamente se aproximan a las mencionadas en el párrafo anterior y no necesariamente son las mismas. En el marco del presente trabajo se obtuvieron las dimensiones de dos piscinas que poseen la mayoría de las características tradicionales de una piscina olímpica. Una de las piscinas en mención pertenece a la Federación Nacional de Natación de Guatemala mientras que la otra pertenece al Colegio Americano ubicado a un costado de la Universidad del Valle de Guatemala, esta última se muestra en la figura 2.

Figura 2. Piscina del Colegio Americano.



A continuación se presentan las dimensiones principales (a efecto del presente trabajo) obtenidas de dichas piscinas como una referencia de lo que se encuentra disponible en cuanto a centros de natación dentro del medio nacional.

Tabla 1. Dimensiones de piscinas del medio nacional.

Piscina	Ancho de carril	Profundidad mínima
Federación Nacional de Natación	2.40 m	1.04 m
Colegio Americano	2.07m	0.87 m

2. Composición del agua en una piscina. Así como cualquier material expuesto al medio ambiente sufre deterioro con el paso del tiempo, así también el agua de las piscinas sufre un deterioro bastante acelerado provocado por su exposición al medio y principalmente por la interacción continua con el cuerpo humano. Por tal motivo, es necesario tratar el agua químicamente con el fin de mantenerla sanitizada y balanceada. La sanitización y el balanceo químico del agua van de la mano para evitar daños a las instalaciones, y principalmente, para evitar los daños a la salud de las personas que se sumergen en ella.

Con el fin de mantener el balance en los componentes básicos del agua de una piscina, los cuales son: pH, alcalinidad total, dureza cálcica, sólidos disueltos y el estabilizador de cloro, se utilizan diversos químicos dentro de los cuales se pueden mencionar los que regularmente son aplicados en el medio nacional:

- Carbonatos y bicarbonatos
- Sulfatos
- Cloruros
- Cálcicos

Estos químicos se combinan para mantener en el agua un pH entre 7.4 y 7.6 que básicamente indica una neutralidad que favorece al confort y preservación del equipamiento de los bañistas así como a la preservación del revestimiento de la instalación.

Cabe resaltar que los medios acuáticos son bastante corrosivos para los metales pero principalmente las aguas que poseen cloro disuelto pueden ser muy corrosivas debido al tamaño del ion cloruro que puede penetrar la capa protectora en la interface óxido-metal.

B. Flotación

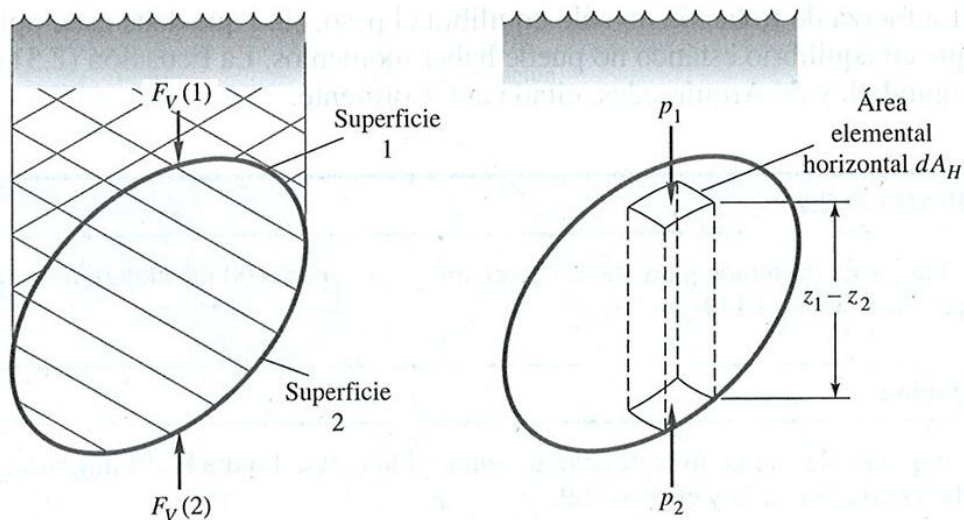
El análisis de flotación se aplica a un cuerpo completamente sumergido o a uno flotante, y para ello se deducen las dos leyes de flotación enunciadas por Arquímedes:

- Un cuerpo sumergido en un fluido experimenta una fuerza de flotación vertical igual al peso del fluido que desplaza.

- Un cuerpo que flota desaloja su propio peso en el fluido en el que flota.

Las dos leyes anteriores se pueden deducir al observar la siguiente figura que muestra un cuerpo de forma arbitraria sumergido en un fluido.

Figura 3. Perspectivas de la fuerza de flotación en cuerpos totalmente sumergidos.



La figura 3 indica que el cuerpo experimenta un empuje vertical denotado por la siguiente ecuación:

Ecuación (1).

$$\begin{aligned}
 F_F &= F_V(2) - F_V(1) \\
 &= (\text{peso del fluido sobre 2}) - (\text{peso del fluido sobre 1}) \\
 &= \text{peso del fluido desplazado por el cuerpo}
 \end{aligned}$$

Alternativamente, de la misma figura se pueden sumar las fuerzas verticales elementales que actúan sobre el cuerpo.

Ecuación (2).

$$F_F = \int (p_2 - p) dA_H = -\rho g \int (z_2 - z_1) dA_H = (\rho g)(\text{volumen del cuerpo})$$

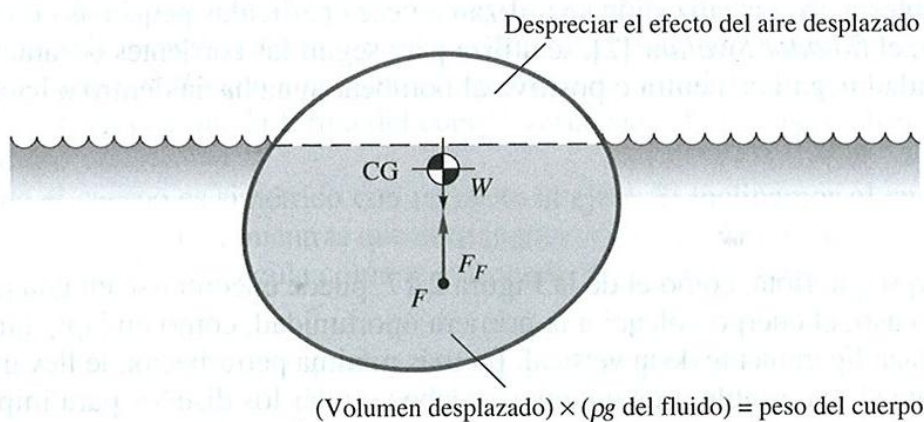
Ambos resultados son la expresión matemática de la primera ley de Arquímedes, en donde se supone que el fluido tiene un peso específico uniforme de ρg . La línea de acción de la fuerza de flotación pasa por el centro de gravedad del cuerpo si éste tiene densidad uniforme. El punto en el que actúa F_F se denomina centro de flotación, designado con F o CF.

Para el caso de los cuerpos que flotan, sólo una parte está sumergida permaneciendo el resto por encima de la superficie libre, tal y como se muestra en la figura 4. En este caso la ecuación (2) se modifica a:

Ecuación (3).

$$F_F = (\rho g)(\text{volumen desplazado}) = \text{peso del cuerpo flotante}$$

Figura 4. Equilibrio estático de un cuerpo flotante.



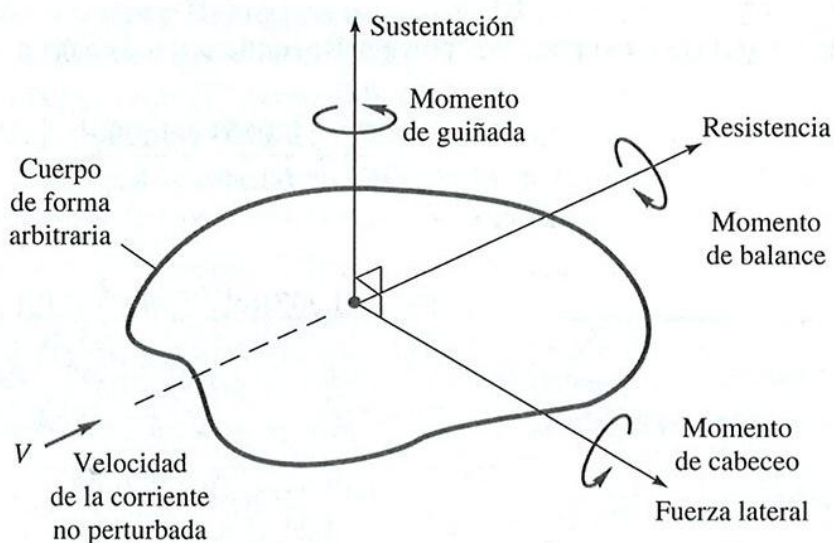
C. Flujo alrededor de cuerpos

Los flujos alrededor de cuerpos inmersos en una corriente fluida producen diversas fuerzas y momentos dependiendo de la geometría de los mismos, los cuales provocan resistencia al avance y desbalance del cuerpo.

- 1. Resistencia de cuerpos sumergidos.** Como ya se indicó, cuando un cuerpo de forma arbitraria se sumerge en una corriente fluida, se ejercerán sobre

él fuerzas y momentos que tienen componentes según los tres ejes coordenados, dichas fuerzas y momentos se nombran según se muestra en la figura 5.

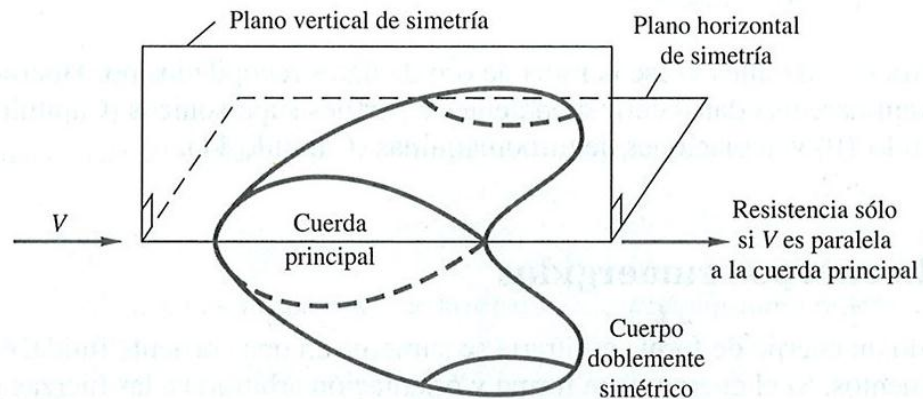
Figura 5. Fuerzas y momentos actuantes sobre un cuerpo inmerso en un fluido.



La resistencia provoca una pérdida de cantidad de movimiento y debe vencerse para que el cuerpo pueda avanzar a través del fluido. La fuerza que normalmente equilibra al peso se denomina *sustentación* (y específicamente en líquidos, se le llama flotación) y es perpendicular a la *resistencia*.

Cuando un cuerpo es simétrico con respecto al plano que se forma por los ejes de sustentación y resistencia, la fuerza lateral y el momento de guiñada y balanceo desaparecen, reduciéndose el problema al caso bidimensional donde solo se cuenta con dos fuerzas (sustentación y resistencia) y un momento (el de cabeceo). Cuando el cuerpo tiene dos planos de simetría, como se muestra en la figura 6, existe una simplificación adicional la cual consiste en la desaparición de la sustentación, la fuerza lateral y los momentos, siempre y cuando la dirección de la corriente sea paralela a la denominada *cuerda principal* del cuerpo que surge de la intersección de los dos planos.

Figura 6. Cuerpo con dos planos de simetría.



En flujos a baja velocidad alrededor de cuerpos geoméricamente semejantes, el coeficiente de resistencia será sólo función del número de Reynolds.

Ecuación (4).

$$C_D = f(Re)$$

El número de Reynolds se expresa de la siguiente manera:

Ecuación (5).

$$Re = \frac{VL}{\nu}$$

Donde:

- V es la velocidad no perturbada.
- L es la longitud característica. Para cilindros, esferas y discos, la longitud característica es el diámetro D .
- ν es la viscosidad cinemática.

Los coeficientes de resistencia se definen usando un área característica A que puede variar dependiendo la forma del cuerpo, y se relaciona con la resistencia de la forma siguiente:

Ecuación (6).

$$C_D = \frac{\text{resistencia}}{\frac{1}{2}\rho V^2 A}$$

De donde se obtiene que la fuerza de resistencia es:

Ecuación (7).

$$F = C_D \left(\frac{1}{2} \rho V^2 A \right)$$

Normalmente el área A es una de las siguientes:

- **Área frontal.** Área del cuerpo que se ve mirando en la dirección de la corriente; para cuerpos gruesos tales como esferas, cilindros, autos, misiles, proyectiles y torpedos.
- **Área de la forma en planta.** Área del cuerpo que se ve mirando desde arriba; para cuerpos anchos y planos, tales como alas e hidroalas.
- **Área mojada.** Se acostumbra a utilizar en barcos y lanchas.

En las figuras 7 y 8 se muestran las gráficas para determinar los valores del coeficiente de resistencia en función del número de Reynolds, tanto para cuerpos bidimensionales como tridimensionales.

Figura 7. Coeficientes de resistencia para cuerpos bidimensionales.

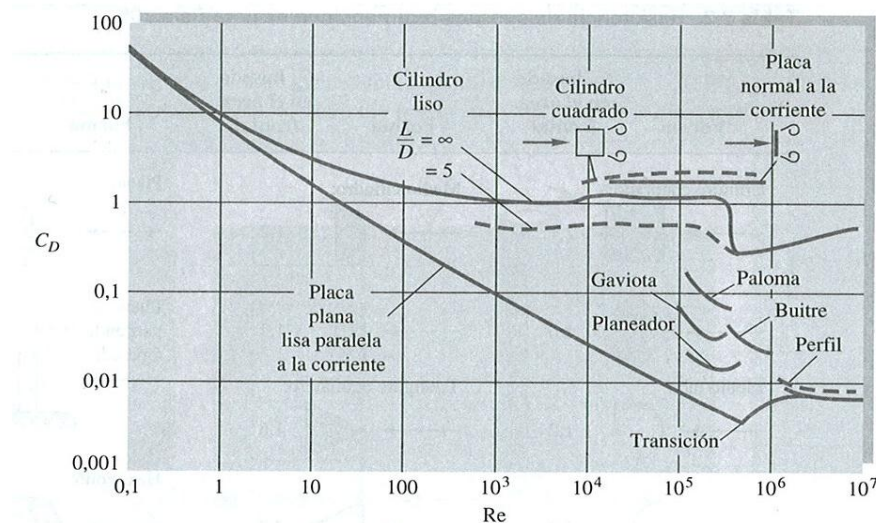
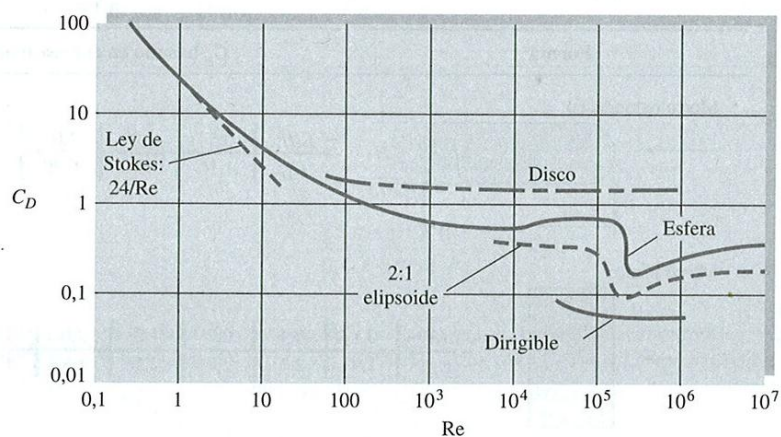


Figura 8. Coeficientes de resistencia para cuerpos tridimensionales.



En las figuras 9 y 10 que se muestran a continuación, se proporcionan algunos valores del coeficiente de resistencia para $Re \geq 10^4$ (flujo laminar), basados en el área frontal de cuerpos bidimensionales (de gran alargamiento) y de cuerpos tridimensionales, respectivamente.

Figura 9. Coeficiente de resistencia para cuerpos bidimensionales ($Re \geq 10^4$).

Forma	C_D basado en el área frontal	Forma	C_D basado en el área frontal	Forma	C_D basado en el área frontal					
Cilindro cuadrado:	2,1	Medio cilindro:	1,2	Placa:	2,0					
→		→		→						
→	1,6	→	1,7	Placa plana perpendicular a pared:	1,4					
Medio tubo:	1,2	Triángulo equilátero:	1,6	→						
→		→		Hexágono:	1,0 0,7					
→	2,3	→	2,0	→						
Forma		C_D basado en el área frontal								
Morro redondeado:		$L/H:$	0,5	1,0	2,0	4,0	6,0			
		$C_D:$	1,16	0,90	0,70	0,68	0,64			
Morro plano:		$L/H:$	0,1	0,4	0,7	1,2	2,0	2,5	3,0	6,0
		$C_D:$	1,9	2,3	2,7	2,1	1,8	1,4	1,3	0,9
Cilindro elíptico:		Laminar	Turbulento							
1:1 →		1,2	0,3							
2:1 →		0,6	0,2							
4:1 →		0,35	0,15							
8:1 →		0,25	0,1							

- Para flujo turbulento ($Re \geq 10^6$):

Ecuación (9).

$$C_D = \frac{0.031}{Re_L^{1/7}}$$

D. Flexión de vigas

La flexión de vigas producida por cargas sobre la misma produce esfuerzos normales y cortantes que pueden provocar que una viga falle si ésta no se diseña adecuadamente.

Los análisis de los esfuerzos por flexión en una viga se basan principalmente en dos ecuaciones, la del esfuerzo normal máximo y la del esfuerzo cortante máximo. Éstas se presentan a continuación. Se proporciona la ecuación del esfuerzo cortante para vigas de forma circular.

- Esfuerzo normal máximo:

Ecuación (10).

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{Mc}{I}$$

Donde:

- M es el momento flector máximo.
- c es la distancia más lejana desde el eje neutro de la viga en dirección perpendicular a dicho eje. Para el caso de una sección transversal circular, c es el radio del círculo.
- I es el segundo momento de área alrededor del eje axial de la viga.

- Esfuerzo cortante máximo:

Ecuación (11).

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{4V}{3A}$$

Donde:

- V es la fuerza máxima de corte.

- A es el área de la sección circular y está dada por $A = \frac{\pi d^2}{4}$, donde d es el diámetro.

Para una sección circular, I está dado por:

Ecuación (12).

$$I = \frac{\pi d^4}{64}$$

E. Especificaciones de tubería

Se hace mención especial de los distintos tamaños de tubo que se encuentran dentro de la tubería estándar americana puesto que dichos datos serán de gran utilidad para el diseño que se pretende. A continuación se muestran, por medio de la figura 11, las especificaciones de la tubería.

Figura 11. Tubería estándar americana.

Tamaño nominal, pulg	Diámetro exterior, pulg	Roscas por pulgada	Espesor de pared, pulg		
			Estándar núm. 40	Extra-fuerte núm. 80	Doble extra-fuerte
$\frac{1}{8}$	0.405	27	0.070	0.098	
$\frac{1}{4}$	0.540	18	0.090	0.122	
$\frac{3}{8}$	0.675	18	0.093	0.129	
$\frac{1}{2}$	0.840	14	0.111	0.151	0.307
$\frac{3}{4}$	1.050	14	0.115	0.157	0.318
1	1.315	$1\frac{1}{2}$	0.136	0.183	0.369
$1\frac{1}{4}$	1.660	$1\frac{1}{2}$	0.143	0.195	0.393
$1\frac{1}{2}$	1.900	$1\frac{1}{2}$	0.148	0.204	0.411
2	2.375	$1\frac{1}{2}$	0.158	0.223	0.447
$2\frac{1}{2}$	2.875	8	0.208	0.282	0.565
3	3.500	8	0.221	0.306	0.615
$3\frac{1}{2}$	4.000	8	0.231	0.325	
4	4.500	8	0.242	0.344	0.690
5	5.563	8	0.263	0.383	0.768
6	6.625	8	0.286	0.441	0.884
8	8.625	8	0.329	0.510	0.895

IV. ANTECEDENTES

Como bien es sabido, las actividades deportivas ofrecen una gran cantidad de beneficios a los seres humanos, tanto en el orden físico como en el psicológico. Como experiencia personal, cada una de las personas que se enfocan de una forma importante en la práctica de las actividades físico-deportivas se puede dar cuenta de los beneficios físicos que esto conlleva y que se reflejan exteriormente en la salud del cuerpo, además también se proporcionan los beneficios psicológicos los cuales se reflejan en la satisfacción y el estado de ánimo de un ser humano por practicar una actividad que le llama la atención. Considerando lo bueno que es el deporte para una persona que no presenta ninguna discapacidad física y que, por lo tanto, las puede desempeñar sin ningún tipo problema, se puede intuir que más aún, para una persona discapacitada dichos beneficios serían mucho más convenientes.

Por sus mismas deficiencias físicas, las personas discapacitadas se ven privadas de realizar la mayoría de actividades que una persona sin dichas deficiencias puede realizar, por lo que se ven relegadas a vivir de una forma limitada en cuanto a la actividad física se refiere. Para nadie es un secreto que una persona discapacitada toma la vida desde otro punto de vista, ya sea porque le da mucho más valor a la misma o bien porque sus propias necesidades la obliguen, sin embargo, son parte de la sociedad y se les toma muy poco en cuenta dentro de ésta lo cual provoca que se inviertan pocos esfuerzos por mejorarle su estatus de vida o por lo menos hacerles posible realizar diversas actividades que no pueden llevar a cabo por sus propios medios, pero que las podrían realizar con ayuda de dispositivos especiales. Un caso especial de discapacitados son las personas no videntes, las cuales pierden la noción de su entorno físico aumentándoles así el grado de inseguridad para movilizarse libremente. Es por ello que este trabajo se enfoca en la creación de un dispositivo que les permita una nueva alternativa de vida y que pueda estar al alcance de cualquier persona que padezca de dicha deficiencia.

Como bien se mencionó anteriormente, la natación es un deporte que presenta excelentes resultados en lo que se refiere a la terapia y recreación de personas discapacitadas y además, puede ser un mecanismo de relajación y una nueva experiencia de vida para las mismas. Por lo tanto, la fabricación del dispositivo que aquí se propone sería de gran utilidad ya que le

abre las puertas de muchos beneficios a una cantidad considerable de personas que poseen problemas visuales, y que además, su utilización se puede ampliar a personas con cualquier otro problema de carácter físico que no cuentan con la posibilidad de practicar la natación como actividad de apoyo en su vida personal.

Dentro del tema de la psicología y el deporte, prácticamente todos los estudios realizados se enfocan en las personas que no presentan discapacidad física alguna, olvidándose de la influencia que los deportes ejercerían sobre el colectivo de discapacitados y especialmente de los no videntes o deficientes visuales. Cuando se explora sobre estudios en poblaciones no videntes a nivel nacional, los resultados son nulos puesto que no existen estudios formales sobre este colectivo de personas, por lo tanto en este apartado se hace referencia a estudios que se han realizado a nivel internacional, específicamente en España, y de los cuales los resultados que presentan se pueden extender hasta nuestras fronteras tomando en cuenta que la deficiencia visual provoca un sentimiento y estado de ánimo similar en todos los afectados, no importando su lugar de origen. Es un hecho que con ayuda del deporte se puede mejorar la movilidad del cuerpo en cualquier tipo de persona discapacitada y la orientación espacial en los no videntes, y con base a los estudios ya mencionados también se puede decir que el interés en el deporte de las personas con deficiencia visual es bastante alto así como su deseo en la iniciación de los mismos. La preferencia de los discapacitados visuales por alguna de las disciplinas que existen es similar a la de las personas "normales", contándose a la natación como una de las más importantes y una de las que más practican o sienten el deseo de practicar. En el ámbito personal los estudios también arrojan resultados y la mayoría de los deficientes visuales y no videntes manifiestan que dentro de los beneficios del deporte están sentirse a gusto consigo mismos y con los demás, aumentar sus relaciones interpersonales, adquirir una mejor forma física, tener más confianza en sí mismos (por lo que se sienten más seguros, permitiéndoles sobrellevar su discapacidad olvidándose de los complejos que ésta representa) y además les proporciona tolerancia e ilusión de vivir.

Al considerar los beneficios de la natación y tomando en cuenta que no existe un dispositivo que tenga como propósito el ayudar a las personas no videntes a practicarla, aparte de los accesorios comunes utilizados para aprender a nadar, aquí se propone un diseño que sirva como punto de partida para el desarrollo de dicho dispositivo, considerando asimismo que se

puede seguir estudiando hasta perfeccionarlo en un futuro cercano. Una vez realizado un dispositivo que les ayude a practicar dicha disciplina, éste podría estar al alcance de la mayoría de personas que integran a esta población y que deseen practicar la natación sin la necesidad de que dependan de una persona que los asista en todo momento dentro del agua. Además, al diseñarse de tal forma que sea adaptable, se contaría con un mecanismo que no necesariamente se fijaría en una determinada piscina y por lo tanto no habría necesidad de contar con piscinas especiales para el nado de personas discapacitadas.

V. DISEÑO

A. Parámetros de diseño

El dispositivo a diseñar se pretende utilizar en aguas cerradas, es decir, en piscinas. Esto es para mantener un mejor control de los alrededores en donde las situaciones externas se encuentran más controladas que en aguas abiertas como lo puede ser un río o un lago, y principalmente para que el dispositivo aproveche las carrileras divisoras como guías que lo dirijan en línea recta durante el desplazamiento de uno a otro lado de la piscina. Con base a esta última consideración, es importante señalar que al colocar varios dispositivos en una misma piscina, los mismos se dispondrán en carriles alternos ya que una misma carrilera se utiliza como división para dos carriles y por lo tanto, existiría una interferencia entre los dispositivos de colocarse adyacentemente.

El diseño del dispositivo se plantea como una estructura que estará sumergida bajo el agua y que se desplazará a través de ella. Cabe recordar que el diseño está orientado a ser utilizado para el aprendizaje de la natación de una persona no vidente por lo que éste deberá ser capaz de sostener a la persona y mantenerla flotando a cierto nivel sobre el agua sin necesidad de que realice esfuerzo alguno, además de guiarla en línea recta al momento de avanzar a lo largo de la piscina. Por lo tanto, el diseño deberá estar provisto de flotadores que sostengan el peso de la estructura junto al de la persona sobre ella y además, estará limitado por los siguientes factores:

- **Dimensiones de piscina.** Se incluyen el ancho del carril como medida a la cual se deberá de extender el dispositivo, así como la profundidad mínima que limita la altura del mismo.
- **Ambiente de trabajo.** Se debe considerar que el dispositivo se desempeñará en un ambiente acuático por lo que se debe cuidar el tema de la corrosión.

Con base al propósito antes mencionado, se establecen las siguientes consideraciones para la forma física del dispositivo flotable:

- Se ideará una estructura que sirva como base de apoyo para que sobre ella se monte a su vez, la base de una plancha que sostendrá flotando a la persona no vidente, formando así un solo componente que se despliegue hasta alcanzar la dimensión de ancho del carril.
- Se diseñarán los flotadores de tal forma que cumplan las funciones de mantener a flote la estructura y al mismo tiempo que sean estos quienes la guíen a lo largo de la piscina.
- A cada uno de los lados de la estructura base, se establecerá un medio por el cual los flotadores junto con las guías se puedan acoplar a la estructura sumergida.
- La base de la plancha que servirá de apoyo a la persona se ideará de forma que se pueda graduar de altura con el fin de acomodar de la mejor forma posible a la persona sobre ella y contrarrestar los efectos de cierre o apertura de la estructura base cuando se acople a determinada medida de ancho del carril.

B. Especificaciones de desempeño

Para el diseño del dispositivo se debe tener muy en cuenta el punto de enfoque hacia el cual está dirigido el mismo, en este caso, considerando que el dispositivo se enfoca hacia personas no videntes e incluso hacia aquellas que solo presentan una deficiencia visual parcial, se deben señalar algunas especificaciones con las cuales debe cumplir el diseño. A continuación se presentan las especificaciones de desempeño con las cuales se plantea diseñar el dispositivo flotable para que en el diseño final, éste se presente como:

- **Seguro:** Es indispensable debido a que se trata de personas no videntes que se encuentran en un medio al que no están acostumbrados y que por lo tanto pretenden familiarizarse con el mismo.
- **Liviano:** Para que la dificultad al avanzar por el agua y la fuerza de flotación necesaria sean mínimas.
- **Portátil:** Para contar con el beneficio de poder transportarlo de un lugar a otro.
- **Resistente a la corrosión:** Debido al medio en el que se estará desempeñando.
- **Funcional:** Para que cumpla con las funciones que se le requieren y de esa manera trabaje de forma adecuada.
- **Adaptable:** Para que se pueda montar en piscinas con distintas dimensiones tomando en cuenta un rango de trabajo.

C. Especificaciones de diseño

Considerando las condiciones bajo las cuales debe desempeñarse el diseño, se establecen los siguientes puntos:

1. Dimensiones. Tomando en cuenta las dimensiones de las piscinas olímpicas y principalmente, las dimensiones de las piscinas que se encuentran disponibles en el medio nacional tales como las mencionadas anteriormente, a continuación se establecen las dimensiones limitantes para la estructura.

Tabla 2. Dimensiones limitantes del diseño.

Dimensión	Desde	Hasta
Ancho	2.0 m	2.5 m
Alto	0 m	0.87 m

El ancho de la estructura se diseñará a 2.0 m con despliegue de la misma hasta 2.5 m tomando en cuenta que las dimensiones de las piscinas consultadas para el este trabajo oscilan entre dicho rango y que el límite superior de 2.5 m es una medida estándar para piscinas de competencia a nivel internacional. Asimismo, la altura indica la profundidad a la que estará sumergida la estructura por lo que ésta deberá tener un máximo de 0.87 m e idealmente menor para evitar que la misma entre en contacto con la superficie inferior de la piscina lo cual ocasionaría un serio impedimento para su avance.

2. Carga. El diseño se especifica para que pueda soportar una carga total entre persona y dispositivo de 113.4 kilogramos (kg) que equivalen a 250 libras masa (lbm). Cabe resaltar que debido a que la estructura estará sumergida en el agua, existirá una fuerza de flotación que disminuirá el peso de la misma en esas condiciones, por lo que los flotadores estarán diseñados básicamente para mantener a la persona a un nivel constante y por ende a soportar la carga derivada de su peso, la cual se detallará en los resultados del diseño.

3. Material. El material adecuado para realizar un dispositivo que interactuará con un medio acuático debe ser principalmente liviano y resistente a la corrosión por lo que se podría considerar al acero inoxidable como un serio candidato ya que como su nombre lo indica, está hecho para desempeñarse en medios oxidantes y corrosivos. El problema radica en el alto costo de este material y en su alta densidad que difícilmente permitiría diseñar un dispositivo liviano, sin mencionar que en cierto momento, el cloro, que es uno de los químicos que se encuentran en las aguas de una piscina, podría llegar a perjudicarlo muy seriamente. Para tal fin existen otras alternativas como los son el aluminio y los polímeros que también poseen buenas propiedades anticorrosivas, en especial estos últimos. En el caso del aluminio, su resistencia a la corrosión, aunque no la mejor es aceptable para fines del presente diseño.

Así como el acero inoxidable, la mayoría de polímeros que se encuentran comercialmente en barras, son económicamente más costosos en comparación con el aluminio por lo que para el presente dispositivo se considera al aluminio como material de diseño aunque cabe decir que con esto no se descartan los otros materiales mencionados.

D. Diseño de estructuras

1. Estructura base. Con base a las dimensiones limitantes dadas por las medidas realizadas en las piscinas consultadas, se estableció el diseño para la estructura base sobre la cual se sostendrá la mesa o plancha de apoyo, considerando además la abertura y cierre de la misma. La estructura diseñada se muestra en las siguientes figuras:

Figura 12. Estructura base con abertura de 2.0 metros.

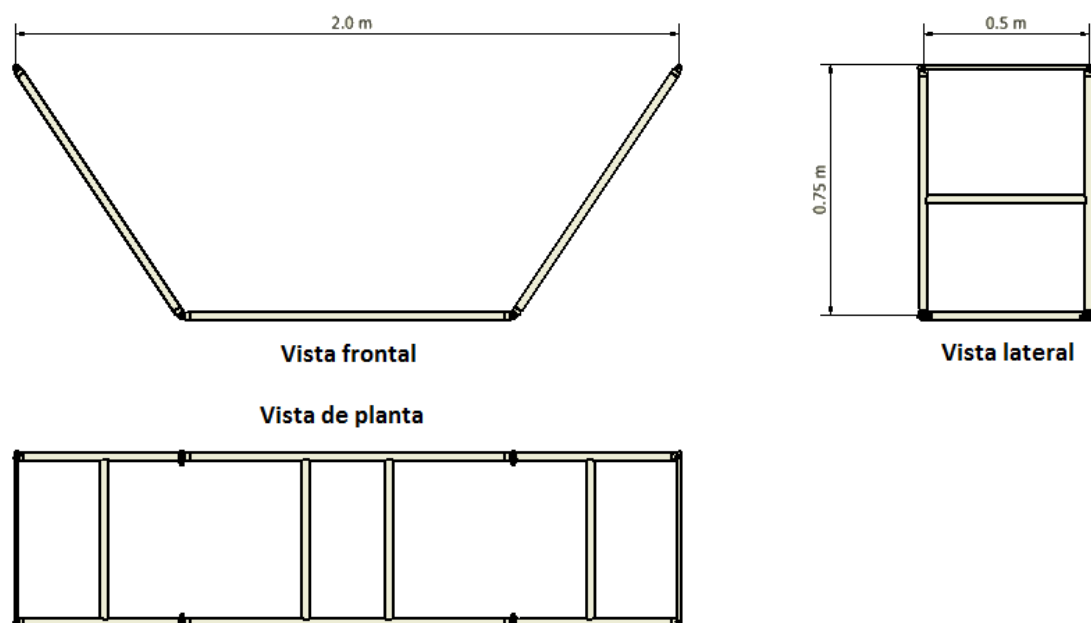
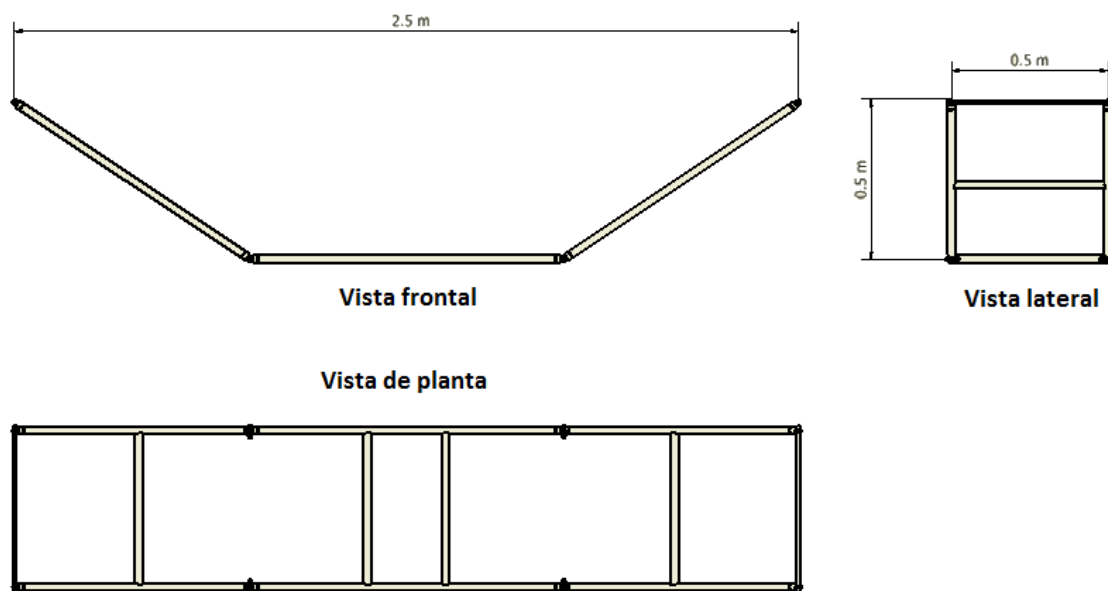


Figura 13. Estructura base con abertura de 2.5 metros.



De las figuras anteriores se puede observar que el dispositivo será capaz de cubrir el rango del ancho de carril sin sobrepasar el límite de altura de 0.87 m puesto que su altura máxima la alcanza cuando se encuentra a un ancho de 2.0 m y ésta es de 0.75 m, dejando así un espacio

libre entre su superficie más baja y el fondo de la piscina de 0.12 m o bien 12 cm, lo cual es aceptable considerando que la altura de 0.87 m al fondo de la piscina se mantiene sólo por un pequeño trayecto ya que dicha superficie posee una pendiente con la cual su profundidad aumenta continuamente. También cabe resaltar que la estructura es simétrica con respecto a dos planos perpendiculares entre sí por lo que cuando avance a través del agua solamente existirán las fuerzas de resistencia (en sentido contrario al avance) y de flotación (hacia arriba). Además se colocaron tubos laterales para que la estructura posea rigidez y así los esfuerzos provocados por la fuerza de resistencia no la hagan fallar por flexión.

Por otro lado, la estructura se diseñó considerando como elementos estructurales varillas de duraluminio para sostener los flotadores y tubos de aluminio de 1 pulgada de diámetro nominal y espesor de pared estándar número 40 equivalente a 0.136 pulgadas. Estos datos y los que de aquí en adelante se encuentren sobre tubos, se basan en medidas de tubería estándar americana obtenidas de la figura 11, con el fin de presentar un parámetro a partir de datos teóricos.

Ya establecidas las dimensiones de la sección transversal de los tubos, a continuación se indica la cantidad de los mismos, así como también las longitudes necesarias de cada uno de ellos habiendo sido determinadas para cumplir específicamente con el diseño propuesto.

Tabla 3. Cantidad de tubos para la estructura base.

Cantidad	Descripción	Longitud	
		Metros (m)	Pulgadas (in)
2	Tubos horizontales frontales	0.95	37.4
4	Tubos inclinados frontales	0.85	33.5
4	Tubos horizontales laterales	0.50	19.7
2	Varillas horizontales laterales	0.50	19.7

a. Ensamble. Para el ensamble de la estructura se consideran los siguientes puntos:

- El ensamblaje de los tubos de aluminio se realiza por medio de insertos macho y hembra atornillados, los cuales se muestran en las figuras 14 y 15 respectivamente.
- Los tubos de rigidez laterales se unen por medio de soldadura a los tubos frontales por lo que dicha estructura se puede separar en tres componentes: la base de la estructura y las dos partes inclinadas que son similares.
- Los insertos se pueden fabricar de duraluminio por medio de un proceso de maquinado utilizando tornos y fresadoras de tal forma que se le den las dimensiones adecuadas para obtener un ajuste de interferencia entre la pared interna del tubo y los insertos del mismo.
- La varilla en la parte superior que sostendrá los flotadores, así como los insertos, se considera de duraluminio.

El detalle de los ensamblajes se muestra en las figuras 16 y 17:

Figura 14. Inserto macho (medidas en milímetros).

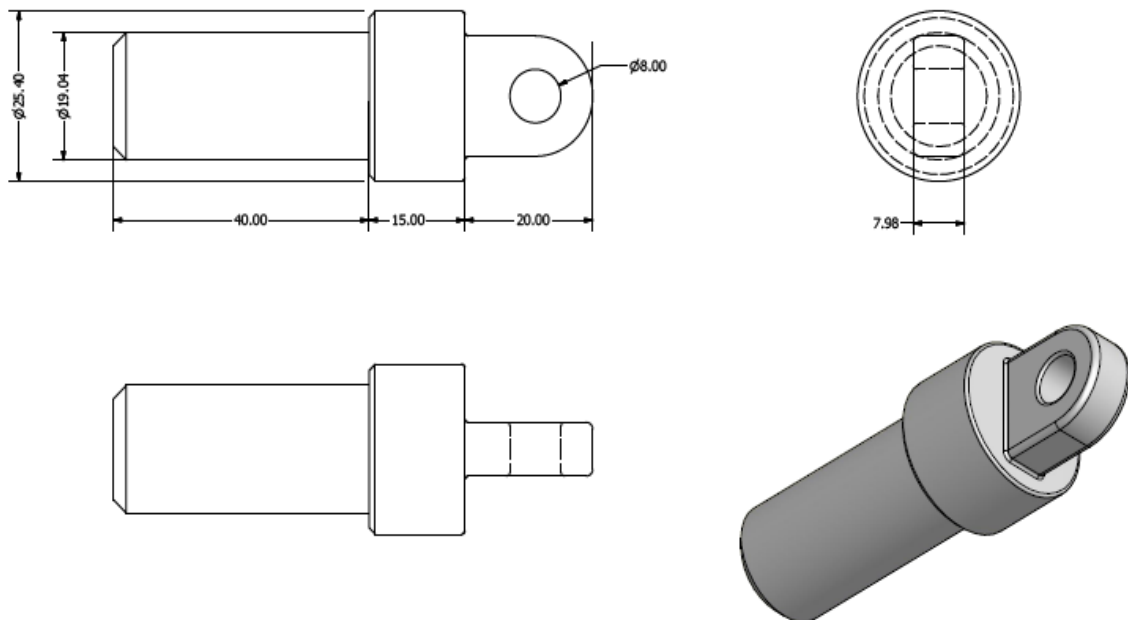


Figura 15. Inserto hembra (medidas en milímetros).

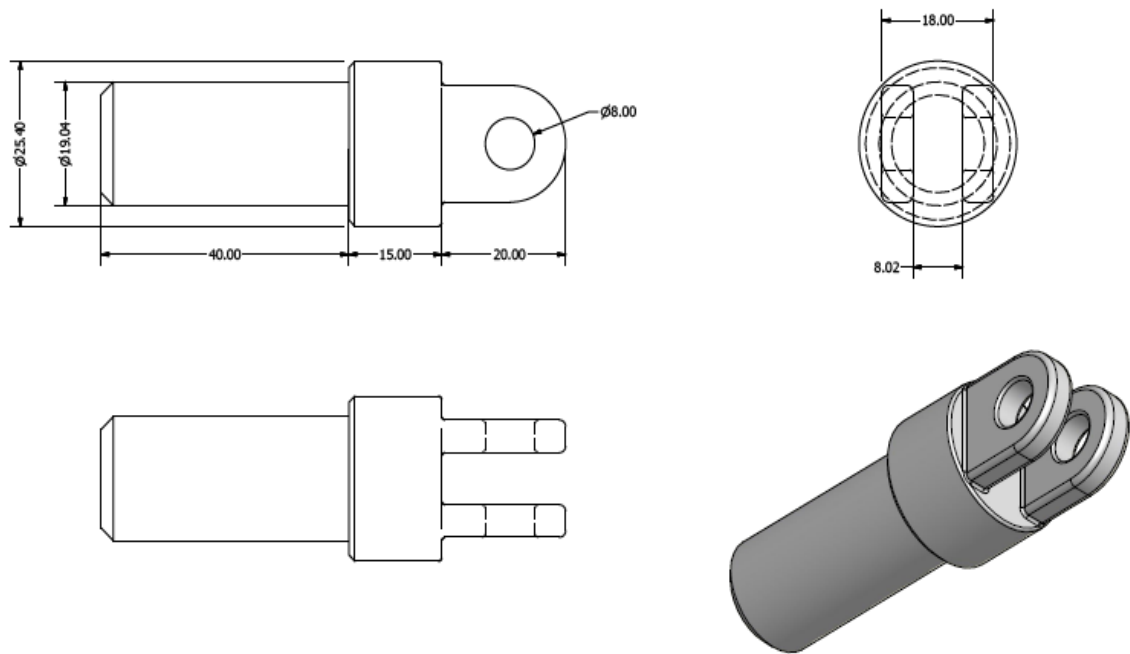


Figura 16. Ensamble de estructura base.

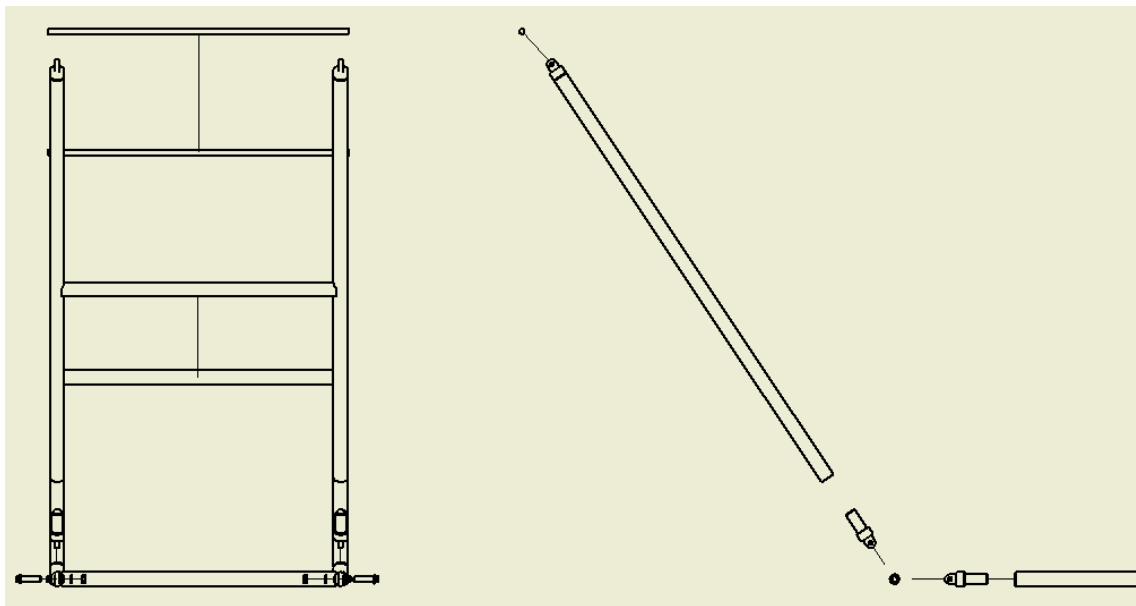
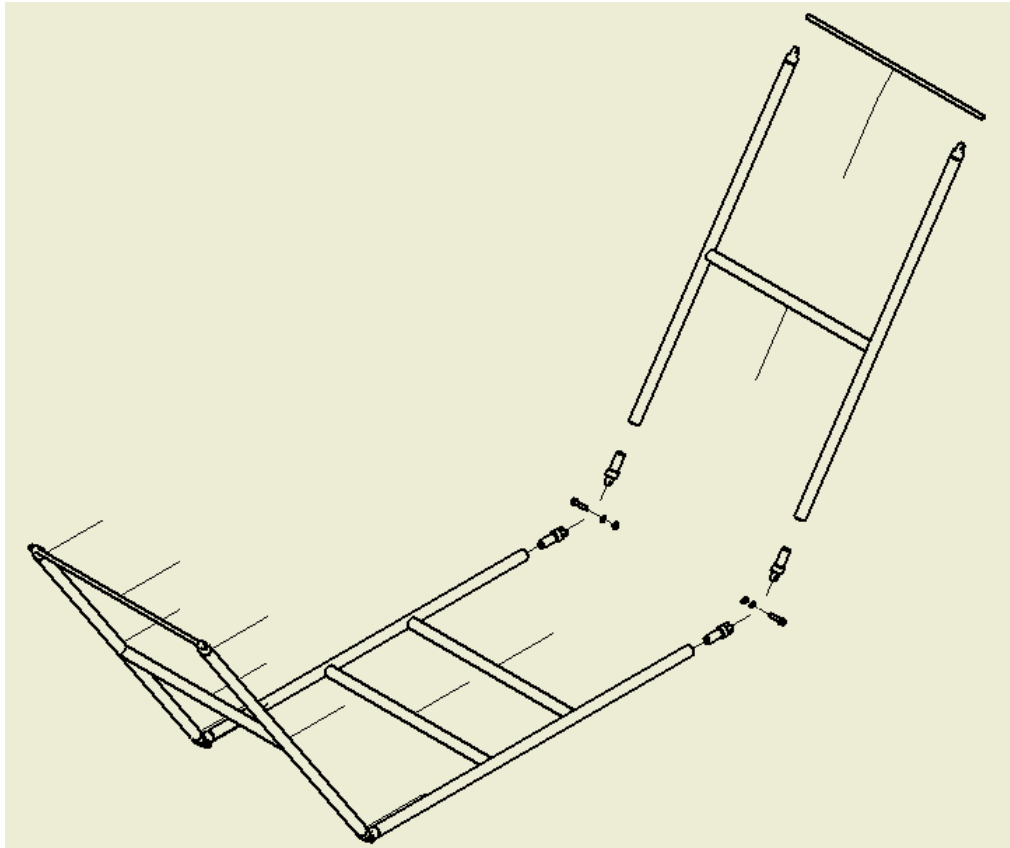


Figura 17. Ensamble de estructura base.



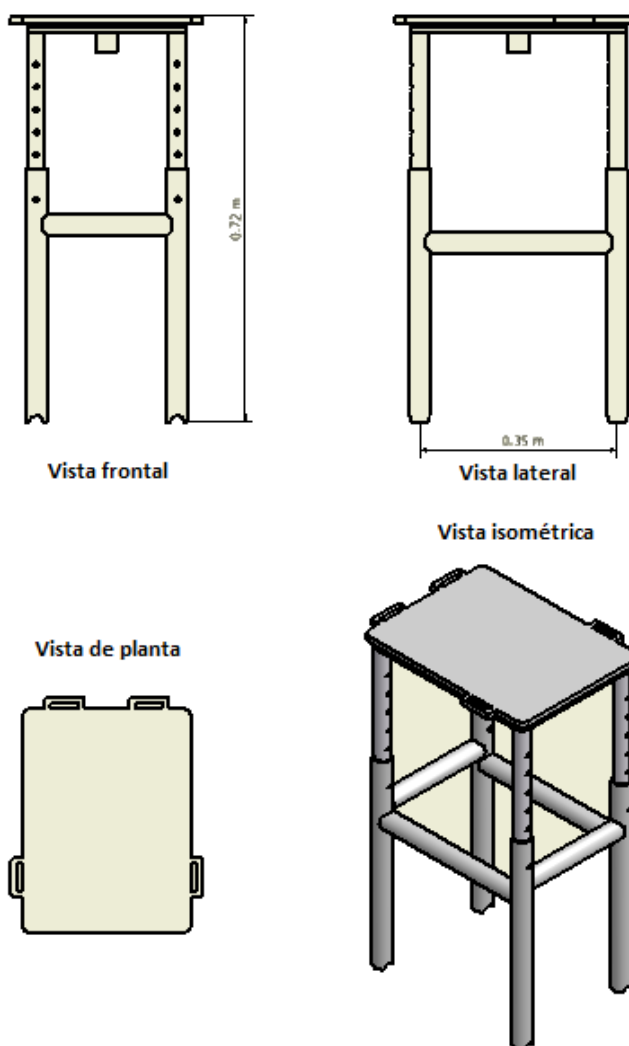
Como ya se mencionó anteriormente, sobre la estructura base se colocará una nueva estructura para sostener la plancha de apoyo sobre la cual se mantendrá la persona, y para ello se diseñaron dos estructuras las cuales se detallan a continuación.

2. Diseño de estructura de apoyo 1. Para este diseño se consideró una estructura que se asemeja a la de una mesa, cuenta con cuatro apoyos unidos a la estructura base y que por medio de un mecanismo telescópico permite bajar o subir la mesa de apoyo para mantener controlado su nivel. El diseño se muestra a continuación en la figura 18 de la página siguiente.

De la figura 18 se puede observar que la altura de la estructura de apoyo es de 0.72 m o bien de 72 cm lo cual establece una altura adecuada ya que la altura cuando la estructura base se encuentra a un ancho de 2.0 m es de 75 cm lo cual deja un margen de 3 cm para poder colocar

un tipo de amortiguamiento sobre la plancha de apoyo y así tener una mayor comodidad sobre el dispositivo. También se puede observar que dentro de los tubos que se apoyan sobre la estructura base, se insertan barras cilíndricas de aluminio que pueden deslizarse sobre dichos tubos formando de esa forma el mecanismo telescópico que permite variar la altura por medio de pines que se insertan en los agujeros que se observan en la misma figura. Será necesario variar la altura en caso de que la estructura de apoyo se tenga que acoplar a un ancho de carril de 2.5 m por lo que como se observa en las figuras 12 y 13, la altura disminuye de 0.75 m a 0.5 m, y además de dicho recorrido de 0.15 m o bien 15 cm, el apoyo se puede desplazar hasta 25 cm considerando que dependiendo del peso de la persona, los flotadores se pueden llegar a sumergir cierta distancia.

Figura 18. Estructura de apoyo (diseño 1).



Así como la estructura base, la estructura de apoyo de este diseño presenta elementos estructurales horizontales tanto frontal como lateralmente con el fin de proporcionarle rigidez y resistencia ante las fuerzas hidrostáticas e hidrodinámicas. En este caso se utilizaron para el diseño tubos de $1\frac{1}{2}$ pulgada de diámetro nominal y espesor de pared estándar número 40 equivalente a 0.148 pulgadas.

A continuación se indica la cantidad y descripción del material utilizado para la estructura de apoyo correspondiente al presente diseño.

Tabla 4. Material para la estructura de apoyo (Diseño 1).

Cantidad	Descripción	Longitud	
		Metros (m)	Pulgadas (in)
4	Tubos verticales	0.45	17.7
2	Tubos horizontales frontales	0.25	9.8
2	Tubos horizontales laterales	0.35	13.8
4	Barras cilíndricas verticales de $1\frac{1}{2}$ pulgadas de diámetro	0.35	13.8
Para plancha de apoyo			
2	Planchas	0.30 x 0.40 x 0.012 espesor	11.8 x 15.7 x 0.5 espesor
1	Barras cilíndricas verticales de 2 pulgadas de diámetro	0.05	2

a. Ensamble. Para el ensamble de la estructura se consideran los siguientes puntos:

- Los cuatro tubos verticales y cuatro horizontales que forman la parte baja de la base se encuentran unidos por medio de soldadura, de la misma forma que ésta, a su vez, se une a la estructura base. Se resalta el corte que se le hace a los tubos verticales en la parte baja para

- obtener un buen ensamblaje con la estructura base y permitir la buena adherencia de la soldadura.
- Bajo la plancha superior se inserta una sección de barra cilíndrica de duraluminio con el fin de que sirva como eje para lograr el giro de la persona sobre dicha plancha de apoyo. La plancha se insertará sobre las que se encuentran debajo de ella dentro de un buje de material UHMW que es un polímero muy parecido y con características similares al polietileno de alta densidad, para reducir la fricción.
 - Entre la plancha superior e inferior de la mesa de apoyo (hechas de duraluminio) se coloca una plancha con las mismas dimensiones de material UHMW, esto con el fin de disminuir la fricción cuando la plancha superior de duraluminio gire sobre ésta.
 - La mesa inferior estará soldada a las barras cilíndricas de duraluminio que se encuentran perforadas con el fin de que se inserten a los tubos y se puedan fijar, por medio de pines o pernos, a un nivel deseado, este mecanismo forma la estructura telescópica.
 - Todas las piezas se pueden obtener a las dimensiones deseadas por medio del maquinado de piezas. El ajuste entre el buje y el eje de la plancha de apoyo debe ser un ajuste fino de holgura o bien de transición, de la misma forma que el ajuste entre el tubo y la barra cilíndrica.

El detalle de los ensamblajes se muestra en las siguientes figuras:

Figura 19. *Ensamble de estructura base (diseño 1).*

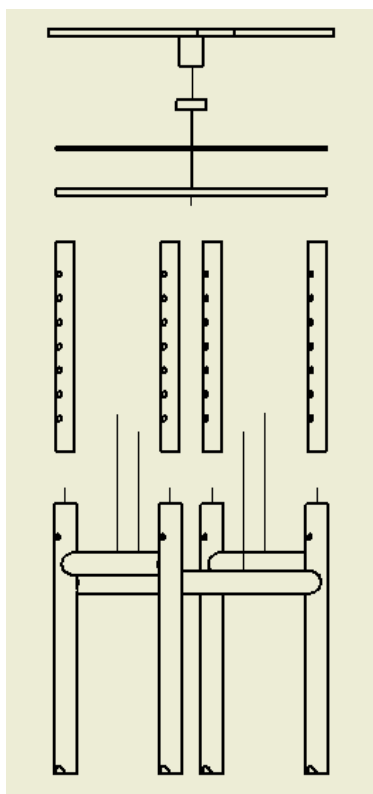
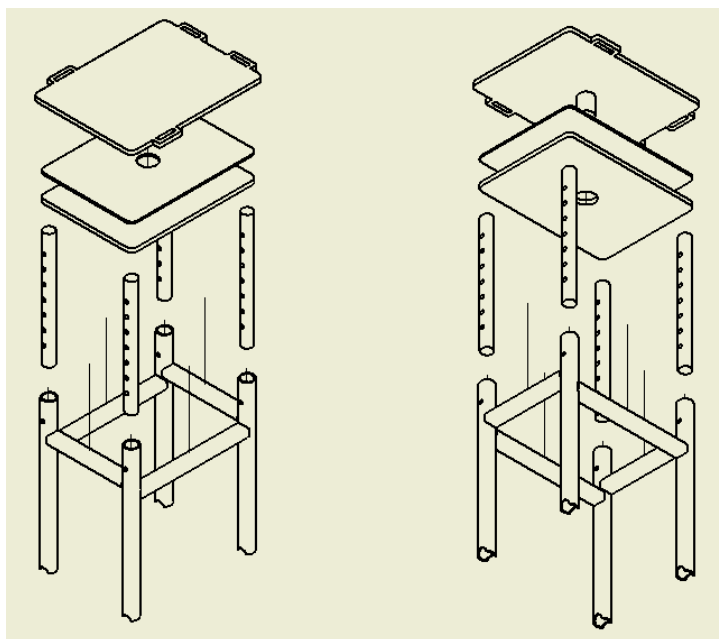
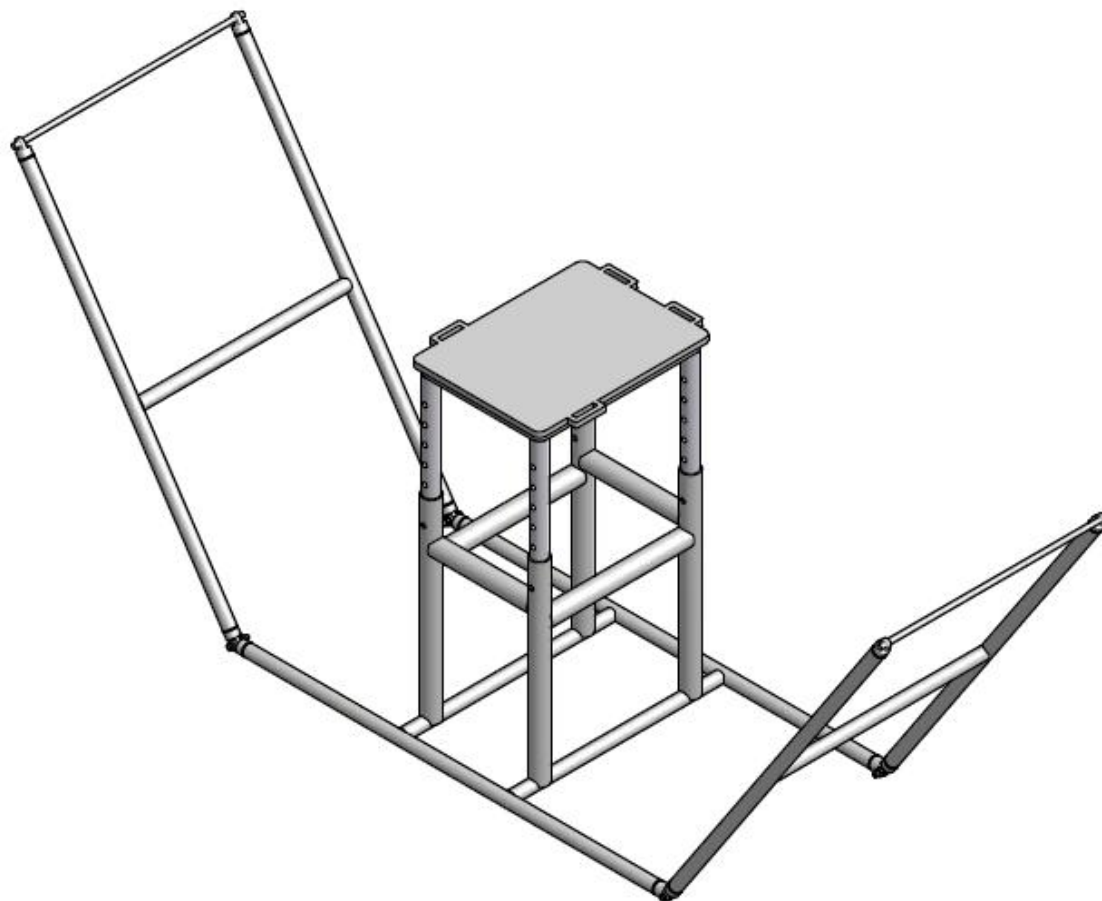


Figura 20. *Ensamble de estructura de apoyo (diseño 1).*



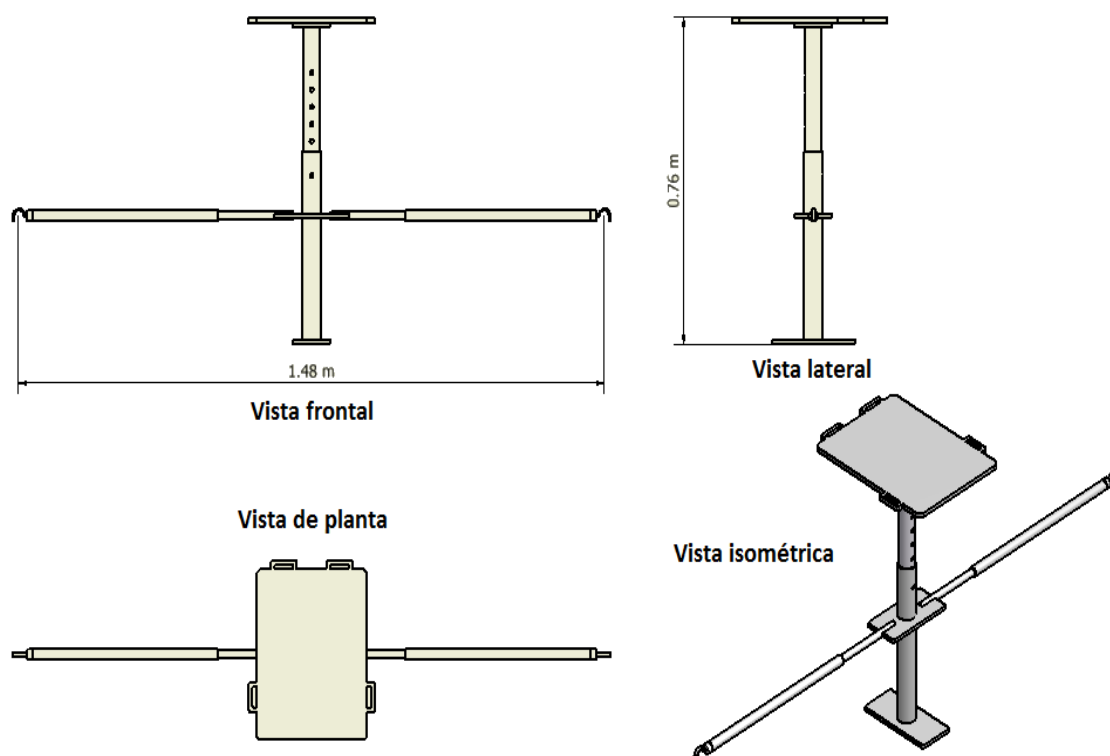
A continuación se muestra el diseño 1 completamente ensamblado.

Figura 21. Ensamble de estructura de apoyo (diseño 1).



3. Diseño de estructura de apoyo 2. Para este diseño, a cambio de considerar una estructura con cuatro puntos de apoyo, se diseñó una que solo cuenta con un punto de apoyo sobre una plancha que a su vez se monta sobre los dos tubos horizontales laterales de la estructura base, o sea que se invierte una menor cantidad de material que en el diseño 1. A continuación se muestra la figura 22 que representa el diseño 2.

Figura 22. Estructura de apoyo (diseño 2).



En la figura anterior se puede observar que el diseño 2 posee solamente un apoyo por lo que el sistema telescópico para regular el nivel se realiza por medio de un solo tubo. A su vez, el diseño cuenta con dos sistemas telescópicos horizontales unidos a una plancha que rodea el tubo vertical con el fin de cumplir la misión de ser una barra estabilizadora y así evitar la deflexión y falla de la estructura. Esta barra estabilizadora se monta en la estructura base por medio de los ganchos que posee en sus extremos los cuales se apoyan en los horizontales laterales que unen los tubos inclinados. En este caso, se emplean tubos de 1 pulgada de diámetro nominal y espesor de pared estándar número 40 equivalente a 0.136 pulgadas para el sistema de la barra estabilizadora, y un tubo de 2 pulgadas de diámetro nominal y espesor de pared estándar número 40 equivalente a 0.158 pulgadas para el sistema telescópico vertical. Las dimensiones mostradas en la figura están determinadas conforme las dimensiones de cada uno de los componentes que forman esta estructura de apoyo y los cuales se describen en la tabla siguiente:

Tabla 5. Material para la estructura de apoyo (Diseño 2).

Cantidad	Descripción	Longitud	
		Metros (m)	Pulgadas (in)
1	Tubo vertical	0.45	17.7
2	Tubos horizontales frontales	0.50	19.7
2	Barras cilíndricas horizontales de 1 pulgada de diámetro	0.50	19.7
1	Barra cilíndrica vertical de 2 pulgadas de diámetro	0.40	15.7
2	Planchas	0.10 x 0.216 x 0.01 espesor	4 x 9 x 0.4 espesor
Para plancha de apoyo			
1	Plancha	0.30 x 0.40 x 0.012 espesor	11.8 x 15.7 x 0.5 espesor
1	Barras cilíndrica de 4 pulgadas de diámetro	0.05	2

a. Ensamble. Para el ensamble de la estructura se consideran los siguientes puntos:

- La estructura de apoyo está unida a la estructura base por medio de una plancha de duraluminio soldada a los tubos horizontales así como al tubo vertical.
- Dentro del tubo vertical se inserta la barra cilíndrica que tiene un vaciado en la parte superior para hacer posible la inserción del eje de la mesa que es similar a la mesa de apoyo utilizada en el diseño 1.
- La similitud de la mesa de apoyo con la del diseño anterior se encuentra en la mesa superior, aunque en este caso dicha mesa se encuentra fijada a una plancha circular de polímero con un eje del mismo material que se inserta en el vaciado de la barra circular de duraluminio.
- La plancha de apoyo, al igual que en el diseño anterior, cuenta con agregados alrededor de su perímetro con el fin de poder utilizar un cinturón de seguridad para la persona que utilice

- el dispositivo. Sobre la plancha se puede colocar un amortiguamiento como un poliestireno o duroport.
- El mecanismo estabilizador se compone de una estructura telescópica formada por tubos y barras cilíndricas de duraluminio que se acoplan por medio de soldadura a una plancha que rodea al tubo vertical. Las barras estabilizadoras se acoplan a la estructura base por medio de insertos con forma de gancho que se apoyan sobre los tubos laterales horizontales.
 - Todas las piezas se pueden obtener a las dimensiones deseadas por medio del maquinado de piezas. El ajuste entre el eje de la plancha de apoyo y el vaciado de la barra cilíndrica debe ser un ajuste fino de holgura o bien de transición, asimismo el polímero UHMW se encuentra atornillado a la mesa.

El detalle de los ensamblajes se muestra a continuación en las figuras 23 y 24, así como el diseño 2 completamente ensamblado en la figura 25.

Figura 23. Ensamble de estructura de apoyo (diseño 2).

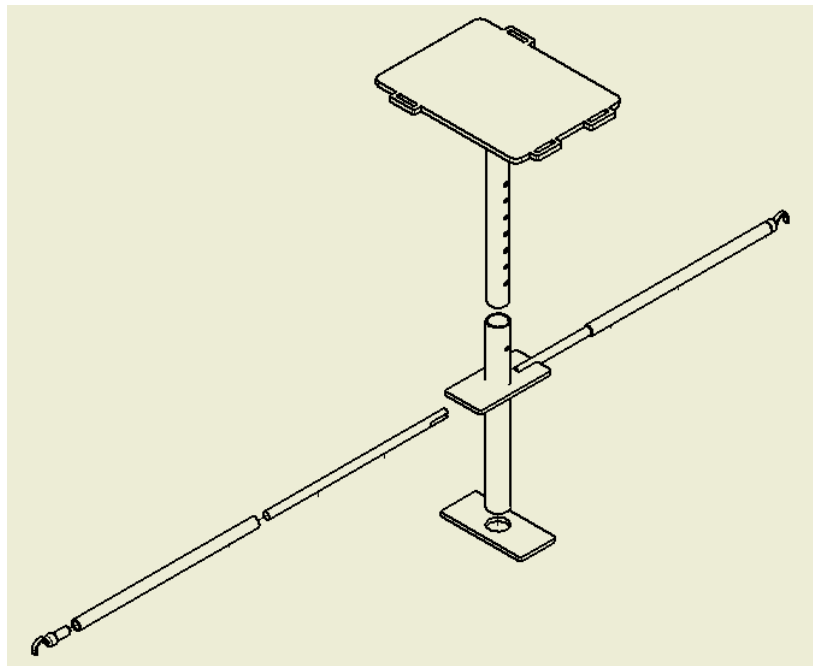


Figura 24. *Ensamble de estructura de apoyo (diseño 2).*

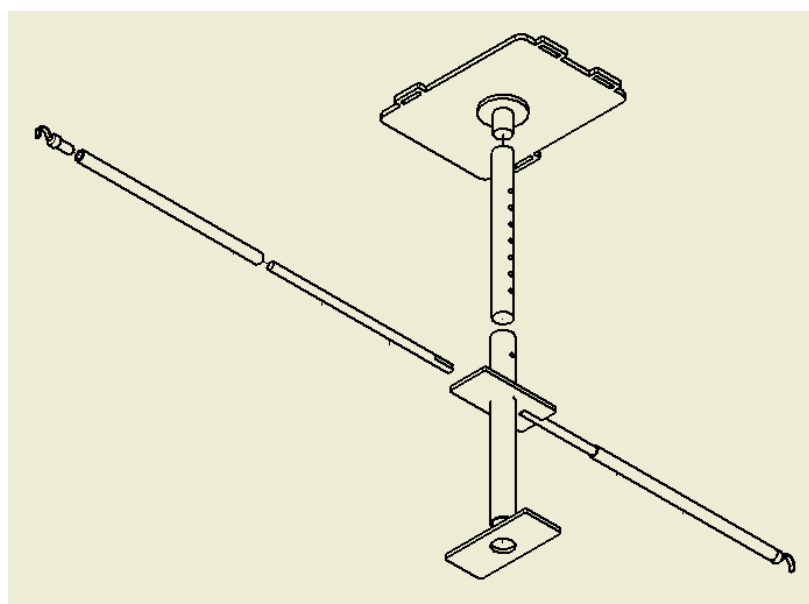
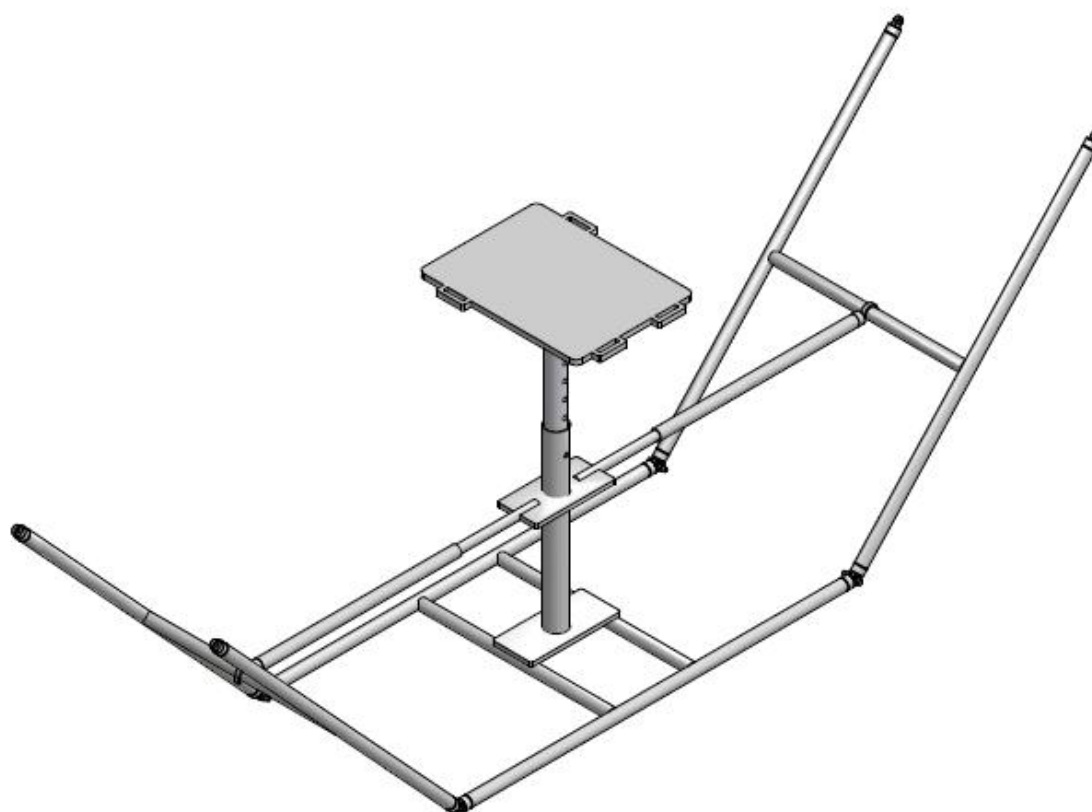


Figura 25. *Ensamble de estructura de apoyo (diseño 1).*



4. Análisis de flotadores. Los flotadores son el componente que cargarán, en el peor de los casos, los 113.4 kilogramos equivalentes a 250 libras, masa total entre el dispositivo y la persona sobre él. Estos serán diseñados para obtenerse a partir de tubería de cloruro de polivinilo (PVC) que usualmente se utiliza para drenajes de aguas residuales por sus excelentes propiedades para resistir ataques químicos.

Para determinar las dimensiones de tubo necesarias se tienen los siguientes datos:

- Masa:

$$m = 113.4 \text{ kg}$$

- Densidad del agua:

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

A partir del equilibrio de fuerzas y aplicando la ecuación (2) se tiene que:

$$W = F_f; \quad \text{Donde } W \text{ es el peso.}$$

$$mg = \rho g \times \text{volumen desplazado}; \quad \text{Donde } g \text{ es la aceleración de la gravedad.}$$

Simplificando y tomando en cuenta que un tubo desplaza un volumen de área de sección circular multiplicada por la longitud, se tiene:

Ecuación (13).

$$m = \rho \frac{\pi d^2}{4} L$$

Donde L es la longitud del tubo.

Despejando L se obtiene:

Ecuación (14).

$$L = \frac{4m}{\pi d^2 \rho}$$

A partir de la ecuación (14) y considerando diferentes diámetros de tubo de PVC que se comercializan (en unidades inglesa, pulgadas), se obtienen los siguientes resultados de longitud:

Tabla 6. Resultados de longitud de tubo necesaria para flotadores.

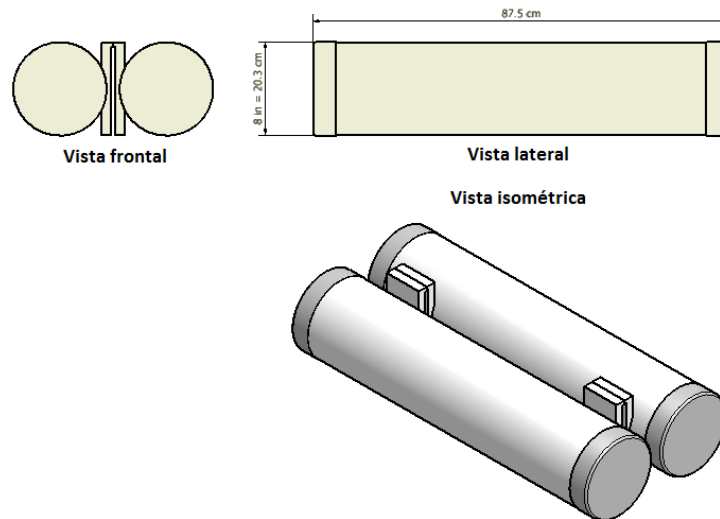
Diámetro		Longitud (m)	
Pulgadas (in)	Metros (m)	Pulgadas (in)	Metros (m)
4	0.1016	551.2	14
6	0.1524	236.2	6
8	0.2032	137.8	3.5

De la tabla 6 se puede observar las grandes longitudes obtenidas como resultado, por lo que se utilizará la más pequeñas de ellas, $L = 3.5 \text{ m}$ que corresponde a un tubo de 8 pulgadas de diámetro.

Para mantener el volumen indicado completamente desplazado y realizar un diseño práctico, de la longitud total se obtendrán dos flotadores constituidos por dos tubos cada uno, con una longitud de $L = \frac{3.5}{4} = 0.875 \text{ m}$ lo cual equivale a 87.5 cm. Dichos tubos se tapanán en sus extremos con tapones de tubería para mantenerlos sellados y así evitar el ingreso de agua a su interior. Los flotadores estarán formados por dos tubos cada uno y se dispondrán en las varillas ubicadas en los extremos de la estructura base por medio de abrazaderas metálicas que los aseguren a las mismas.

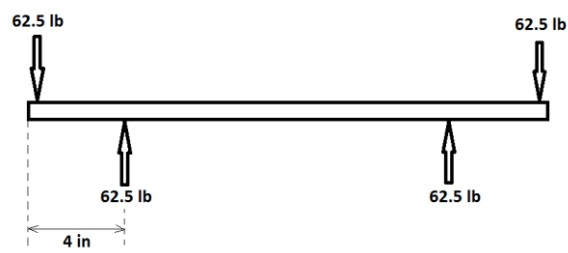
El diseño de los flotadores se puede observar en la figura 26. Se debe señalar que las guías que se acoplan a los cables divisores de los carriles de piscina se encuentran dispuestas entre los dos tubos de cada flotador y para ellas se utiliza el UHMW como material para disminuir la fricción.

Figura 26. Flotadores y guías.



5. Determinación del diámetro de la varilla de carga. La varilla de carga estará soportando las fuerzas que ejerce el flotador sobre ella cuando éste, por la fuerza de flotación, intenta salir a la superficie y la varilla unida al dispositivo, por el peso sobre ella, intenta hundirse en el agua. Como el dispositivo es simétrico, se montará una a cada extremo del mismo por lo que cada varilla soportará la mitad del peso que se cargará en las peores condiciones. La fuerza sobre cada una de las varillas es entonces, 125 lbf. Por conveniencia, se trabajará con unidades inglesas. Ya que los flotadores estarán unidos a las varillas de carga, por medio de dos abrazaderas, se supone a la varilla como una viga de sección circular simplemente apoyada y con dos cargas aplicadas a igual distancia. Por ser dos las abrazaderas, la carga tiene un valor igual a la mitad de 125 lbf, o sea, 62.55 lbf. El diagrama de la varilla sujeta a cargas se muestra en la siguiente figura:

Figura 27. Diagrama de cuerpo libre de la varilla de carga.



Con base al diagrama anterior, se determinan el momento máximo M y la fuerza cortante máxima V de la siguiente forma:

$$M = 62.5 \text{ lb} \times 4 \text{ in} = 250 \text{ lb} \cdot \text{in}$$

$$V = 62.5 \text{ lb}$$

Para la determinación del diámetro mínimo de la varilla, se considera como material de diseño la aleación de aluminio 6061-T6 que es la aleación que se trabaja comercialmente en el medio nacional y es de las que posee bajos valores de resistencia máxima al esfuerzo en comparación con otras aleaciones. En este caso se consideran como resistencia a la tensión y cortante máximas las correspondientes al límite de fluencia, las cuales son:

$$\sigma_m = 35 \text{ ksi}$$

$$\tau_m = 20 \text{ ksi}$$

Donde σ representa el esfuerzo a tensión y τ el esfuerzo a cortante.

Con los datos anteriores y utilizando las ecuaciones (10), (11) y (12) se determinan los diámetros mínimos para cada uno de los esfuerzos.

- Para el análisis del esfuerzo normal:

$$d_{\text{mín}} = 0.4175 \text{ in} = 10.6 \text{ mm}$$

- Para el análisis del esfuerzo cortante:

$$d_{\text{mín}} = 0.0728 \text{ in} = 1.8 \text{ mm}$$

De los resultados anteriores se determina que el parámetro para seleccionar el diámetro de la varilla lo establece el esfuerzo normal y para no correr riesgos se debe seleccionar un diámetro mayor a 10.6mm. Considerando las unidades inglesas, se puede seleccionar una varilla de $1 \pm \frac{1}{2} \text{ in}$.

VI. ANÁLISIS DE DISEÑOS

A. Peso

Para la determinación del peso de cada uno de los diseños se determinó el volumen de material según la descripción y dimensiones especificados en las tablas 3, 4 y 5 para cada una de las estructuras.

Para el volumen se utilizan ecuaciones según la forma geométrica del componente.

- Para tubos:

Ecuación (15).

$$V = \frac{\pi(d_e^2 - d_i^2)}{4} L$$

Donde d_e es el diámetro externo, d_i es el diámetro interno y L es la longitud.

- Para barras cilíndricas:

Ecuación (16).

$$V = \frac{\pi d^2}{4} L$$

- Para planchas rectangulares:

Ecuación (17).

$$V = base \times altura \times profundidad$$

Para componentes que geoméricamente no se encuentran dentro de los puntos antes considerados, la determinación del volumen se realiza por medio de una combinación de las ecuaciones (15), (16) y (17).

De acuerdo a dichas ecuaciones y utilizando los datos de las tablas 3, 4 y 5, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 7. Resultados de volumen de los materiales de aluminio.

Componente	Volumen		
	in^3	cm^3	
Estructura base	130	2130.3	
Estructura de apoyo	Diseño 1	363	5948.5
	Diseño 2	265	4342.6

Tabla 8. Resultados de volumen de los materiales de polímero UHMW.

Componente	Volumen		
	in^3	cm^3	
Estructura base	0	0	
Estructura de apoyo	Diseño 1	38	622.7
	Diseño 2	15	245.8

Con el volumen de material ya conocido para cada una de las estructuras y considerando un peso específico para el aluminio de $w = 0.098 \text{ lb}/in^3$ y para el UHMW de $w = 0.0339 \text{ lb}/in^3$, se obtienen los siguientes pesos totales sin que los diseños estén sumergidos en el agua:

Tabla 9. Resultados de peso total de los diseños.

Componente	Peso (lbf)	
	Libras fuerza (lbf)	Newtons (N)
Dispositivo/Diseño 1	50	222.5
Dispositivo/Diseño 2	39	173.6

Cuando se sumergen las estructuras dentro del agua, y considerando que los tubos que forman la estructura base se encuentran sellados por los insertos en sus extremos aumentando de esta forma el volumen de agua desplazado, la fuerza de flotación sobre cada una de ellas es la siguiente (se consideró una densidad del agua de $62.4 \text{ lb}/\text{ft}^3$):

Tabla 10. Resultados de la fuerza de flotación sobre los diseños.

Componente	Fuerza de flotación	
	Libras fuerza (lbf)	Newtons (N)
Dispositivo/Diseño 1	25	111.3
Dispositivo/Diseño 2	19	84.6

Suponiendo que una persona posee un volumen de aproximadamente 3.0 ft^3 [White, 2004] y que al utilizar el dispositivo se sumergirá en el agua la mitad de dicho volumen, y considerando que el peso específico medio de un ser humano es de aproximadamente $60 \text{ lb}/\text{ft}^3$ [White, 2004], la fuerza de flotación que se ejercerá sobre la persona será de aproximadamente $F_F = 1.5 \text{ ft}^3 \times 60 \text{ lb}/\text{ft}^3 = 90 \text{ lbf}$.

Tomando en cuenta el dato del párrafo anterior y los obtenidos de las tablas 8 y 9, se puede aproximar el peso máximo de una persona que puedan cargar los flotadores, despejando de la siguiente ecuación:

Ecuación (10).

$$\text{peso del dispositivo} + (\text{peso de la persona} - 90 \text{ lbf}) = 250 \text{ lbf}$$

Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 11. Resultados de la fuerza de flotación sobre los diseños.

Componente	Peso máximo admisible de una persona		Masa máxima admisible de una persona	
	Libras fuerza (lbf)	Newtons (N)	Libras masa (lbf)	Kilogramos (kg)
Dispositivo/Diseño 1	315	1401.6	315	143.2
Dispositivo/Diseño 2	320	1424	320	145.5

De la tabla 11 se puede establecer que los flotadores están sobrediseñados ya que en el medio nacional muy pocas personas llegan a superar las 300 libras de peso y seguramente el peso promedio estará entre las 100 y 200 libras. Por lo tanto, retomando la determinación del diámetro de los flotadores con la consideración de la fuerza de flotación que se ejerce en cada una de los dispositivos (tabla 10) y la que se ejerce sobre una persona (aprox. 90 lbf), se sigue el mismo procedimiento que se utilizó en la obtención de los datos de la tabla 6 para determinar los que se muestran en las siguientes tablas, tomando siempre como parámetro la carga de diseño (250 lbf).

Tabla 12. Resultados de flotadores considerando fuerzas de flotación.

Diámetro		Longitud (m)			
Pulgadas (in)	Metros (m)	Dispositivo/Diseño 1		Dispositivo/Diseño 2	
		Pulgadas (in)	Metros (m)	Pulgadas (in)	Metros (m)
4	0.1016	409.5	10.4	393.7	10
6	0.1524	181.1	4.6	177.2	4.5
8	0.2032	102.4	2.6	98.4	2.5

De la tabla 12 se puede observar que los resultados de las longitudes de los tubos flotadores disminuyen con respecto a los presentados en la tabla 6 por efecto de la fuerza de flotación sobre el dispositivo y la persona sobre él. Claramente se puede notar lo positiva que es la fuerza de flotación con fines de mantener grandes masas flotando sobre el agua por lo que se puede comprender la flotación de barcos y submarinos en la superficie acuática. Por otro lado,

también se puede observar que se podría establecer, para el diseño del flotador, tubos de 6 pulgadas de diámetro con lo cuás se utilizarían cuatro tubos con una longitud de aproximadamente $L = \frac{4.6}{4} = 1.15 \text{ m}$ lo cual equivale a 115 cm, para cada uno de los diseños.

B. Resistencia al avance

Sin duda que al desplazarse cualquier objeto dentro de un fluido, éste sentirá una oposición la cual se conoce como resistencia. Al realizar el análisis hidrodinámico de las estructuras con el fin de determinar la fuerza de resistencia que se opone al movimiento de estas, se emplearon las ecuaciones (5), (7) y (8) junto a los datos de las tablas 3, 4 y 5.

Para determinar los coeficientes de resistencia que se emplean en la ecuación (7), existen gráficas y tablas que proporcionan tal coeficiente para cuerpos de diversas formas según la dirección del flujo. Para placas planas se utilizan las ecuaciones (8) y (9) dependiendo del régimen del flujo. Para este caso, en donde se utilizaron tubos como componentes de diseño y considerando que la dirección de desplazamiento es perpendicular a la sección transversal del tubo, se utilizó un coeficiente de resistencia de $C_D = 1.2$ tomado de la figura 9. Para el caso de la plancha de apoyo, se utilizó la ecuación (8) ya que el flujo seguramente se encontrará en régimen laminar.

Sin duda que la finalidad de los diseños propuestos en el presente trabajo no son con fines de competir en la natación por lo que la velocidad de desplazamiento será baja y con esta consideración se supone una velocidad de 1 ft/s . Para el análisis de resistencia, por simplicidad, los cálculos realizados se trabajaron en unidades inglesas. Además se consideraron los siguientes datos para el agua:

- Densidad, $\rho = 1.94 \text{ slugs/ft}^3$
- Viscosidad cinemática, $\nu = 0.000011 \text{ ft}^2/\text{s}$

Con lo anterior, a continuación se presentan los resultados obtenidos para cada uno de los diseños, despreciando la fuerza de resistencia ejercida por el agua sobre el nadador. Cabe destacar que la estructura base es la misma para los dos diseños por lo que en esta parte del dispositivo, la resistencia será la misma, la diferencia recae en la estructura de apoyo por lo que solamente se proporcionan los resultados totales.

Tabla 13. Resultados de la resistencia al avance de los diseños.

Componente	Resistencia al avance	
	Libras fuerza (lbf)	Newtons (N)
Dispositivo/Diseño 1	5.34	23.8
Dispositivo/Diseño 2	4.74	21.1

De la tabla 13, se puede observar que la resistencia al avance mayor en el diseño 1 lo que supone que el diseño 2 es más hidrodinámico y por lo tanto se necesitará una menor fuerza para desplazarlo. Cabe resaltar que la diferencia entre ambos resultados no es abismal y por ello se puede considerar tanto uno como el otro diseño, y además los resultados no son tan elevados como se hubiera podido pensar antes de obtenerlos.

VII. CONCLUSIONES

Acerca del tema:

1. Las personas discapacitadas y, en especial, las que presentan deficiencia visual o ceguera completa, se encuentran muy marginadas dentro de la sociedad lo que lleva a pensar muy seriamente en ofrecer a este colectivo de personas, una mejor forma de vida por medio del deporte (no importando la disciplina), ayudándoles a desarrollarlo con dispositivos especiales que, aunque no necesariamente sean tan sofisticados como diversas tecnologías que actualmente existe, sean lo suficientemente funcionales, económicos y seguros para cumplir con el fin deseado.
2. Si se unieran esfuerzos en pro de la ayuda a personas discapacitadas, seguramente podríamos comprender que no necesariamente se les debe brindar una ayuda económica, sino que se puede hacer por medio de aplicar los conocimientos adquiridos para la investigación más a fondo de dispositivos que les permitan desarrollar actividades que se las impide su incapacidad física, tal y como se demuestra en este trabajo de graduación.

Acerca del diseño:

3. A pesar de que los dispositivos son de grandes dimensiones, los resultados obtenidos no son adversamente dramáticos, sino que al contrario, arrojaron resultados teóricamente satisfactorios, aunque es preciso señalar que un análisis no está completo hasta realizar las pruebas necesarias del comportamiento físico de los dispositivos diseñados.
4. Realizando una comparación de los diseños realizados, en base a los resultados, se puede determinar que el nombrado diseño 2 ofrece mayores ventajas (tanto en peso de estructura como en resistencia al avance) que el diseño 1, y aunque dichas ventajas no son abismales, pueden convertirse en una gran diferencia si se les sometiera a pruebas dentro del ambiente de trabajo para el cual fueron diseñados.

5. Dentro del tema del ensamblaje de los dispositivos diseñados, lo establecido en el presente trabajo es solo un acercamiento a la fabricación real de los mismos, ya que para ello, muchas veces, las dimensiones teóricas de los componentes no son necesariamente las que se presentan al fabricarlos debido a que dentro del tema de la fabricación de piezas, aún en los maquinados precisos, se deben realizar las pruebas de cada uno de los ensambles realizados y en la mayoría de los casos, esto requiere, más que una teoría bien fundamentada, la experiencia de los mismos fabricantes.

6. A pesar de que el enfoque dado al diseño del dispositivo se dirigía hacia las personas no videntes, el mismo se puede extender a personas con un diferente tipo de discapacidad y hasta se podría pensar que su utilización se puede extender a personas normales que se introducen en el campo de la natación.

VIII. RECOMENDACIONES

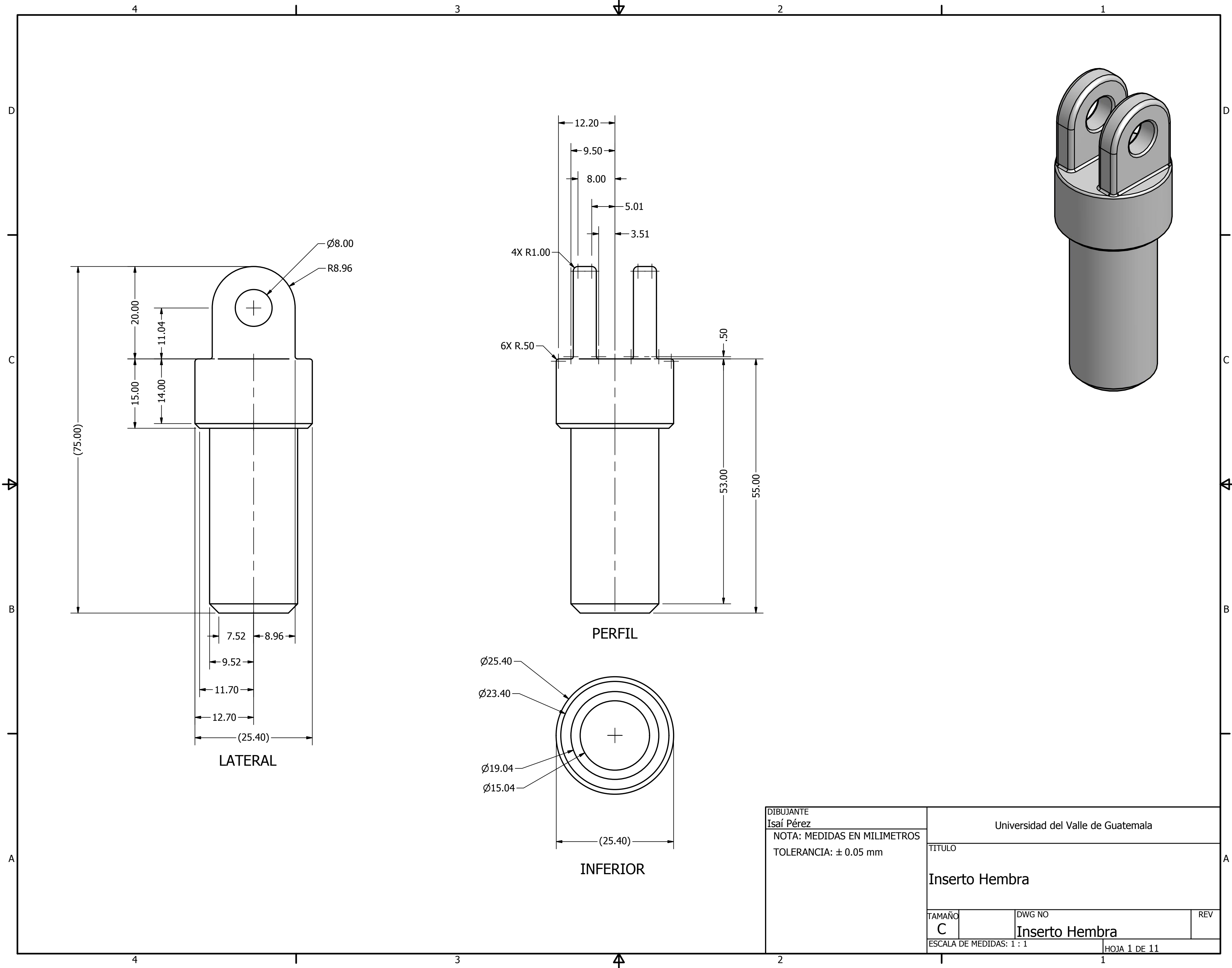
1. Los diseños presentados anteriormente se fundamentaron en diversas suposiciones que dan margen a poder profundizar en el tema, con el fin de mejorar los siguientes aspectos de los diseños propuestos:
 - *Mecanismos.* Se puede mencionar que el diseño podría presentar mayor portabilidad y simplicidad mediante componentes o sistemas más eficaces. Además, en cuanto a su montaje en una piscina, se podrían montar carrileras dentro de los carriles ya existentes, exclusivas para los dispositivos, evitando así desmontar los flotadores que disminuyen el oleaje y aprovechando el espacio al utilizar todos los carriles disponibles.
 - *Materiales.* Emplear materiales mucho más ligeros que el aluminio lo cual proporcionaría menor peso y resistencia al avance.
 - *Versatilidad.* Considerar un mejor desempeño hidrodinámico y estructural tal como el de aumentar la movilidad en la plancha de apoyo.
 - *Viabilidad.* Que presente materiales comercialmente disponibles y económicamente aceptables.
 - *Desempeño.* Se puede mejorar en el tema de su comportamiento dentro del agua.
 - *Confort y seguridad.* Proponer una mejora de mecanismos seguros y que a la vez proporcionen gran libertad de movimiento al usuario.
2. Considerando que este trabajo es una iniciación al diseño de dispositivos para el aprendizaje de la natación de personas con discapacidad visual o ceguera completa, sería de gran beneficio continuar con el estudio de este tema ya que con la continuidad del mismo se puede llegar a realizar un dispositivo de alta calidad y desempeño que presente grandes beneficios para la población discapacitada visual.

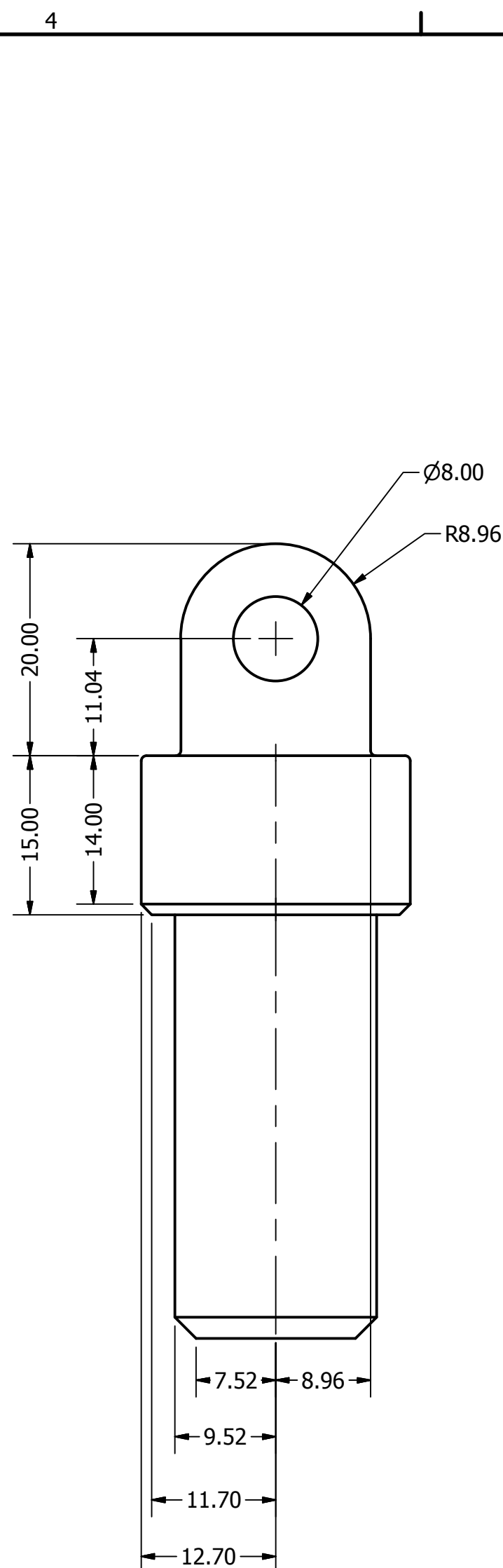
IX. BIBLIOGRAFÍA

1. Beer, Ferdinand; Johnston, Russell y DeWolf, John. 2007. *Mecánica de Materiales*. 4ta. Edición. México D. F. McGraw Hill. 788 págs.
2. Budynas, Richard G.; Nisbett, J. Keith. 2008. *Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley*. 8va. Edición. México D. F. McGraw Hill. 1059 págs.
3. Grupo Editorial Océano. 1989. *Enciclopedia Autodidáctica Océano – Deportes*. Volumen 4. Barcelona, España. Hasta pág. 2240.
4. Santana Rodríguez, Alicia; Guillén García, Félix. *Intereses y actitudes de las personas ciegas o con deficiencia visual, por la actividad físico-deportiva, según la edad y el sexo*. Universidad Las Palmas. Gran Canaria, España. 8 págs.
5. Santana Rodríguez, Alicia; Guillén García, Félix y Márquez Rosa, Sara. *Bienestar psicológico y actividad física en poblaciones ciegas y con deficiencias visuales*. Universidad Las Palmas y Universidad de León, España. 10 págs.
6. White, Frank M. 2004. *Mecánica de Fluidos*. 5ta. Edición. Madrid, España. McGraw Hill. 833 págs.

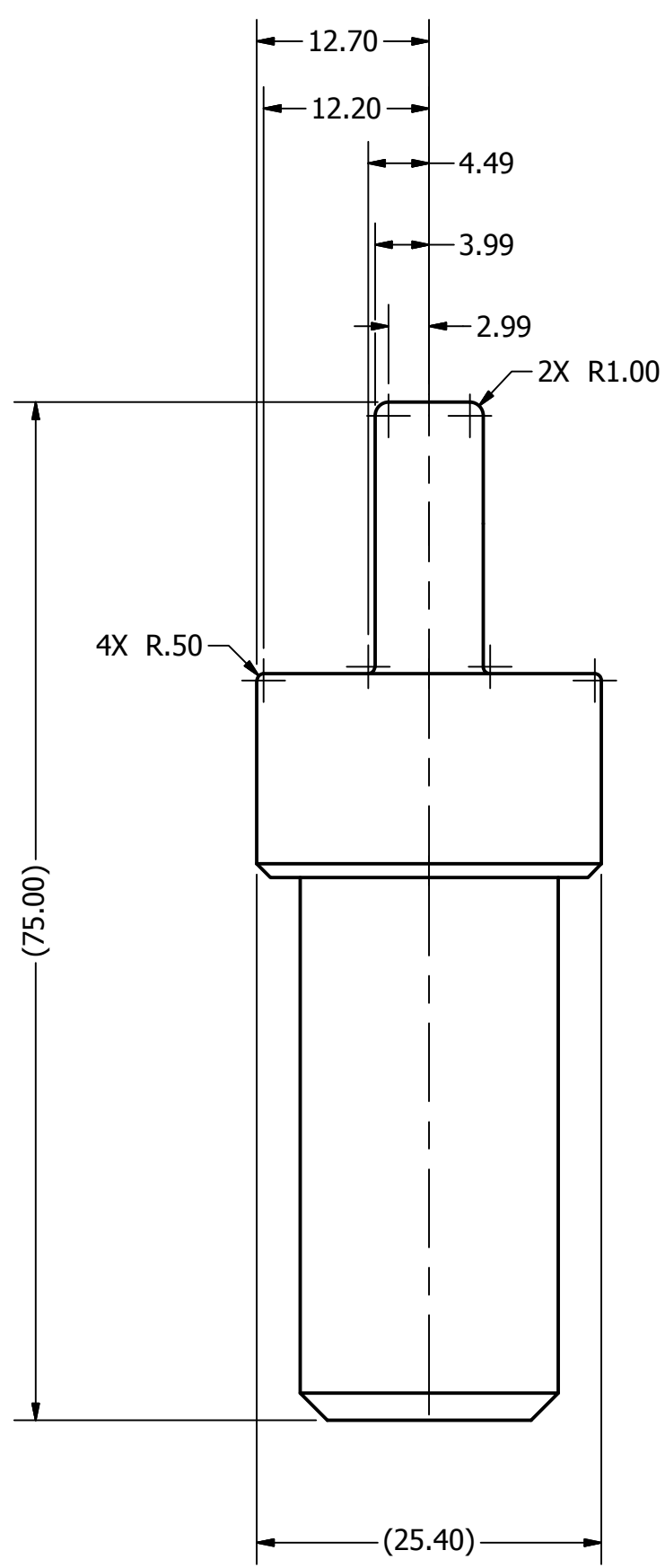
X. APÉNDICE

A continuación se presentan los planos de fabricación de los dispositivos presentados en el presente trabajo, con el fin de que se puedan llevar a la realidad y verificar su funcionalidad para un futuro desarrollo y perfeccionamiento.

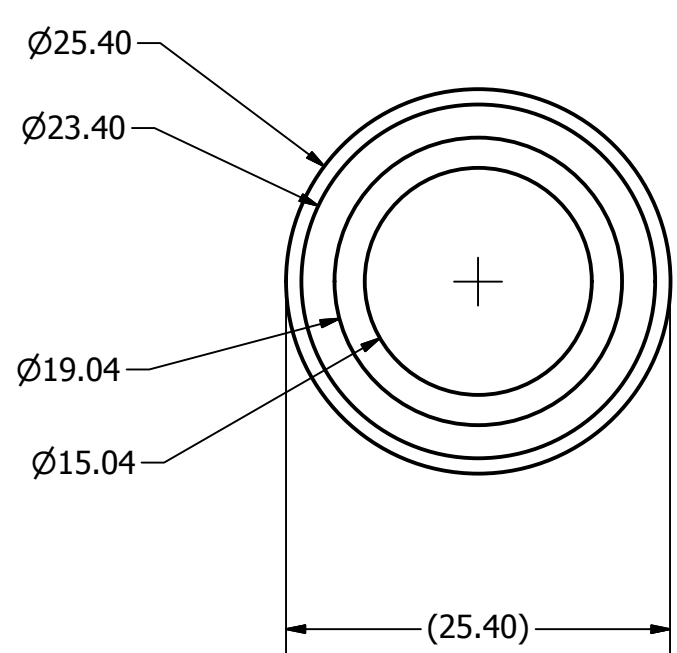




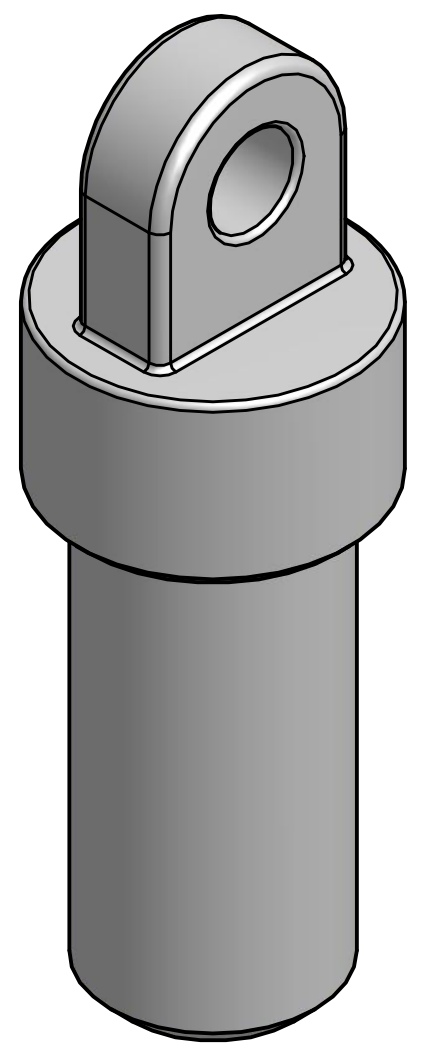
LATERAL



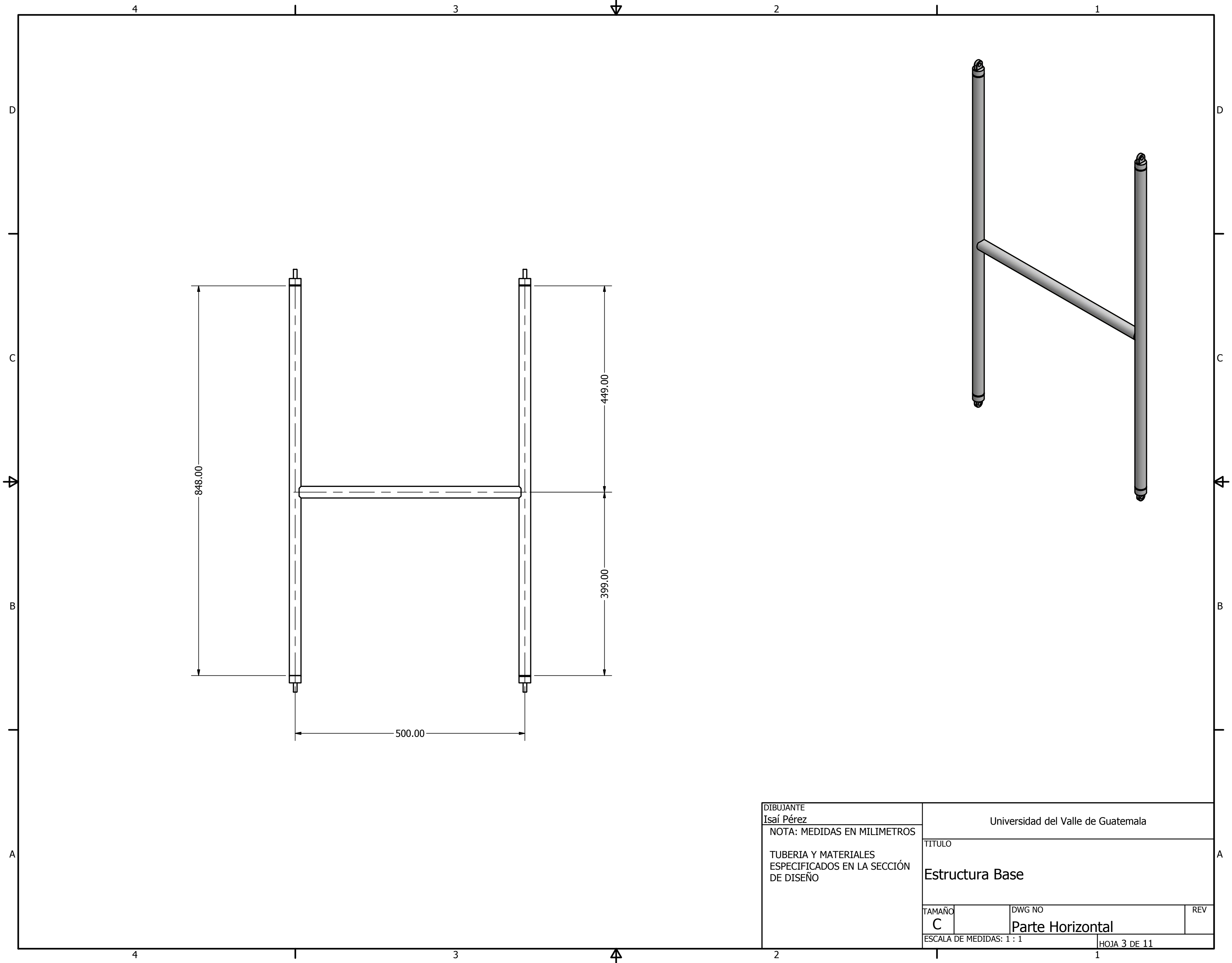
PERFIL



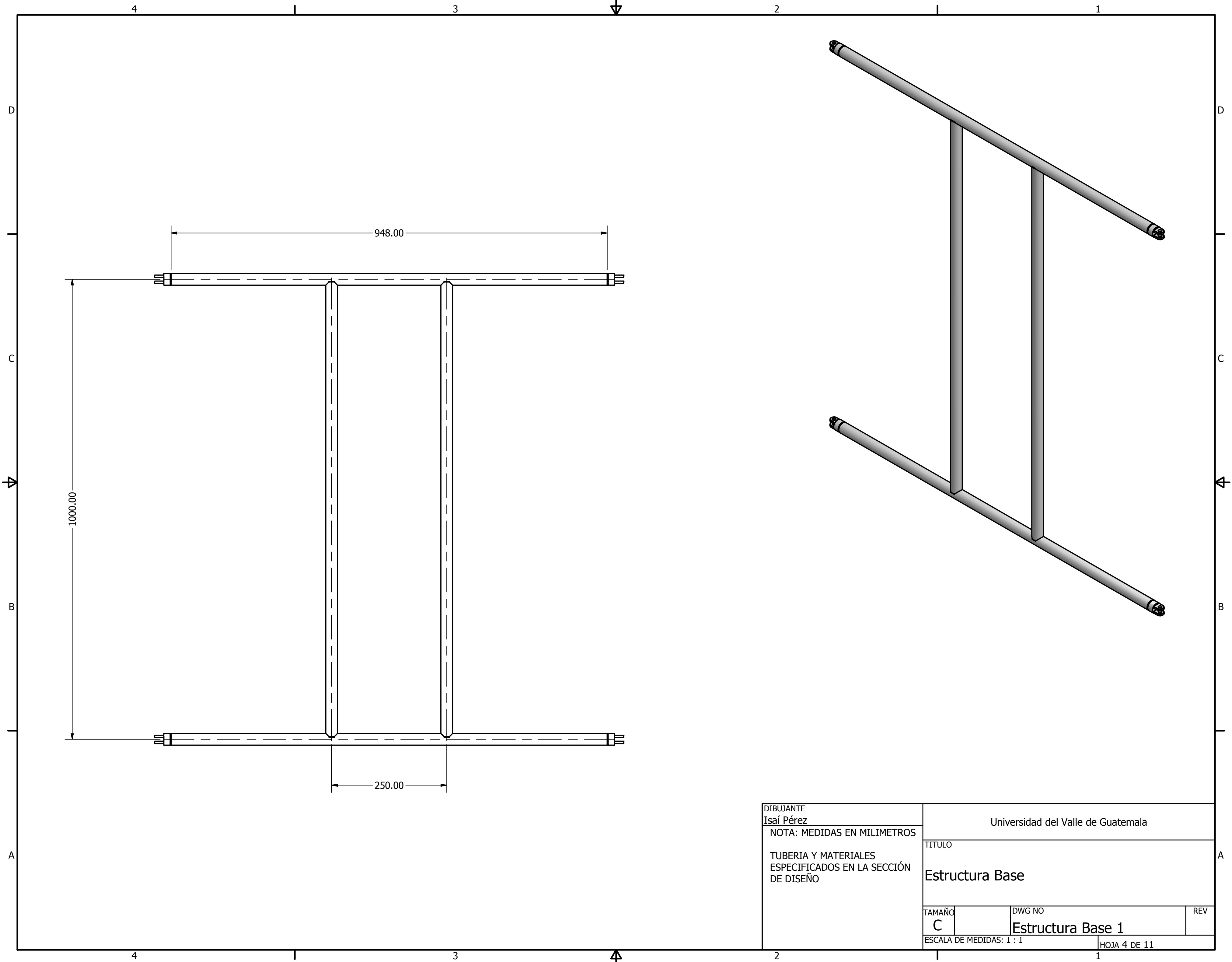
INFERIOR



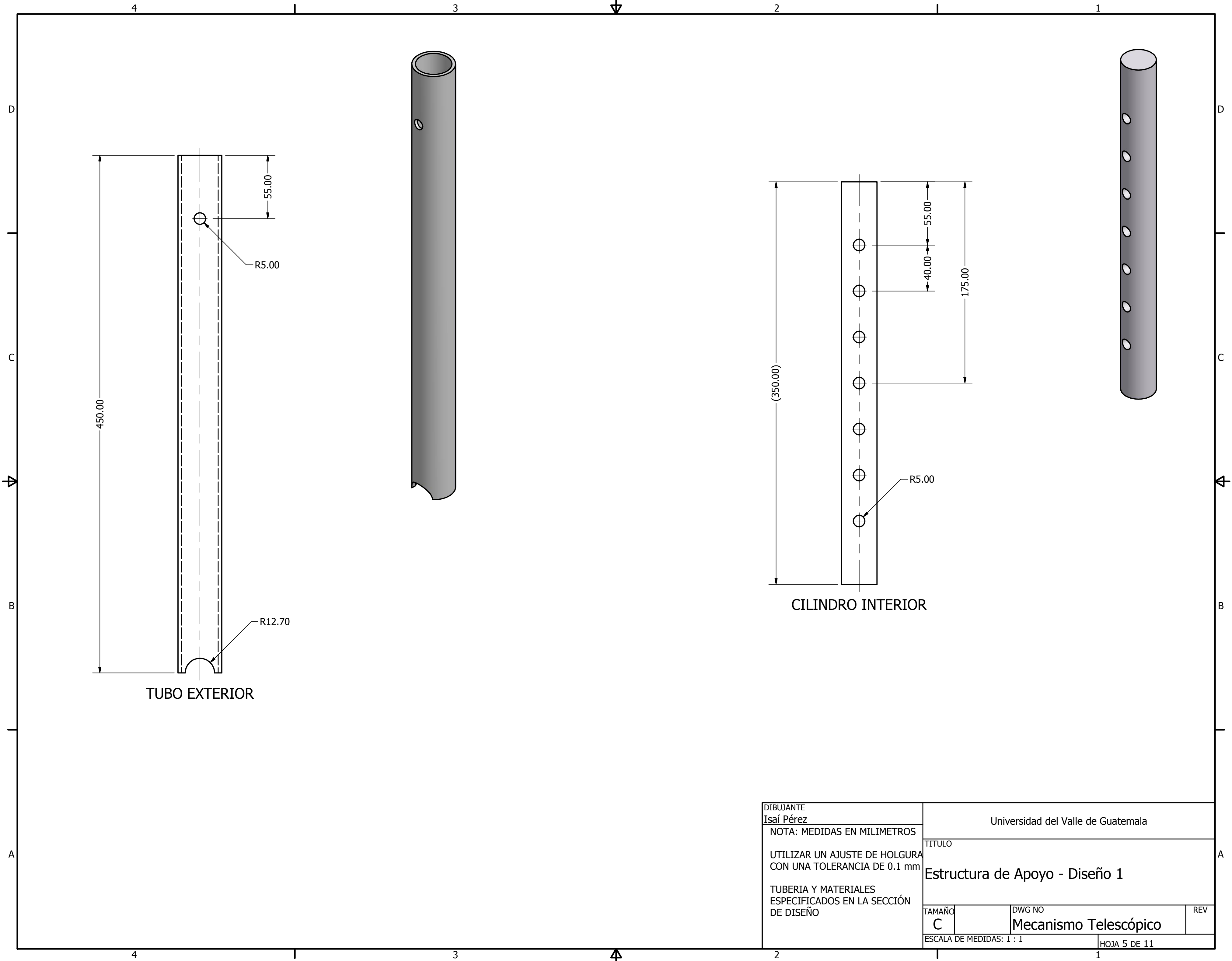
DIBUJANTE Isaí Pérez		Universidad del Valle de Guatemala	
NOTA: MEDIDAS EN MILIMETROS TOLERANCIA: ± 0.05 mm		TITULO Inserto Macho	
TAMAÑO C	DWG NO Inserto Macho	REV	
ESCALA DE MEDIDAS: 1 : 1		HOJA 2 DE 11	



DIBUJANTE Isaí Pérez		Universidad del Valle de Guatemala	
NOTA: MEDIDAS EN MILIMETROS		TITULO	
TUBERIA Y MATERIALES ESPECIFICADOS EN LA SECCIÓN DE DISEÑO		Estructura Base	
TAMAÑO C	DWG NO	Parte Horizontal	REV
ESCALA DE MEDIDAS: 1 : 1			HOJA 3 DE 11



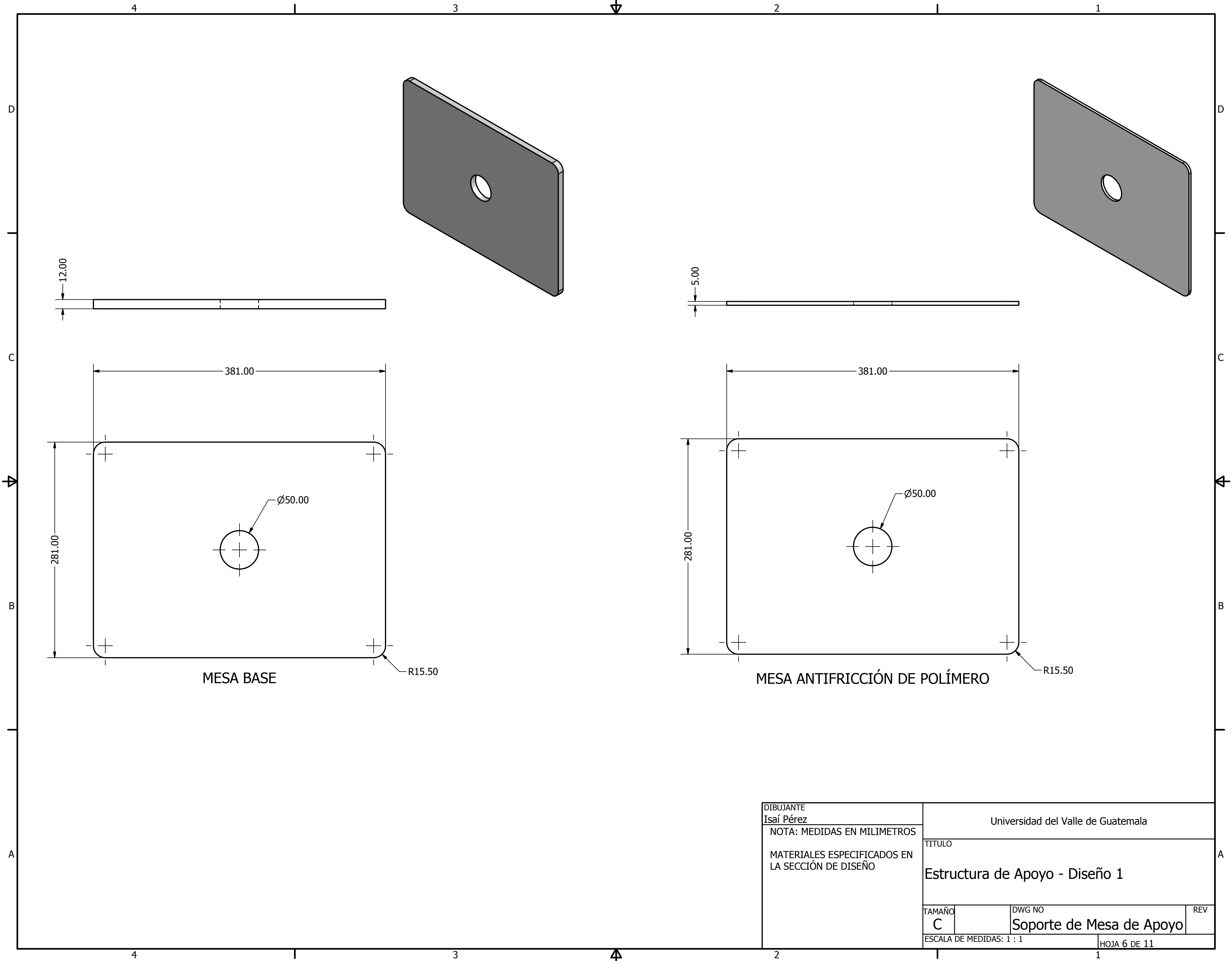
DIBUJANTE Isaí Pérez		Universidad del Valle de Guatemala	
NOTA: MEDIDAS EN MILIMETROS		TITULO	
TUBERIA Y MATERIALES ESPECIFICADOS EN LA SECCIÓN DE DISEÑO		Estructura Base	
TAMAÑO C	DWG NO Estructura Base 1	REV	
ESCALA DE MEDIDAS: 1 : 1		HOJA 4 DE 11	



TUBO EXTERIOR

CILINDRO INTERIOR

DIBUJANTE Isaí Pérez		Universidad del Valle de Guatemala	
NOTA: MEDIDAS EN MILIMETROS		TITULO	
UTILIZAR UN AJUSTE DE HOLGURA CON UNA TOLERANCIA DE 0.1 mm		Estructura de Apoyo - Diseño 1	
TUBERIA Y MATERIALES ESPECIFICADOS EN LA SECCIÓN DE DISEÑO		TAMAÑO C	DWG NO Mecanismo Telescópico
ESCALA DE MEDIDAS: 1 : 1		REV	
		HOJA 5 DE 11	



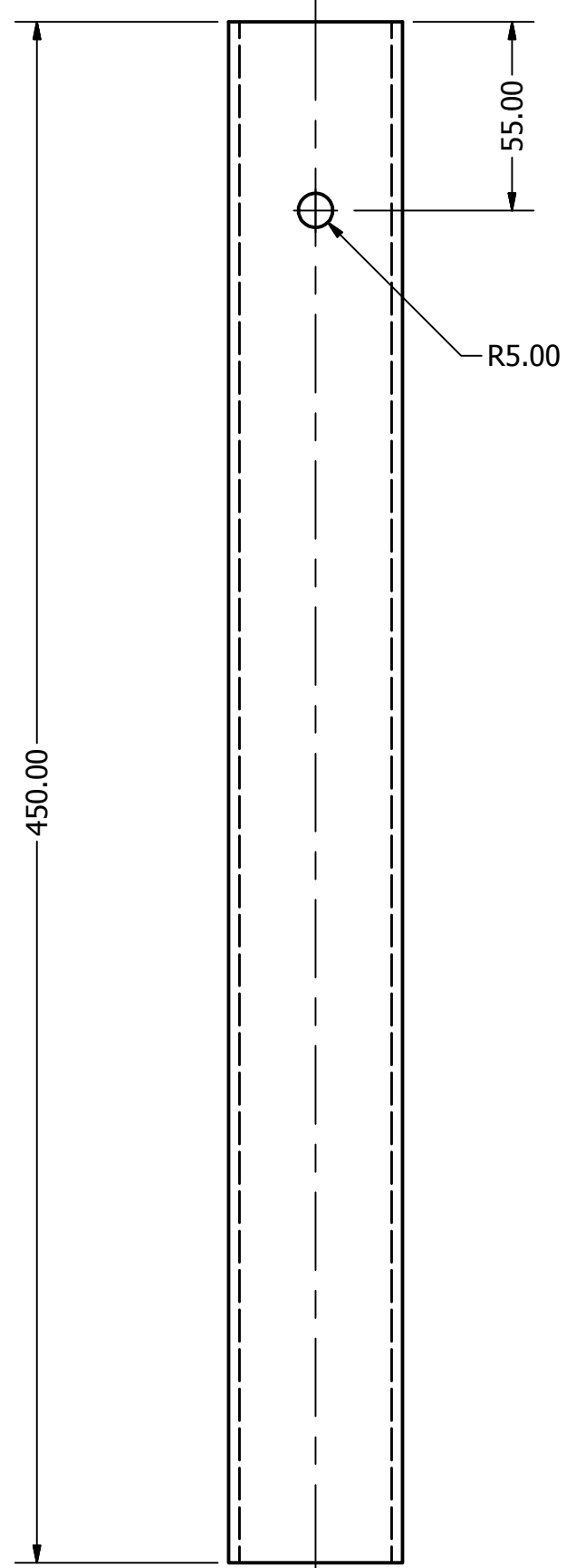
MESA BASE

MESA ANTIFRICCIÓN DE POLÍMERO

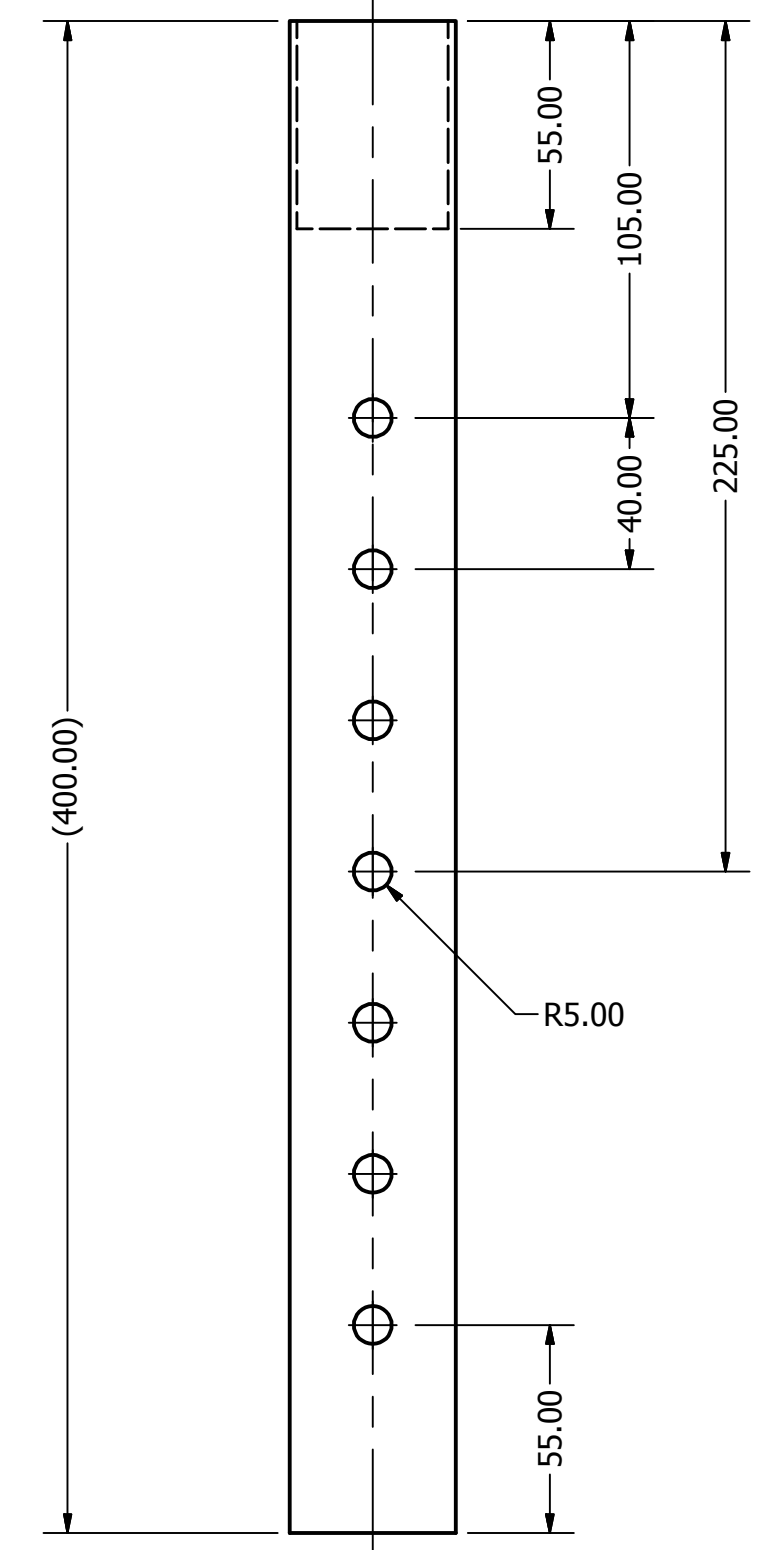
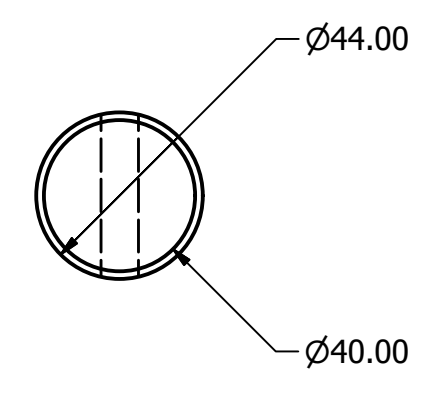
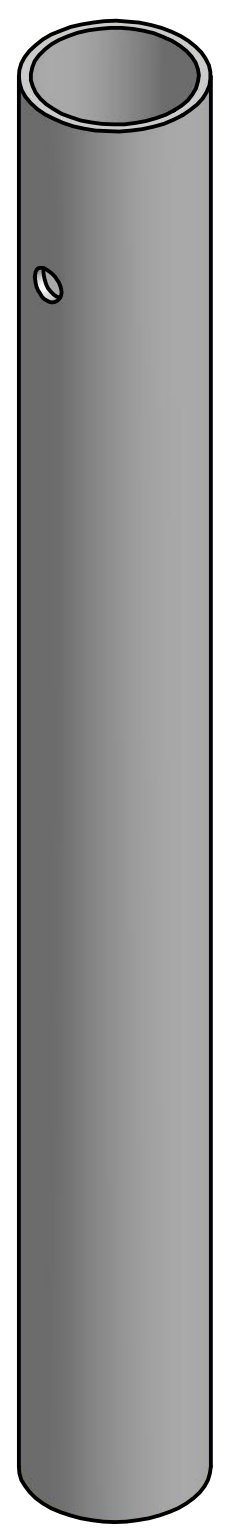
DIBUJANTE Isaí Pérez		Universidad del Valle de Guatemala	
NOTA: MEDIDAS EN MILIMETROS		TITULO	
MATERIALES ESPECIFICADOS EN LA SECCIÓN DE DISEÑO		Estructura de Apoyo - Diseño 1	
TAMAÑO C	DWG NO	Soporte de Mesa de Apoyo	REV
ESCALA DE MEDIDAS: 1 : 1			HOJA 6 DE 11

4 3 2 1

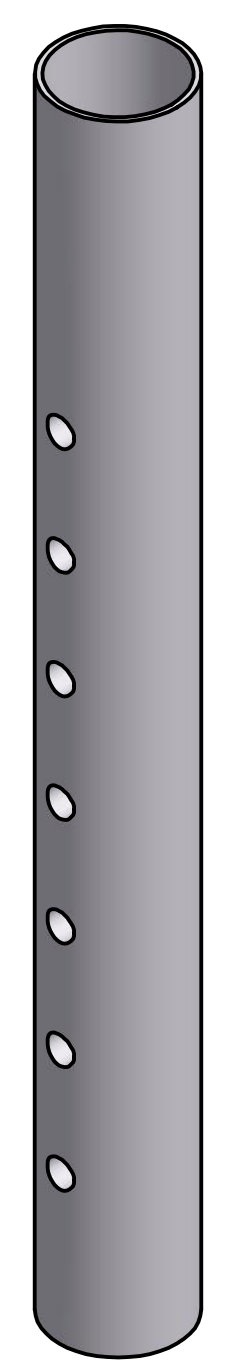
D
C
B
A



TUBO EXTERIOR



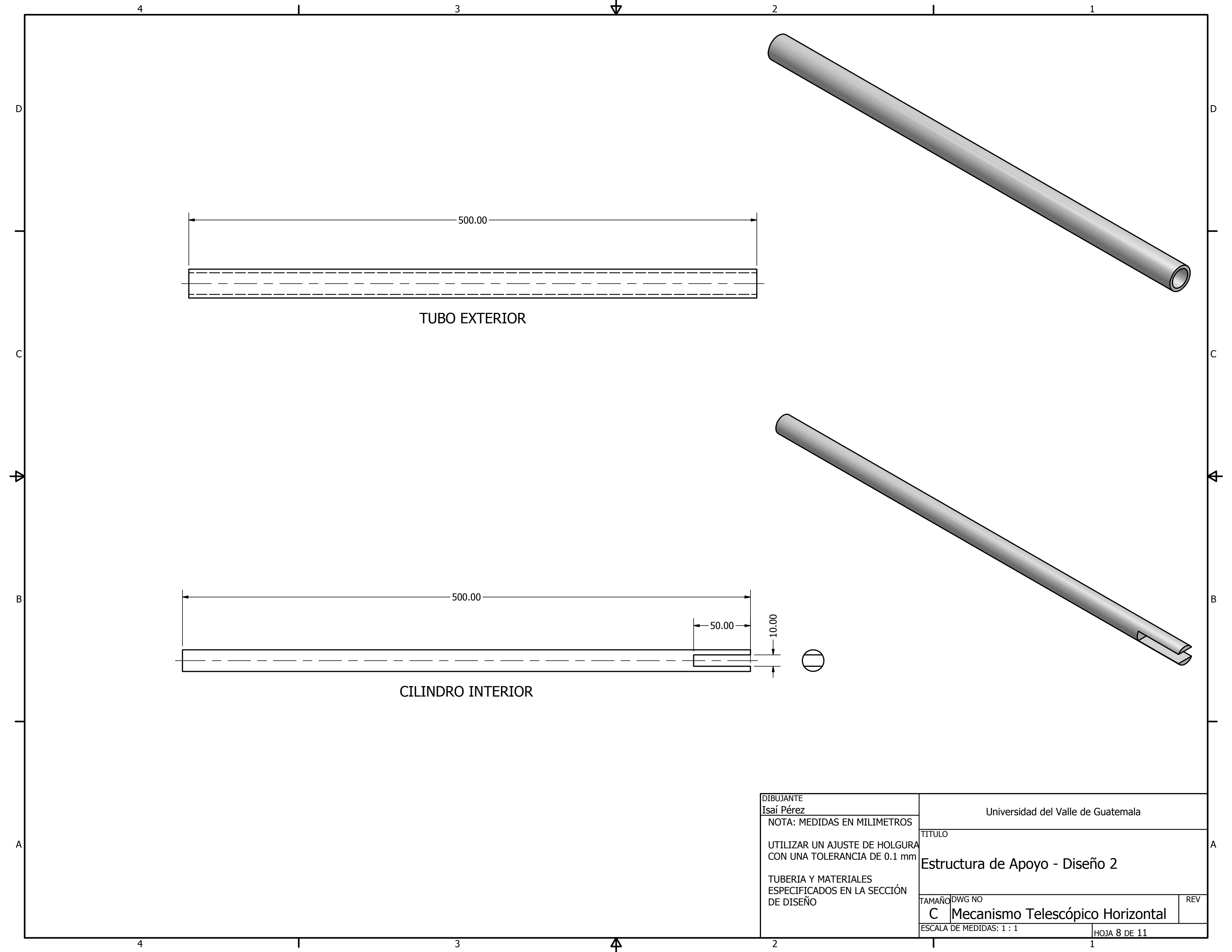
CILINDRO INTERIOR



DIBUJANTE Isaí Pérez		Universidad del Valle de Guatemala	
NOTA: MEDIDAS EN MILIMETROS		TITULO	
UTILIZAR UN AJUSTE DE HOLGURA CON UNA TOLERANCIA DE 0.1 mm		Estructura de Apoyo - Diseño 2	
TUBERIA Y MATERIALES ESPECIFICADOS EN LA SECCIÓN DE DISEÑO		TAMAÑO C	DWG NO Mecanismo Telescópico Vertical
ESCALA DE MEDIDAS: 1 : 1		REV	
		HOJA 7 DE 11	

4 3 2 1

D
C
B
A



DIBUJANTE Isaí Pérez		Universidad del Valle de Guatemala	
NOTA: MEDIDAS EN MILIMETROS		TITULO	
UTILIZAR UN AJUSTE DE HOLSURA CON UNA TOLERANCIA DE 0.1 mm		Estructura de Apoyo - Diseño 2	
TUBERIA Y MATERIALES ESPECIFICADOS EN LA SECCIÓN DE DISEÑO		TAMAÑO C	DWG NO Mecanismo Telescópico Horizontal
		ESCALA DE MEDIDAS: 1 : 1	REV HOJA 8 DE 11

4 3 2 1

D

D

C

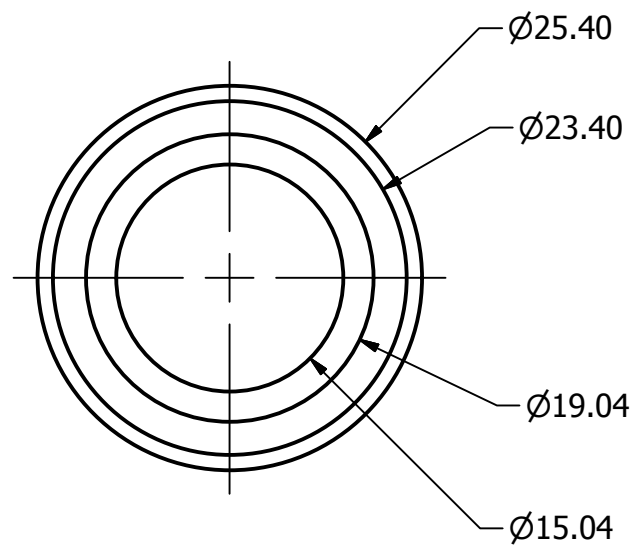
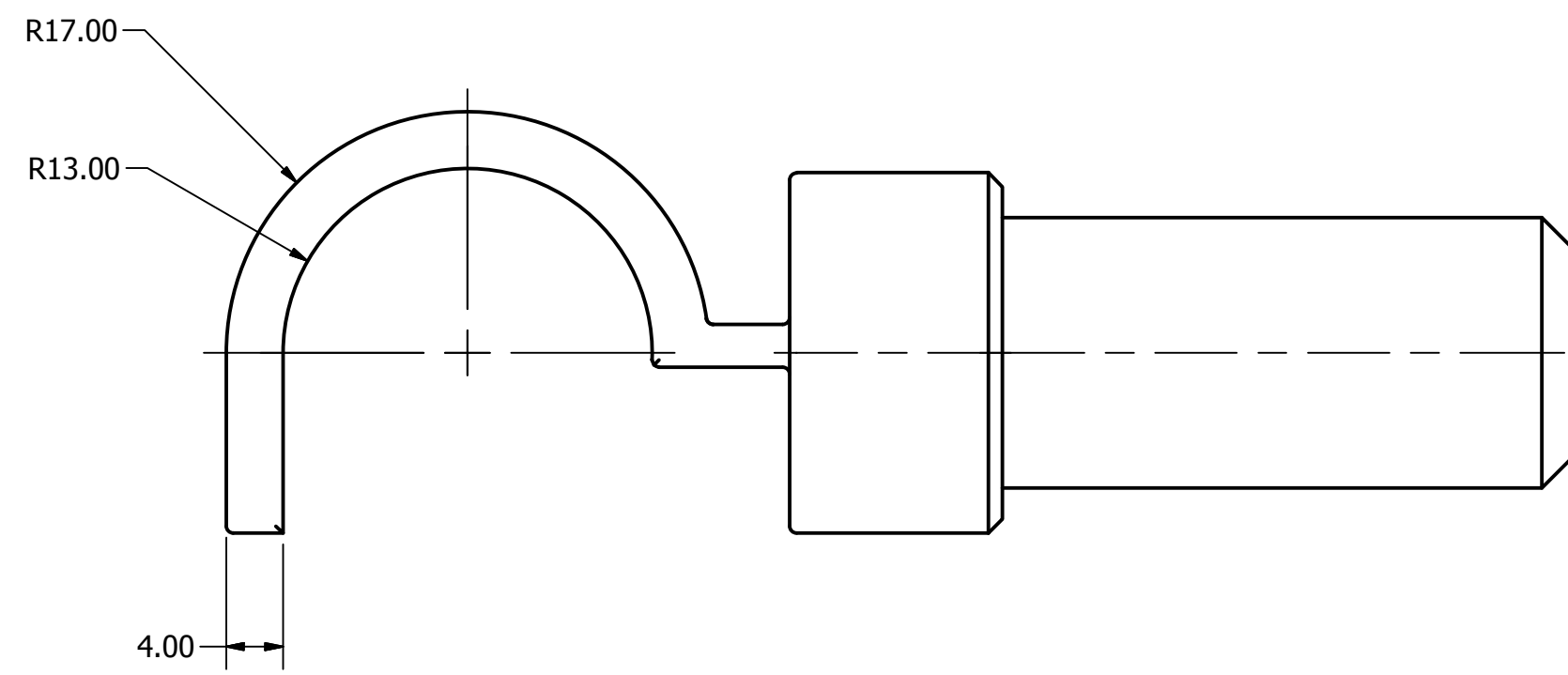
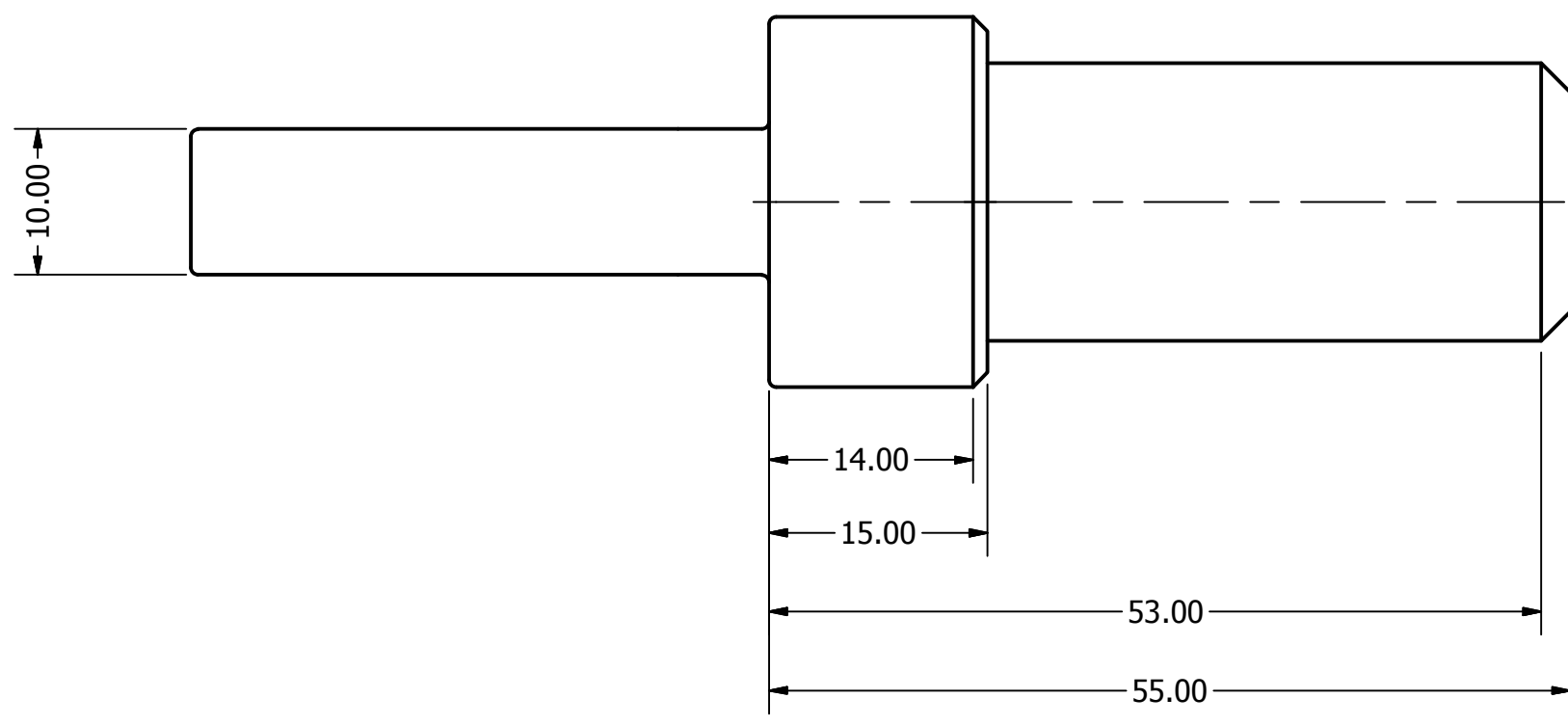
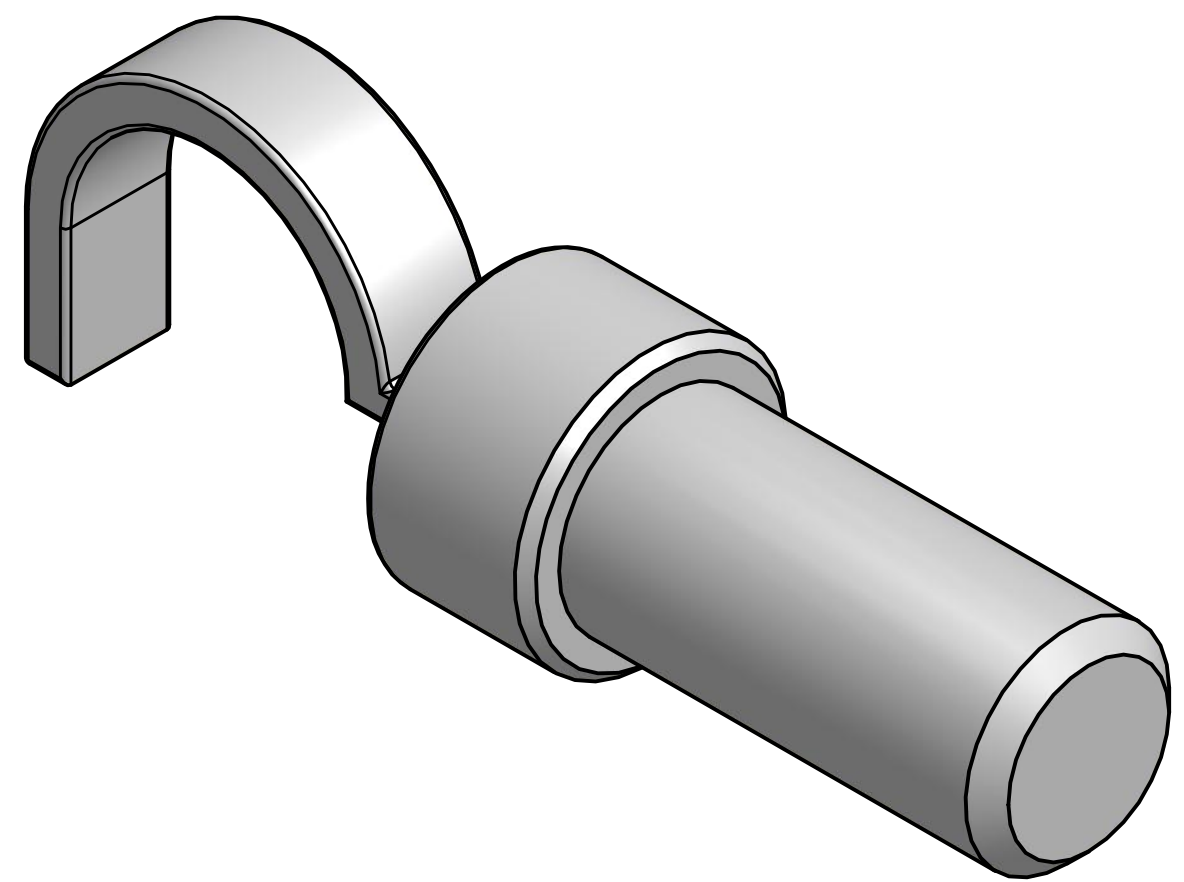
C

B

B

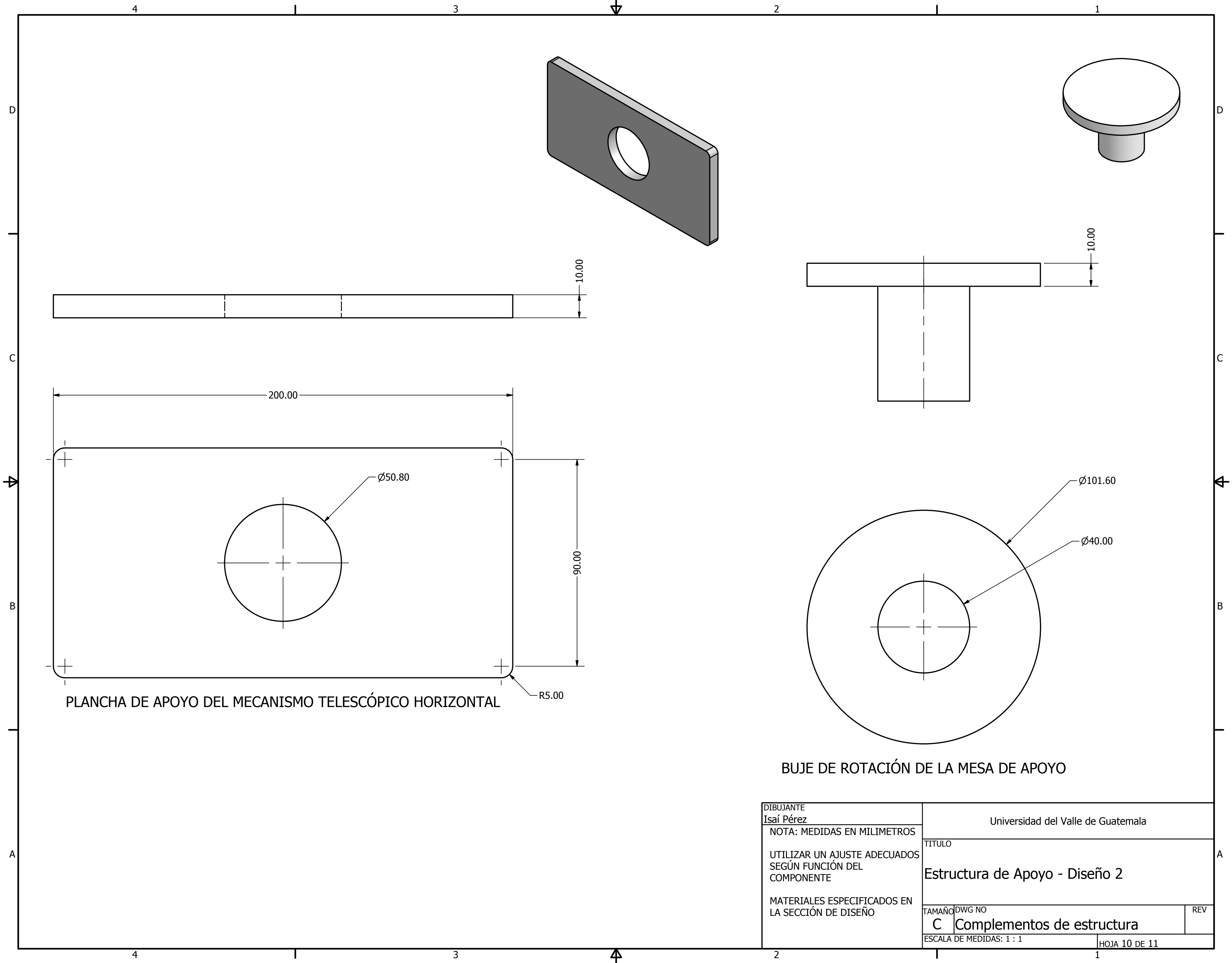
A

A



DIBUJANTE Isaí Pérez		Universidad del Valle de Guatemala	
NOTA: MEDIDAS EN MILIMETROS		TITULO	
MATERIALES ESPECIFICADOS EN LA SECCIÓN DE DISEÑO		Estructura de Apoyo - Diseño 2	
TAMAÑO C	DWG NO Gancho de Apoyo	REV	
ESCALA DE MEDIDAS: 1 : 1		HOJA 9 DE 11	

4 3 2 1



PLANCHA DE APOYO DEL MECANISMO TELESCÓPICO HORIZONTAL

BUJE DE ROTACIÓN DE LA MESA DE APOYO

DIBUJANTE Isaí Pérez		Universidad del Valle de Guatemala	
NOTA: MEDIDAS EN MILIMETROS		TITULO	
UTILIZAR UN AJUSTE ADECUADOS SEGÚN FUNCIÓN DEL COMPONENTE		Estructura de Apoyo - Diseño 2	
MATERIALES ESPECIFICADOS EN LA SECCIÓN DE DISEÑO		TAMAÑO C	DWG NO Complementos de estructura
		ESCALA DE MEDIDAS: 1 : 1	REV
		HOJA 10 DE 11	

4

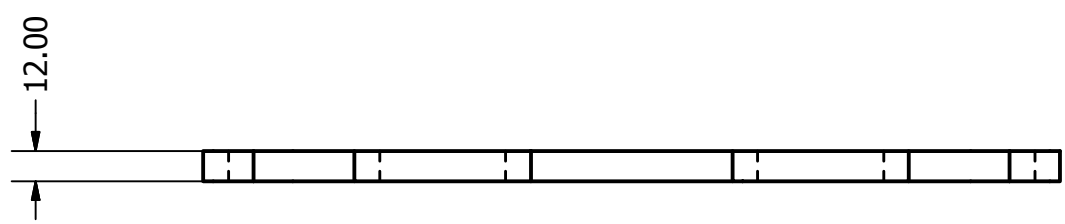
3

2

1

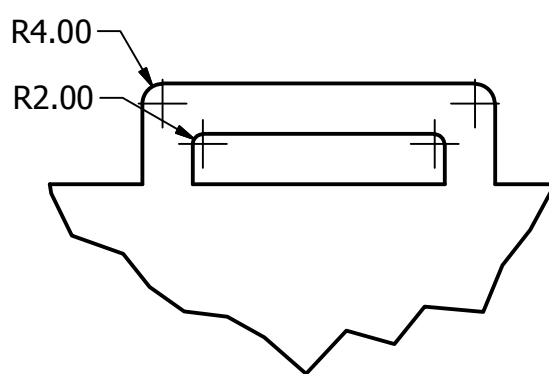
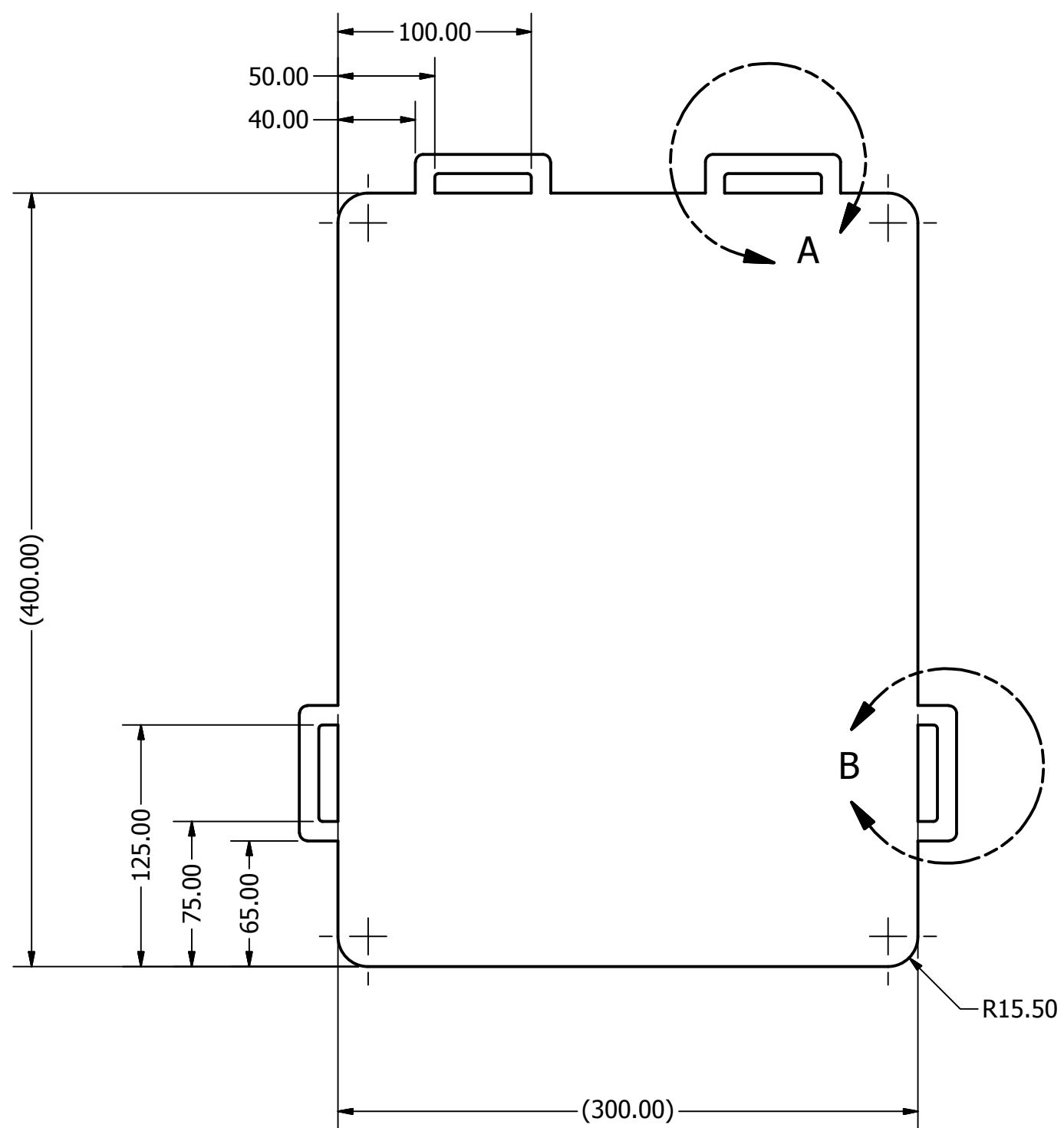
D

D

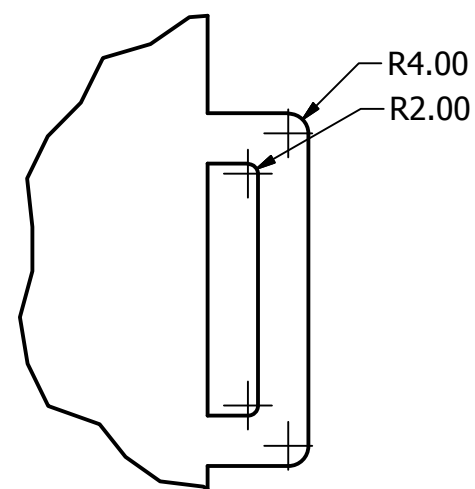


C

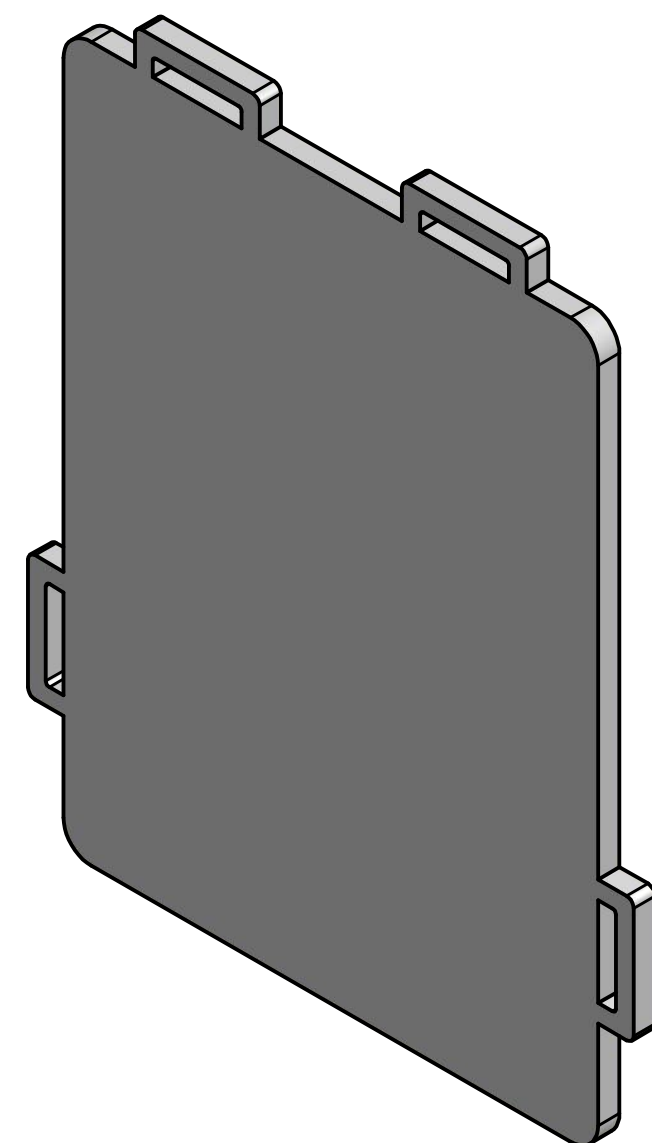
C



DETALLE A



DETALLE B



B

B

A

A

DIBUJANTE
Isaí Pérez

NOTA: MEDIDAS EN MILIMETROS

MATERIALES ESPECIFICADOS EN LA SECCIÓN DE DISEÑO

Universidad del Valle de Guatemala		
TITULO		
Estructura de Apoyo - Diseño 2		
TAMAÑO	DWG NO	REV
C	Mesa Superior de Apoyo	
ESCALA DE MEDIDAS: 1 : 1		HOJA 11 DE 11

4

3

2

1

4